

**Notizblatt**  
**des Hessischen Landesamtes**  
**für Bodenforschung**  
**zu Wiesbaden**

Band 97

Mit 99 Abbildungen, 20 Diagrammen, 32 Tabellen und 15 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1969

# Notizblatt

## des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden

Band 97

Mit 99 Abbildungen, 20 Diagrammen, 32 Tabellen und 15 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1969

Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.	97	468 S.	99 Abb.	20 Diagr.	32 Tab.	15 Taf.	Wiesbaden, 1969
------------------------------------	----	--------	---------	-----------	---------	---------	-----------------



## Inhaltsverzeichnis

### A. Wissenschaftlicher Teil

#### HEINZ TOBIEN:

*Kopidodon* (Condylarthra, Mammalia) aus dem Mitteleozän (Lutetium) von Messel bei Darmstadt (Hessen). Mit 7 Abbildungen, 9 Tabellen und den Tafeln 1—3 7

#### HELMUT HEMMER & RUDOLF JAEGER:

Ein Radius von *Asinus* cf. *hydruntinus* REGALIA aus dem Jungpleistozän von Stammheim/Kreis Friedberg [Hessen]. Mit 1 Tabelle und Tafel 4 . . . . . 38

#### SVEND E. BENDIX-ALMGREEN & ERICH MALZAHN:

Über neue oder wenig bekannte Elasmobranchier aus dem deutschen Kupferschiefer . . . . . 44

#### FRITZ KUTSCHER:

Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 24. Die Ammonoideen-Entwicklung im Hunsrückschiefer. Mit 6 Abbildungen und Tafel 5 . . . . . 46

#### ELISABETH KUSTER-WENDENBURG:

Fossil-Grabungen in den mitteleozänen Süßwasserpeliten der „Grube Messel“ bei Darmstadt (Hessen). Mit 9 Abbildungen . . . . . 65

#### HANS-JÜRGEN ANDERLE & JOE-DIETRICH THEWS:

Grabgänge dekapoder Krebse in oligozänen Sanden am Geiskopf bei Wiesbaden-Frauenstein (Bl. 5915 Wiesbaden). Mit Tafel 6 . . . . . 76

#### KARLHEINZ ROTHAUSEN:

Zonierung und Konnexen einer Abfolge oberaquitainer Land-Ökosysteme. Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle . . . . . 81

#### HORST REMY:

Würmzeitliche Molluskenfaunen aus Lößserien des Rheingaus und des nördlichen Rheinhessens. Mit 7 Abbildungen und 4 Tabellen. . . . . 98

#### HORST FALKE:

Das vermutete Perm der Bohrung Lichtenau bei Rothenbuch (Buntsandsteinspessart). Mit 6 Abbildungen . . . . . 117

#### HORST FALKE:

Zur Paläogeographie der Randgebiete des nördlichen Oberrheingrabens zur Zeit des Rotliegenden. Mit 4 Abbildungen . . . . . 130

#### KARLHEINZ SCHÄFER:

Das Rotliegende der Treischfelder Bohrungen in Osthessen. Mit 10 Abbildungen und 3 Tabellen . . . . . 152

#### GISBERT DIEDERICH & MANFRED LAEMMLER:

Buntsandsteingliederung in Bayern und Hessen. Mit 1 Abbildung . . . . . 195

#### EGON BACKHAUS:

Stratigraphie und Geomechanik des Mittleren und tiefsten Oberen Muschelkalkes in der Vorderen Rhön (Bl. 5424 Fulda). Mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen 206

#### DIETRICH RAMBOW:

Die Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke. Mit Tafel 7 226

#### ELISABETH KUSTER-WENDENBURG:

Mikrofaunistische Untersuchungen zur Stratigraphie und Ökologie der Hydrobienschichten (Aquitän, Untermiozän) im Gebiet der Stadt Mainz am Rhein. Mit 2 Abbildungen, 2 Tabellen und den Tafeln 8—10. . . . . 229

## Inhaltsverzeichnis

ARTHUR GOLWER & HELMUT PRINZ: Korrosionserscheinungen in tertiären Karbonatgesteinen im Untermaingebiet. Mit 5 Abbildungen und Tafel 11 . . . . .	243
HANS-JÜRGEN DÜRBAUM, GEORG MATTHESS & DIETRICH RAMBOW: Untersuchungen der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen. Mit 10 Abbildungen und 4 Tabellen . . . . .	258
KARL-HEINZ PFEFFER: Erfahrungsbericht über Korngrößenbestimmungen von Verwitterungsresiduen aus Karstgebieten. Mit 2 Abbildungen und 3 Tabellen . . . . .	275
JÖRG NEGENDANK: Beschreibung einiger tertiärer Alkali-Basalte im nördlichen Oberrheingraben. Mit 1 Tabelle und den Tafeln 12—13 . . . . .	283
WOLFGANG SCHÄLICKE: Geologische Untersuchungen zur Struktur der Otzberg-Zone im Odenwald. Mit 8 Abbildungen und 20 Diagrammen . . . . .	296
HANS-JÜRGEN PICKEL: Notiz über eine Strukturkarte des zentralen Stadtgebietes der Stadt Kassel vor der ersten Besiedlung. Mit 1 Abbildung . . . . .	331
BERNWARD HÖLTING: Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. Mit 12 Abbildungen	333
HEIMO NIELSEN & DIETRICH RAMBOW: S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. Mit 2 Ab- bildungen und den Tafeln 14—15 . . . . .	352
BERNWARD HÖLTING: Zur Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle . . . . .	367
KLAUS H. JACOB & HARTMUT HEINTKE: Das Lorsbacher Erdbeben vom 21. Juli 1968. Mit 1 Abbildung . . . . .	379
Nachrichten und Mitteilungen aus dem Hessischen Landesamt für Bodenforschung	
SIEGFRIED HOLTZ: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 25. Sporen im Hunsrückschiefer des Wisper-Tales (Rheingaukreis, Hessen) . . . . .	389
FRITZ KUTSCHER: EMANUEL KAYSER und der Hunsrückschiefer . . . . .	391
ARNO SEMMEL: Bemerkungen zur Würmlößgliederung im Rhein-Main-Gebiet. Mit 1 Abbildung	395
B. Amtlicher Teil	
FRIEDRICH NÖRING: Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1968 (1. 1.—31. 12. 1968) . . . . .	403
ANNELIES HERZBERG: Hessisches Geologisches Schrifttum 1968 mit Nachträgen aus den Jahren 1957—1967 . . . . .	437
Schriftleitung:	
Autorenregister, Sach- und Ortsregister, Fossilregister . . . . .	452
Verzeichnis der Autoren dieses Bandes . . . . .	467

A.

Wissenschaftlicher Teil

## ***Kopidodon* (Condylarthra, Mammalia) aus dem Mitteloazän (Lutetium) von Messel bei Darmstadt (Hessen)**

Von

HEINZ TOBIEN, Mainz

Mit 7 Abbildungen, 9 Tabellen und den Tafeln 1-3

**Kurzfassung:** *Kopidodon*, 1933 von WEITZEL aus den mitteloazänen (lutetischen), bituminösen Süßwasser-Peliten („Ölschiefern“) von Messel NE Darmstadt beschrieben, ist ein etwa fuchsgroßes Säugetier mit raubtierhaften Zügen im Gebiß. Zusammen mit einigen anderen Gattungen aus dem europäischen Eozän gehört das Genus zu den Paroxyclaeniden.

Die taxonomische Stellung der Paroxyclaeniden wurde in den letzten Jahren unterschiedlich bewertet: Aus den Creodontiern entfernt, wohin sie ursprünglich gestellt wurden, sollen sie entweder zu den Insektivoren oder zu den Condylarthren gehören. Eine Neuuntersuchung von *Kopidodon* gibt Anlaß zu einer Stellungnahme zu diesem Problem.

**Abstract:** *Kopidodon* was described in 1933 by WEITZEL from the Middle Eocene (Lutetian) bituminous freshwater pelites (“oil shales”) from Messel NE of Darmstadt (Hessen). It is a mammal of about fox size with certain carnivore-like characters in the dentition. Together with some other genera of the European Eocene the genus was ascribed to the paroxyclaenids.

In the last years the taxonomic position of the paroxyclaenids has become arbitrary: Removed from the creodonts the group should belong either to insectivores or to condylarthrs. A reexamination and redescription of the *Kopidodon* dentition gives the possibility for an evaluation of this problem.

**Résumé:** *Kopidodon*, décrit en 1933 par WEITZEL, provient des pélites bitumineux d'eau douce de Messel, NE de Darmstadt (Hessen). C'est un mammifère de la taille à peu près d'un renard, avec certains caractères carnivoroïdes dans la dentition. Ensemble avec quelques autres genres de l'Éocène européen *Kopidodon* fut classé avec les paroxyclaenidés.

Pendant les années passées les paroxyclaenidés furent classifiés dans une manière assez différente: Écartés des créodontes on les a placés soit chez les insectivores soit chez les condylarthres. Une réexamination et redescription de la dentition de *Kopidodon* donne la possibilité d'évaluer ce problème taxonomique.

## Inhalt

1. Vorbemerkungen . . . . .	8
2. Neubeschreibung von <i>Kopidodon macrognathus</i> (WITTICH) . . . . .	9
2.1. Schädelrest und Unterkiefer Me 1388 . . . . .	10
2.1.1. Oberkiefer-Bezahnung . . . . .	10
2.1.2. Unterkiefer-Bezahnung . . . . .	16
2.1.3. Oclusion und Usuren . . . . .	22
2.2. Der Unterkieferabguß Me 48 . . . . .	24
2.3. Diagnose des Genus <i>Kopidodon</i> . . . . .	25
3. Beziehungen zu anderen Gattungen der Paroxyclaeniden . . . . .	26
4. Die systematisch-taxonomische Stellung von <i>Kopidodon</i> und den Paroxyclaeniden	31
5. Danksagungen . . . . .	35
6. Zusammenfassung, Summary . . . . .	36
Schriftenverzeichnis . . . . .	36

## I. Vorbemerkungen

1932 und 1933 beschrieb WEITZEL aus den mitteleozänen (= lutetischen), bituminösen Peliten („Ölschiefer“) von Messel, 9 km NE Darmstadt<sup>1)</sup>, (Abb. 1) als *Kopidodon* einen Gesichtsschädelrest nebst Unterkiefer eines etwa fuchsgroßen, raubtierartigen Säugers. Er stellte dazu einen Unterkiefer mit  $P_3 - M_2$  sin., der von WITTICH 1902 auf *Cryptopithecus* SCHLOSSER (aus dem Unteroligozän von Frohnstetten, Württemberg) bezogen wurde.

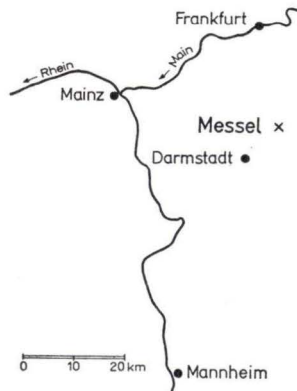


Abb. 1. Lageskizze von Messel.

WEITZEL (1933: 85–86) wies auf die nahen Beziehungen zwischen dem Messeler *Kopidodon macrognathus* und *Paroxyclaenus lemuroides* TEILHARD (1922: 77, aus den Phosphoriten des Quercy) hin, und schlug – allerdings ohne nähere Definition und Diagnose – für beide Genera eine Familie Paroxyclaenidae vor. Nach WEITZEL gehören beide Gattungen zu den Creodontiern, jedoch sei es nicht möglich, sie bei den hier bestehenden Familien und Gruppen ohne Schwierigkeiten unterzubringen.

<sup>1)</sup> Zur Geologie und Paläontologie von Messel vgl. MATTHESS 1966, 1968, TOBIEN 1955, 1968 a, b, 1969.



1961 bringen RUSSELL & MCKENNA eine Neuuntersuchung von Schädel und Gebiß des *Paroxyclaenus lemuroides* TEILH. MCKENNA nimmt darin das Genus aus den Creodonta heraus und bringt es bei den hyopsodontiden Condylarthra — Familie: Hyopsodontidae, U.-Familie: Mioclaeninae — unter. In die Nähe von *Paroxyclaenus* würden folgende Taxa gehören: *Dyspterna* HOPWOOD 1927, *Opsiclaenodon* BUTLER 1946, *Ptolemaia* OSBORN 1908, *Kochictis* KRETZOI 1943 und *Promioclaenus* ? *gandaensis* DEHM & OETTINGEN 1958. *Kopidodon* wird nicht erwähnt.

1965 charakterisiert VAN VALEN die Familie Paroxyclaenidae WEITZEL näher, und rechnet folgende Genera dazu: *Paroxyclaenus* TEILH. 1922, *Kopidodon* WEITZEL 1933, *Pugiodens* MATTHES 1952, *Russellites* nov. gen., *Dulcidon* nov. gen., (letzteres für *Promioclaenus* ? *gandaensis* DEHM & OETT. 1958). *Kopidodon* wird kurz behandelt, unter Hinweis auf eine von TOBIEN geplante Neubeschreibung (1965: 390). Direkte Beziehungen der Paroxyclaenidae zu den hyopsodontiden Condylarthren würden jedoch nicht bestehen, die Familie wird mit ? bei den Insectivora untergebracht (1965: 396).

1966: 87 diskutiert VAN VALEN *Kopidodon* nochmals und zieht das Genus — zusammen mit *Kochictis* — zu den Mioclaeninae, wo RUSSELL & MCKENNA 1961 *Paroxyclaenus* plaziert hatten<sup>2)</sup>.

In seiner Klassifikation der Insectivoren stellt VAN VALEN (1967: 259) die Familie Paroxyclaenidae (mit *Kopidodon*, *Pugiodens*, *Dulcidon*, *Paroxyclaenus* und *Kochictis*) zur Überfamilie der Tupaioidea innerhalb der Insectivora.

1967 beschreiben CRUSAFONT & RUSSELL aus dem frühen Eozän N-Spaniens den neuen Paroxyclaeniden *Spaniella*. Nach Diskussion der zu dieser Familie gehörenden Genera wird an MCKENNA's Ansicht (in RUSSELL & MCKENNA 1961) der Condylarthren-Natur der ganzen Gruppe festgehalten.

Für eine Beurteilung des in seiner systematischen Stellung nach Obigem so kontroversen Messeler *Kopidodon* reichen die bisherigen Abbildungen und Beschreibungen nicht aus. Auch sind von WEITZEL unrichtige Homologisierungen der Oberkieferzähne erfolgt (siehe auch VAN VALEN 1965: 390). Schließlich ist der Schädelrest von Messel — neben *Paroxyclaenus* — hinsichtlich der Bezahnung gegenüber den anderen Gattungen noch am vollständigsten erhalten.

Nachstehend sollen daher — an Hand neuer Abbildungen, die ich Herrn O. GARRAUX-Basel verdanke — die Beschreibungen von WITTICH (1902) und WEITZEL (1932, 1933) ergänzt und erweitert werden. Im Anschluß daran folgen Bemerkungen zu den Beziehungen von *Kopidodon* zu verwandten Formen, sowie zu deren taxonomischer Stellung.

## 2. Neubeschreibung von *Kopidodon macrogathus* (WITTICH)

An Belegen zu dieser Spezies sind vorhanden: a) das von WEITZEL (1932, 1933) behandelte Schädelfragment (Hess. Landesmuseum, Geol.-Paläontol. Abt., Darm-

<sup>2)</sup> VAN VALEN 1966 war nach Angabe des Autors (S. 5) im Manuskript bereits 1961 bis 1962 fertiggestellt, aber im Druck verzögert worden. VAN VALEN 1965 gibt daher die neueren Ansichten des Autors zu *Kopidodon* wieder.

stadt Me 1388); b) Abguß des Unterkiefer-Astes zu WITTICH's *Cryptopithecus macrognathus* von 1902 (HLD Me 48). Das Original ist seit langem verschollen (HAUPT 1935: 35).

## 2.1. Schädelrest und Unterkiefer Me 1388

Das Fragment (Taf. 1 Fig. 1,2; Taf. 2 Fig. 3) ist verdrückt, stark seitlich komprimiert und besteht aus den beiderseitigen zahntragenden Teilen des Maxillare und Intermaxillare, sowie den zugehörigen rami horizontales des Unterkiefers. Durch die diagenetische Verdrückung und Kompression sind Maxillen und Unterkieferäste auch in der Medianebene disloziert worden. In Seitenansicht (Taf. 1 Fig. 1,2) liegen die Zahnreihen beider Oberkiefer und Unterkiefer daher nebeneinander (siehe auch WEITZEL 1933, Taf. 7). Um eine bessere Occlusalansicht der maxillaren und mandibularen Zahnreihen zu erhalten, wurde Oberkiefer und Unterkiefer des — bereits vorher von einem Bruch durchzogenen — Fragmentes durch einen Schnitt voneinander getrennt. Die Figuren der Taf. 1–3 sowie die Text-Abbildungen sind nach den 2 Teilstücken, die durch den Bruch bzw. die Trennung zustande kamen, angefertigt.

### 2.1.1. Oberkiefer-Bezahnung

Die zahntragenden Knochen des Schädelfragmentes sind völlig verdrückt, so daß morphologische Einzelheiten am Maxillare, Intermaxillare und sonstigen Knochen der Gesichtsschädelregion nicht mehr erkennbar sind. Besser ist dagegen das Gebiß erhalten. Nach den Befunden an beiden Oberkiefer-Zahnreihen ergibt sich als Zahnformel:

$$3 I, 1 C, 4 P, 4(3) M.$$

WEITZEL (1933: 83) gibt als Zahnformel an: 3.1.4.3. Die Zahl 4 für die Prämolaren, bzw. 3 für die Molaren beruht auf einer irrigen Interpretation des  $M^1$ , der von WEITZEL als molarisierter  $P^4$  angesprochen wurde (s. unten S. 14).

Incisiven:  $I^1$ – $I^3$  sind rechtsseitig in Reihe und einigermaßen in der ursprünglichen Position vorhanden. Nur der  $I^1$  ist durch die Verdrückung um seine Längsachse verdreht.

Linksseitig ist  $I^3$  vorhanden,  $I^2$  ist entweder verloren gegangen oder durch den C inf. sin. verdeckt.  $I^2$  ist vorhanden, aber größtenteils durch C inf. sin. verdeckt.

Tab. 1. Maße (hier und im Folgenden in mm): I sup.

	Länge (mesio-distal)	Breite (linguo-labial)	Kronenhöhe (labial)
$I^1$ dext.	2,5	2,0	2,6
$I^2$ dext.	2,8	2,1	3,4
$I^3$ dext.	3,05	—	3,6
$I^3$ sin.	3,1	—	3,5

Der  $I^1$  (Abb. 2, Taf. 2 Fig. 4,5) hat eine Hauptspitze mit einer 0,4 mm großen ovalen Usurfazette. Distal und etwas oberhalb<sup>3)</sup> befindet sich eine kleine Neben-

<sup>3)</sup> „oberhalb“ und „unterhalb“ hier, wie im Folgenden entsprechend der — natürlichen — Orientierung der Zähne in den Abbildungen und Figuren.

spitze. Die mesiale Kante steigt zuerst schräg, dann senkrecht nach oben zur Kronenspitze auf. Die Labialwand ist eben, eher in der Mitte etwas eingesenkt, und trägt an der Kronenbasis schwache Andeutungen eines Cingulums. Die Lingualwand ist — entsprechend der linguolabialen Verdickung der Kronenbasis (s. Maße) stark vorgewölbt und trägt unterhalb der Kronenschneide zwei große Usur-Fazetten. Sie liegen distal und mesial und treffen in der Mitte der Lingualwand in einer undeutlichen Kante zusammen. Die Fazetten stammen von unteren Incisiven ( $I_1$  und  $I_2$ ). Bei Kieferocclusion liegen somit — wie üblich — die oberen I vor den unteren. Ein linguales Cingulum ist nicht vorhanden.

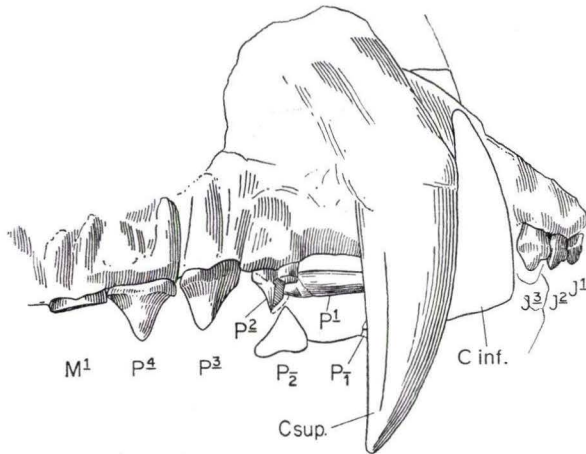


Abb. 2. *Kopidodon macrognathus* (WTTCH.), Lutetium, Messel bei Darmstadt. Rechtes Maxillare, von labial, mit:  $I^1$ — $I^3$ , C sup., P<sup>1</sup> (horizontal, disloziert), P<sup>2</sup> (defekt), P<sup>3</sup>—M<sup>1</sup>. Konturiert: C inf. dext., P<sub>1</sub> dext. (durch C sup. dext. größtenteils verdeckt), P<sub>2</sub> dext., alle von labial.  $\times 1,5$  nat. Gr. (Me 1388, Geol. Pal. Abt. HLD).

$I^2$  und  $I^3$  (Abb. 2,3, Taf. 2 Fig. 4,5) haben im Prinzip den gleichen Bau wie  $I^1$ , nur ist die Hauptspitze stärker betont. Dadurch sitzt die mesiale Nebenspitze etwas weiter oberhalb an, und die Krone ist an der Basis stärker eingezogen. In Lingualansicht ist somit ein 5seitiger Kronenumriß vorhanden, wobei derjenige am  $I^3$  schiefer als am  $I^2$  ist. (Taf. 2 Fig. 5, Abb. 2,3) Die Labialwände sind eben, im Ganzen eher etwas eingesenkt. Am  $I^3$  ist ein schwacher Mittelwulst erkennbar. Cingula fehlen, ebenso wie an den Lingualwänden.

Der C sup. (Taf. 1 Fig. 1,2; Taf. 2 Fig. 3, Abb. 2—4) ist schlanker als der C inf. Beide obere Caninen sind jedoch etwas verdrückt, der rechte mehr als der linke. Durch die seitliche Kompression des Schädels während und nach der Einbettung treten die Wurzelkonturen durch die Knochenbedeckung in Seitenansicht etwas hervor, so daß sich ein ungefähres Maß für die Gesamtgröße der oberen Caninen ergibt (s. Maßtabelle).

Die Krone hat distal eine scharfe, aber nicht gezähnelte Kante, mesial ist sie zugrundet, dadurch entsteht ein tropfenförmiger Umriß. Auch unter Berücksichtigung einer gewissen Deformation während der Fossilisation dürfte die Krone stark seitlich

komprimiert gewesen sein. Im hinteren Drittel der labialen Kronenwand liegt eine kräftige vertikale Furche, die hinter und ca. 2 mm oberhalb der Kronenspitze endet und in Wurzelnähe ausflacht.

Tab. 2. Maße: C sup.

	Maß: Wurzelbasis- Kronenspitze	Maß: Kronenbasis- Kronenspitze	mesio-distale Länge an der Kronenbasis	linguo-labiale Breite an der Kronenbasis
C sup. sin.	ca. 37	ca. 20	9,5	4,3
C sup. dext.	ca. 37	ca. 23 <sup>4)</sup>	9,1	—

Dicke des Schmelzbelages in Kronenmitte: 0,1—0,2.

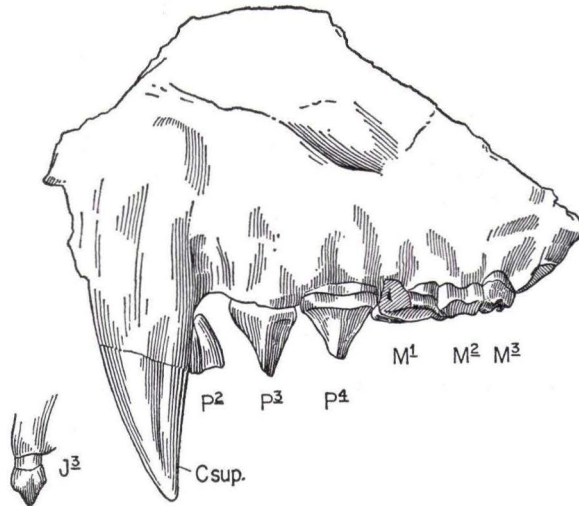


Abb. 3. *Kopidodon macrognathus* (WTTCH.), Lutetium, Messel bei Darmstadt. Linkes Maxillare, von labial, mit: P<sup>1</sup> (disloziert), C sup. (mit querer Bruchlinie), Wurzeln von P<sup>2</sup>, P<sup>3</sup>—M<sup>3</sup>. × 1,5 nat. Gr. (Me 1388, Geol. Pal. Abt. HLD).

Die Lingualwand trägt in gleicher Position eine ähnliche, aber flachere Furche. In Seitenansicht ist der C sup. leicht gebogen, mit vorderem konvexem und hinterem geradem Rand.

Obere Prämolaren: (Maße s. Tab. 3) Der rechte P<sup>1</sup> ist erhalten, aber ganz disloziert, vermutlich durch die mit der Einbettung verbundene Zusammendrückung des Schädels. Er liegt horizontal außerhalb der Alveole, mit dem Wurzelende nach vorn, und der Kronenspitze nach hinten gerichtet (Abb. 2). Die Krone liegt lingual neben der Krone des in situ befindlichen P<sup>2</sup> d. (Abb. 2). Der P<sup>1</sup> ist ein stiftförmiger, einwurzliger Zahn mit — in Seitenansicht — flach dreieckiger Krone und einer Kronen-Wurzellänge von ca. 8.

<sup>4)</sup> Wert wohl zu hoch, wegen starker Verdrückung.

Der  $P^2$  (bei WEITZEL 1933: 82–83:  $P^1$ ) – mit etwas defekter Krone – ist ebenfalls nur rechts erhalten bzw. sichtbar (Abb. 2). Vom linken  $P^2$  sind nur noch die 2 Wurzeln hinter dem C sup. sin. vorhanden (Taf. 1 Fig. 1,2; Taf. 2 Fig. 3, Abb. 3, 4). In Außenansicht zeigt die Krone dreieckigen Umriß mit leicht konkavem Hinterabhang. Ihre Basis ist außen-vorn und hinten von einem feinen, aber deutlich markierten Cingulum umgeben. Die Lingualseite ist nicht sichtbar. Der Zahn ist zweiwurzlig, mit etwa gleich starker Vorder- und Hinterwurzel (Abb. 3, 4).

Der  $P^3$  sin. (bei WEITZEL 1933: 82–83:  $P^2$ ) ist dreiwurzlig, mit etwa gleich starken Wurzeln. Die Krone (Taf. 3 Fig. 6, Abb. 2–4) besteht aus einer hohen Außenspitze und einem daran angelehnten Innenhügel. Die Außenspitze, bzw. die Krone, ist gleich hoch (6,6) wie lang (6,4), die Breite ist jedoch geringer (6,0).

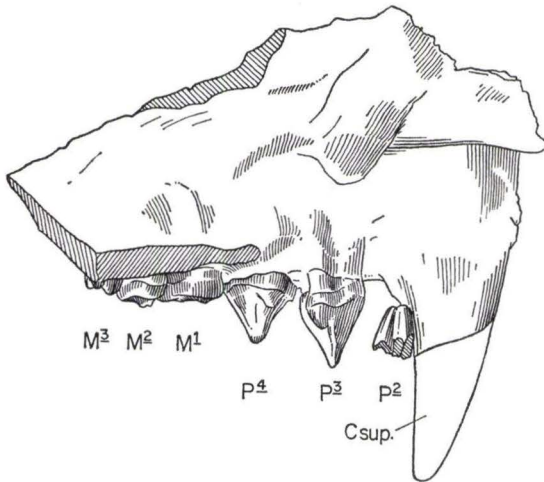


Abb. 4. *Kopidodon macrognathus* (WITTM.), Lutetium, Messel bei Darmstadt. Linkes Maxillare, von lingual, mit: Csup. (Spitze verdeckt und konturiert), Wurzeln des  $P^4$ ,  $P^3$ – $M^3$ .  $\times 1,5$  nat. Gr. (Me 1388, Geol. Pal. Abt. HLD).

Vorder- und Hinterwand des Außenhügels tragen breite Usurflächen, an denen der Schmelz bereits größtenteils abgeschliffen ist. Die Vorderwand des  $P^3$  steht – bei Occlusion – mit der Hinterwand des  $P_3$ , die Hinterwand des  $P^3$  mit der Vorderwand des  $P_4$  in Kontakt. Sehr eigenartig ist die Abkauung des Innenhügels: Die Schmelzkappe ist bis auf die basishnahen Partien völlig abgetragen. Hier ragt der Schmelz Cingulum-artig hervor, ein eigentliches Innencingulum fehlt dagegen. Beim Abschleifen der Schmelzkappe ist die Kegelgestalt des Innenhügels jedoch durchaus erhalten geblieben. Ein echtes Cingulum ist nur buccal, sowie an der Vorder- und Hinterwand des Außenhügels vorhanden. Es liegt weiter wurzelwärts als das „Pseudocingulum“, welches den Innenhügel umzieht.

Vom  $P^3$  dext. sind nur die Außenwand und die Umriss der 2 Außenwurzeln sichtbar (Abb. 2).

Der  $P^4$  sin. (bei WEITZEL 1933: 82–83:  $P^3$ ) ist dem  $P^3$  strukturell sehr ähnlich, nur etwas größer (Taf. 3 Fig. 6, Abb. 2–4). Der Kronenumriß bildet auch hier ein

etwa gleichseitiges Dreieck, dementsprechend stehen die drei gleichstarken Wurzeln eng beieinander, ähnlich wie bei *Russellites* (VAN VALEN 1965: Abb. 2) und zum Unterschied gegen *Paroxyclaenus* mit quergedehnter P<sup>4</sup>-Krone (s. unten S. 27, 29).

Vorder- und Hinterwand des hohen, spitzen Außenhügels tragen breite Usurflächen, auf denen das Dentin freiliegt. Dagegen sind die Spitzenpartie, die Außenwand und eine Mittelrippe der Innenwand noch von Schmelz bedeckt. Der auch hier wesentlich niedrigere Innenhügel hat, wie am P<sup>3</sup>, seine Schmelzbedeckung durch Usur völlig verloren. Er ist von einem falschen, lingualen „Pseudocingulum“ umgeben, das hinten und buccal in das echte Cingulum übergeht, während es vorn und buccal über das eigentliche dort vorhandene Cingulum zu liegen kommt. Dieses ist an der Außenseite gut entwickelt, verschwindet aber auf der Vorder- und Hinterseite lingualwärts, so daß dem Innenhügel — wie am P<sup>3</sup> — ein Innencingulum fehlt. Der Innenhügel ist hier stärker als am P<sup>3</sup>. Die Außenwand des P<sup>4</sup> trägt ferner — wie auch am P<sup>3</sup> — eine undeutliche Mittelrippe.

Vom P<sup>4</sup>- dext. sind ebenfalls nur die z. T. zerdrückte Außenwand und die Umrisse der 2 Außenwurzeln erkennbar (Abb. 2).

Tab. 3. Maße: P sup.

	Länge (buccal)	Breite	Kronenhöhe (buccal)
P <sup>1</sup> dext.	ca. 2,5	—	ca. 3
P <sup>2</sup> dext.	4,7	—	ca. 4,1
P <sup>3</sup> sin.	6,4	6,0	6,4
P <sup>3</sup> dext.	6,4	—	6,1
P <sup>4</sup> sin.	6,6	6,4	5,7
P <sup>4</sup> dext.	ca. 6,5	—	—

Obere Molaren (Maße s. Tab. 4): Der M<sup>1</sup> (bei WEITZEL 1933: 82—83: P<sup>4</sup>) ist tief abgetragen und vorn-außen beschädigt (Taf. 3 Fig. 6, Abb. 2—4). Auf der Occlusalfläche liegt, von wenigen Schmelzresten abgesehen, das Dentin zutage. Die Konfiguration der Schmelzreste an der Außenwand und an der zum Trigonum-Becken abfallenden Innenwand beweisen unzweideutig die Existenz von Para- und Metacon. WEITZEL (1933: 83) hat diesen Zahn als weitgehend molarisierten P<sup>4</sup> interpretiert, in Wirklichkeit ist es der M<sup>1</sup>. Dies geht schon aus der weit vorgeschrittenen Abkautung und vor allem aus dem Vergleich mit *Paroxyclaenus* hervor<sup>5</sup>). Aus diesem Irrtum ergab sich auch die Fehlinterpretation der übrigen P und M durch WEITZEL.

Die Konfiguration der Schmelzreste nahe der Mitte des Kronenhinterrandes weist ferner auf die Existenz eines Metaconulus hin. Ein wahrscheinlich — nach den Befunden am M<sup>2</sup> (s. unten S. 15) — vorhandener Protoconulus ist dagegen völlig abgetragen. Die Kronenbasis ist rundum von einem Streifen des an den Seiten-

<sup>5</sup>) WEITZEL (1933: 83) meint, daß auch bei *Paroxyclaenus lemuroides* der P<sup>4</sup> weitgehend molarisiert sei. Dies ist, wie bei TEILHARD (1922: Taf. 4 Fig. 15, Abb. 38 und S. 86) ersichtlich, und Autopsie ergab, auf keinen Fall gegeben. Die Außenpartie der Krone des P<sup>4</sup> besteht — bei 3 vorhandenen, trituberculären Molaren — aus einem einzigen Außenhügel.

wänden noch vorhandenen Schmelzbelages umgeben. Buccal ist noch etwas von einem Cingulum-Rest angedeutet. Innencingulum und Hypocon fehlen.

$M^1$  dext. ist nur von außen sichtbar und bei der Fossilisation etwas zerdrückt worden (Abb. 2).

Der  $M^2$  sin. (bei WEITZEL 1933: 82–83:  $M^1$ ) ist weniger weit als der  $M^1$ , aber auch noch beträchtlich abgekaut (Taf. 3 Fig. 6, Abb. 3, 4). Para- und Metacon sind deutlich erkennbar; an ihren Außenwänden ist der Schmelz jedoch völlig abgeschliffen. An der Basis der Außenwand ist ein Sims-artiger Schmelzvorsprung erkennbar, der einmal aus dem primär vorhandenen Buccalcingulum, vor allem aber aus dem Usur-Rand der noch stehen gebliebenen Schmelzbedeckung der Kronenbasis besteht.

Die Spitzen von Para- und Metacon tragen breite Usurfazetten, auf denen das Dentin freiliegt. Lingualwärts folgt das Trigonum-Becken, das noch mit Schmelz bedeckt ist, ebenso wie die Innenabhänge von Para- und Metacon. Das Protocon-Areal ist dagegen wieder tief abgekaut.

Aus dem Verlauf der Schmelzränder in der Mitte von Vorder- und Hinterwand läßt sich ein Proto- und ein Metaconulus rekonstruieren. Ein Innencingulum fehlt, ebenso ein Hypocon.  $M^1$  und  $M^2$  werden von zwei Außenwurzeln und einer Innenwurzel getragen.  $M^2$  dext. ist nur von außen sichtbar und durch die Fossilisation disloziert und zerdrückt worden.

$M^3$  sin. (bei WEITZEL 1933: 82–83:  $M^2$ ) ist beträchtlich kleiner als  $M^2$ , Para- und Metacon sind deutlich, jedoch nicht tief getrennt, ersterer kräftiger als letzterer (Taf. 3 Fig. 6, Abb. 3–4). Die Schmelzbedeckung der Außenwand ist noch vorhanden, obwohl durch Usur verdünnt. Ein Außencingulum ist deutlich, verschwindet aber auf der Vorder- und Hinterwand der Krone lingualwärts, so daß ein Innencingulum völlig fehlt. Der Metacon trägt eine deutliche Spitzen-Usur, wogegen die Paracon-Spitze noch intakt ist. Der Protocon hat eine langgezogene, nach vorn und wurzelwärts geneigte Fazette. Die restliche Kronenpartie ist mit Schmelz bedeckt. Von einem Proto- und Metaconulus ist nichts zu erkennen.<sup>6)</sup>

Vom  $M^3$  dext. konnte die Außenwand freigelegt werden. Er ist durch die Kompression um  $90^\circ$  aus seiner ursprünglichen Lage gedreht worden, so daß die Außenwand distalwärts orientiert wurde.

Hinter dem  $M^3$  folgt ein kleiner, stiftförmiger, offensichtlich überzähliger  $M^4$  sin. (bei WEITZEL 1933: 82–83:  $M^3$ ), dessen Krone leider durch den Trennschnitt beschädigt wurde (Taf. 3 Fig. 6). Soweit noch erkennbar – auch im Abdruck der Krone im gegenüberliegenden Knochen – war die Krone knopfförmig und mit einer schwachen Spitze versehen. Von ihr aus verliefen Kanten nach vorn, hinten und lingual.

Rechtsseitig ist kein  $M^4$  sichtbar. Allerdings ist hier Verdrückung und Dislozierung der drei voranstehenden Molaren besonders stark, so daß eine ganz sichere Aussage nicht zu machen ist. Aber auch das Röntgenbild (Taf. 2 Fig. 3) läßt mit Sicherheit keinen  $M^4$  erkennen.

<sup>6)</sup> WEITZEL 1933: 83: „ $M^2$  ist tief abgekaut“. Diese Angabe entspricht nicht den Tatsachen. Sie ist wohl bedingt dadurch, daß WEITZEL beim damaligen Präparationszustand des Objektes keine Möglichkeit einer vollen Occlusalansicht der P und M hatte.

Tab. 4. Maße: M sup.

	Länge (labial)	Breite	Kronenhöhe (labial)
M <sup>1</sup> sin.	ca. 5,4	7,6	ca. 2,5
M <sup>1</sup> dext.	5,5	—	—
M <sup>2</sup> sin.	4,2	5,3	2,9
M <sup>2</sup> dext.	4,2	—	ca. 2,8
M <sup>3</sup> sin.	3,1	4,3	2,6
M <sup>3</sup> dext.	—	—	—
M <sup>4</sup> sin.	1,6	1,8	—

## 2.1.2. Unterkiefer-Bezahnung

Als Zahnformel — an beiden UK-Zahnreihen erkennbar — ergibt sich:

$$3 I, 1 C, 4 P, 3 M.$$

Vom Unterkiefer selbst sind nur die horizontalen Äste erhalten, wobei der linke — mit dem Vorderrand der Masseter-Grube — vollständiger ist als der rechte (Abb. 5). Beide Unterkiefer-Äste sind bei der Fossilisation, auch in der Symphysen-Partie, aneinander vorbeigeschoben worden, wobei die Symphysen-Region gleichzeitig etwas nach hinten gestaucht wurde. Daraus resultiert die unnatürliche Verkürzung der Unterkiefer-Äste (Abb. 5, 7).

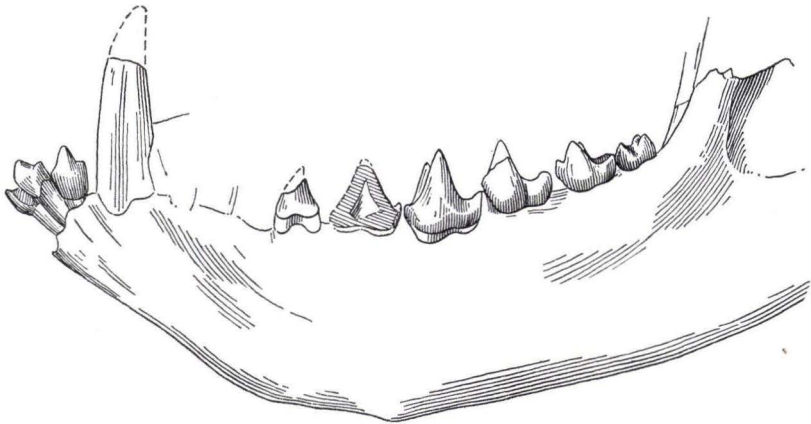


Abb. 5. *Kopidodon macrognathus* (WTTCH.), Lutetium, Messel bei Darmstadt. Ramus horizontalis der linken Mandibel, von labial, mit: I<sub>1</sub> (distal defekt), I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>, C inf. (distale Partie durch C sup. verdeckt), P<sub>2</sub>—M<sub>3</sub> (P<sub>2</sub> und P<sub>3</sub> defekt). × 1,5 nat. Gr. (Me 1388, Geol. Pal. Abt. HLD).

Die Symphyse des rechten UK-Ramus ist freigelegt und einigermaßen erkennbar. Sie dürfte in mesio-distaler Richtung lang und schmal (21 lang, bzw. 8 hoch) gewesen sein. Am rechten Mandibel-Ast sind 2 Foramina mentalia sichtbar: Das hintere unterhalb des P<sub>3</sub>, das vordere unterhalb des Diastemas zwischen P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> (Abb. 7). Der Vorderrand der Masseter-Grube liegt ca. 5,5 distal vom Hinterrand des M<sub>3</sub>.



Die unteren Incisiven (Taf. 2 Fig. 3, Taf. 3 Fig. 7, 8) sind linksseitig am besten und noch im Verband erhalten. Rechts sind sie stärker disloziert und z. T. beschädigt.

Tab. 5. Maße: I inf.

	Länge (mesio-distal)	Breite (linguo-labial)	Kronenhöhe (labial)
I <sub>1</sub> dext.	1,8	1,75	ca. 3,4
I <sub>2</sub> sin.	2,5	2,3	3,4
I <sub>3</sub> sin.	3,1	2,4	4,3

Der I<sub>1</sub> ist — ähnlich dem Befund an den oberen I — deutlich kleiner als I<sub>2</sub> und I<sub>3</sub>. Der Kronenumriß ist — in Labialansicht — dreieckig. Distal und wurzelwärts von der Hauptspitze liegt eine kräftige Nebenspitze. Sie verlängert sich lingualwärts in einen kurzen Grat, der eine kleine tiefe Bucht umschließt.

Vor ihrem Ausgang — auf der lingualen Kronenfläche — steht eine kleine Schmelzknospe (Taf. 3 Fig. 8). Die Mesialseite der Krone trägt eine große, vom Gegen-I<sub>1</sub> herrührende Pressionsmarke, ihr ist die mesiale Ecke der Krone zum Opfer gefallen. Immerhin ist hier ein Cingulum-Rest am Lingualrande gerade noch erkennbar. Haupt- und distale Nebenspitze tragen kleine Spitzenusuren. Die Wurzel ist mesio-distal stark komprimiert: 1,2 gegenüber 1,7 linguo-labial.

Der I<sub>2</sub> (Taf. 3 Fig. 7, 8) hat außer der Hauptspitze je eine mesiale und distale Nebenspitze. Erstere sitzt der Hauptspitze näher an, letztere steht dagegen weiter wurzelwärts. Von beiden Nebenspitzen ziehen in wurzelwärtiger Richtung kräftige Grate auf die Lingualwand, die dadurch eingesenkt erscheint. Da der mesiale Grat etwas länger als der distale ist, erhält die Lingualwand dadurch einen etwas asymmetrischen Umriß. Beide Grate stellen Cingulum-artige Bildungen dar. Die distale Nebenzacke ist auch auf der Labialwand durch eine kurze Furche von der Hauptspitze abgesetzt, was bei der mesialen Zacke nicht der Fall ist.

Haupt- und beide Nebenspitzen tragen kleine Spitzenusuren. Pressionsmarken der benachbarten Zähne fehlen. Die Wurzel ist, wie am I<sub>1</sub>, mesiodistal komprimiert: 1,5 gegenüber 2,35 linguo-labial.

Der I<sub>3</sub> ist größer als der I<sub>2</sub>, ihm aber sonst weitgehend ähnlich (Taf. 3 Fig. 7, 8). Die Hauptspitze tritt jedoch — in Lingualansicht — deutlicher hervor. Die Nebenzacken, vor allem die mesialen, sitzen weiter wurzelwärts an. Dadurch erscheint der I<sub>3</sub> in Lingualansicht symmetrischer als I<sub>2</sub> und gar I<sub>1</sub>. Die beiden, von den Nebenspitzen auf die Innenwand hinüberziehenden Schmelzgrate — einem Innencingulum entsprechend — sind ebenso kräftig wie am I<sub>2</sub>. Alle drei Spitzen tragen Usuren, die aber kleiner sind als am I<sub>2</sub>. Die Wurzel des I<sub>3</sub> ist nicht so stark abgeplattet, wie an I<sub>1</sub> und I<sub>2</sub>: 2,0 mesio-distal gegen 2,3 linguo-labial.

Für die unteren Schneidezähne ist vor allem das Innencingulum charakteristisch; es fehlt den oberen I. Auch sonst sind die Unterschiede beträchtlich. Sie bezeugen eine erhebliche Differenzierung der Incisiven.

Der C inf. dext. (Abb. 7) ist vollständig erhalten, am C inf. sin. ist die Kronenspitze weggebrochen (Abb. 5). Der untere Canin ist in Seitenansicht massiver und gedrungenener, als WEITZEL (1933: 84) annahm. Am linken Canin wurde dies erst nach

Ausheben des hinter ihm befindlichen  $I^3$  sin. sichtbar. Auch die Abbildungen lassen diesen Sachverhalt nicht voll erkennen. Die Labialwand der Krone besitzt vorn und hinten eine tiefe Rinne, die dazwischen liegende Wandpartie tritt dadurch wulstartig hervor. (Abb. 5 u. 7 geben dies nur unvollkommen wieder.)

Die Lingualwand ist ebener, aber auch hier ist eine vordere, flache und eine hintere, tiefere Vertikalfurche vorhanden, beide aber seichter als die beiden Außenfurchen. Am oberen Eckzahn ist innen und außen nur je eine Furche vorhanden (s. oben S. 12).

Der Vorderrand der Krone ist abgerundet, der Hinterrand hat eine scharfe, nicht gezähnelte Kante. Sie ist allerdings durch eine vom C sup. verursachte Usurfazette, die von der Spitze bis 5 mm oberhalb der Kronenbasis herunterreicht, abgetragen. Im basalen Teil ist sie jedoch noch gut sichtbar.

Tab. 6. Maße: C inf.

	Maß: Kronenbasis- Kronenspitze	mesio-distale Länge an der Kronenbasis	linguo-labiale Breite an der Kronenbasis
C inf. dext.	ca. 19	—	—
C inf. sin.	—	8,0	—

Wie im OK sind auch im UK 4 untere Prämolaren (Maße s. Tab. 7) vorhanden. Der  $P_1$  ist beiderseits sichtbar. Er steht dicht hinter dem C inf. (Abb. 2, 7) und ist ein einwurzeliger Zahn mit einfacher, stumpfkönischer Krone. Diese hat einen langen Hinter- und einen kürzeren Vorderabhang. Vorn-außen ist ein schwaches Cingulum erkennbar, die restliche Außenwand ist ohne Cingulum. Die Innenwand ist an keinem der beiden  $P_1$  sichtbar.



Abb. 6. *Kupidodon macrognathus* (WTTCH.), Lutetium, Messel bei Darmstadt. Linke Unterkiefer-Zahnreihe, von lingual, mit:  $P_2$  (Vorderpartie verdeckt),  $P_3$ — $M_4$ .  $\times 1,5$  nat. Gr. (Me 1388, Geol. Pal. Abt. HLD).

Ein — rechtsseitig — gut erhaltenes Diastema von 4,2 trennt den  $P_2$  vom  $P_1$  (Abb. 5, 7). Der  $P_2$  — rechts vollständig, links defekt — ist zweiwurzelig, mit einfacher Krone, deren Labialansicht einen spitzdreieckigen, etwas nach hinten geneigten Umriß ersehen läßt. Hinten befindet sich ein schwaches Cingulum.

Der  $P_3$  hat — soweit erkennbar — eine einfache, kegelförmige, seitlich komprimierte Krone, die auf zwei Wurzeln sitzt (Taf. 3 Fig. 9, Abb. 5—7). In Seitenansicht ist der Kronenumriß spitz-dreieckig. Ob lingual der Hauptspitze bereits eine kleine Nebenspitze vorhanden war, ist mit Sicherheit nicht erkennbar. Das Hinterende der Kronenbasis ist verstärkt, dadurch den Beginn eines Talonides markierend.

Am  $P_3$  sin. ist die hintere Partie der Innenwand freigelegt (Taf. 3 Fig. 9, Abb. 6). Der Schmelzbelag ist hier fast bis an die Kronenbasis völlig abgeschliffen. Dort wo der Schmelz noch vorhanden ist, springt er simsartig vor und bildet ein „Pseudo-

cingulum“, ähnlich wie an der Innen- und Außenwand der oberen Molaren. Wie die Innenwand, ist auch der Hinterabhang der  $P_3$ -Krone stark angekaut, derart, daß der Schmelzbelag gänzlich entfernt ist.

Der  $P_4$  (Taf. 3 Fig. 9, Abb. 5—7) hat zwei nebeneinanderliegende Hauptspitzen: Protoconid und Metaconid. Ein Paraconid fehlt. Wie am  $P^4$  sup. liegt auch hier keine Molarisierung vor. Hinter den beiden Haupthügeln folgt ein niedrigeres, aber wohlentwickeltes Talonid, das in Hypoconid und Entoconid differenziert ist.

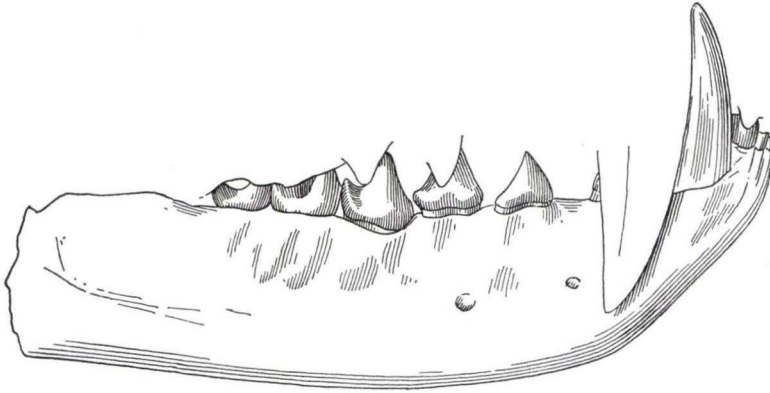


Abb. 7. *Kopidodon macrognathus* (WITTM.), Lutetium, Messel bei Darmstadt. Ramus horizontalis der rechten Mandibel von labial, mit:  $I_2$  (fragm.),  $I_1$ , C inf., C sup. (konturiert),  $P_1$  (disloziert und durch C sup. z. T. verdeckt),  $P_2$ — $M_2$ .  $\times 1,5$  nat. Gr. (Me 1388, Geol. Pal. Abt. HLD).

Die Vorderhänge von Protoconid und Metaconid, sowie Außen- und Innenwände der Krone sind ohne nennenswerte Usuren. Auch die Spitze des Protoconides ist ohne Usur. Dasselbe dürfte für die Metaconidspitze gelten, wenngleich sie etwas defekt ist. Wenn hier eine Spitzenusur vorhanden war, kann sie nur sehr klein gewesen sein. Stark ausgekaut ist dagegen das Talonidbecken. Hier fehlt der Schmelz, bis auf ein kleines, zentral gelegenes Relikt, gänzlich; auch an den Hinterhängen von Protoconid und Metaconid, wie am Vorderhang des Entoconides, ist der Schmelz abgetragen.

Tab. 7. Maße: P inf.

	Länge	Breite	Kronenhöhe
$P_1$ sin.	2,6	—	2,6
$P_2$ sin.	4,5	—	—
$P_2$ dext.	4,5	—	4,7
$P_3$ sin.	6,45	3,9	ca. 6,3
$P_3$ dext.	6,4	—	ca. 6,3
$P_4$ sin.	7,1	5,3	7,7
$P_4$ dext.	ca. 7,0	—	ca. 7,8

Drei untere Molaren (Maße s. Tab. 8) sind vorhanden. Von einem überzähligen vierten M, wie im Oberkiefer, ist weder links- noch rechtsseitig etwas zu sehen. Auffallend — wie im OK — ist die Größenabnahme von  $M_1$  nach  $M_3$  (s. Tab. 8, Taf. 3 Fig. 9, Abb. 5, 6).

Vom  $M_1$  (Taf. 3 Fig. 9, Abb. 5–7) ist nur die Außenpartie der Krone erhalten. Die Innenseite ist – wie  $M_1$  sin. deutlich zeigt – weitgehend einer eigenartigen Abkautung zum Opfer gefallen: An der wurzelnahen Partie der Innenwand der Krone ist das Dentin auf einer fast senkrechten, glatt geschliffenen Usurfläche freigelegt. Nur an der Kronen-Wurzelgrenze ist der Schmelz erhalten und springt in Form eines „Pseudocingulum“ leistenartig hervor. Ein echtes Innencingulum dürfte – nach den Befunden an  $P_4$  und den beiden hinteren Molaren zu schließen – am  $M_1$  nicht vorhanden gewesen sein. Die höheren Teile der Innenpartie der Krone sind ebenfalls stark angekaut. Hier ist die Usurfläche schräg von oben-außen nach unten-innen geneigt, sowie im Trigonid- und Talonid-Bereich deutlich ausgehöhlt.

Diese beträchtliche Abtragung der Innenseite des  $M_1$  hat das – an  $P_4$  und  $M_2$  vorhandene, daher auch für  $M_1$  anzunehmende – Metaconid sowie das – nach Analogie mit  $M_2$  – ebenfalls vorhanden gewesene, aber wohl schwächere Paraconid gänzlich beseitigt. Im Talonid-Abschnitt ist durch diesen Usur-Effekt die Innenpartie des Talonid-Beckens nebst dem Innenrand mit – am  $M_2$  und  $M_3$  wohlentwickelten, daher auch für  $M_1$  anzunehmenden – Entoconid verschwunden.

Der  $M_1$  wirkt dadurch in Occlusalansicht unnatürlich schmal. Auf der großen, lingualen Usurfläche sind auf dem Trigonid- bzw. Talonid-Anteil nur noch 2 bzw. 1 winziger inselförmiger Schmelzrest erhalten. Dort, wo die basale, vertikale Usurfläche in die obere, geneigte übergeht, wird die Krone von einem Längsbruch durchzogen (auf Taf. 3 Fig. 9 nicht dargestellt).

Das oben beschädigte Protoconid ist hoch und spitz, ähnlich wie am  $P_4$ , und außen von Schmelz bedeckt. Ebenso ist die Labialseite des niedrigeren Talonides von Schmelz bedeckt. Der innere Rand des Schmelzes bildet hier gegen die nach unten-innen geneigte linguale Usurfläche einen deutlichen Längsgrat. Seine Lage entspricht etwa dem Außenrand des abgetragenen Talonid-Beckens. Am Hinterende dieses Längsgrates, und damit der  $M_1$ -Krone überhaupt, ist gerade noch eine Andeutung des zum größten Teil bereits abgeschliffenen Hypoconulides sichtbar.

Der  $M_2$  (Taf. 3 Fig. 9, Abb. 5–7) ist durch die Abkautung nicht so mitgenommen wie der  $M_1$  und vollständiger erhalten. Die Usur hat an der Basis der Lingualwand jedoch schon begonnen, die – am  $M_1$  beschriebene – vertikale Kaufläche anzulegen. Der Schmelz ist hier schon deutlich, wenngleich noch nicht völlig abgetragen. Der Rand der noch erhalten gebliebenen Schmelzbedeckung ragt über die Kronen-Wurzelgrenze leistenartig vor.

Das Metaconid ist jedoch noch vorhanden. Es ist kleiner und niedriger als das große und dominierende Protoconid und ihm gegenüber etwas distalwärts zurückgeschoben. Protoconid und Metaconid sind durch einen in der Mitte eingesenkten Grat verbunden. Dadurch wird gleichzeitig Trigonid- und Talonid-Becken getrennt.

Das Paraconid ist erheblich kleiner und niedriger als das Metaconid. Es liegt vorn-innen nahe der Basis der Krone und ist durch die Innenusur bereits etwas angegriffen, ebenso wie der Innenrand des Trigonid-Beckens selbst. Letzteres ist im Ganzen jedoch noch erhalten. Paraconid und Protoconid sind durch eine niedrige Kante verbunden.

Das gegenüber dem Trigonid niedrigere Talonid ist noch nicht von der Innenusur betroffen worden. Sein Innenrand trägt ein kleines, etwas horizontal angeschliffenes

Entoconid. Das ebenfalls horizontal angeschliffene Hypoconulid ist größer und liegt dem Hinterende der Krone nahe. Der Labialrand des Talonides mit dem schwachen Hypoconid ist hinter der Hinterwand des Protoconides eingesenkt. Damit hat das Talonid-Becken, dessen Boden noch von Schmelz bedeckt ist, einen breiten Ausgang labialwärts. Der Innenrand des Talonid-Beckens ist dagegen hochgezogen und durch eine Längskante scharf markiert.

Der  $M_3$  (Taf. 3 Fig. 9, Abb. 5–6) — beträchtlich kleiner als  $M_2$  und  $M_1$  — zeigt ebenfalls, aber in gegenüber  $M_2$  vermindertem Ausmaß, den Beginn der vertikalen Usur an den basalen Partien der Kronen-Innenwand. Das Trigonid ist nur wenig höher als das Talonid und besteht aus einem niedrigen Protoconid und einem nur wenig schwächeren Metaconid. Letzteres trägt eine kleine, horizontale Usurfläche auf der Spitze, ersteres ist unversehrt. Protoconid und Metaconid liegen fast auf gleicher Höhe. Beide sind nach vorn durch einen niedrigeren Grat verbunden, der ein kleines Trigonid-Becken umschließt. Das vorn-innen zu erwartende Paraconid fehlt gänzlich. Das Trigonid-Becken geht nach hinten in das größere Talonid-Becken über; im Gegensatz zum  $M_2$ . Hier sind beide Becken durch einen Proto- und Metaconid verbindenden Quergrat getrennt. Dieser fehlt gänzlich am  $M_3$ .

Hinten-außen steht ein kleiner Hügel, der nach seiner Lage nur als Hypoconulid bezeichnet werden kann. Ein mesial davon zu erwartendes Hypoconid, das am  $M_2$  noch schwach vorhanden ist, fehlt offensichtlich (wenn man nicht das Hypoconulid als ein distalwärts verschobenes Hypoconid deuten will). Auf alle Fälle besteht zwischen dem Hinteraußen-Element und der Rückwand des Protoconides keine crista obliqua. Dadurch erhält das Talonid-Becken einen breiten labialen Ausgang. Das Entoconid ist ebenso kräftig wie das Hypoconulid und etwas mesialwärts vorgeschoben. Beide sind durch eine tiefe Längsfurche, die sich noch etwas auf die Distalfläche der Krone fortsetzt, getrennt und nicht, wie sonst üblich, durch einen Grat verbunden.

Ungewöhnlich, und fast wie eine Mißbildung aussehend, ist eine kleine, 1 mm lange, kesselartige Einsenkung im Schmelz zwischen Entoconid und Metaconid, am Innenrand des Talonid-Beckens. Sie wird von zwei, vom Entoconid nach vorn ausgehenden Schmelzgraten umfaßt, die sich vor dem Hinterabhang des Metaconides wieder vereinigen (Taf 3 Fig 9).

Tab. 8. Maße: M inf.

	Länge	Breite	Höhe
$M_1$ sin.	6,6	4,2	ca. 5,5
$M_1$ dext.	6,6	—	—
$M_2$ sin.	5,1	3,8	4,2
$M_2$ dext.	5,1	—	—
$M_3$ sin.	4,0	2,9	2,7
$M_3$ dext.	3,9	—	—

Allen 3 Molaren fehlt ein Außencingulum; gleiches gilt, soweit noch sichtbar bzw. erhalten, auch für Vorder-, Hinter- und Lingualwände der Kronen.

### 2.1.3. Oclusion und Usuren

Taf. 1 Fig. 1, 2, Taf. 2 Fig. 3, Abb. 2, 7 sowie vorstehende Beschreibungen ergeben folgende Oclusionsverhältnisse bei *Kopidodon*-Me 1388:

Die oberen I liegen bei Kieferschluß vor den unteren I. So trägt die Lingualwand des I<sup>2</sup> Usurfazetten, die von I<sub>1</sub> und I<sub>2</sub> herrühren. Diese tragen ihrerseits entsprechende, aber viel undeutlichere Usuren auf ihren Labialwänden. Ferner sind an I<sup>1</sup> und I<sub>1</sub> kleine Usuren an der Hauptspitze vorhanden. Sie dürften von gegenseitigen Kronen-Kontakten beim Biß-Akt vor der definitiven Oclusion herrühren. Der I<sub>1</sub> hat eine relativ große, mesiale Pressionsmarke von seinem Gegen-I, nicht dagegen der I<sup>1</sup> und alle übrigen I.

Kleine, ± horizontale Usurfazetten sind an der Hauptspitze und den beiden Nebenspitzen des I<sub>2</sub> sin. vorhanden. Entsprechend trägt die mesiale Nebenzacke des I<sup>3</sup> sin. eine kleine Spitzenusur. Hauptspitze und distaler Grat zeigen dagegen keine Abnutzung. Die Krone des I<sup>2</sup> sin. ist nicht freigelegt. Entsprechend den Befunden am I<sub>2</sub> sin. müßten hier auch Spitzenusuren zu erwarten sein. Am I<sup>2</sup> dext. sind dagegen zum I<sub>2</sub> sin. korrelierte Spitzenusuren nicht vorhanden. Dies würde für eine etwas ungleichmäßige Abkautung der beiden Kieferhälften im Inzisiv-Bereich sprechen.

Die mesiale Nebenspitze des I<sub>3</sub> sin. trägt gleichfalls eine kleine Spitzenusur. Hauptspitze und distaler Grat sind wie am I<sup>3</sup> auch unversehrt. Labial- und Lingualwände der oberen und unteren I<sub>2</sub> und I<sub>3</sub> haben entweder gar keine, oder nur sehr undeutliche Flächen-Usuren.

Der C sup. kommt bei Oclusion hinter den C inf. zu liegen (Taf. 1 Fig. 1, 2, Taf. 2 Fig. 3, Abb. 2, 7). Dies belegt die lange Fazette an der Hinterkante des C inf. Der C inf. liegt bei Oclusion seinerseits hinter dem I<sup>3</sup> (Abb. 2). Jedoch hat weder die distale Kante des I<sup>3</sup>, noch die mesiale Seite des C inf. entsprechende Usur-Fazetten.

Über die Oclusion der oberen und unteren P<sub>1</sub> kann wegen der schlechten Sichtbarkeit und Erhaltung nichts Sicheres angegeben werden.

Auf das Diastema hinter P<sub>1</sub> folgen die P<sub>2-4</sub>. Hierbei occludieren — wie normaler Weise z. B. bei Carnivoren und erinaceomorphen Insectivoren — P<sup>2</sup> hinter P<sub>2</sub>, d. h. zwischen P<sub>2</sub> und P<sub>3</sub>; P<sup>3</sup> hinter P<sub>3</sub>, d. h. zwischen P<sub>3</sub> und P<sub>4</sub>; und P<sup>4</sup> hinter P<sub>4</sub>, d. h. zwischen P<sub>4</sub> und M<sub>1</sub>. Die oben S. 13, 14 erwähnten Usuren an den Vorder- und Hinterabhängen der Außenspitzen von P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup> stammen von diesen Kontakten mit den entsprechenden Protoconiden bzw. Trigoniden der unteren P und M<sub>1</sub>. Die Usuren an den Innenhügeln von P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup> dürften in den Taloniden von P<sub>3</sub> bzw. P<sub>4</sub> erfolgt sein.

Nach dem vorhandenen Zahnbestand unerklärlich ist jedoch die vertikale Usurfläche am P<sub>3</sub>, welche die linguale Schmelzbedeckung der Kronenbasis abgetragen hat (s. oben S. 18). Diese Usurfläche verlangt eine ähnlich umfangreiche Usur an der Labialseite des P<sup>3</sup>. Diese ist jedoch unversehrt und noch mit Schmelz bedeckt. Folgende Annahme könnte eine Erklärung für diesen Befund liefern: Im Oberkiefer persistierte der D<sup>3</sup> relativ lange, im Gegensatz dazu ging der D<sub>3</sub> relativ früh verloren, und der P<sub>3</sub> trat entsprechend früh in Funktion. Er wurde von dem persistierenden, molariformeren D<sup>3</sup> abgekaut, wobei er von ihm die erwähnte Innenusur erhielt. Die weitere Abtragung des P<sub>3</sub> erfolgte dann durch den inzwischen gewechselten P<sup>3</sup>.

Umgekehrt liegen die Verhältnisse am P<sub>4</sub>. Seine Krone ist unversehrt und frischer als die des P<sub>3</sub> und M<sub>1</sub>, sowie auch des P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup>. Hier hätte demnach der D<sub>4</sub> länger

funktioniert als der  $D_3$  und auch länger als die  $D^3$  und  $D^4$ . Die Reihenfolge des Verlustes der hinteren Milchmolaren wäre danach: Zuerst  $D_3$ , dann — ziemlich gleichzeitig, entsprechend dem ähnlichen Abkauungsgrad von  $P^3$  und  $P^4$  —  $D^3$  und  $D^4$ , und als letzter der  $D_4$ . Demgemäß würden die hinteren Prämolaren in der Reihenfolge: Zuerst  $P_3$ , dann  $P^3$  und  $P^4$  etwa gleichzeitig, zuletzt  $P_4$  — in Usur gekommen sein.

Oberer und unterer  $M_1$  sind tief und etwa gleichweit abgekaut, was durch gegenseitige Usur erfolgt, die sicherlich begann, als  $D_4$  und  $D_3$  oben und unten noch in Funktion waren. Die vertikale Schliiff-Fläche an der lingualen Kronenbasis des  $M_1$  kann dabei nur durch den buccalen, in frischem Zustand steil stehenden, ziemlich geschlossenen Abhang von Para- und Metacon erfolgt sein. Ähnliches gilt für die  $M_2$  und  $M_3$ . Damit kommt ein Scher- oder Schneiden-Effekt zustande, der zweifellos eine funktionelle Bedeutung bei der Nahrungszerkleinerung von *Kopidodon* hatte. (Ähnliches trifft für die am  $P_3$  durch die dortige vertikale Usurfläche angezeigte Schere zu.) Die Schere wirkt — im Gegensatz zu den Scherenzähnen der Carnivoren z. B. — hier jedoch derart, daß die Lingualwände der unteren Molaren auswärts von den Labialabhängen der oberen Molaren bei Occlusion der Schere zu liegen kommen. An den  $P^4/M_1$  oder den Scherenpaaren folgender Molaren bei Carnivoren ist es gerade umgekehrt. Wenn diese Interpretation richtig ist, müssen — in Occlusionsstellung — die oberen Molaren innerhalb und zwischen den unteren Molaren gelegen haben: Ein nicht gewöhnliches Verhalten.

Para- und Metacon selbst hatten die Innenpartien des Trigonides, der Protocon das Talonid der unteren Molaren zu Antagonisten: dies vermutlich mittels einer rotatorischen Bewegung des Unterkiefers senkrecht zur Schädel-Längsachse.

Die Usurerscheinungen an den 3 Molaren nehmen nach hinten rasch ab. Immerhin ist an den oberen und unteren  $M_2$  und  $M_3$  alles dasjenige in Ansätzen sichtbar, was am  $M_1$  sup. und inf. durch die Abkauung voll ausgearbeitet ist, an den  $M_2$  stärker als an den  $M_3$ .

Es ist denkbar, daß die gegenseitige Abtragung der  $M_1$  durch die molariforme Struktur der oberen  $D$ , vor allem des  $D^4$  begünstigt wurde, beide müssen ja längere Zeit nebeneinander in Funktion gewesen sein. Ähnliches gilt auch für die Vertikalusura an der Lingualseite des  $P_3$ . Sie stimmt mit derjenigen am  $M_1$  in Art und Lage überein und kann — wie erwähnt — am ehesten durch einen gegenüber dem derzeitigen  $P^3$  stärker molariformen  $D^3$  bewirkt worden sein. Sein buccaler Abhang müßte dabei in ähnlicher Weise auf den  $P_3$ , wie jener des  $M^1$  auf den  $M_1$  gewirkt haben.

Diese Abkauungsbefunde, die daraus gefolgerten Zahnwechsel- und Occlusionsverhältnisse seien hier angesichts des geringen Materials und des für derartige Fragen nicht besonders günstigen Erhaltungszustandes nur mit den gebotenen Reserven und Vorbehalten vorgebracht. Es handelt sich jedoch offenbar nicht um eine auf die Gattung *Kopidodon* beschränkte Besonderheit oder um eine individuelle Anomalie, denn einmal scheint das von WITTICH (1902) beschriebene Mandibelfragment von *Kopidodon* ähnliche Abschleife an den unteren  $P$  und  $M$  besessen zu haben (s. unten S. 24), zum anderen finden sich gleichartige Vertikalursuren an den Molaren der zu *Paroxyclaenus lemuroides* gestellten Unterkieferfragmente (TEILHARD 1922: Taf. 4, Fig. 14, 14a, s. unten S. 27)

## 2.2. Der Unterkieferabguß Me 48

WEITZEL (1933: 82) hob bereits die Übereinstimmung in den Größen von  $P_3-M_2$  sin. an Me 48 mit Me 1388 hervor. Er wies richtig darauf hin, daß WITTICH's Objekt (1902: Abb. 1) weniger verdrückt und gestaucht ist als Me 1388 und den schlanken Bau des Unterkiefer-Ramus besser erkennen ließe. Wie bei Me 1388 liegt ferner das hintere For. mentale unterhalb des  $P_3$ , das vordere — an der Bruchkante des Ramus horizontalis gerade noch sichtbar (auch bei WITTICH 1902: Abb. 1) — unterhalb des Vorderendes von  $P_2$ .

Leider sind  $P_2-M_2$  an dem alten Abguß unscharf, Einzelheiten der Kronenstruktur sind kaum zu erkennen. Immerhin läßt sich folgendes sagen: Das Trigonid des  $M_1$  zeigt nur einen außen gelegenen, hohen und spitzen Hügel. Er entspricht dem Protoconid am  $M_1$  von Me 1388. Vom Protoconid zieht ein deutlicher Grat über das niedrigere Talonid nach hinten. Gleiches findet sich am  $M_1$  von Me 1388. Ebenso decken sich die Befunde an der Innenseite der  $M_1$ -Krone: Metaconid und Paraconid fehlen, ebenso die Innenpartie des Trigonid- und Talonid-Beckens. WITTICH (1902: 291) gibt an, daß die beiden inneren Hügel (gemeint sind Paraconid und Metaconid) weggebrochen seien. Es ist aber — bei Vergleich mit dem  $M_1$  von Me 1388 — durchaus wahrscheinlich, daß sie durch Usur, ebenso wie das Talonid-Becken, abgetragen sind, wobei in letzterem Falle der erwähnte Längsgrat entstand.

Für den  $M_2$  an Me 48 gibt WITTICH (a.a.O.) eine Schilderung, die mit dem  $M_2$  an Me 1388 übereinstimmt. Damit würden  $M_1$  und  $M_2$  sich in einem ähnlichen Abkautzustand befunden haben wie die gleichen Molaren an Me 1388. Dasselbe gilt für Form und Abkautzustand der  $P_4$ -Krone. Nach WITTICH's Angaben ist sie frischer, und wie ich annehmen möchte, weniger abgekaut gewesen als der  $M_1$  von Me 48. Über den  $P_3$  wird nur gesagt, daß sich neben dem hohen und kräftigen Außenhöcker (= Protoconid) noch ein schwacher Innenhöcker (= Metaconid) befand. Leider ist nichts über die Usur gesagt, auch der Abguß läßt nichts davon ersehen.

WITTICH (1902: 292, Abb. 2) hat ferner einen C sup. mit der Mandibel Me 48 vereinigt. Auch hiervon sind leider nur noch zwei unscharfe Gipsabgüsse in der Geol.-Paläontol. Abt. des Hess. Landesmuseums Darmstadt vorhanden. Die Ähnlichkeiten in der Größe [Wurzelbasis-Kronenspitze: 37,4 (36)<sup>7</sup>), Kronenbasis-Kronenspitze labial: 18 (16) mesio-distale L.: 8,6 (8), linguo-labiale Br.: 5,6 (—)] und in der Form der Krone (mesial abgerundet, distal mit scharfer Kante, je eine Längsfurche in der Hinterpartie der Lingual- bzw. Labialwand, Krümmung in Lateralansicht) sind in der Tat sehr weitgehend, so daß ich WITTICH's Zuordnung nur bestätigen kann. Ein unterer C kommt wegen der hier vorhandenen doppelten Längsfurche auf der Innen- und Außenwand der Krone nicht in Frage (s. oben S. 18). Die für einen Vergleich noch in Betracht kommenden Caninen der zwei in Messel vertretenen *Propalaeotherium*-Arten (HAUPT 1925: 59, 62; SAVAGE, RUSSELL & LOUIS 1965a) sehen anders aus.

Ebenso ist das von WITTICH zu dem Unterkieferfragment Me 48 gezogene proximale Ulna-Fragment (hiervon auch nur noch 2 Abgüsse in der Geol.-Paläontol. Abt. des

<sup>7</sup>) Werte in Klammern: Maße bei WITTICH 1902: 292.



HLD: Me 110 vorhanden) von denen der Messeler Propalaeotherien ganz verschieden (HAUPT 1925: Taf. 17 Fig. 1, 2, S. 84, 144). Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daß es zu *Kopidodon* gehört.

Nach Vorstehendem kann man sich WEITZEL's Vorgehen (1933: 82), die von WITTICH beschriebene Mandibel mit seinem 1933 publizierten Fund Me 1388 zu vereinigen, durchaus anschließen. Dazu wären ferner — von WEITZEL 1933 nicht erwähnt — der erwähnte C sup., sowie — mit Vorbehalt — das Ulna-Fragment zu stellen. Die Originale hierzu sind allerdings seit langem verschollen (HAUPT 1935: 35).

### 2.3. Diagnose des Genus *Kopidodon*

Nach den vorstehenden Ausführungen wäre die von WEITZEL (1933: 83) gegebene Diagnose seines Genus *Kopidodon* folgendermaßen zu ergänzen:

Ordnung Condylarthra COPE 1881  
 Familie Paroxyclaenidae WEITZEL 1933  
 (Diagnose vgl. VAN VALEN 1965: 389)  
 Genus *Kopidodon* WEITZEL 1933

Locus typicus: Grube Messel der Ytong AG, D 6101 Messel, 9 km NE Darmstadt.  
 Stratum typicum: Bituminöse Süßwasser-Pelite („Ölschiefer“) des älteren Lutetiums (= Älteres Mittel-Eozän)<sup>8)</sup>.

Derivatio nominis: von Kopis, griech.: Schlachtmesser, Säbel und odous, griech. Zahn; wegen der messerartigen Eckzähne (nach WEITZEL 1933: 83).

Typus der Gattung: *Kopidodon macrognathus* (WITTICH 1902), bisher einzige Spezies.

Diagnose: Zahnformel  $\frac{3I \cdot 1C \cdot 4P \cdot 3(4)M}{3I \cdot 1C \cdot 4P \cdot 3M}$

Obere Incisiven mit kräftiger, schneidender Hauptspitze und mesialer Nebenspitze. Kronenbasis lingual vorgewölbt. Ohne Innencingulum. Untere I mit ähnlicher Hauptspitze, I<sub>2</sub> und I<sub>3</sub> mit distaler und mesialer Nebenspitze. Kräftiges Innencingulum.

C sup. und inf. groß, kräftig, lateral komprimiert, mesial zugerundet, distal mit scharfer Kante. Oberer C mit je einer lingualen und labialen Längsfurche, unterer C lingual und labial mit je zwei Längsfurchen.

P<sup>1</sup> klein, einwurzelig und einspitzig, dicht hinter C sup. P<sup>2</sup> mit einfacher Hauptspitze und längsgestreckter Krone. P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup> mit großer kräftiger Außenspitze und niedrigerem Innenhügel. P<sup>4</sup> nicht transversal gedehnt.

P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> ähnlich P<sup>1</sup> und P<sup>2</sup>. P<sub>1</sub> ebenfalls dicht hinter C inf. P<sub>3</sub> mit hohem Protoconid und ? kleiner lingualer Nebenspitze, ohne Paraconid und mit angedeutetem Talonid. P<sub>4</sub> mit sehr kräftigem Protoconid, deutlichem, aber kleinerem Metaconid, ohne Paraconid, mit kurzem Talonid.

Zwischen P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> sup. und inf. größeres Diastema. P<sup>2</sup> zweiwurzelig, P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup> dreiwurzelig, P<sub>2-4</sub> zweiwurzelig.

<sup>8)</sup> Zur Altersdatierung vgl. TOBIEN 1968a, 1968b.

Obere Molaren mit basal zusammenhängendem Para- und Metacon; dadurch ziemlich geschlossene Labialwand der Krone. Kräftiger Protocon auf quergedehnter Krone. Proto- und Metaconulus schwach. Cingulum nur labial deutlich, mesial und distal nur angedeutet, lingual fehlend. Kein Hypocon. Deutliche Größenabnahme von  $M^1$  nach  $M^3$ .<sup>9)</sup>

Untere Molaren mit dominierendem Protoconid, schwächerem Metaconid, und kaum entwickeltem, vorn-innen gelegenen Paraconid. Talonid niedriger und voluminöser als Trigonid, mit schwachem Hypoconid, nahe der Mitte gelegenen, stärkerem Hypoconulid und schwächerem, auf lingualem Längsgrat gelegenen Entoconid. Crista obliqua des Talonides am  $M_2$  undeutlich, am  $M_3$  fehlend. Deutliche Größenabnahme von  $M_1$  nach  $M_3$ .

Auffällige vertikale Usuren an den lingualen Basen der unteren Molarkronen. Typus der Gattung und bisher einzige Spezies: *Kopidodon macrognathus* (WITTICH 1902). Die Spezies zunächst mit den Merkmalen der Gattung.

Typus der Spezies: Nach WEITZEL's (1933: 82) und obigen, eigenen Feststellungen hätte als Holotypus der Spezies *Kopidodon macrognathus* und damit als Typus der Gattung das von WITTICH 1902 beschriebene und abgebildete Unterkiefer-Fragment zu gelten. Da dieses Objekt jedoch seit Jahrzehnten verschollen ist, mit seinem Auffinden wohl kaum mehr gerechnet werden kann und der Gipsabguß hierfür keinen Ersatz bietet, empfiehlt es sich — gemäß Artikel 75 der IRZN — einen Neotypus zu bestimmen. Ich schlage hierfür das oben beschriebene Schädelfragment nebst Unterkiefern (aufbewahrt in der Geol.-Paläontol. Abt. des Hess. Landesmuseums Darmstadt, Me 1388) vor.

Die erforderlichen Bedingungen für diese Festlegung des Neotypus sind gemäß Artikel 75c der IRZN gegeben, vor allem auch, was Identität des Fundortes und des stratigraphischen Horizontes betrifft.

### 3. Beziehungen zu anderen Gattungen der Paroxyclaeniden

In den letzten Bearbeitungen der Paroxyclaeniden stellen VAN VALEN (1967: 259) und CRUSAFONT & RUSSELL (1967: 765) folgende Genera zu dieser Familie:

- Paroxyclaenus* TEILHARD 1922
- Kopidodon* WEITZEL 1933
- Vulpavoides* MATTHES 1952
- Pugiodens* MATTHES 1952
- Russellites* VAN VALEN 1965
- Spaniella* CRUSAFONT & RUSSELL 1967
- Kochictis* KRETZOI 1943
- Dulcidon* VAN VALEN 1965

Sie sollen nachstehend mit *Kopidodon* verglichen werden.

<sup>9)</sup> Ein am Typusexemplar Me 1388 vorhandener, überzähliger  $M^4$  ist wahrscheinlich individuell bedingt.

3.1. *Paroxyclaenus* TEILH. 1922

Spätes (?) Miozän, Phosphorit des Quercy/Frankreich

Kleiner als *Kopidodon* (s. Maße Tab. 9). C sup. mit Längsfurchen in gleicher Zahl und Lage wie bei *Kop.* P<sup>1</sup> dicht hinter C, dahinter breites Diastema zu P<sup>2</sup>. Dies und beide P sehr ähnlich *Kop.* Außenwände von P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup> ohne die Mittelrippe wie bei *Kop.* P<sup>3</sup> sonst sehr ähnlich, auch darin, daß er — in Lateralansicht — größer und höher als P<sup>4</sup> ist. P<sup>4</sup> aber stärker transversal gestreckt als bei *Kop.* Dies ist ein auffälliger Unterschied zwischen beiden Genera. Dazu kommt am *Par.*-P<sup>4</sup> noch die Andeutung eines hinteren Zwischenhügels, der beim *Kop.*-P<sup>4</sup> zu fehlen scheint.

M<sup>1</sup> und M<sup>2</sup> sehr ähnlich *Kop.*, soweit die hier viel stärker abgekauten Kronen einen Vergleich zulassen. Übereinstimmend ist jegliches Fehlen eines Hypocones und die mesial, distal und lingual fehlenden Cingula. Die Hinteraußenecke am *Par.*-M<sup>2</sup> ist stärker abgerundet und wirkt reduziert, bei *Kop.* springt sie stärker hervor.

Beträchtlich verschieden sind die M<sup>3</sup>: bei *Par.* ist der Metacon völlig reduziert, nur noch der Paracon ist — neben dem Protocon — vorhanden. Dadurch ist die Hinteraußenecke stark eingezogen, der Kronengrundriß ist schief-oval. Bei *Kop.* ist der Metacon noch gut entwickelt, die Außenseite der Krone ist dadurch gegenüber M<sup>2</sup> nur wenig schief gestellt.

Das linke, mir ebenso wie der Schädel vorliegende Unterkiefer-Fragment mit P<sub>3</sub>, M<sub>1-3</sub> (s. TEILHARD 1922: Taf. 4 Fig. 13) ist stärker abgekaut als das Maxillargebiß, dagegen weniger weit als bei *Kop.* Der P<sub>3</sub> ist einspitzig, während bei *Kop.*, zumindest nach Me 48, ein kleines Metaconid vorhanden gewesen zu sein scheint. Der P<sub>4</sub> ist verloren gegangen, nach TEILHARD's Tafelfigur dürfte er aber ähnlich voluminöser gegenüber M<sub>1</sub> gewesen sein, wie bei *Kop.* Dies belegen auch die Alveolen der P<sub>4</sub>-Wurzeln. Das bei TEILHARD (1922: Taf. 4 Fig. 14, 14a) abgebildete, rechtsseitige Mandibelfragment zeigt einen ebenso massiven P<sub>4</sub>, an dem das Trigonid, vor allem im mesialen Teil, weiter entwickelt zu sein scheint als bei *Kop.*

Der M<sub>1</sub> des linken UK-Fragmentes von *Par.* ist am lingualen Trigonid- und Talonid-Rand horizontal stark usiert und bis auf das Dentin aufgeschliffen. Daran schließt sich wurzelwärts eine steile, nahezu senkrecht stehende linguale Usur-Fazette, die aber noch im Schmelz liegt. Sie ist mit der weit stärkeren am *Kop.*-M<sub>1</sub> vergleichbar.

Dagegen ist diese linguale Vertikal-Usur am M<sub>2</sub> sin. sehr deutlich ausgebildet. Ähnlich wie am M<sub>1</sub> von *Kop.* ist die gesamte Innenwand der Krone bis auf das Dentin abgetragen. Dasselbe scheint auch am M<sub>1</sub> des rechten Mandibelfragmentes erfolgt zu sein, wie TEILHARD's Taf. 4 Fig. 14a ersehen läßt.

Danach ist der bei *Kopidodon* beobachtete auffällige Usur-Modus auch bei *Paroxyclaenus* vorhanden, wobei teils der M<sub>1</sub>, teils der M<sub>2</sub> stärker betroffen worden sind.

Die sonstigen Merkmale der M<sub>1</sub> und M<sub>2</sub> beider Genera stimmen überein. Unterschiede bieten wieder die M<sub>3</sub>: Bei *Par.* ist der, das Protoconid und Metaconid verbindende, auch an M<sub>1</sub> und M<sub>2</sub> beider Genera vorhandene Quergrat gut entwickelt, am *Kop.*-M<sub>3</sub> fehlt er. Das Talonid am *Par.*-M<sub>3</sub> ist schmaler und nur wenig länger gegenüber dem Trigonid. Am *Kop.*-M<sub>3</sub> ist es gleich breit und deutlich länger als das Trigonid. Das Talonid am *Par.*-M<sub>3</sub> weist nur einen Schlußhügel auf, die Zweiteilung wie am *Kop.*-M<sub>3</sub> fehlt gänzlich.

Unterschiede finden sich somit an  $P^4$ ,  $M^2$ ,  $M^3$ ,  $M_3$  und wahrscheinlich auch am  $P_4$  und rechtfertigen die Selbständigkeit beider Gattungen. Sie wird noch betont durch den Zeitunterschied: *Par.* stammt aus einem wahrscheinlich späteoazänen, *Kop.* aus einem mitteleozänen Vorkommen<sup>10</sup>).

### 3.2. *Vulpavoides* MATTHES 1952 und *Pugiodens* MATTHES 1952 Mittel-Eozän, Geiseltal bei Halle

*Vulpavoides* wurde von MATTHES (1952: 229) auf einen verdrückten Schädel gegründet. VAN VALEN (1965: 390–391, Abb. 1) ergänzte die Beschreibung nach Autopsie des Stückes, mir stand – dank dem freundlichen Entgegenkommen von Herrn Prof. MATTHES-Halle – ein Gipsabguß der Gaumenpartie zur Verfügung.

*Vul.* ist etwa gleich groß wie *Kop.* (s. Maße Tab. 9). Die oberen I nehmen von  $I^1$  nach  $I^3$  an Größe zu, sind lingual an der Kronenbasis vorgewölbt und ohne Innencingulum, darin *Kop.* ähnlich. Sie lassen aber keine mesiale Nebenzacke erkennen. Dies mag jedoch mit der vorgeschritteneren Abkautung bei *Vul.* zusammenhängen. Der C sin. ist hinten zugeschärft und vorn abgerundet. Von Längsfurchen ist an beiden C nichts zu erkennen.

Zwischen  $P^1$  und  $P^2$  liegt wie bei *Kop.* ein größeres Diastema. Beide P sind, soweit erkennbar, *Kop.* ähnlich. Außenspitzen an  $P^3$  und  $P^4$  stark abgetragen, im Gegensatz zu *Kop.* und *Par.*  $P^3$  ähnlich *Kop.*  $P^4$  stärker transversal gedehnt als der *Kop.*- $P^4$  (s. Maße Tab. 9), darin ähnlich *Paroxyclaenus*.

Für Anlage eines Metacons an  $P^3$  und  $P^4$ , wie VAN VALEN (1965: 391) angibt, sind m. E. keine Anzeichen vorhanden. Eine an der Außenwand von  $P^4$  sichtbare leichte Eindellung kann auch durch eine Mittelrippe, wie bei *Kop.*, bedingt sein.

$M^1$  und  $M^2$  dürften in der Kronenstruktur keine großen Unterschiede gegen *Kop.* zeigen, sind aber mesio-distal etwas schmaler als die *Kop.*- $M^1$  und  $M^2$ . Die Hinteraußenecke des  $M^2$  ist etwas abgerundeter und der  $M^3$  ist stärker reduziert als bei *Kop.* *Vulpavoides* ist darin eher *Paroxyclaenus* vergleichbar.

Den von MATTHES (1952: 232) als *Pugiodens* beschriebenen Unterkiefer zog VAN VALEN (1962: 390) mit *Vulpavoides* zusammen. Die Krone des C inf. ist stark nach hinten gekrümmt, zwischen  $P_1$  und  $P_2$  ist kein Diastema vorhanden. Der  $P_4$  ist voll molarisiert und die Größenabnahme von  $M_1$  nach  $M_3$  – bei *Vulpavoides*, wie bei *Kopidodon* und *Paroxyclaenus* sehr deutlich, und ein Merkmal der ganzen Familie – ist nicht sehr ausgeprägt: Denn MATTHES gibt für die Alveolen-Länge des  $M_3$  4 mm an, für die Kronenlänge des  $M_2$  ebenfalls 4 mm. Danach kann zwischen  $M_2$  und  $M_3$  kein Größenunterschied – entsprechend dem sonst bei *Paroxyclaeniden* bekannten – bestanden haben (vgl. hierzu auch MATTHES 1952: Taf. 40 Fig. 70, 71, mit den großen  $M_3$ -Alveolen).

Dies und die anderen Merkmale lassen Zweifel an der Zugehörigkeit von *Pugiodens* zu *Vulpavoides* aufkommen. CRUSAFONT & RUSSELL (1967: 766) kamen zu der gleichen Ansicht.

<sup>10</sup>) WEITZEL (1933: 85–86) hat bereits mit *Paroxyclaenus* verglichen, jedoch leidet der Vergleich unter der Fehldeutung der Position der Maxillarzähne und dem Mangel einer Occlusalansicht.

### 3.3. *Russellites* VAN VALEN 1965 Mittel-Eozän, Egerkingen/Schweiz

Typusstück der neuen Gattung und einziger Beleg ist ein Maxillarfragment mit  $M^1$  und  $M^2$  sin. nebst Alveolen der anstoßenden Zähne. Entschieden kleiner als *Kopidodon*, die kleinste unter den bisher zu Paroxyclaeniden gestellten Formen. Die Alveole für die linguale Wurzel des dreiwurzeligen  $P^4$  ist nahe an die beiden Alveolen für die Außenwurzeln gerückt. Dies läßt auf eine nicht sehr quergestreckte  $P^4$ -Krone schließen, ähnlich der bei *Kop.*, und im Gegensatz zu *Paroxyclaenus* und *Vulpavoides*.

Infolge der sehr stark abgekauten  $M^1$  und  $M^2$  von *Kop.* kann zu den von VAN VALEN (1965: 392) gegebenen Details an den Kronen der entsprechenden Molaren von *Russ.* nichts Sicheres gesagt werden. Identisch sind jedoch die Labialansichten der  $M^2$ -Kronen, sowie der Grundriß der  $M^2$ . Bei beiden Genera ist die Hinteraußenecke nicht abgerundet, sondern ragt vor. Dadurch steht der Außenrand der Kronenbasis senkrecht zur Querachse der Krone, im Gegensatz zu *Paroxyclaenus* und *Vulpavoides*, wo er schief – von vorn-außen nach hinten-innen – verläuft. Dies zeigt auch ein Vergleich der  $M^2$  von *Pugiodens* (= *Vulpavoides*) und *Russellites* bei VAN VALEN (1965: Fig. 1 bzw. Fig. 2). Danach dürfte auch der  $M^3$  bei *Russellites* nicht so stark reduziert wie bei *Paroxyclaenus* und *Vulpavoides*, sondern darin eher dem  $M^3$  von *Kopidodon* ähnlich gewesen sein.

Der Vergleich zeigt ferner, daß der  $M^2$  von *Vulpavoides* stärker quergedehnt ist als jener von *Russ.* Auch in diesem Punkt besteht Übereinstimmung mit *Kop.*

VAN VALEN (1965: 392) findet, daß die Oberkiefer-Zähne von *Pugiodens* (= *Vulpavoides*) und *Russellites* einander ähnlicher sind als die anderer Paroxyclaeniden. Noch näher dürften aber nach Obigem *Russellites* und *Kopidodon* stehen.

### 3.4. Paroxyclaenide von Bouxwiller Bas-Rhin/Frankreich, Mittel-Eozän

Nur anhangsweise sei hier auf das Vorkommen eines Paroxyclaeniden in den Süßwasserkalken und -mergeln des mittleren Eozäns von Bouxwiller (Buchweiler) hingewiesen. JAEGER (1967: 7) führt ihn als *Paroxyclaenus* in seiner Artenliste. Eine nähere Beschreibung durch JAEGER ist vorgesehen.

### 3.5. *Spaniella* CRUSAFONT & RUSSELL 1967 Unter-Eozän, Montllobar, Prov. Lerida, Spanien

Die Unterschiede von *Kopidodon* gegen *Spaniella* sind folgende: Bei *Spaniella*:  
ist der C sup. ohne Längsfurchen;

hat der C inf. nur eine undeutliche Vorderaußenfurche;

ist der  $P_3$  einfacher;

ist das Trigonid-Becken am  $M_2$  sehr eng, da das vorn-innen liegende schwächliche Paraconid sehr nahe dem Metaconid liegt. Dadurch sind die vom Protoconid zum Para- und Metaconid verlaufenden Grate parallel gestellt. Dazu kommt, daß das Metaconid nicht soweit zurückgeschoben ist wie am *Kop.*- $M_2$ ;

ist das Hypoconid am  $M_2$  kräftiger; bei *Kop.* ist es nur noch angedeutet. Statt dessen ist bei letzterem das Hypoconulid kräftiger;

hat  $M_3$  noch ein schwaches, vorn-außen, und dicht vor dem Protoconid gelegenes Paraconid. Dies fehlt völlig bei *Kop.* ;

sind Para- und Metacon am  $M^2$  stärker individualisiert und rundlicher als bei *Kop.* Ähnlichkeit besteht jedoch in der nicht reduzierten, nicht abgerundeten Hinteraußenecke ;

ist  $M^3$  hinten-außen stärker reduziert, der Metacon ist daher bedeutend schwächer als der Paracon. Die Rückbildung des  $M^3$  geht jedoch nicht soweit wie bei *Paroxyclaenus* und *Vulpavoides*.

Die hier aufgeführten Unterschiede, vor allem an den unteren  $P_3$ ,  $M_2$  und  $M_3$  rechtfertigen die Selbständigkeit von *Spaniella* gegenüber *Kopidodon* und auch gegenüber den anderen Paroxyclaeniden.

Innerhalb der bisher besprochenen Paroxyclaeniden stehen sich *Russellites* und *Kopidodon* noch am nächsten, während *Paroxyclaenus* und *Vulpavoides* durch die transversal mehr gedehnten  $P^4$  und  $M^2$ , den hinten-außen abgerundeten  $M^2$  und den stärker reduzierten  $M^3$  einander näher sind. Etwas abseits von den übrigen Formen steht *Spaniella*, durch das enge Trigonid-Becken am  $M_2$ , den einfachen  $P_3$ , und den oberen  $M^2$  mit isolierten, rundlichen Para- und Metacon. Sein Kronengrundriß nähert ihn jedoch *Russellites/Kopidodon*. Zumindest ein Teil der die Sonderstellung von *Spaniella* bedingenden Unterschiede ist auf das hohe stratigraphische Alter zurückzuführen: *Spaniella* ist der bisher älteste Paroxyclaenide.

### 3.6. *Kochictis* KRETZOI 1943 Oberoligozän, Rumänien

*Kochictis* ist der stratigraphisch jüngste Angehörige der Paroxyclaeniden: Er stammt aus dem Oberoligozän der Gegend von Cluj/Rumänien (KRETZOI 1943: 190 und CRUSAFONT & RUSSELL 1967: 766, Fußnote).

Die Abbildungen und summarischen Beschreibungen von KRETZOI lassen eine Reihe von Übereinstimmungen mit *Kopidodon* erkennen: Form der oberen Prämolaren, vor allem des nicht sehr transversal gedehnten  $P^4$ , Größenunterschied zwischen  $M_1$  und  $M_2$ , einfache Struktur des  $M^1$  (wenngleich hier – im Gegensatz zu allen anderen Paroxyclaeniden – ein beginnender Hypocon vorhanden ist). Unterschiede gegen *Kopidodon* sind: der sehr kräftige, mit  $P^2$  fast gleichgroße  $P^1$ , das zwischen beiden fehlende Diastema, die an den oberen Prämolaren anscheinend kräftigeren Cingula, das an den beiden  $M$  inf. gut entwickelte und zentral stehende Paraconid.

Danach kann die Einreihung von *Kochictis* unter die Paroxyclaeniden nicht ohne Vorbehalt erfolgen. Auch VAN VALEN (1965: 393) und CRUSAFONT & RUSSELL (1967: 766–67) sind sich in dieser Sache nicht sehr sicher.

### 3.7. *Dulcidon* VAN VALEN 1965 Mittel-Eozän, NW-Pakistan

Die Gattung ist nur durch einen linken oberen Molaren ( $M^1$  oder  $M^2$ ) belegt. Er wurde von DEHM & ÖTTINGEN-SPIELBERG (1958) als ?*Promioclaenus gandaensis* beschrieben. Im Kronengrundriß *Kopidodon* ähnlich, finden sich jedoch Unter-

schiede, die auch für andere Paroxyclaeniden gelten: *Dulcidon* hat wohlentwickelte, mit Armen versehene Conuli und kräftige Cingula. Auch die Vorderaußenecke und die Labialwand sehen anders aus als am M<sup>2</sup> von *Kopidodon* und anderen Paroxyclaeniden.

Die typischen Paroxyclaeniden-Merkmale – im Sinne einer verarmten Kronenstruktur – fehlen dem Molaren aus NW-Pakistan. Einwandfrei läßt er sich m. E. den Paroxyclaeniden nicht zuordnen. (s. hierzu auch CRUSAFONT & RUSSELL 1967: 767).

Tab. 9. Größenvergleich der Paroxyclaeniden-Gebisse

	a)		a)		b)		c)		d)	
	<i>Paroxyclaenus</i>		<i>Kopidodon</i>		<i>Vulpavoides</i> u. <i>Pugiodens</i>		<i>Russellites</i>		<i>Spaniella</i>	
	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.	L.	Br.
Csup.	6,2	4,3	9,5	4,3	—	—	—	—	6,2	4,1
P <sup>1</sup>	2,0	1,5	2,5	—	3,0	2,0	—	—	2,3	1,8
P <sup>2</sup>	3,2	1,9	4,7	—	4,5	2,5	—	—	—	—
P <sup>3</sup>	4,6	4,5	6,4	6,0	5,5	5,0	—	—	—	—
P <sup>4</sup>	4,4	5,9	6,6	6,4	5,5	7,0	—	—	—	—
M <sup>1</sup>	4,2	6,1	5,4	7,6	5,0	8,0	4,1	5,5	—	—
M <sup>2</sup>	3,7	5,6	4,2	5,3	3,5	6,0	3,2	4,6	4,4	6,0
M <sup>3</sup>	2,1	3,4	3,1	4,3	2,0	3,5	—	—	2,4	3,6
C inf.	—	—	8,0	—	6,0	—	—	—	5,1	3,6
P <sub>1</sub>	—	—	2,6	—	1,0	0,5	—	—	—	—
P <sub>2</sub>	—	—	4,5	—	4,0	2,0	—	—	4,1	2,5
P <sub>3</sub>	5,0	3,2	6,4	3,9	5,0	3,0	—	—	4,5	3,0
P <sub>4</sub>	—	—	7,1	5,3	5,0	4,0	—	—	—	—
M <sub>1</sub>	4,7	3,4	6,6	4,2	5,0	3,9	—	—	—	—
M <sub>2</sub>	4,3	—	5,1	3,8	4,0	3,8	—	—	5,5	4,0
M <sub>3</sub>	3,2	2,7	4,0	2,9	4,0*	—	—	—	4,3	3,2

\* Alveolen-Länge. a) eigene Messungen; b) MATTHES 1952; c) VAN VALEN 1965; d) CRUSAFONT & RUSSELL 1967.

#### 4. Die systematisch-taxonomische Stellung von *Kopidodon* und den Paroxyclaeniden

RUSSELL & MCKENNA (1961) nahmen *Paroxyclaenus* aus den Creodonten, wohin er von TEILHARD (1922) gestellt worden war, heraus und brachten ihn bei den Condylarthren unter (Familie: Hyopsodontidae, U.-Fam.: Mioclaeninae). Maßgebend war dafür die Bezahnung. Dabei vergleicht MCKENNA (in RUSSELL & MCKENNA 1961: 280–282) vor allem mit den P<sup>4</sup> und Molaren der Hyopsodontiden: *Promioclænus lemuroides*, *Pr. aquilonius* und *Ellipsodon*. Die Ähnlichkeiten sind in der Tat beträchtlich. Dies gilt auch für *Kopidodon*<sup>11)</sup>.

<sup>11)</sup> Der von MCKENNA betonte, beträchtliche Unterschied zwischen den P<sup>4</sup> von *Paroxyclaenus lemuroides* und *Promioclænus lemuroides* bzw. *Pr. aquilonius* – die starke Querverformung des P<sup>4</sup> bei *Paroxyclaenus* – wird gemildert durch den Befund bei *Kopidodon*, und vermutlich auch bei *Russellites*, wo der Protocon des P<sup>4</sup> näher der Außenspitze liegt, ähnlich wie bei den Mioclaeninen-Formen.

CRUSAFONT & RUSSELL (1967: 768, 769) schließen sich der Ansicht MCKENNA's an und sehen engere Beziehungen der ganzen Gruppe der Paroxyclaeniden zu den Hyopsodontiden, speziell zu *Promioclænus* und *Ellipsodon*.

Die genannten Autoren haben jedoch die Verhältnisse im Vordergebiß (d. h. Caninen und Incisiven) nicht mit in den Vergleich einbezogen. Sofern bei den zu den Paroxyclaeniden gestellten Genera das Vordergebiß erhalten ist, finden sich im Ober- und Unterkiefer stets große und kräftige Caninen, welche die Incisiven und vorderen Prämolaren weit überragen: So bei *Paroxyclaenus*, *Spaniella*, *Kopidodon*, *Vulpavoides*, *Pugiodens* (sofern diese Mandibel zu den Paroxyclaeniden gehört) und *Kochictis*. Nur von *Russellites* ist das Vordergebiß nicht bekannt. Leider sind die Incisiven – außer von *Kopidodon*, *Vulpavoides* (hier nur unvollkommen) und II von *Spaniella* – von keinem anderen Paroxyclaeniden bisher beschrieben worden.

Demgegenüber sind die Hyopsodontidae – soweit bekannt – durch kleine, gegenüber I und P nicht oder nur wenig vergrößerte Caninen charakterisiert. Dieser Befund wurde von MATTHEW (1937: 194: “. . . canines not differentiated, all anterior teeth uniformly set and regularly graded . . .”) in die Familiendiagnose aufgenommen.

Soweit von den für den Vergleich speziell herangezogenen Genera *Promioclænus* und *Ellipsodon* Caninen veröffentlicht wurden: *Promioclænus* (*Ellipsodon* olim) *aquiloni* (SIMPSON 1937: 236), *Pr. acolytus* (MATTHEW 1937: 201), *Pr. lemuroides* MATTHEW 1937: 203, Abb. 53), *Ellipsodon grangeri* (WILSON 1956: 109) haben die unteren C in keinem Falle Größe und Form wie bei den genannten Paroxyclaeniden-Genera. Sie entsprechen vielmehr der MATTHEW'schen Diagnose. Aus den Beschreibungen von *Ellipsodon*, wie aus der Diagnose von *Promioclænus* durch WILSON (1956: 109 bzw. 115) ist die Kleinheit der C inf. ebenfalls ersichtlich. Sie dürfte auch für die oberen Caninen gelten.

Ein weiteres, offenbar für die Mioclaeninen-Genera *Promioclænus* und *Ellipsodon* charakteristisches Merkmal ist die enge, z. T. gedrängte Stellung der vorderen Prämolaren hinter dem Canin. Dies ist aus den zitierten Stellen und Abbildungen bei MATTHEW 1937, SIMPSON 1937 und WILSON 1956 ersichtlich.

Anders sind dagegen die Befunde bei jenen Paroxyclaeniden-Belegen, an denen die Maxillen bzw. Mandibeln oder beide unversehrt sind: *Paroxyclaenus*, *Kopidodon*, *Vulpavoides* (nicht dagegen *Kochictis* und die *Pugiodens*-Mandibel). Hier sitzt ein schwächerer  $P_1^1$  hinter einem sehr kräftigen C, darauf folgt zum  $P_2^2$  ein größeres Diastema, mindestens von der Länge des  $P_2^2$ . Ferner stehen  $P_2^2$  bis  $P_4^4$  ebenfalls locker mit geringen Zwischenräumen.

Diese gegenüber den Mioclaeninen so abweichenden Verhältnisse scheinen mir eine andere Platzierung der Paroxyclaeniden erforderlich zu machen. Bereits TEILHARD (1922: 88) hat hierzu einen Hinweis gegeben: Er verglich *Paroxyclaenus* nicht nur mit „*Mioclaenus*“ (heute: *Promioclænus*) *lemuroides*, sondern auch mit *Oxyclaenus simplex*. Folgt man dieser Spur, so gerät man unter die Oxyclaeninae, eine Unterfamilie der Arctocyonidae.

MATTHEW (1937: 38–64) rechnet zu dieser U.-Familie die paläozänen Genera: *Oxyclaenus*, *Loxolophus*, *Protogonodon*, *Carcinodon*, *Tricentes*, *Mixoclaenus*, alle Nordamerika. SIMPSON (1937: 192–206) fügte noch einige weitere hinzu, und überstellte



*Mixoclaenus* zu den anisonchinen Condylarthren, synonym mit *Coriphagus* DOUGLASS (S. 257).

Hier finden sich kräftige, Carnivoren-artige, untere und obere Caninen, eine aufgelockerte Stellung bei bzw. Diastemata zwischen den oberen und unteren, vorderen Prämolaren, in einer den Paroxyclaeniden vergleichbaren Weise.

Was die Struktur der oberen und unteren P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup> sowie der Molaren angeht, so trifft man bei den Oxyclaeninen ebenfalls Genera und/oder Spezies, die in gleicher Weise Anklänge und Annäherungen an die Paroxyclaeniden zeigen, wie es bei den Mioclaeninen unter den Hyposodontiden der Fall ist.

Schwache Cingula und Conuli, der fehlende Hypocon der oberen Molaren bei *Kopidodon* und den Paroxyclaeniden werden ähnlich angetroffen bei: *Oxyclaenus*, *Loxolophus*, *Protogonodon* (MATTHEW 1937: 39, 42, 54, Abb. 1A, B), *Tricentes*, *Mimotricentes* (MATTHEW 1937: Abb. 1C, SIMPSON 1937: 193). Die Struktur der dreieckigen, einfachen P<sup>3</sup> und P<sup>4</sup> mit kräftigem, spitzen Paracon und niedrigerem Protocon ist u. a. bei *Oxyclaenus*, *Loxolophus*, *Tricentes* zu finden (MATTHEW 1937: 39, 42, 60, Abb. 1A—C).

Das niedrige, gegenüber Proto- und Metaconid schwache, vorn-innen liegende Paraconid, das gut entwickelte, mit Becken versehene Talonid, welches nicht sehr viel niedriger ist als das Trigonid, wird von *Oxyclaenus*, *Loxolophus*, *Tricentes* (hier nur an M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub>) MATTHEW 1937: 39, 47, 60, Abb. 2A-C, 3A, C, D), *Metachriacus*, *Mimotricentes*, *Prothryptacodon* (SIMPSON 1937: 193) beschrieben. P<sub>4</sub>, die *Kopidodon* und anderen Paroxyclaeniden vergleichbar differenziert sind, (d. h. mit deutlichem Metaconid und beginnendem Talonid) werden angegeben von: *Protogonodon* (z. T.), *Tricentes*<sup>12</sup>, *Chriacus*, *Metachriacus*, *Spanoxydon* (MATTHEW 1937: 54, 60, SIMPSON 1937: 193).

M<sub>2</sub><sup>1</sup>, die kleiner als M<sub>2</sub><sup>2</sup> und M<sub>1</sub><sup>1</sup> sind, finden sich u. a. bei: *Oxyclaenus*, *Loxolophus*, *Tricentes* (MATTHEW 1937: Abb. 1A—C, 2A—C, 4, 5), *Metachriacus*, *Mimotricentes* (SIMPSON 1937: Abb. 50, 52, 54, 55).

Keines der Oxyclaeniden-Genera zeigt jedoch die für die Paroxyclaeniden so typische Größenabnahme von M<sub>1</sub><sup>1</sup> nach M<sub>3</sub><sup>2</sup>. Teils ist M<sub>2</sub><sup>2</sup> gleichgroß wie M<sub>1</sub><sup>1</sup>, meist jedoch größer. Ebensowenig kommt bei diesen paläozänen Formen die basale Verschmelzung von Para- und Metacon an den oberen Molaren, und damit verbunden die Ausbildung eines breiten und flachen Labialabhanges zur Ausbildung: Weitere Charakteristika der Paroxyclaeniden.

Auf die von TEILHARD (1922: 88) festgestellten engen Beziehungen zwischen *Paroxyclaenus* und den Oxyclaeninen weist auch MCKENNA (in RUSSELL & MCKENNA 1961: 280) hin, ohne ihnen allerdings weiter nachzugehen.

Wo immer man die Beziehungen der Paroxyclaeniden suchen mag, bei den Mioclaeninen oder den Oxyclaeninen, das postcanine Gebiß der ersteren zeigt in bestimmten Punkten deutlich Reduktionstendenzen: Abschwächung der Cingula an den oberen Molaren und hinteren Prämolaren, Unterdrückung der Hypocon-Bildung, sowie der Conuli an den oberen M, keine Differenzierung des P<sup>4</sup>, Abschwächung des Paraconides an den unteren Molaren. Die oxyclaenine Gebißstruktur bietet für die Herleitung derartiger Reduktionserscheinungen keinerlei prinzipielle Schwierig-

<sup>12</sup>) SIMPSON (1937: 193) führt bei *Tricentes* kein Metaconid an.

keiten. Spezialisiert gegenüber den Oxyclaeninen, und nicht mit den mioclaeninen Verhältnissen in Einklang zu bringen, ist dagegen das Vordergebiß: Gestalt und Größe der Caninen, Differenzierung der oberen und unteren Incisiven, soweit die Befunde bei *Kopidodon* eine Verallgemeinerung zulassen. Evoluierter ist ferner durchweg der  $P_4$  gegenüber dem der Oxyclaeninen.

Innerhalb der Arctocyoniden liegt eine ähnliche Tendenz zur sekundären Vereinfachung des Gebisses bereits früh – bei der Unterfamilie der paläozänen Triisodontinae – vor. Von ihnen werden die paläozänen und eozänen Mesonychidae mit noch weiter vereinfachtem Gebiß hergeleitet (SZALAY & GOULD 1966). Allerdings ist hier die Reduktion und sekundäre Vereinfachung bedeutend weiter und wohl in eine (oder mehrere) andere adaptive Richtungen (angezeigt u. a. durch massive, plumpe Hügel an den P- und M-Kronen) getrieben, als bei den Paroxyclaeniden.

Nach Obigem sind die Paroxyclaeniden eozäne Deszendenten der paläozänen Oxyclaeninen, unter sekundärer Vereinfachung bestimmter postcaniner Gebißmerkmale. Ausschlaggebend für diese Zuordnung sind die grundsätzlichen Übereinstimmungen im Vordergebiß. Sie fallen umso mehr ins Gewicht, als zwischen den Oxyclaeninen und Paroxyclaeniden einerseits und den hyposodontiden Mioclaeninen andererseits die Unterschiede im postcaninen Gebiß weit weniger durchgreifend sind. Wollte man diese Differenzen im Vordergebiß vernachlässigen, würde dies zu einer m. E. unzulässigen Abwertung taxonomischer Kriterien – in dem in Rede stehenden taxonomischen Bezirk und Rang von erster Ordnung – führen.

Keines der bekannten paläozänen Oxyclaeninen-Genera kann jedoch als direkter Aszendent der Paroxyclaeniden angesprochen werden. Gewisse für diese Gruppe typische Merkmale finden sich angedeutet oder voll entwickelt bei bestimmten Gattungen der Oxyclaeninen, kombiniert mit Merkmalen, die sich dort nicht, oder noch nicht oder sogar noch konträr entwickelt finden. Entweder fehlt für die Aufklärung der direkten Deszendenz das (oder die) Vorfahren-Genus, oder, nicht unwahrscheinlich, die eozäne Gruppe ist über eine Mosaikentwicklung aus den paläozänen Oxyclaeninen hervorgegangen.

VAN VALEN hat (1966: 103) die Arctocyonidae zu den Condylarthra gezogen. Darin sind u. a. eingeschlossen die Unterfamilien Arctocyoninae, Oxyclaeninae und Triisodontinae. Demnach müssen die Paroxyclaeniden – als Abkömmlinge der Oxyclaeninen – ebenfalls zu den Condylarthra gestellt werden.

VAN VALEN'S Ansicht über die Insektivoren-Natur der Paroxyclaeniden (1965, 1967, s. oben S. 9) ist von CRUSAFONT & RUSSELL (1967: 768) ausführlich diskutiert und m. E. zu Recht abgelehnt worden. Sie wird noch weniger wahrscheinlich, wenn die hier geforderten engen Beziehungen der Paroxyclaeniden zu den Oxyclaeninen real sind: SLOAN & VAN VALEN beschrieben (1965: 226) aus der obersten Kreide von Montana/USA das neue Genus *Protungulatum* und stellten es zu den Arctocyonidae, ?Unterfamilie Oxyclaeninae.

Der Weg von *Protungulatum* über gewisse Oxyclaeninen zu den Paroxyclaeniden ist hiernach direkter und eher vorstellbar als jener, der von dem koexistenten, aus gleichen Vorkommen Montanas beschriebenen leptictiden Insektivoren *Procerberus* zu den Paroxyclaeniden führen soll, wie es VAN VALEN (1967: Abb. 7, und S. 258 bis 259) annimmt.

Nach Vorstehendem gehört *Kopidodon* und die übrigen Paroxyclaeniden zu den Arctocyoniden<sup>13)</sup>. Innerhalb derer bilden sie eine eigene Unterfamilie. Die Klassifikation würde demnach folgendermaßen aussehen:

- Ordnung Condylarthra COPE 1881
- Unterordnung Arctocyonoidea TROUËSSART 1885
- Familie Arctocyonidae GIEBEL 1855
- Unterfamilie Arctocyoninae GIEBEL 1855
- Unterfamilie Oxyclaeninae SCOTT 1892
- Unterfamilie Triisodontinae SCOTT 1892
- Unterfamilie Paroxyclaeninae WEITZEL 1933 (als Familie)
- Paroxyclaenus* TEILHARD 1922
- Kopidodon* WEITZEL 1933
- Vulpavoides* MATTHES 1952 (und ? *Pugiodens* MATTHES 1952)
- Russellites* VAN VALEN 1965
- Paroxyclaenine von Buchsweiler
- Spaniella* CRUSAFONT & RUSSELL 1967

Ob *Dulcidon* VAN VALEN 1965 und *Kochictis* KRETZOI 1943 zu den Paroxyclaeninen gehören, scheint mir nicht mit völliger Sicherheit gegeben; ebenso die Identität von *Pugiodens* mit *Vulpavoides*. Ich stelle diese Taxa daher zunächst mit ? zur Unterfamilie. Ferner gehört *Russellites* möglicherweise in die Synonymie von *Kopidodon*.

Aus dem europäischen Paläozän sind zwar Arctocyoninen und Hyopsodontiden, jedoch keine Oxyclaeninen bekannt (RUSSELL 1964, 1968), von denen sich die eozänen Paroxyclaeninen herleiten ließen. So bleibt — bis zu besserer Belehrung — die Annahme der Einwanderung der ersten Vertreter — zusammen mit der großen Welle — an der Wende Paläozän/Eozän (TOBIEN 1962: 44, SAVAGE et al. 1965b, RUSSELL 1968). Sofern *Kochictis* zu den Paroxyclaeniden gehört, hat die Gruppe in Europa noch bis in das späte Oligozän persistiert. Nach unserer derzeitigen Kenntnis ist sie ohne Nachkommen erloschen.

## 5. Danksagungen

Für die Erlaubnis zu Vergleichsstudien in den ihnen unterstellten Sammlungen, für die Überlassung von Abgüssen, für Hinweise und anregende Diskussionen, für die Anfertigung der Röntgen-Aufnahme bin ich folgenden Kollegen zu besonderem Dank verbunden: Dr. J. HÜRZELER, Basel, Naturhistorisches Museum, Prof. Dr. H. W. MATTHES, Halle, Paläontologisches Institut der Univ., Prof. Dr. J. FRANZEN, Mainz, Röntgen- und Strahlen-Institut der Univ., Prof. Dr. J. P. LEHMAN und Dr. D. E. RUSSELL, Paris, Institut de Paléontologie, Dr. D. E. BERG und Dipl.-Geol. E. BAHLO, Mainz, Paläontologisches Institut der Universität, danke ich für die Herstellung der Fotos und Stereofotos. Den Herren Direktor SOMMER und Direktor a. D. Dr. BEEGER sowie der Werkleitung der Ytong AG, Messel, danke ich ebenfalls gern für das stets bewiesene Interesse bei der Bearbeitung der Messeler Fossilien.

<sup>13)</sup> SIMPSON (1945:106) stellte *Paroxyclaenus* mit „?“ zu den Arctocyonoidea incertae sedis.

## 6. Zusammenfassung

*Kopidodon* WEITZEL 1933 aus dem Miozän von Messel bei Darmstadt/Hessen gehört mit einigen anderen Genera zu den im Miozän Europas vorkommenden Paroxyclaeniden.

Das für miozäne Säuger seltene, komplette und zusammengehörige Unterkiefer- und Oberkiefer-Gebiß wird neu beschrieben, abgebildet und mit anderen Paroxyclaeniden verglichen.

Aufgrund der Befunde im Vordergebiß sowie von Anklängen und Ähnlichkeiten im postcaninen Gebiß bestehen die nächsten Beziehungen zu den paläozänen Oxyclaeninen N-Amerikas.

Die Oxyclaeninae bilden eine Unterfamilie der Arctocyonidae. Zu dieser Familie werden — als Unterfamilie — auch die Paroxyclaeninae gestellt.

Da die Arctocyonidae zu den Condylarthren gehören, sind die Paroxyclaeninen — und mit ihnen *Kopidodon* — Condylarthra.

## Summary

*Kopidodon* WEITZEL 1933 from the Middle Eocene (= Lutetian) of Messel near Darmstadt/Hessen belongs together with some other genera to the paroxyclaenids occurring in the Eocene of Europe.

The complete upper and lower dentition belonging to one individual — rare for Eocene mammals — is redescribed, figured and compared with other paroxyclaenids.

Large canines, specialized incisors and similarities in the postcanine dentition indicate relations to the oxyclaenines from the Paleocene of North America.

The oxyclaenines are a subfamily of the Arctocyonidae. To this family belong likewise — as a subfamily — the Paroxyclaeninae.

As the arctocyonids are members of the condylarth order the paroxyclaeninae and with them *Kopidodon* belong to the Condylarthra.

## Schriftenverzeichnis

- CRUSAFONT-PAIRO, M. & RUSSELL, D. E.: Un nouveau Paroxyclaenidé de l'Eocène d'Espagne. — Bull. Mus. nat. d'Hist. natur. (2), **38**, 757—773, Paris 1967.
- DEHM, R. & ZU OETTINGEN-SPIELBERG, TH.: Paläontologische und geologische Untersuchungen im Tertiär von Pakistan. 2. Die miozänen Säugetiere von Ganda Kas bei Basal in Nordwest-Pakistan. — Abh. bayer. Ak. Wiss. math.-nat. Kl., n. S., **91**, 1—94, München 1958.
- Haupt, O.: Die Paläohippiden aus den miozänen Süßwasserablagerungen von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. L.-A., **6**, H. 4, 159 S., 29 Taf., Darmstadt 1925.
- Andere Wirbeltiere des Neozoikums. — Oberrhein. Fossilkatalog, H. **9**, 1—103, Berlin 1935.
- JAEGER, J.-J.: Revision de la faune de mammifères du Lutétien de Bouxwiller (Bas-Rhin). Diplom-Arb. Faculté Sci. Univ. Strasbourg, 62 S., 5 Taf., 1967.
- KRETZOL, M.: *Kochictis centenii* n. g. n. sp., ein alttertiärer Creodonte aus dem Obermiozän Siebenbürgens. — Földtani Közlöny, **73**, 190—195, Budapest 1943.
- MATTHES, H. W.: Die Creodontier aus der miozänen Braunkohle des Geiseltales. — Hallesches Jb. mitteldeutsche Erdgesch., **1**, 201—240, Halle 1952.

- MATTHES, G.: Zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **51**, 87 S., Wiesbaden 1966.
- Les couches éocènes dans la région du fossé rhénan septentrional. In: Colloque sur l'Éocène, Paris mai 1968. — Mém. Bur. Rech. géol. et min. **58**, 327—337, Paris 1968.
- MATTHEW, W. D.: Paleocene faunas of the San Juan Basin, New Mexico. — Trans. amer. philos. Soc., n. s., **30**, I—VIII, 1—510, 65 Taf., Philadelphia 1937.
- RUSSELL, D. E.: Les Mammifères paléocènes d'Europe. — Mém. Mus. Hist. nat. Paris, n. s. ser. C., **13**, 1—324, Paris 1964.
- Succession, en Europe, des faunes mammaliennes au début du Tertiaire; in: Colloque sur l'Éocène Paris mai 1968. — Mém. Bur. Rech. géol. et min., **58**, 291—296, Paris 1968.
- & MCKENNA, M. C.: Étude de *Paroxyclaenus*, Mammifère des phosphorites du Quercy. — Bull. Soc. Géol. France (7) **3**, 274—282, Paris 1961.
- SAVAGE, D. E., RUSSELL, D. E. & LOUIS, P.: European Eocene Equidae (Perissodactyla). — Univ. of California Publ. geol. Sci., **56**, 1—94, Taf. 1, Berkeley and Los Angeles 1965 (1965a).
- Early Eocene Continental mammalian fauna of Europe and North America. — Abstract for 1964, Geol. Soc. America, Special paper **82**, 275, New York 1965 (1965b).
- SIMPSON, G. G.: The Fort Union of the Crazy Mountain Field, Montana and its mammalian Faunas. — Bull. U. S. Natl. Museum, **169**, 1—287, Washington 1937.
- The Principles of Classification and a Classification of Mammals. — Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., **85**, 1—350, New York 1945.
- SLOAN, R. E. & VAN VALEN, L.: Cretaceous mammals from Montana. — Science, **148**, 220—227, Washington 1965.
- SZALAY, F. S. & GOULD, S. J.: Asiatic Mesonychidae (Mammalia, Condylarthra). — Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., **132**, 127—174, Taf. 9—21, New York 1966.
- TEILHARD DE CHARDIN, P.: Les Mammifères de l'Éocène inférieur français et leurs gisements. — Ann. Paléont., **11**, 9—116, 8 Taf., Paris 1922.
- TOBIEN, H.: Die miozäne Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt. — Der Aufschluß, Sonderheft **2**, 87—101, Roßdorf b. Darmstadt 1955.
- Insectivoren (Mamm.) aus dem Miozän (Lutetium) von Messel bei Darmstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**, 7—47, Wiesbaden 1962.
- Mammifères éocènes du Bassin de Mayence et de la partie orientale du Fossé rhénan. In: Colloque sur l'Éocène, Paris Mai 1968. — Mém. Bur. Rech. géol. et min., **58**, 297—307, Paris 1968 (1968a).
- Das biostratigraphische Alter der miozänen Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, 111—119, Wiesbaden 1968 (1968b).
- Die alttertiäre (miozäne) Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt (Hessen). — Mainzer naturw. Arch., **8**, Mainz 1969.
- VAN VALEN, L.: Paroxyclaenidae, an extinct family of Eurasian mammals. — Journ. Mammal., **46**, 388—397, 1965.
- Deltatheridia, a new order of mammals. — Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., **132**, 1—126, New York 1966.
- New Paleocene Insectivores and Insectivore Classification. — Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., **135**, 217—284, Taf. 6 u. 7, New York 1967.
- WEITZEL, K.: *Cryptopithecus macrognathus* WITTICH von Messel ist kein Primate, sondern ein Creodontier. — Cbl. Mineral. etc., 1932, 617—618, Stuttgart 1932.
- *Kopidodon macrognathus* WITTICH, ein Raubtier aus dem Miozän von Messel. — Notizbl. Ver. Erdk. hess. geol. L.-Anst. Darmstadt (V), **14**, 81—88, Darmstadt 1933.
- WILSON, R. W.: The condylarth genus *Ellipsodon*. — Univ. Kansas Publ. Mus. nat. Hist., **9**, Nr. 5, 105—116, Lawrence 1956.
- WITTICH, E.: *Cryptopithecus macrognathus* n. spec., ein neuer Primate aus den Braunkohlen von Messel. — Cbl. Mineral. etc., Nr. 10, 289—294, Stuttgart 1902.

## Ein Radius von *Asinus cf. hydruntinus* REGALIA aus dem Jungpleistozän von Stammheim/Kreis Friedberg [Hessen]

Von

HELMUT HEMMER und RUDOLF JAEGER, Mainz

Mit 1 Tabelle und Tafel 4

**Kurzfassung:** Aus einer wahrscheinlich frühjungpleistozänen Fundstelle bei Stammheim (Kreis Friedberg/Hessen) wird ein kompletter Equiden-Radius beschrieben und abgebildet. Der Literaturvergleich zeigt seine Zugehörigkeit zu dem Formenkreis des *Asinus hydruntinus*. Die Widerristhöhe des Tieres ist nach dem Radius auf etwa 120 cm zu schätzen; die Größenvariationsbreite der Art wird als derjenigen des asiatischen *Asinus hemionus onager* entsprechend dargelegt.

**Abstract:** In this paper a description and photographs of an equid radius found in a probably lower young pleistocene site near Stammheim (Kreis Friedberg/Hessen, Western Germany) are given. A comparative study of literature shows that it belongs to the group of *Asinus hydruntinus* REGALIA. The height at the shoulders was estimated by the measurements of the radius to about 120 cm. There is shown that the variability of size of this species nearly corresponds to that of the asiatic *Asinus hemionus onager*.

Bei Erdarbeiten in der Gemarkung Stammheim/Kreis Friedberg (Hessen) wurden Anfang 1967 östlich eines kurz zuvor aufgedeckten paläolithischen Werkplatzes (WURM 1967) in einer Tiefe von 2,70 m unter der abgeschürften Oberfläche einer Lehmschicht ein Stück Nashorntibia und ein linker Radius eines Equiden gefunden (DÖRING 1967).

Der Radius wurde einem der Verfasser (HEMMER) von Herrn WURM (Wiesbaden) zur Bestimmung vorgelegt und vorläufig in einer später auszugsweise veröffentlichten brieflichen Mitteilung (DÖRING 1967) einer kleinen, grazilen Form (*Equus* sp.) zugeordnet.

Die Fundumstände lassen eine sichere Datierung nicht möglich erscheinen. Die Untersuchung des Kulturinventars und der Stratigraphie des benachbarten Werkplatzes weisen auf frühjungpleistozäne Ablagerungen hin (WURM 1967; STENGEL-RUTKOWSKI 1967). Die Werkzeugfunde umfassen die Spanne von Mittel- bis Jungpaläolithikum.

Wie aus den Maßen (Tab. 1) hervorgeht, ist dieser Radius außerordentlich schlank und grazil (Taf. 4). Nach den von KIESEWALTER bzw. VITT vorgeschlagenen Berechnungsmethoden für die Widerristhöhe von Pferden (Zusammenstellung bei

MÜLLER 1955) handelt es sich wohl um einen entsprechend schlanken Equiden von etwa 120 cm Schulterhöhe. Größe und Grazilität des Radius lassen bereits an einen Angehörigen der Gattung *Asinus* denken. Als Vertreter dieser Gattung kommt im europäischen Pleistozän wohl nur *Asinus hydruntinus* REGALIA in Frage, nachdem das von verschiedenen Autoren (z. B. WERNERT 1957, DIETRICH 1959) vermutete Vorkommen von *Asinus hemionus* nicht zu sichern ist (vgl. BÖKÖNYI 1954).

Von *Asinus hydruntinus* liegen aus westeuropäischen Fundstätten bislang nur 5 einigermaßen vollständige Radien sowie einige Teilstücke vor, von denen nur der proximal stark beschädigte Radius aus der Höhle von Rigabe (Frankreich) in der Literatur abgebildet ist (BONIFAY 1963). Aus Osteuropa wurden Radien aus Rumänien (NECRASOV & HAIMOVICI 1960, NECRASOV 1964) und der Sowjetunion (GROMOVA 1949) bekannt.

Der Radius von Stammheim ordnet sich metrisch recht gut in die von WERNERT (1957) veröffentlichte Serie von Achenheim ein; größte Übereinstimmung, ja fast Identität in seinen Maßen besitzt er jedoch mit einem osteuropäischen Stück aus dem Mittelpleistozän von Nikolskoije (GROMOVA 1949). GROMOVA (l. c. S. 168) gibt als deutlichstes Unterscheidungsmerkmal zwischen den Genera *Asinus* und *Equus* folgendes an: „La cavité à la partie antérieur de la facette scaphoïde chez les hemiones et les ânes en principe (pas toujours) est plus profonde et la crête limitrophe la séparant de la surface antérieur de l'os est plus élevée que chez les chevaux.“ Auch an Hand dieser Merkmale läßt sich der hier beschriebene Radius der Gattung *Asinus* zuordnen. Vergleicht man seine Form mit den Angaben von BONIFAY (1963) so entspricht er dem von dieser Autorin beschriebenen *Asinus hydruntinus*. NECRASOV & HAIMOVICI (1960) bilden zur Unterscheidung des *Asinus hydruntinus* von echten Pferden zwei Indizes:

1. 
$$\frac{\text{Gelenkflächentiefe} \times 100}{\text{Gelenkflächenbreite}}$$
2. 
$$\frac{\text{Breite der Intermediumfacette} \times 100}{\text{Durchmesser der Intermediumfacette}}$$

Für den Index 1 läßt sich unter Heranziehung weiterer Maße (Tab. 1) allerdings eine weit größere Variationsbreite erkennen, als bei diesen Autoren für *Asinus hydruntinus* angegeben. Der Wert dieses Index für die Artunterscheidung wird dadurch stärker in Frage gestellt. Der Radius von Stammheim liegt aber an der Obergrenze der Variationsbreite (vgl. Tab. 1) und hebt sich somit doch deutlich von den Pferden ab, soweit NECRASOV & HAIMOVICI (l. c.) Indexwerte dafür angeben. Der Wert des Index 2 für den vorliegenden Radius liegt innerhalb der *Asinus hydruntinus*-Variationsbreite (Tab. 1). Wenn auch eine genaue Artbestimmung nach einem isolierten Radius kaum möglich sein dürfte, so sprechen diese Merkmalsübereinstimmungen doch klar für die nomenklatorische Zuordnung des Radius von Stammheim als *Asinus cf. hydruntinus* REGALIA, zumal sichere Nachweise für andere Vertreter dieser Gattung in Europa fehlen. Die auf etwa 120 cm bestimmte Widerristhöhe dieses Individuums ordnet sich in den unteren Abschnitt der Variationsbreite ein, soweit sie nach Radien dieser Art zu berechnen ist (vgl. Tab. 1). Die Widerristhöhenbestimmung von BONIFAY (1963), die nach dem Radius einen Wert von 132 cm ergab, ist sicher zu groß, da BONIFAY als Berechnungsgrundlage mit dem KIESEWALTERSchen Faktor die Gesamtlänge und nicht die laterale Länge verwendete.

Tab. 1. Maße am Radius von *Asinus hydruntinus* im Vergleich

Art	<i>Asinus hydruntinus</i>			
	Fundort	Stammheim	Nikolskoje Sowjetunion	Neolithikum, Rumänien
Autor	diese Arbeit	GROMOVA 1949	NECRASOV & HAIMOVICI 1960	BONIFAY 1964
Größte Länge	292	294	— — — —	ca. 305
Laterale Länge	278	—	— — — —	—
Größte Breite proximal	63,5	—	— — — —	71
Gelenkflächenbreite proximal	56	—	— — — —	—
Größte Tiefe proximal	36	36	— — — —	38
Größte Breite distal	58	60	62,5 61 60 56	—
Gelenkflächenbreite distal	ca. 46 +	—	50 49 47 48	55
Größte Tiefe distal	36	34	37 35 36 37	—
Gelenkflächentiefe distal	26	—	31 29,5 28 28	30
Breite der Intermediumfacette	19	—	21 20 19 20	—
Durchmesser der Intermediumfacette	26	—	30 27 27 26	—
Kleinste Breite der Diaphyse	29	32	— — — —	40,5
Kleinste Tiefe der Diaphyse	19	—	— — — —	—
Index:				
$\frac{\text{Kleinste Breite der Diaphyse} \times 100}{\text{Größte Länge}}$	10,9	10,9	— — — —	13,2
Index:				
$\frac{\text{Größte Breite distal} \times 100}{\text{Größte Länge}}$	20,4	20,4	— — — —	—
Index:				
$\frac{\text{Größte Breite proximal} \times 100}{\text{Größte Länge}}$	21,4	—	— — — —	23,6
Index:				
$\frac{\text{Gelenkflächentiefe distal} \times 100}{\text{Gelenkflächenbreite distal}}$	63,0	—	62,0 60,2 59,6 56,3	54,1
Index:				
$\frac{\text{Breite der Intermediumfacette} \times 100}{\text{Tiefe der Intermediumfacette}}$	73,1	—	70,0 74,1 70,4 76,9	—
Schulterhöhe nach KIESEWALTER	121	—	— — — —	—
Schulterhöhe nach VITT	112 bis 120	120 bis 128	— — — —	120 bis 128



zu einigen anderen Vertretern des Genus *Asinus*

<i>Asinus hydruntinus</i>						<i>Asinus hemionus</i>	<i>Asinus africanus</i>		<i>Asinus asinus</i> (Hauseesel)			
Achenheim (Elsaß), Frankreich						Romanelli, Italien	Sjara Osso Gol 1, China	Sjara Osso Gol 5, China	Somali-land rezent	Neolithikum Nordafrika	rezent	rezent
WERNERT 1957						STEHLIN & GRAZIOSI 1935	BOULE & TEILHARD zit. nach WERNERT	GROMOVA 1949	POMEL zit. nach GROMOVA 1949	SAGDIEV zit. nach GROMOVA 1949 <sup>1)</sup>	BONIFAY 1964	
304	—	—	301,4	288,0	285,7	—	285	300	315	224	267	330
—	—	—	—	—	—	—	—	—	300	—	—	—
65,9	73,5	—	71,8	69,5	64,1	65	66	66	73,5	50	62	71
58,0	65,2	—	61,0	65,0	59,7	53	—	—	67	45	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	38	—	—	40
59,1	—	—	61,4	65,2	56,8	—	59	65	67	48	58	—
48,2	—	—	51,2	—	50,5	—	—	—	56	41	—	56
—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	—	—	30
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	35,9	32,8	37,7	34,7	33,2	—	—	—	36	25	—	35
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,8	—	—	12,3	12,1	11,6	—	—	—	11,4	11,1	—	10,6
19,4	—	—	20,4	22,6	19,9	—	20,4	21,7	21,3	21,4	21,7	—
21,7	—	—	21,2	24,2	22,4	—	23,2	22,0	23,3	22,3	23,2	21,4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	58,9	—	—	53,3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	—	—	—
120	—	—	120	112	112	—	112	120	128	—	—	128
bis	—	—	bis	bis	bis	—	bis	bis	bis	—	—	bis
128	—	—	128	120	120	—	120	128	136	< 112	< 112	136

<sup>1)</sup> Mittelwert aus 5 Exemplaren.

Die bei Zugrundelegung von Metapodienlängen nach der Methode von VITT für *Asinus hydruntinus* zu errechnenden Schulterhöhen sind demgegenüber sämtlich größer und umfassen den Bereich von 128–152 cm. Diese Werte dürften jedoch kaum brauchbar sein, da sich gezeigt hat, daß bei Pferden die relative Metapodiengröße je nach Wuchsform starken Schwankungen unterliegt (EBHARDT 1962, HEMMER & JAEGER 1969). Für schlankwüchsige Tiere erhält man allein nach den Metapodien beim Pferd zu große Widerristhöhen; gleiche Vorsicht sollte daher auch bei der Berechnung für Esel walten. Die proximalen Abschnitte der Extremitäten scheinen hierbei verlässlichere Werte zu liefern. Nach aus Radius und Humerus bestimmten Werten dürfte *Asinus hydruntinus* eine Größenvariation von 115–128 cm besessen haben. Dies entspricht recht gut der Variationsbreite des Onagers (*Asinus hemionus onager*), dessen Widerristhöhe nach einer Zusammenstellung von GROVES & MAZAK (1967) von 113–127 cm variiert. Für alle Unterarten von *Asinus hemionus* reicht die Variation nach den gleichen Autoren von 100–138 cm, für die beiden Unterarten von *Asinus kiang* von 104–141 cm.

Aus der Übersicht von BÖKÖNYI (1954) geht hervor, daß der in einzelnen Populationen bis ins Neolithikum überlebende südosteuropäische *Asinus hydruntinus* in den einzelnen Merkmalen sich zum Teil mehr den afrikanischen, zum Teil mehr den asiatischen Wildeseln nähert, also wohl eine systematische Zwischenstellung einnimmt. Seine Verbreitung im Vergleich zu den rezenten Arten weist darauf hin, daß es sich um allopatrische Arten handelt, die sich wohl aus einer gemeinsamen Wurzel im Formenkreis des *Asinus stenonis* (vgl. auch NECRASOV & HAIMOVICI 1960, NECRASOV 1964) differenzierten.

#### Schriftenverzeichnis

- BÖKÖNYI, S.: Eine pleistozäne Eselart im Neolithikum der ungarischen Tiefebene. — Acta archäol. acad. scient. hung., **4**, S. 9–21, 1954.
- BONIFAY, M. F.: Présence d'*Equus hydruntinus* dans la grotte de Rigabe. — Ann. Paléontol., **49**, S. 159–170, 1949.
- L'*Equus hydruntinus* de la Beaume-Rousse (Lozère). — L'Anthropologie, **68**, S. 387 bis 395, 1964.
- DIETRICH, W. O.: *Hemionus* PALLAS im Pleistozän von Berlin. — Vertebrata palasiat., **3**, S. 13–22, 1959.
- DÖRING, L.: Der Paläolithische Werkplatz von Stammheim (Kreis Friedberg in Hessen), seine Funde, sein geologischer Aufbau und Tierknochenfunde seiner weiteren Umgebung: Die Tierknochenfunde östlich des Werkplatzes. — Fundber. Hessen, **7**, 26–28, 1967.
- EBHARDT, H.: Ponies und Pferde im Röntgenbild nebst einigen Stammesgeschichtlichen Bemerkungen dazu. — Säugetierkd. Mitt., **10**, S. 145–168, 1952.
- GROMOVA, V.: Le genre *Equus*. — Ann. centre d'étude et documentation paléontol. (traduction Pietresson de Saint Aubin) Nr. 13, 1955 (Originalarbeit 1949).
- GROVES, C. P. & MAZAK, V.: On some taxonomic problems of Asiatic wild asses; with the description of a new subspecies (*Perissodactyla, Equidae*). — Z. Säugetierkde., **32**, S. 321–355, Hamburg/Berlin 1967.
- HEMMER, H. & JAEGER, R.: Über ein Pferdeskelett aus dem fränkischen Gräberfeld bei Eltville (Rheingau) nebst Bemerkungen zur Abstammung der Hauspferde. — Z. Tierzucht u. Züchtungsbiol., **85**, S. 221–244, 1969.
- MÜLLER, H. H.: Bestimmung der Höhe im Widerrist bei Pferden. — Jshr. mitteldeutsche Vorgesch., **39**, S. 240–244, 1955.

- NECRASOV, O.: Sur la signification de certains caractères morphologiques de *Equus (Asinus) hydruntinus* REG. — Revue Roumaine Biol., Ser. Zool., **9**, S. 141—149, 1964.
- NECRASOV, O. & HAIMOVICI, S.: Sur la présence d'une espèce pleistocène d'équidés *Equus hydruntinus* REG. dans le néolithique roumain. — Anal Stiintif. ale universitatii „Al. I. Cuza“ Din Jasi (S. N.), Sect. II (Stiinte nat.), **5**, S. 137—148, 1959.
- — Nouvelle contribution à l'étude de *Equus (Asinus) hydruntinus* REG. — Anal. Stiintif. ale universitatii „Al. I. Cuza“ Din Jasi (S. N.), Sect. II (Stiinte nat.), **6**, S. 355—376, 1960.
- PATTE, E.: Asiniens paléolithiques découvertes par M. Pierre David dans la Charcute. — Mammalia, **11**, S. 116—122, 1947.
- STEHLIN, H. G. & GRACIOSI, P.: Ricerche sugli Asinidi fossili d'Europa. — Abh. schweiz. paläontol. Ges., **56**, S. 1—68, 1935.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Der paläolithische Werkplatz von Stammheim (Kreis Friedberg in Hessen), seine Funde, sein geologischer Aufbau und Tierknochenfunde seiner weiteren Umgebung: Geologische Untersuchungen in der Senkgrube am Fuße des Werkplatzes. — Fundber. Hessen, **7**, S. 24—25, 1967.
- WERNERT, P.: Stratigraphie paléontologique et préhistorique des sédiments quaternaires d'Alsace (Achenheim). — Mem. serv. carte géol. Alsace et Lorraine, Nr. 14, Strassbourg 1957.
- WURM, K.: Der paläolithische Werkplatz von Stammheim (Kreis Friedberg in Hessen), seine Funde, sein geologischer Aufbau und Tierknochenfunde seiner weiteren Umgebung: Der Werkplatz und seine Funde. — Fundber. Hessen, **7**, S. 18—28, 1967.

Manuskript eingegangen am 4. 10. 1968

## Über neue oder wenig bekannte Elasmobranchier aus dem deutschen Kupferschiefer

Von

SVEND E. BENDIX-ALMGREEN, Kopenhagen und ERICH MALZAHN, Hannover

Aus dem Kupferschiefer des Richelsdorfer Gebirges liegt ein neuer Fund vor, der die vordere Hälfte eines relativ gut erhaltenen Elasmobranchiers repräsentiert. Die Bedeutung dieses Fundes rechtfertigt eine vorläufige Mitteilung. An dem Fossil sind folgende anatomische Einzelheiten erkennbar: Reste des vordersten Teiles des Endocraniums, der rechte und linke Mandibularbogen mit Zähnen, Elemente der Hyoid- und Branchialbögen. Außerdem sind das rechte und linke Scapulocoracoid sowie beide Pectoralflossen mit dem Endoskelett vollständig erhalten. Das Placoid-Schuppenkleid zeigt meistens einen hervorragenden Erhaltungszustand. Ein Fragment vom Flossenstachel der ersten Dorsalflosse ist ebenfalls vorhanden. Nach einer vorläufigen Bearbeitung ist sicher, daß es sich hier um einen im Ober-Perm bisher unbekanntem Vertreter der Gattung *Ctenacanthus* handelt. Diese Gattung ist bereits durch Funde aus dem Ober-Devon, Karbon und Unter-Perm Amerikas, Englands und Rußlands bekannt. Isolierte Zähne und Placoidschuppen in vorzüglichem Erhaltungszustand, die schon früher im niederrheinischen Zechsteinkalk gefunden, jedoch bisher nicht in der Literatur beschrieben wurden, lassen sich jetzt als zu dieser Gattung gehörende Reste bestimmen. Die detaillierte Bearbeitung all dieser Funde wird wahrscheinlich zeigen, daß das aus dem Wolfsberg-Schacht (Hessen) stammende *Ctenacanthus*-Exemplar einer neuen Art zuzuordnen ist.

Ein weiterer Typ von Placoidschuppen aus dem niederrheinischen und hessischen Zechsteinkalk erweist sich nach einem Vergleich mit dem von WEIGELT (1930) bearbeiteten *Wodnika striatula* MÜNST. als dieser Gattung und Art zugehörig. An dem WEIGELT'schen Original, für dessen Überlassung Herrn Prof. MATTHES/Halle herzlichst zu danken ist, sind in Verbindung mit den erwähnten Funden weitere Beobachtungen möglich, welche unsere bisherigen Kenntnisse über diesen Elasmobranchier erweitern.

Aus dem niederrheinischen Zechsteinkalk liegen darüber hinaus auch Funde von einzelnen Elasmobranchier-Zähnen vor, die einen noch nicht bekannten Typus vertreten. Morphologisch weisen diese Zähne eine gewisse Ähnlichkeit mit der von E. NIELSEN (1932) aus dem marinen Ober-Perm Ostgrönlands bekanntgemachten *Fadenia crenulata* NIELSEN auf. Sie zeigen jedoch im Dünnschliff einen völlig anderen histologischen Aufbau. Der zu diesen Zähnen gehörende Elasmobranchier stellt also einen weiteren interessanten Vertreter der Fischfauna des deutschen Kupfer-

schiefers und des Zechsteinkalkes dar. Es ist zu wünschen, daß vollständigere Exemplare dieser Form bald gefunden werden.

Die neuen Funde sind neben der ausgesprochenen paläoanatomischen und taxonomischen Bedeutung vor allem auch durch die neu gewonnenen Gesichtspunkte hinsichtlich der tiergeographischen Verbreitung und Bionomie dieser rein marinen Fische von großem Interesse.

Eine eingehende Bearbeitung wird von den Verfassern vermutlich in: Biologiske Skrifter, København, (Biol. Skr. Dan. Vid. Selsk.) veröffentlicht.

#### Schriftenverzeichnis

NIELSEN, E.: Permo-Carboniferous fishes from East-Greenland. — Medd. om Grønland, **86**, Nr. 3, S. 1—63, 7 Abb., 16 Taf., Kopenhagen 1932.

WEIGELT, J.: Wichtige Fischreste aus dem Mansfelder Kupferschiefer. — Leopoldina, **6** (WALTHER-Festschrift), S. 601—624, 8 Taf., 6 Abb., Leipzig 1930.

Manuskript eingegangen am 3. 2. 1969

**Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers**

**24. Die Ammonoideen-Entwicklung im Hunsrückschiefer**

Von

**FRITZ KUTSCHER**, Wiesbaden

Mit 6 Abbildungen und Tafel 5

**Kurzfassung:** Die stetige Vermehrung der Fossilfunde in den Dachschiefergruben des Hunsrückschiefers und die weitere Anwendung und die Fortentwicklung der Röntgendiagnostik bei den Dachschieferplatten vermehrte in den letzten Jahren die Kenntnisse über die darin vorkommenden Goniatiten sehr stark. Etwa ein Dutzend Arten sind beschrieben worden, die belegen, daß das Hunsrückschiefermeer eine Wiege der Palaeoammonoideenentwicklung darstellt.

Leider ist es noch nicht gelungen, damit die stratigraphische Stellung des Hunsrückschiefer-Gesteins eindeutig festzulegen.

**Abstract:** As a result from permanent finds of Fossils in the Hunsrueck shale quarries and the progresses of X-Ray-Diagnosis the knowledges about the Hunsrueck shale Goniatites essentially increased during the last years. About one dozen of Species were established which prove the importance of the Hunsrueck shale in the development of the Paleoammonoidea.

**Inhalt**

1. Einleitung . . . . .	46
2. Chronologischer Ablauf der Erwähnung und Beschreibung von Goniatiten aus dem Hunsrückschiefer . . . . .	47
3. Aufzählung der Hunsrückschiefer-Goniatiten . . . . .	51
4. Die Entwicklung der Goniatiten im Hunsrückschiefermeer . . . . .	52
5. Zum stratigraphischen Aussagewert der Goniatiten des Hunsrückschiefers . . . . .	52
6. Das Auftreten der Goniatiten im Hunsrückschiefer und ihre Verbreitung . . . . .	53
7. Beschreibung der im Hunsrückschiefer auftretenden Goniatitengattungen und -arten . . . . .	54
8. Zusammenfassung. . . . .	62
Schriftenverzeichnis . . . . .	63

**1. Einleitung**

Durch die paläontologische Bearbeitung des Hunsrückschiefers ist im Laufe der Jahre eine ganze Reihe, z. T. recht bedeutender Fossilien bekannt geworden. Dies gilt auch für die Cephalopoden, und hier ganz besonders für die Goniatiten, deren

erstes Auftreten in die Dachschiefer des Hunsrückschiefers fällt. Über diese Formen und ihre besondere Bedeutung bei der Entwicklung der Palammonoidea wird im folgenden berichtet.

## 2. Chronologischer Ablauf der Erwähnung und Beschreibung von Goniatiten aus dem Hunsrückschiefer

In der folgenden Aufzählung werden die zahlreichen Funde von Nautiloideen nicht aufgeführt, da der Beweis vorliegt (ERBEN 1964), daß schwerwiegende Argumente gegen die Annahme einer Deszendenz der Ammonoidea von eingerollten Nautiloideen sprechen. Sie werden in einer gesonderten Arbeit behandelt.

1853 J. STEININGER, Geognostische Beschreibung der Eifel.

S. 41: *Cyrtoceras Arduennensis*. „Ein Versteinerungskern mit stark hervortretenden, schiefliegenden, ringförmigen, scharfen Rippen auf der Oberfläche, welche sich auf der Bauchseite in bloße Streifen verlaufen, aber auf der Rückenseite stark hervortreten und nach der Spitze der breitgedrückten Muschel heraufgehen. Zwischen diesen Rippen befinden sich schwächere, ringförmige Streifen. Der Siphon liegt auf der concaven Seite. Aus der schiefrigen Grauwacke (Llandeilo flags) zu Neuerburg.“

1880 E. KAYSER, Hercynische und silurische Typen.

S. 820: Nicht selten bei Gemünden, in Begleitung von *Orthoceras tenuilineatum* und *planicanaliculatum* SANDB. sowie *Cyrtoceras* kommt *Goniatites* aff. *evexus* v. BUCH vor.

1889 F. v. SANDBERGER, Devonisches System in Nassau.

S. 21: In einer Liste der gegenwärtig bekannten Fossilien aus dem Rhipidophyllen-Schiefer Nassaus wird *Goniatites* sp. aufgeführt und erwähnt, daß er bisher niemals genügend erhalten in Caub gefunden wurde.

1907 A. FUCHS, Stratigraphie des Hunsrückschiefers.

S. 99: Ohne Artbeschreibung erwähnt FUCHS *Agoniatites falcistria* und bezeichnet diese Form als leitend für den Cauber Horizont (Horizont mit *Agoniatites falcistria* oder Cauber Horizont).

1915 A. FUCHS, Hunsrückschiefer und Unterkoblenzschichten.

S. 74—75: Unter den Aphyllitinae beschreibt A. FUCHS *Aphyllites (Agoniatites) falcistria* n. sp. Sie kommt auf der Grube Gottes Segen im Taunus vor, wo ihre Wohnkammern sehr häufig gefunden wurden. FUCHS bringt diese Art mit den von E. KAYSER 1880 erwähnten „großen Goniatiten aus der Verwandtschaft von *evexus* (oder *Dannenbergi*)“ von Kaub und Gemünden in Verbindung.

1930 W. EICHENBERG, Fauna des Zogensiskalkes.

S. 389: Zur Zeit müssen die von A. FUCHS als *Aphyllites falcistria* beschriebenen Formen aus dem Hunsrückschiefer als älteste Goniatiten gelten. Die inneren Windungen, deren Merkmale für die Gattungszugehörigkeit entscheidend sind, sind nicht bekannt; doch darf man wegen der Ähnlichkeit mit *Mimagoniatites bohemicus* BARR. annehmen, daß auch *A. falcistria* zu *Mimagoniatites* gehört.

1930 A. FUCHS, Hunsrückschieferproblem.

S. 232: *Aphyllites falcistria* im Cauber Horizont.

- 1931 F. KUTSCHER, Zur Entstehung des Hunsrückschiefers.  
S. 214—215: Die Palammonoideen haben im Hunsrückschiefer einen Vertreter, *Aphyllites (Agoniatites) falcistria* A. FUCHS, eine Form, die nur auf den Hunsrückschiefer beschränkt und horizontweise häufig ist.
- 1931 RUD. RICHTER, Tierwelt und Umwelt im Hunsrückschiefer.  
S. 329: Die seltenen Goniatiten besitzen eine kieserhaltene Schale, eingedrückt, aber mit ausgezeichneter Skulptur.
- 1932 R. OPITZ, Erdgeschichte Nahe-Hunsrück-Land Birkenfeld, S. 1—224.  
S. 121: *Cyrtoceras arduennense* STEININGER (Abb. 117).  
Dieser in offenen, elliptischen Spiralen gewundene Nautilit kommt in der Schielebach bei Herrstein als Bruchstück sehr zahlreich, als Ganzes äußerst selten vor.  
S. 121: Goniatit (Abb. 118).  
Ein Nautilit in geschlossener Spirale, mit schnabelartigem Fortsatz am Mundsaum.  
S. 123: Nautilit in offener Spiralwindung (Abb. 120), Bundenbach. Die Lobenlinien sind etwas wellig gebogen.
- 1933 F. KUTSCHER, Fossilien aus dem Hunsrückschiefer I.  
S. 637—638: Beschreibung von *Gyroceras arduennense* STEININGER.  
Vorkommen: Grube Schielebach bei Herrstein, Grube Herrstein, Grube Eschenbach bei Bundenbach. Weiterhin verschiedene Funde im Unter-Emsium der Eifel.  
S. 638: *Aphyllites (Agoniatites) falcistria* wird aus dem Taunus und den Hunsrückorten Gemünden und Bundenbach erwähnt.
- 1933 W. SCHRIEL, Stratigraphische Probleme.  
S. 888—889: Aus den Wahnbach-Schichten des Steinbruches Heider bei Overath nannte W. SCHRIEL *Aphyllites falcistria* FUCHS (Fund und Bestimmung von und durch H. SCHMIDT), den einzigen bis dahin aus den Wahnbach-Schichten bekannt gewordenen Goniatiten. Auf Grund dieses Hunsrückschiefer-Leitfossils postulierte W. SCHRIEL, daß die Wahnbach-Schichten und der untere Teil der Bensberger Schichten sowie deren Äquivalente im nördlichen Siegerland, im Ahrgebiet und am Südfügel des Vennsattels bis nach Belgien hinein Vertreter des Hunsrückschiefers sind.
- 1935 O. H. SCHINDEWOLF, Stammesgeschichte der Cephalopoden.  
S. 265—266: Von besonderer Bedeutung für die Aufklärung der Stammesentwicklung der Goniatitoidea ist die Fauna der unterdevonischen Hunsrückschiefer des Rheinlandes, welche die ältesten seither bekannten, eingerollten Goniatiten führt. Als neu konnte zunächst das Vorkommen der Gattung *Bactrites* SDB. festgestellt werden. Dann wurde sichergestellt, daß „*Aphyllites*“ *falcistria* FUCHS der Gattung *Mimagoniatites* EICHENBERG angehört. Ferner ist neben einigen weiteren vermutlich zu *Mimagoniatites* gehörigen Arten das Genus *Mimosphinctes* EICHENBERG vertreten.  
Weiter kommt nicht selten ein *crioceras*-artig gestalteter Typus vor, der *Anetoceras* (n. gen.) *arduennense* (STEIN.) genannt wird (KUTSCHER beschrieb diese Form als *Gyroceras arduennense*). Diese Form kommt auch in den Unterkoblenzschichten der Eifel vor.
- 1935 R. OPITZ, Lebensbilder Hunsrückschiefer-See.  
S. 509: In einem Dachschiefer-Aquarium rudert das Krummhorn *Anetoceras arduennense*. Rekonstruktion in Abb. 4.



- 1936 F. KUTSCHER, Taunusquarzit, Throner Quarzite und Hunsrückschiefer.  
S. 221: Zusammenfassung der bisherigen Goniatitenfunde im Hunsrückschiefer.
- 1941 W. M. LEHMANN, Fauna des Hunsrückschiefers.  
S. 20: Funde von Cephalopoden sind verhältnismäßig häufig. Auf der Grube Schielebach bei Herrstein fand sich häufig *Cyrtoceras arduennense* STEININGER, die auch bei Bundenbach und Gemünden vorkommt, ebenso gelegentlich einige kleinere und größere Goniatiten. *Aphyllites (Agoniatites) falcistria* A. FUCHS ist in manchen Horizonten nicht selten und ein typisches Hunsrückschieferfossil.
- 1951 G. SOLLE, Obere Siegener Schichten, Hunsrückschiefer.  
S. 329: *Anetoceras arduennensis* (STEIN.) wird in einer Fossiltabelle aufgeführt.  
S. 334: *Anetoceras arduennensis* (STEIN.) ist in den Hunsrückschiefern des westlichen Hunsrücks nicht selten, ebenfalls mehrfach im Unterkoblenz gefunden, doch bezeichnenderweise gewöhnlich in einer den Hunsrückschiefern besonders ähnlichen Fazies dunkler Schiefer ähnlich der Nellenköpfchen-Zweischaler-Fazies. Offenbar ein durchlaufendes Fazies-Fossil.
- 1953 H. K. ERBEN, Goniatitacea.  
S. 194—196: *Anetoceras arduennense* (STEININGER 1853) wurde erstmalig auch außerhalb des rheinischen Bereiches nachgewiesen und zwar im Styliolinen-Kalk des Dalmaniten-Horizontes (Unterdevon) im Steinbruch am Schneckenberg bei Harzgerode (Bl. Harzgerode). Hinweise auf die Funde im Rheinischen Schiefergebirge. Vermutung, daß diese Form auch in Marokko vorkommt.
- 1957 W. M. LEHMANN, Die Asterozoen in den Dachschiefen.  
Taf. 29 Fig. 1 u. 2: Neben *Palaeactis lanceolatus* und *Palasterina tilmanni* befinden sich *Anetoceras*-Schalen (3 verschiedene Reste).
- 1958 O. H. SCHINDEWOLF & J. KULLMANN, Kantabrisches Gebirge.  
S. 14: Auf der Südseite des Kantabrischen Gebirges (Nordspanien), am Oberlauf des Rio Carrión, wurde in braunen emsischen Mergeln und Mergelkalken, mit Knollenmergeln bzw. -kalken, in einer etwa 1 m mächtigen Bankfolge eine Fauna mit *Anetoceras arduennense* (STEIN.), *Mimosphinctes tripartitus* EICHENBG. und *Mimagoniatites* sp. gefunden. Eine solche Faunengemeinschaft mit der eigenartigen Gattung *Mimosphinctes* war bisher nur aus dem Schönauer Kalk (Unter-Ems, Zorgensis-Horizont) im Harz (EICHENBERG 1931) und dem Hunsrückschiefer des Rheinischen Gebirges bekannt.
- 1960 H. K. ERBEN, Primitive Ammonoidea.  
S. 20: *Bactrites* n. sp. *B* aus dem Schönauer Kalk (Unter-Emsium, Kellerwald). Hier Hinweis auf SCHINDEWOLF 1935, S. 267: Bactriten im Hunsrückschiefer.  
S. 49—52: Gattung *Anetoceras* SCHINDEWOLF 1935. Entdeckung eines Protoconches durch W. M. LEHMANN.  
S. 52—54: *Anetoceras hunsrueckianum* n. sp. Taf. 2 Fig. 9, Abb. 9. Vorkommen: Grube Schielebach bei Herrstein und Grube Eschenbach bei Bundenbach.  
S. 54—55: *Anetoceras arduennense* (STEININGER), Abb. 10. Vorkommen: Schielebach bei Herrstein, Grube Eschenbach bei Bundenbach sowie im Unter-Emsium der Eifel.  
S. 56: *Anetoceras* n. sp. (?), Abb. 11. Vorkommen in Bundenbach und im Unter-Emsium des Unterharzes.  
S. 93: In einer Arten-Zusammenstellung der Gattung *Mimagoniatites* EICHENBERG 1930 wird *M. (?) falcistria* (FUCHS 1915) erwähnt.

## 1962 H. K. ERBEN, „forme elliptique“.

S. 44: *Anetoceras* cf. *hunsrueckianum* ERBEN wird von der Grube Schielebach bei Herrstein (Hunsrück) abgebildet, und zwar als Beispiel für die forme elliptique.

## 1962 H. K. ERBEN, böhmische und türkische Vertreter.

S. 18—19: Neubeschreibung von *Anetoceras recticostatum*.

S. 19—20: Nachträge zu *Anetoceras hunsrueckianum* ERBEN 1960. Es wird die Abtrennung einer Form, *Anetoceras* aff. *hunsrueckianum*, vorgenommen.

S. 21—25: Bemerkungen über die Gattung *Anetoceras*, in welcher auch die Hunsrückschiefer-Arten besonders charakterisiert werden. *Anetoceras* ist nicht nur eine der 4 ältesten Goniatiten-Gattungen (*Anetoceras*, *Mimosphinctes*, *Teicherticeras*, *Mimagoniatites*, — alle bereits im Oberen Siegenium, d. h. im Hunsrückschiefer, vorkommend), sondern enthält auch in *Anetoceras hunsrueckianum* diejenige Art, die als primitivster Vertreter der Ammonoiten und zu den Bactritidae verbindendes Glied gelten muß.

In Abb. 2 sind die vermutlichen phylogenetischen Zusammenhänge innerhalb des *Anetoceras*-Zweiges dargestellt. Die Ausgangsform *A. hunsrueckianum* weist direkte Verbindungen zu *A. aff. hunsrueckianum*, *A. arduennense* auct. und *A. recticostatum* auf.

1962 O. H. WALLISER, Gattung *Gyroceratites*.

S. 566: Aus dem Hunsrückschiefer (Oberes Siegen) der Sammlung Berlin liegen Abdrücke vor, die im Aufrollungsmodus gut mit *Gyroceratites laevis* (EICHENBERG 1931) übereinstimmen. Eine weitere Zuordnung ist jedoch nicht möglich.

S. 573: Stratigraphische Verbreitung: ? Oberes Siegen, Ems bis Grenzbereich Ems/Eifel.

## 1964 H. K. ERBEN, Evolution der ältesten Ammonoidea.

S. 120: *Bactrites* tritt im Silur Marokkos auf; die ältesten z. Z. bekannten Vorkommen der Goniatiten gehören dem Oberen Siegenium (Hunsrückschiefer) an.

S. 123: Die Bactritidae und die ältesten, primitivsten Goniatiten sind durch 2 vermittelnde Zwischenformen, die Gattung *Cyrtobactrites* ERBEN sowie die Art *Anetoceras hunsrueckianum* ERBEN, verknüpft.

S. 159: Die Entwicklung, die von den orthoconen Bactritidae zu den voll eingerollten Ammonoidea führte, dürfte sich im Siegenium (offenbar im Ober-Siegenium) mit überraschender Schnelligkeit beinahe „explosiv“ abgespielt haben; wahrscheinlich verlief sie in einer Hauptreihe.

## 1965 H. K. ERBEN, Evolution der ältesten Ammonoidea.

S. 276—279: *Cyrtobactrites* ? sp. — (Initialgehäuse). 1 Exemplar, ohne Lokalitätsangabe.

S. 279—282: Untergattung *Anetoceras* (*Erbenoceras*) BOGOSLOVSKIJ 1963, bisher aus dem Ober-Emsium bekannt, wurde auch im Hunsrückschiefer nachgewiesen. Da jedoch infolge Verzerrung der vorliegenden Exemplare artmäßig Abgrenzungen schwierig waren, wird offene Nomenklatur angewendet. Es sind hier zu nennen:

- Anetoceras* (*Erbenoceras*) sp. A,
- Anetoceras* (*Erbenoceras*) sp. B,
- Anetoceras* (*Erbenoceras*) sp. C,
- Anetoceras* (*Erbenoceras*) sp. D.

S. 282—286: Gattung *Teicherticeras* ERBEN 1960 mit der neuen Art *Teicherticeras primigenitum*.

S. 304—305: Gattung *Mimosphinctes* EICHENBERG 1931. Darunter werden *Mimosphinctes* sp. indet. von der Kaisergrube in Gemünden gemeldet.

### 3. Aufzählung der Hunsrückschiefer-Goniatiten

Von der ersten Erwähnung eines Goniatitenfundes im Hunsrückschiefer (KAYSER 1880) bis heute sind rund 90 Jahre vergangen. Nur sehr zögernd stieg die Anzahl der Funde; erst A. FUCHS war es 1915 möglich, auf Grund von Funden aus den Dachschiefergruben des Taunus den ersten Goniatiten unter dem damaligen Namen *Aphyllites (Agoniatites) falcistria* zu beschreiben. Eine weitere Form aus den Hunsrück-Dachschiefergruben machten OPITZ (1932) und KUTSCHER (1933) bekannt. Unmittelbar darauf gelang es dann SCHINDEWOLF (1935) Vertreter aus mehreren Gattungen nachzuweisen. In einer Reihe wichtiger und interessanter Arbeiten beschrieb H. K. ERBEN ab 1953 eine Fülle von Fundmaterial, das ihn auch in die Lage versetzte, eine Serie von neuen Arten aufzustellen. Er stellte das Hunsrückschiefermeer als eine Wiege der Goniatiten-Entwicklung heraus.

Insgesamt sind bisher bekanntgeworden:

Ordn. Bactritida SHIMANSKIJ 1951

Fam. Bactritidae HYATT 1884

Gattung *Cyrtobactrites* ERBEN 1960

*Cyrtobactrites* ? sp. — (Initialgehäuse) ERBEN 1965

U. Ordn. Anarcestina MILLER & FURNISH 1954

Superfam. Mimosphinctaceae ERBEN 1964

Fam. Mimosphinctidae ERBEN 1953

Subfam. Anetoceratinae RUZHENCEW 1957

Gattung *Anetoceras* SCHINDEWOLF 1935

U. Gattung *Anetoceras (Anetoceras)* SCHINDEWOLF 1935

*Anetoceras hunsrueckianum* ERBEN 1960

*Anetoceras arduennense* (STEININGER) 1853

*Anetoceras recticostatum* ERBEN 1962

*Anetoceras* aff. *hunsrueckianum* ERBEN 1960

U. Gattung *Anetoceras (Erbenoceras)* BOGOSLOVSKIJ 1963

*Anetoceras (E.)* sp. A ERBEN 1965

„ „ sp. B „ „

„ „ sp. C „ „

„ „ sp. D „ „

Subfam. Mimosphinctinae ERBEN 1953

Gattung *Teicherticeras* ERBEN 1960

*Teicherticeras primigenitum* ERBEN 1965

Gattung *Mimosphinctes* EICHENBERG 1931

*Mimosphinctes* sp. indet.

Superfam. Mimocerataceae STEINMANN 1890

Fam. Mimoceratidae STEINMANN

Gattung *Gyroceratites* v. MEYER 1831

U. Gattung *Gyroceratites (Gyroceratites)* v. MEYER 1831

*Gyroceratites (Gyroceratites) laevis* (EICHENBERG 1931)

Superfam. Anarcestaceae STEINMANN 1890 em. ERBEN

Fam. Agoniatitidae HOLZAPFEL 1899

Subfam. Mimagoniatitinae MILLER 1938

Gattung *Mimagoniatites* EICHENBERG 1930

U. Gattung *Mimagoniatites* (*Mimagoniatites*) EICHENBERG 1930

*Mimagoniatites* (*Mimagoniatites*) *falcistria* (FUCHS 1915)

#### 4. Die Entwicklung der Goniatischen im Hunsrückschiefermeer

Wie bei vielen anderen Fossilfunden, so bestätigt sich auch hier wieder bei den Goniatischen die besondere Rolle des Hunsrückschiefers für die Überlieferung. Doch dies ist es nicht allein, sondern das Hunsrückschiefermeer ist auch der Schauplatz der Evolution der primitiven Ammonoidea. Hier ging ihre Entwicklung explosiv in einer Phase fast plötzlicher und stürmischer Entfaltung vor sich.

SCHINDEWOLF erkannte bereits früher, daß die Entwicklungsreihe der Ammonoideen von den Bactriten ausgeht. ERBEN gelang es in jüngerer Zeit, im Hunsrückschiefer bis dahin noch unbekannt primitive Ammonoideen aufzufinden. Er bestätigte weiterhin eine von den Bactriten ausgehende Hauptreihe zu den eingerollten Ammonoidea. Die Entwicklung, die von den orthoconen Bactritidae zu den voll eingerollten Ammonoidea führte, dürfte sich im Ober-Siegenium mit überraschender Schnelligkeit abgespielt haben, mit Gliedern in folgender Reihenfolge:

*Bactrites* – *Lobobactrites* – *Cyrtobactrites* sp. primit. – *Anetoceras hunsrueckianum* – *A.* aff. *hunsrueckianum* – *A.* (*Erbenoceras*) sp. *A.* – *Teicherticeras* (?) n. sp. *B* – *zorgensis*-Gruppe von *Mimagoniatites* – *Anarcestes* usw. Zwischen dem letzten Vertreter der Bactritidae und den eigentlichen eingerollten Ammonoideen vermittelt die Art *A. hunsrueckianum* ERBEN, die innerhalb der Goniatischen so primitiv ist, daß man sie noch als Bactriten ansprechen müßte.

Nebeneinander treten im Hunsrückschiefer mehrere Goniatischen-Gattungen ± gleichzeitig auf. Das gilt für *Cyrtobactrites*, *Anetoceras*, *Erbenoceras*, *Teicherticeras*, die *zorgensis*-Gruppe von *Mimagoniatites*, *Mimosphinctes*. Es wiederholt sich die zu verschiedenen Zeiten beobachtete Tendenz bei den Cephalopoden, daß aus einer Stamm- oder Übergangsform plötzlich eine Formenfülle von Arten sich herausbildet. Ob das Hunsrückschiefermeer hierzu besondere Impulse gab, oder aber ob es die innere Kraft allein war, die zur Blüte und Expansion trieb, kann nicht ohne weiteres abgelesen werden.

#### 5. Zum stratigraphischen Aussagewert der Goniatischen des Hunsrückschiefers

Die Bemühungen, den Hunsrückschiefer zu gliedern und ihn in den Verband des rheinischen Unterdevons einzuordnen, sind seit 100 Jahren im Fluß, doch leider bis heute nicht befriedigend gelöst. Vereinzelt Goniatischenfunde sind aus den Dachschiefern des Hunsrückschiefers nahezu seit 90 Jahren bekannt. Erst in jüngster Zeit jedoch sind sie in den Vordergrund paläontologischer Betrachtungen und Forschungen getreten. Es liegt daher nahe, den biostratigraphischen Wert der Goniatischen in bezug auf die Altersverhältnisse des Hunsrückschiefers zu untersuchen.

Bisher ist der Hunsrückschiefer, je nach Auslegung der Beweismittel, im unter-devonischen Schichtenverband

1. als selbständiges Schichtglied an der Basis der Ems-Stufe,
2. als fazieller Vertreter der Siegen-Stufe,
3. als fazieller Vertreter der Ems-Stufe,
4. als eigene Hunsrück-Stufe zwischen Siegen- und Ems-Stufe und
5. zuletzt als eine zur Siegen-Stufe gehörige Ulmen-Gruppe zwischen der Herdorf-Gruppe und dem Unter-Emsium

aufgefaßt worden.

Die Beantwortung der Frage, ob das Vorkommen der Dachschiefer-Goniatiten ein klarer Beweis für eine dieser Einstufungen ist, ist von vornherein eingengt, da die gleichen Arten — bis auf ? *Anetoceras arduennense* — bisher in anderen Schichten zwar erwähnt, aber noch nicht einwandfrei nachgewiesen werden konnten.

Hinzu kommt, daß von den aufgezählten Goniatiten des Hunsrückschiefers nur die Art *Mimagoniatites falcistria* (FUCHS 1915) eine größere Verbreitung im Hunsrück und Taunus besitzt und auch in einer größeren Individuenzahl bekannt wurde. *Anetoceras arduennense* (STEININGER 1853), die einzige Art, die bis vor wenigen Jahren aus dem Hunsrückschiefer des Hunsrücks und dem Unter-Emsium der Eifel genannt wurde (KUTSCHER 1933), soll nach ERBEN (1962) vorerst auf das Unter-Emsium beschränkt bleiben. Damit fällt ein wichtiges Beweisstück aus. Bisher ist es nirgends auf der Welt gelungen, Goniatiten in der Siegen-Stufe zu finden, was auch nicht verwunderlich ist, da der Hunsrückschiefer sehr schwach eingerollte, primitive Formen zum Vorschein brachte. Dagegen sind in weltweiter Verbreitung (Frankreich, Spanien, Böhmen, Marokko, Türkei, Nordamerika und Ostasien) Goniatiten in Ems-Schichten bestimmt worden, die sich unmittelbar an die Hunsrückschiefer-Arten anschließen. Da absolute und einwandfreie Beweisstücke nicht zu erbringen sind, könnte man mit vollem Recht den Hunsrückschiefer des Dachschieferbereiches im Hunsrück und im Taunus auch ohne weiteres der Ems-Stufe zuordnen.

## 6. Das Auftreten der Goniatiten im Hunsrückschiefer und ihre Verbreitung

Lange Zeit hat man den Goniatiten des Hunsrückschiefers wenig Beachtung geschenkt, weil man zu wenig von ihnen wußte und ihren Wert noch nicht erkannt hatte. Sie waren für den Sammler und Andenkenjäger zu unscheinbar und brachten auch dem Schieferspalter beim Verkauf nur einen geringen Erlös. Vollkommene Exemplare haben Seltenheitswert. 1915 schrieb A. FUCHS, daß Luftkammern bei *Mimagoniatites falcistria* so gut wie niemals erhalten, jedoch Wohnkammern sehr häufig seien.

Eine Änderung trat ein, als es gelang, durch Röntgenaufnahmen den Fossilinhalt der Schieferplatten sichtbar zu machen, und dabei entdeckte man nicht nur vollständigere oder sogar vollständige Individuen, sondern auch besondere Einzelheiten, wie z. B. den Protoconch, das Nabelfenster usw., die zu einwandfreien Artabgrenzungen wesentlich beigetragen haben. Es wurden auch junge Individuen, für die man an der Gesteinsoberfläche keine Anzeichen ausmachen konnte, gefunden.

Auch hier ist die Forderung zu erheben, daß man keine Fossilplatte präparieren oder beschreiben sollte, ehe man nicht eine Röntgenaufnahme angefertigt hat.

Die verfeinerte Methodik STÜRMER's auf dem röntgenologischen Gebiet hat die Erforschung eingeschlossener Hunsrückschiefer-Fossilien ein gutes Stück vorwärts gebracht. Sie müßte letzten Endes dazu führen, auch hier Weichteile nachzuweisen, wie es kürzlich bei pyritisierten Cephalopoden aus den Wissenbacher Schiefen gelungen ist (S. RIETSCHEL 1968). – Sicherlich waren die Bedingungen für die Fossilisation im Wissenbacher Schiefermeer und im Hunsrückschiefermeer verschieden. Man sollte sich aber durch die Bemerkung von RIETSCHEL: „Anfangs waren im Zusammenhang mit Bundenbacher Cephalopoden nur sehr undeutliche, wolkige Eiweißstrukturen gefunden worden; auch heute ist aus diesem klassischen Vorkommen kein besseres Material bekannt.“ nicht entmutigen lassen, sondern weitere Versuche durchführen.

Die Häufigkeit der Goniatitenvorkommen im Hunsrückschiefer ist heute noch sehr schwer abzuschätzen und ohne eine systematische Überprüfung der Sammlungen kaum anzugeben. Die Tatsache, daß der Nachschub an Fossilien ganz versiegen wird – nur noch wenige Dachschiefergruben sind heute im Betrieb – wird uns bald daran erinnern, daß gerade für die Goniatitenforschung recht viel versäumt wurde, was nicht mehr nach- bzw. aufgeholt werden kann. Es kann lediglich dazu aufgerufen werden, das vorhandene und noch nicht untersuchte Material für die Goniatitenforschung den Spezialisten zur Untersuchung zur Verfügung zu stellen und bei jeder neuen Röntgenaufnahme darauf zu achten, ob neue Vorkommen zu verzeichnen sind.

Gefunden wurden bisher Goniatiten in den bekannten Dachschiefergruben rund um Bundenbach und Gemünden, im Rheintal und im Taunus. Ein Auftreten in den Dachschiefergruben der Eifel oder der Ardennen ist bisher nicht gemeldet worden.

## 7. Beschreibung der im Hunsrückschiefer auftretenden Goniatitengattungen und -arten

Es werden nur die wichtigsten Daten erfaßt, zumal, von einigen seit längerem bekannten Formen abgesehen, seit 1953 fast alle Untersuchungen von ERBEN ausgeführt oder bekanntgemacht wurden.

### *Cyrtobactrites* ? sp. – Initialgehäuse

1965 *Cyrtobactrites* ? sp. – (Initialgehäuse) – ERBEN, Evolution Ammonoidea, S. 277, Abb. 2.

Die Entdeckung dieses Initialgehäuses liefert einen deutlichen Hinweis auf das Vorkommen der Gattung *Cyrtobactrites* im Hunsrückschiefer. Das gefundene Individuum ist schwach pyritisiert (daher auch Röntgenaufnahme möglich, ERBEN 1965, S. 278, Abb. 2). Es ist ein flachgedrücktes orthocones Initialgehäuse mit halb-kugeligem Protoconch. Die Röntgenaufnahme zeigt in der Gegend der sekundären Erweiterung der Gehäuseöhre eine Gliederung in Kammern an.

Insgesamt gesehen muß es sich bei dem gefundenen Exemplar um einen fortgeschrittenen Vertreter seiner Gruppe handeln.

Gattung *Anetoceras* SCHINDEWOLF 1935

- 1935 *Anetoceras* n. gen. — SCHINDEWOLF, Stammesgeschichte Cephalopoden, S. 269.  
 1960 *Anetoceras* SCHINDEWOLF — ERBEN, Primitive Ammonoidea, S. 49—52.  
 1962 *Anetoceras* SCHINDEWOLF — ERBEN, Böhmisches und türkische Vertreter, S. 14,  
 21—25, Abb. 2.  
 1964 *Anetoceras* SCHINDEWOLF — ERBEN, Evolution Ammonoidea, S. 199.  
 Typus-Art: *Cyrtoceratites arduennensis* STEININGER 1853

SCHINDEWOLF (1935) machte wahrscheinlich, daß es sich bei *Anetoceras* um einen Goniatiten handelt. Die Bedeutung der Gattung *Anetoceras* beruht darin, daß sie einen extrem losen Aufrollungsmodus veranschaulicht und in dieser Hinsicht in der Mitte zwischen *Lobobactrites* und *Gyroceratites* steht.

W. M. LEHMANN (ERBEN 1960, S. 51, Abb. 8, Röntgenbild) gelang es erstmalig, einen Protoconch an einem Exemplar nachzuweisen. Eine Diagnose gibt ERBEN 1960, S. 49. 1964 (S. 199) ändert er sie auf Grund neuerer Kenntnisse wie folgt ab:

„Eine Gattung der Anetoceratinae mit folgendem Merkmals-Komplex: Gehäuse primär gyrocon bis primär quasi-advolut bzw. advolut. Windungen in allen Stadien ohne konkave Windungszone. Große Nabellücke. Anwachsstreifen in allen Stadien konvex, rursiradiat (nur in zwei Ausnahmen teilweise rectiradiat). Rippen ebenso, in der Regel einfach und ungegabelt. Lobenlinie mit Ventral- und Laterallobus sowie Dorsalsattel. Nabel weit. Zunahme an Windungshöhe langsam erfolgend; Mündung niedrig bis wenig hoch.“

*Anetoceras (Anetoceras)* SCHINDEWOLF 1935 emend. ERBEN 1964

- 1964 *Anetoceras (Anetoceras)* SCHINDEWOLF, nov. emend. — ERBEN, Evolution Ammonoidea (I), S. 199.

Typus-Art: Wie bei der Gattung.

Eine Untergattung von *Anetoceras* mit stets primär gyroconem Gehäuse und zugleich i. d. R. konvex-rursiradiaten Anwachsstreifen und Rippen (in einer Ausnahme: teils rectiradiat). Berippung fein bis (seltener) gröber.

Hierzu stellt ERBEN (1964, S. 199) folgende Arten aus dem Hunsrückschiefer:

- Anetoceras hunsrueckianum* ERBEN 1960  
*Anetoceras* aff. *hunsrueckianum* ERBEN 1960  
*Anetoceras recticostatum* ERBEN 1962  
 „*Anetoceras arduennense* (STEININGER) 1853“.

*Anetoceras (Anetoceras) hunsrueckianum* ERBEN 1960

Taf. 5 Fig. 1; Abb. 1, 2

- 1960 *Anetoceras hunsrueckianum* n. sp. — ERBEN, Primitive Ammonoidea, S. 52—54,  
 Taf. 2 Fig. 9; Abb. 9 (non 9b = *A. (A.)* aff. *hunsrueckianum*).  
 1962 *Anetoceras hunsrueckianum* — ERBEN, Böhmisches und türkische Vertreter, S. 19  
 bis 20.  
 1964 *Anetoceras (Anetoceras) hunsrueckianum* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I,  
 S. 141, Abb. 8.

ERBEN (1960, S. 51) diagnostizierte in dem ihm vorliegenden Material von „*arduennense*“ mindestens 3 Arten, die sich im Einrollungs-Grad und z. T. auch in ihrer Skulptur voneinander unterscheiden. Er beschrieb darauf (1960, S. 52—56):

*Anetoceras hunsrueckianum* n. sp.,  
 „ *arduennense* (STEININGER),  
 „ n. sp. (?)

Letztere benannte ERBEN 1962 (S. 18–19) in *A. reticostatum* n. sp. um.

Beigefügtes Synthetogramm (Abb. 1) aus dem Holotyp von *A. hunsrueckianum* (ERBEN 1960, Taf. 2 Fig. 9) läßt die Diagnose von ERBEN (S. 53) gut erkennen:

„Eine Art von *Anetoceras* SCHINDEWOLF, charakterisiert durch bis in den Altersteil des Gehäuses anhaltend schmal leistenförmige, dichtgedrängte Rippen und eine völlig gyrocone Gehäusegestalt, bei der nur die innersten (1–2) Windungen einander genähert sind“.

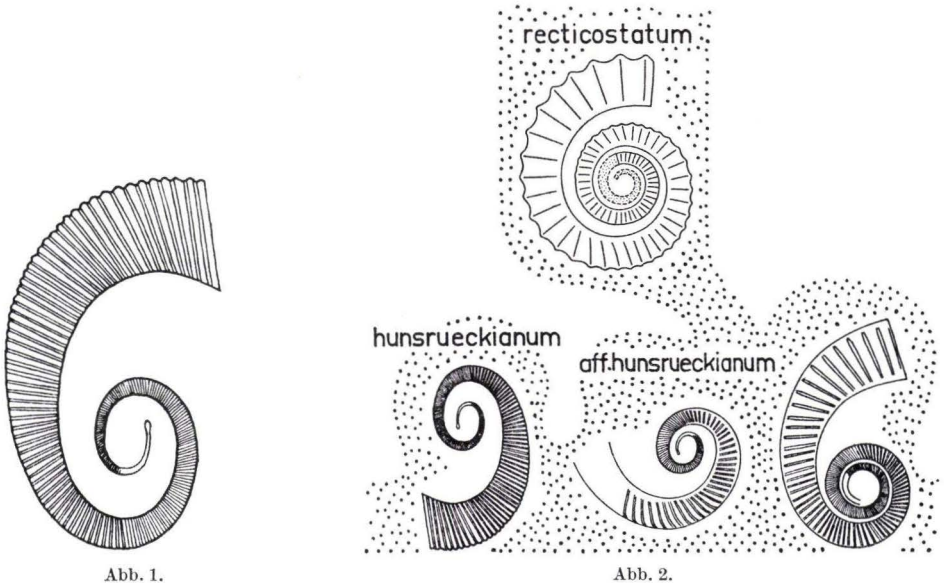


Abb. 1.

Abb. 1. *Anetoceras hunsrueckianum*; etwa 2/3. Synthetogramm aus Holotyp (GPI Bo. 22).  
 Nach ERBEN 1960, S. 53, Abb. 9 a.

Abb. 2.

Abb. 2. *Anetoceras* (*Anetoceras*) *hunsrueckianum*, *aff. hunsrueckianum* und *reticostatum*.  
 Nach ERBEN 1964, zwischen S. 142/143.

Weitere Bemerkungen zu *A. hunsrueckianum* macht ERBEN 1962, S. 19–20. Hier trennt er *A. aff. hunsrueckianum* ab und erklärt diese zu einer neuen Art.

*Anetoceras* (*Anetoceras*) *aff. hunsrueckianum* ERBEN 1962

Taf. 5 Fig. 2; Abb. 2

1962 *Anetoceras aff. hunsrueckianum* — ERBEN, Böhmisches und türkische Vertreter,  
 S. 19, 20, Abb. 2 (1960, S. 53, Abb. 9b).

1964 *Anetoceras* (*Anetoceras*) *aff. hunsrueckianum* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I,  
 S. 128, 141, Abb. 8.

Bei den Bemerkungen zu *Anetoceras*-Arten aus dem Hunsrückschiefer belegt ERBEN (1962, S. 20) die Selbständigkeit dieser neuen Art. Sie ist charakterisiert durch enger gewundene frühe und mittlere Windungen sowie durch nicht sigmoidale



Leistchenrippen, die in den mittleren und späten Stadien lockerer gestellt sind als bei *A. hunsrueckianum* s. str. Frühe und mittlere Windungen dürfen sich nicht berühren.

Von dieser Form dürfte die *Anetoceras*-Gruppe ihren Ausgang nehmen (ERBEN 1964, S. 141, Abb. 8).

1964 stellt ERBEN (S. 141, Fußnote 16) nicht nur das 1960, Abb. 9b, abgebildete Individuum, sondern vorläufig auch diejenigen Exemplare, die dem von SCHINDEWOLF 1935, Taf. 19 Fig. 8, abgebildeten gleichen, zu dieser Art. Auch die 1962, Taf. 1 Fig. 3–5, abgebildeten Initialgehäuse sind hier einzuordnen (ehemals mit *A. arduennense* zusammengefaßt).

*Anetoceras (A.) recticostatum* H. K. ERBEN 1962

Abb. 2

1960 *Anetoceras* n. sp. (?) — ERBEN, Primitive Ammonoidea, S. 56, Abb. 11.

1962 *Anetoceras recticostatum* n. sp. — ERBEN, Über böhmische und türkische Vertreter, S. 18–19.

1964 *A. (A.) recticostatum* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, S. 141, Abb. 8.

1960 beschrieb ERBEN diese neue Art (S. 56, Abb. 11), die *A. arduennense* s. str. recht nahe steht, sich jedoch von ihr durch die offenbar weniger rursiradiaten Rippen unterscheidet, als *Anetoceras* n. sp. (?). 1962 versteht er diese Form mit obigem Namen.

Diagnose: Eine neue Art von *Anetoceras* SCHINDEWOLF, gekennzeichnet durch grobe, relativ locker gestellte, auf den mittleren und späten Windungen nicht sigmoidal geschwungene, sondern gerade gestreckte und nicht rursi-, sondern rectiradiete Rippen. Gehäuse in offener Spirale, gyrocon.

*Anetoceras (Anetoceras) arduennense* (STEININGER 1853)

Abb. 3

1853 *Cyrtoceratites arduennensis* n. sp. — STEININGER, Geognostische Beschreibung Eifel, S. 41, Taf. 1 Fig. 1a, 1b.

1934 *Gyroceras arduennense* — KUTSCHER, Fossilien Hunsrückschiefer, S. 637, Taf. 34 Fig. 7.

1935 *Anetoceras* (n. gen.) *arduennense* (STEIN.) — SCHINDEWOLF, Stammesgeschichte Cephalopoden, S. 268, Taf. 19 Fig. 8; Abb. 2.

1953 *Anetoceras arduennense* (STEININGER 1853) — ERBEN, Goniaticacea, S. 194–196, Taf. 18 Fig. 1 u. 2, (Synonymenliste!).

1958 *Anetoceras arduennense* — SCHINDEWOLF & KUHLMANN, Kantabrisches Gebirge, S. 14.

1960 *Anetoceras arduennense* (STEININGER 1853) — ERBEN, Primitive Ammonoidea, S. 50 bis 52.

1962 *Anetoceras arduennense* s. str., „*A. arduennense* auct.“ — ERBEN, Böhmische und türkische Vertreter, S. 21–24, Abb. 2.

1964 *Anetoceras (Anetoceras) arduennense* s. str. (= sensu STEININGER) — ERBEN, Evolution Ammonoidea, S. 141, Abb. 8.

*Anetoceras (A.) arduennense* hat in seiner artlichen Abgrenzung, in seiner Verbreitung als auch im stratigraphischen Auftreten eine wechselvolle Rolle gespielt.

Bereits 1853 wurde die Art im Unter-Emsium der Eifel beschrieben. Erst 1932 durch OPITZ und 1934 durch KUTSCHER gelang ein Formenvergleich mit Exemplaren aus den Dachschiefern des Hunsrücks, dem sich SCHINDEWOLF (1935) anschloß.

Den ersten Nachweis außerhalb des Rheinischen Schiefergebirges erbrachte ERBEN (1953, S. 194–196, Taf. 18 Fig. 1–2) im herzynischen Dalmaniten-Horizont des Harzes. Er machte damals auch auf eventuelle Vorkommen in Marokko aufmerksam.

SCHINDEWOLF (1935, S. 268) erwähnte bereits, daß es sich bei dieser Art um eine Artengruppe handeln könne, d. h., daß sich mehrere Arten in dem reichlichen Material des Hunsrücks und den Unter-Emsium-Schichten der Eifel verstecken können.

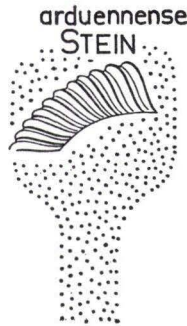


Abb. 3. *Anetoceras (Anetoceras) arduennense*. Nach ERBEN 1964, zwischen S. 142/143.

Auf die Vermutung SCHINDEWOLF's, daß die Typen-Art der Gattung *Anetoceras* komplex sei, geht ERBEN 1960 (S. 51) näher ein und bestätigt, daß in dem ihm vorliegenden Material von „*arduennense*“ mindestens 3 Arten vertreten seien. Für die Unterscheidung ist die ontogenetische Entwicklung der Skulptur und die Art der Einrollung wichtig. Liegen nur wenige Einzelfragmente des gleichen Wachstumsstadiums vor, ist die Kennzeichnung der Art nicht möglich.

Dies trifft für *Anetoceras arduennense* s. str. zu, die auf Windungsfragmenten begründet ist, die keine artbezeichnenden Merkmale aufweisen (ERBEN 1962, S. 21). Dieser Artname bleibt daher so lange wertlos, als vollständige Gehäuse unbekannt sind. ERBEN schlägt vor, da *A. arduennense* (STEININGER) Generotypus ist, stillschweigend den Artnamen bestehen zu lassen, jedoch ausschließlich in seiner Bedeutung für die Gattung. Bei Anlegen eines strengen Maßstabes dürften nur die Windungsfragmente von STEININGER aus dem sandigen Unter-Emsium als *A. arduennense* (s. str. = sensu STEININGER) bezeichnet werden. Alle weiteren aus dem Hunsrückschiefer und auch aus einer anderen Fazies stammenden Gehäuse, deren Zugehörigkeit zu dieser Art nicht gesichert erscheint, müßten korrekterweise als *A. arduennense* auct. zitiert werden.

#### Untergattung *Anetoceras (Erbenoceras)* BOGOSLOVSKIJ 1963

##### Abb. 4

1965 Untergattung *Anetoceras (Erbenoceras)* BOGOSLOVSKIJ 1963 — ERBEN, Evolution Ammonoidea II, S. 279.

Erörterung: Für Anetoceraten, in deren Gehäuse, zumindest abschnittsweise, volle Einrollung in Form von Advolubilität erreicht wird, hat BOGOSLOVSKIJ 1963 die Gattung *Erbenoceras* errichtet, die ERBEN als Untergattung gelten lassen will.

ERBEN fand diese Untergattung, die bis dahin aus dem Ober-Emsium bekannt war, auch im Hunsrückschiefer mit mehreren Formen, die neue Arten repräsentieren. Infolge Verdrückung, Verzerrung und zahlenmäßig begrenzten Materials beschränkt sich ERBEN auf die Anwendung der offenen Nomenklatur. Als Hunsrückschiefer-Arten stellt ERBEN 1965 (S. 280–282)

*Anetoceras (Erbenoceras) sp. A*  
 „ „ *sp. B*  
 „ „ *sp. C*  
 „ „ *sp. D* vor.

*Anetoceras (Erbenoceras) sp. A*  
 Abb. 4

1964 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. A* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, Abb. 8.

1965 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. A* — ERBEN, Evolution Ammonoidea II, S. 280, Taf. 25 Fig. 1, 2.

ERBEN (1965, S. 280) macht bekannt, daß die mittleren Windungen einander berühren, während die Endwindung noch weit abgestreckt bleibt. Kennzeichnend ist die Berippung, die bis in die Endwindungen dem *hunsrueckianum*-Typ folgt. Die Rippen sind rursiradiat, dicht gestellt, leistchenförmig schmal und in sich gestreckt.

*Anetoceras (Erbenoceras) sp. B*  
 Abb. 4

1964 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. B* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, Abb. 8.

1965 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. B* — ERBEN, Evolution Ammonoidea II, S. 280, Taf. 25 Fig. 3.

Für diese Form ist typisch, daß die mittleren Windungen einander berühren, während die Endwindung noch weit abgestreckt bleibt. Die Rippen der frühen und mittleren Mittelwindungen sind rursiradiat, dicht gestellt, schmal leistchenförmig und in sich gestreckt. Spätestens auf der Endwindung erscheinen sie sodann bei etwas weiteren Zwischenräumen lockerer gestellt, kräftiger ausgebildet und breiter rundrückig.

*Anetoceras (Erbenoceras) sp. C*  
 Taf. 5 Fig. 8, 9; Abb. 4

1964 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. C* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, Abb. 8.

1965 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. C* — ERBEN, Evolution Ammonoidea II, S. 280–281, Taf. 25 Fig. 4, 4a; Abb. 3.

Die Endwindung ist nur sehr wenig abgestreckt und von den einander berührenden Mittelwindungen sehr wenig entfernt. Weiterhin ist sie gekennzeichnet dadurch, daß die Skulptur auf allen Windungen dem *hunsrueckianum*-Typ folgt, wobei die Rippen ein wenig kräftiger ausgebildet werden.

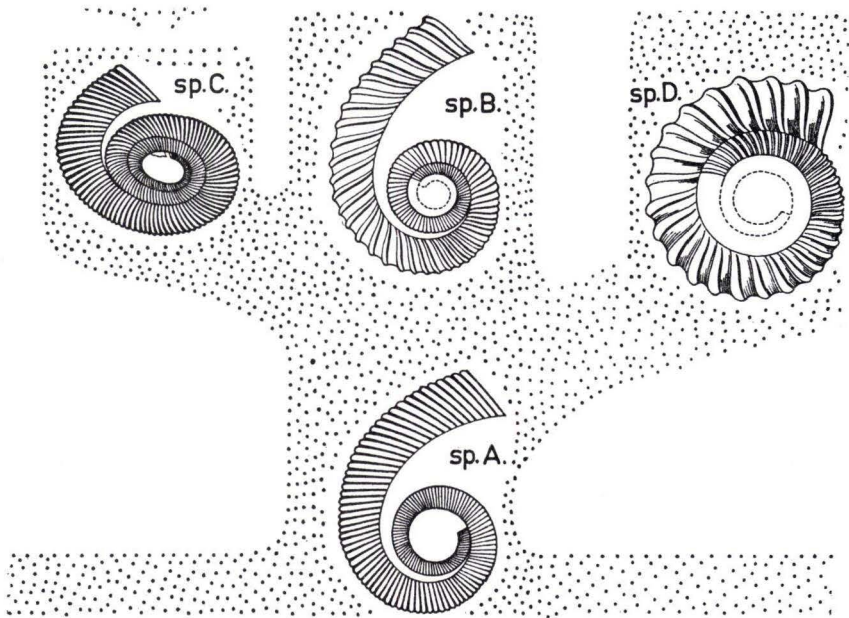
Von *sp. A* unterscheidet sich *sp. C* durch ihre geringere Abstreckung der Endwindung sowie durch ein wenig gröbere Berippung.

*Anetoceras (Erbenoceras) sp. D*

Abb. 4

1964 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. D* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, Abb. 8.1965 *Anetoceras (Erbenoceras) sp. D* — ERBEN, Evolution Ammonoidea II, S. 281—282, Abb. 4.

Die mittleren Windungen und auch die Endwindung sind voll-advolut, die Skulptur folgt dem *advolvens*-Typ. Die Rippen sind verhältnismäßig locker gestellt, kräftig herausgehoben, rundrückig und umgekehrt sigmoidal geschwungen.

Abb. 4. *Anetoceras (Erbenoceras) sp. A, B, C und D.* Nach ERBEN 1964, zwischen S. 142/143.Gattung *Teicherticeras* ERBEN 1960Typus-Art: *Teicherticeras desideratum* (TEICHERT 1948)*Teicherticeras primigenitum* ERBEN 1965

Taf. 5 Fig. 5–7

1964 *Teicherticeras* (?) n. sp. *B* ERBEN — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, Abb. 9.1965 *Teicherticeras primigenitum* n. sp. — ERBEN, Evolution Ammonoidea II, S. 284 bis 286, Taf. 25 Fig. 5–7, Abb. 5.

Von der Gattung *Teicherticeras* ERBEN 1960 mit dem Generotypus *Teicherticeras desideratum* (TEICHERT 1948) beschrieb ERBEN diese neue Art. Initialgehäuse über mehr als  $1\frac{3}{4}$  Windungen primär evolut; langsame Zunahme an Windungshöhe; Alterswindung mit etwa in Flankenmitte gelegenen schwachen, faltenförmigen Rippen.

*T. primigenitum* ist die älteste bekannte Art der Gattung. Sie wurde bisher lediglich in Bundenbach gefunden. Der Holotypus ist bei ERBEN 1965, Taf. 25 Fig. 5, abgebildet. Insgesamt standen ihm bei der Beschreibung 4 Einzelteile zur Verfügung.

Gattung *Gyroceratites* H. v. MEYER 1831

Typus *Gyroceratites gracilis* BRONN 1835

*Gyroceratites (Gyroceratites) laevis* (EICHENBERG 1931)

- 1960 *Gyroceratites (Gyroceratites) laevis* (EICHENBERG) — ERBEN, Primitive Ammonoidea, S. 78—79.  
 1962 *Gyroceratites laevis* (EICHENBERG 1931) — WALLISER, Gattung *Gyroceratites*, S. 573—575 (Synonymenliste!).  
 1964 *Gyroceratites laevis* — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, S. 152, Abb. 10.

WALLISER (1962) berichtet, daß aus dem Hunsrückschiefer Abdrücke in der Berliner Sammlung vorhanden sind, die im Aufrollungsmodus gut mit *G. laevis* übereinstimmen. Der Mangel an sonstigen Merkmalen erlaubt jedoch keine sichere Zuordnung. Damit käme eine stratigraphische Verbreitung vom ? Oberen Siegen (= Hunsrückschiefer) bis in den Grenzbereich Ems/Eifel in Frage. ERBEN (1964) hingegen glaubt annehmen zu müssen, daß *Gyroceratites* erst im Ober-Emsium (sehr fraglich im Unter-Emsium) sein erstes Auftreten hat. Dafür würde auch sprechen, daß eine primitivere Art, die von HOUSE beschriebene Form *Teicherticeras lenzi*, noch unterhalb von *G. laevis* steht. Damit ist das Vorkommen von *G. laevis* im Hunsrückschiefer recht ungeklärt.

Gattung *Mimosphinctes* EICHENBERG 1931

*Mimosphinctes* sp. indet.

Taf. 5 Fig. 3, 4; Abb. 5

- 1935 *Mimosphinctes* sp. — SCHINDEWOLF, Stammesgeschichte Cephalopoden, S. 267.  
 1964 *Mimosphinctes* sp. indet. — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, Abb. 8, 10.  
 1965 *Mimosphinctes* sp. indet. — ERBEN, Evolution Ammonoidea II, S. 304—305, Taf. 27 Fig. 7, 8.

*Mimosphinctes* EICHENBERG ist trotz der erstaunlichen Spezialisationshöhe seiner Skulptur mit eine der ältesten und ursprünglichsten Goniatiten-Gattungen. Sein erstes Auftreten im Hunsrückschiefer, das bereits SCHINDEWOLF 1935 erwähnt, konnte ERBEN (1960, 1964, 1965) mit relativ großen Exemplaren aus dem Hunsrückschiefer bestätigen. Eine artliche Bestimmung war nicht möglich, da die Schalen flachgedrückt sind. In der Skulptur, der Nabelweite und der Zunahme der Windungshöhe scheinen keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den jüngeren bisher bekannten Arten zu bestehen (ERBEN 1964, S. 143).

Das vollständige Gehäuse ist ausgesprochen advolut, die Windungen umfassen einander nicht. Auffallend ist vor allem die Größe der vorliegenden Exemplare (ERBEN 1965).

Fundort: Kaisergrube Gemünden.

Gattung *Mimagoniatices* EICHENBERG 1930

Typus-Art: *Goniatices zorgensis* A. ROEMER 1866.

Unter-Gattung *Mimagoniatices* (*Mimagoniatices*) EICHENBERG 1930

Typus-Art: Wie bei der Gattung.

1964 *Mimagoniatices* (*Mimagoniatices*) EICHENBERG 1930 — ERBEN, Evolution ältere Ammonoidea I, S. 202–203.

Eine Untergattung von *Mimagoniatices* mit nach vorn mäßig divergierenden Schenkeln des Ventrallobus und mäßig weitem Nabel.

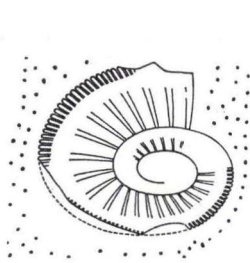


Abb. 5.

Abb. 5. *Mimosphinctes* sp. Nach ERBEN 1964, zwischen S. 152/153.

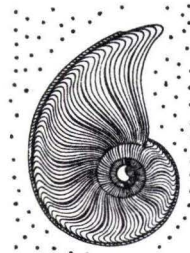


Abb. 6.

Abb. 6. *Mimagoniatices* (*Mimagoniatices*) *falcistria*. Nach ERBEN 1964, zwischen S. 156/157.

*Mimagoniatices* (*Mimagoniatices*) *falcistria* (FUCHS 1915)

Abb. 6

1915 *Aphyllites* (*Agoniatices*) *falcistria* n. sp. — A. FUCHS, Der Hunsrückschiefer und die Unterkoblenzschichten, S. 74–75, Taf. 17 Fig. 1.

1935 *Mimagoniatices falcistria* — SCHINDEWOLF, Stammesgeschichte Cephalopoden, S. 267.

1960 *Mimagoniatices* (?) *falcistria* (FUCHS 1915) — ERBEN, Primitive Ammonoidea, S. 93.

1964 *Mimagoniatices* (*Mimagoniatices*) *falcistria* (FUCHS 1915) — ERBEN, Evolution Ammonoidea I, S. 155, 202, Abb. 9, 11.

Bei dieser von A. FUCHS 1915 als *Aphyllites* (*Agoniatices*) *falcistria* beschriebenen Art wies SCHINDEWOLF an einigen Jugendexemplaren ein offenes Nabelfenster nach; er stellte damit die Zugehörigkeit zur Gattung *Mimagoniatices* EICHENBERG sicher.

*M. falcistria* ist zweifelsohne ein älterer Typ dieser Gattung, der an ihrem Anfang steht. Aus ihm entwickelte sich die *zorgensis*-Gruppe und die *obesus*-Gruppe.

*M. (M.) falcistria* ist im Hunsrückschiefer weit verbreitet und auch recht häufig; sie diente A. FUCHS als Leitfossil für den Hunsrückschiefer.

## 8. Zusammenfassung

Palammonoideen sind aus den Dachschiefergruben des Hunsrücks und des Taunus seit rund 90 Jahren bekannt. Erst in den letzten 10 Jahren achtete man besonders darauf und konnte 5 Gattungen mit 12 Arten aufstellen; eine weitere Gattung mit 1 Art bleibt für das Vorkommen im Hunsrückschiefer vorerst fraglich.

Der Hunsrückschiefer entpuppte sich als die Wiege einer explosiven Evolution primitiver Ammonoidea, die von einer Bactritenform bis zu eingerollten Formen führt.

Alle diese Goniatiten werden der Ulmengruppe (= oberste Siegen-Stufe) mit Fragezeichen zugeteilt; hierfür liegt bisher kein einwandfreier Beweis vor. Erneut kann daher die stratigraphische Stellung des Hunsrückschiefers im Hunsrück und Taunus wieder debattiert werden, wobei unter den 5 Möglichkeiten: selbständige Stufe, fazielle Vertreter der Siegen- und Ems-Stufe oder Schichtenteile der Siegen-Stufe und der Ems-Stufe gewählt werden kann.

Der Einsatz der Röntgenaufnahme führte zu wertvollen Ergebnissen sowohl im Nachweis von Individuen als auch bei der Klarstellung von Organen und Formen.

#### Schriftenverzeichnis

- EICHENBERG, W.: Die Fauna des Zogensiskalkes (Schönauer Kalk A. DENCKMANN'S) im Unterdevon von Schönau, Kellerwald. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1930, **51**, 1, S. 376—391, 2 Abb., Taf. 56, Berlin 1930.
- Die Schichtenfolge des Herzberg-Andreasberger Sattelzuges. — N. Jb. Mineral. usw., Beil.-Bd., **65**, B, S. 141—196, 11 Abb., Taf. 7—12, 1 Kte., Stuttgart 1931.
- ERBEN, H. K.: Goniatitacea (Ceph.) aus dem Unterdevon und dem Unteren Mitteldevon. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **98**, S. 175—225, 14 Abb., 1 Tab., Taf. 17—19, Stuttgart 1953.
- Primitive Ammonoidea aus dem Unterdevon Frankreichs und Deutschlands. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **110**, S. 1—128, 25 Abb., 2 Tab., 6 Taf., Stuttgart 1960.
- Über die „forme elliptique“ der primitiven Ammonoidea. — Paläont. Z., H. SCHMIDT-Festband, S. 38—44, 1 Abb., Taf. 5, Stuttgart 1962.
- Über böhmische und türkische Vertreter von *Anetoceras* (Ammon., Unterdevon). — Paläont. Z., **36**, S. 14—27, 2 Abb., Taf. 1, Stuttgart 1962.
- Die Evolution der ältesten Ammonoidea (Lieferung I). — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **120**, S. 107—212, 15 Abb., 1 Tab., 8 Beil., Taf. 7—10, Stuttgart 1964.
- Bactritoidea, S. K 491—K 505. In R. C. MOORE, Treatise on Invertebrate Paleontology, Part K, Mollusca 3, New York 1964.
- Die Evolution der ältesten Ammonoidea (Lieferung II). — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **122**, S. 275—312, 13 Abb., Taf. 25—27, Stuttgart 1965.
- FUCHS, A.: Die Stratigraphie des Hunsrückschiefers und der Untercoblenzschichten am Mittelrhein nebst einer Übersicht über die spezielle Gliederung des Unterdevons mittelrheinischer Facies und die Faciesgebiete innerhalb des rheinischen Unterdevons. — Z. deutsch. geol. Ges., **59**, S. 96—119, Berlin 1907.
- Der Hunsrückschiefer und die Untercoblenzschichten am Mittelrhein (Loreleigegend). I. Teil. Beitrag zur Kenntnis der Hunsrückschiefer- und Untercoblenzfauna der Loreleigegend. — Abh. kgl. preuß. geol. L.-A., N.F., **79**, 81 S., 18 Taf., Berlin 1915.
- Versuche zur Lösung des Hunsrückschieferproblems. — Sber. preuß. geol. L.-A., **5**, S. 231—245, Berlin 1930.
- HOUSE, M. R.: Devonian goniatites from Nevada. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **122**, S. 337—342, Taf. 32, Stuttgart 1965.
- KAYSER, E.: Hercynische und silurische Typen im rheinischen Unterdevon. — Z. deutsch. geol. Ges., **32**, S. 818—822, Berlin 1880.
- KUTSCHER, F.: Zur Entstehung des Hunsrückschiefers am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. — Jb. nass. Ver. Naturk., **81**, S. 177—232, 2 Abb., 3 Taf., Wiesbaden 1931.
- Fossilien aus dem Hunsrückschiefer I. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1933, **54**, S. 628 bis 641, 1 Abb., Taf. 34, Berlin 1933.

- KUTSCHER, F.: Taunusquarzit, Throner Quarzite und Hunsrückschiefer des Hunsrücks und ihre stratigraphische Stellung. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1936, **57**, S. 186 bis 237, 9 Abb., Berlin 1936.
- LEHMANN, W. M.: Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **21**, 160 S., 31 Abb., 55 Taf., Wiesbaden 1957.
- LÜTKE, F.: Das Alter des Lauterberger (Schönauer) Kalkes (Unterdevon) der Rothäuser Klippe bei Bad Lauterberg (Harz). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., S. 124—140, 7 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1961.
- OPITZ, R.: Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld. 224 S., 17 Abb., Birkenfeld (1932).
- Lebensbilder aus dem Hunsrückschiefer-Meer. — Natur u. Volk, **65**, S. 504—509, 4 Abb., Frankfurt a. M. 1935.
- RIETSCHEL, S.: Bedeutung, Muttergestein und Fundumstände der Weichkörper Wissenbacher Cephalopoden. — Natur u. Museum, **98**, S. 409—412, 4 Abb., Frankfurt a. M. 1968.
- SANDBERGER, F. v.: Über die Entwicklung der unteren Abtheilung des devonischen Systems in Nassau, verglichen mit jener in anderen Ländern. Nebst einem paläontologischen Anhang. 107 S., 1 Tab., 5 Taf., Wiesbaden 1889.
- SCHINDEWOLF, O. H.: Zur Stammesgeschichte der Cephalopoden. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1934, **55**, S. 258—283, 7 Abb., Taf. 12—22, Berlin 1935.
- in A. K. MILLER, W. M. FURNISH & O. H. SCHINDEWOLF: Paleozoic Ammonoidea, S. L11—L79. In R. C. MOORE, Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4, New York 1957.
- & KULLMANN, J.: Cephalopoden-führendes Devon und Karbon im Kantabrischen Gebirge (Nordspanien). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1958, S. 12—20, 1 Abb., Stuttgart 1958.
- SCHRIEL, W.: Stratigraphische Probleme im rheinischen Devon und ihre Auswertung für die Umdeutung der geologischen Karten. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1932, **53**, S. 879 bis 890, Berlin 1933.
- SOLLE, G.: Obere Siegener Schichten, Hunsrückschiefer, tiefstes Unterkoblenz und ihre Eingliederung ins Rheinische Unterdevon. — Geol. Jb., **65**, S. 299—380, 2 Abb., 3 Tab., Hannover/Celle 1951.
- STEININGER, J.: Geognostische Beschreibung der Eifel. 143 S., 10 Taf., 1 Kte., Trier 1853.
- WALLISER, O. H.: Die Arten der Gattung *Gyroceratites* H. v. MEYER 1831 (Ammonoidea, Unter- bis Mitteldevon). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1962, S. 565—576, 3 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1962.
- ZEISS, A.: Fossile Cephalopoden mit Weichteilen. — Natur u. Museum, **98**, S. 418—424, 4 Abb., Frankfurt a. M. 1968.

Manuskript eingegangen am 4. 2. 1969



## Fossil-Grabungen in den mitteleozänen Süßwasserpeliten der „Grube Messel“ bei Darmstadt (Hessen)

Von

ELISABETH KUSTER-WENDENBURG, Mainz

Mit 9 Abbildungen

**Kurzfassung:** In den mitteleozänen (= lutetischen) Schichten der Grube Messel bei Darmstadt wurden erstmals in den Jahren 1966 und 1967 systematische Grabungen durchgeführt. Die Fossilassoziationen und die Fundhäufigkeit von 5 verschiedenen Grabungsstellen werden diskutiert.

**Abstract:** In the open-cast mining of Messel (Middle Eocene, Lutetian) near Darmstadt/Hessen systematic fossil-excavations were practised in the years 1966 and 1967. The association of fauna and flora and the frequency of fossils from five different places are discussed.

**Résumé:** Pour la première fois en 1966 et 1967 on a foui systématiquement des fossiles dans les couches de l'Éocène moyen (Lutétien) à la mine à ciel ouvert «Messel» près de Darmstadt/Hesse. Les associations et la quantité des fossiles de cinq places de fouille différentes sont discutées.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	65
2. Arbeitsmethodik . . . . .	66
3. Grabungen 1966 und 1967 in Messel . . . . .	67
3.1. Die Situation im Tagebau zur Zeit der Grabungen . . . . .	67
3.2. Grabungsstellen und Fossilfunde . . . . .	68
4. Bemerkungen zu den Grabungsfunden . . . . .	71
4.1. Fundhäufigkeit und Fundverteilung . . . . .	71
4.2. Erhaltungszustände der Fossilien und seltene Formen . . . . .	73
4.3. Einregelungen . . . . .	73
4.4. Schlußbemerkungen . . . . .	75
5. Zusammenfassung . . . . .	75
Schriftenverzeichnis . . . . .	75

### I. Einleitung

Die mitteleozänen (= lutetischen) bituminösen Pelite (sogenannte Oelschiefer) aus dem Tagebau der „Grube Messel“, 9 km nordöstlich von Darmstadt, sind Ablagerungen eines ehemaligen Süßwassersees und werden seit 1885 wirtschaftlich

genutzt. Seither erweckten die häufig gefundenen Tier- und Pflanzenfossilien die Aufmerksamkeit der Paläontologen und Geologen. Die Fauna wurde bisher von: ANDREAE (1894, 1897), BERG (1964, 1965 a), HARRASSOWITZ (1919, 1922 b), HAUPT (1911, 1912, 1922, 1925, 1938), HEIL (1964), HUMMEL (1927 a), LUDWIG (1877 b), MEUNIER (1921), REVILLIOD (1917), STAESCHE (1928), TOBIEN (1954, 1955, 1958, 1962, 1968 a, 1968 b), WEITZEL (1932, 1933 a, 1933 b, 1935, 1938 a, 1938 b, 1938 c, 1949) und WITTICH (1898, 1902) bearbeitet. Über die geologischen Verhältnisse informieren SZYSZKA (1955), MATTHES (1956, 1966) und MATTHES, HOFMANN & BOEHM (1964).

Sowohl die Originale zu den paläontologischen Arbeiten wie auch die übrigen Funde werden auf Grund eines Abkommens mit der Grubenleitung in der Sammlung der Geologisch-Paläontologischen Abteilung des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt aufbewahrt. Zur Zeit sind es ca. 7000 Stücke. Da die Fossilien zum großen Teil von den Grubenarbeitern oder bei kurzfristigen Besuchen gesammelt wurden, sind nur selten genauere Angaben über die Fundstelle in der Grube gemacht worden.

Auf Anregung von Herrn Professor TOBIEN, Leiter der Geologisch-Paläontologischen Abteilung des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt, wurden in den Jahren 1966 und 1967 erstmals systematische Fossilgrabungen in Messel unter der örtlichen Leitung der Verfasserin durchgeführt. Teilnehmer waren: Präparator FINSTER, Präparator WIEMER (beide Geologisch-Paläontologische Abteilung des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt), sowie als zeitweilige Mitarbeiter Diplom-Biologe Dr. KINZELBACH und Diplom-Geologe H. KUSTER (beide Universität Mainz).

Die Grabungsarbeiten wurden in jeder Weise durch Herrn Direktor SOMMER, den Betriebsleiter der Grube, Herrn Diplom-Ingenieur VOGEL und Herrn Bergvermessungstechniker EBELSHÄUSER erleichtert und unterstützt. Der Werksleitung, vor allem Herrn Direktor SOMMER, sei hiermit für die großzügige Förderung aufrichtig gedankt. Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor TOBIEN für wertvolle Ratschläge und wichtige Hinweise. Nicht zuletzt danke ich allen Mitarbeitern recht herzlich.

## 2. Arbeitsmethodik

Die Grabungsstellen im Tagebau wurden unter folgenden Gesichtspunkten ausgewählt. Sie sollten:

1. gut zugänglich sein,
2. möglichst weit voneinander entfernt und auf unterschiedlichem Niveau liegen und
3. nur in unkompliziert gelagerten Schichten angelegt werden.

Nach mehreren Probeschürfungen wurden die eigentlichen Grabungsstellen ausgewählt. Hier wurde zunächst ein Quadrant abgesteckt, und ein Bezugspunkt für die relative Höhe festgelegt, der später absolut auf NN bezogen, vermessen wurde<sup>1)</sup>.

Die leichte Verwitterbarkeit des Materials erforderte eine schnelle Bearbeitung, so daß die abzugrabende Fläche im Höchstfalle 6,00 × 6,00 m groß sein konnte. Da die Bergfeuchte mit der Tiefenlage der Schichten zunahm, und somit das Gestein nur noch unzureichend zu spalten war, wurde selten tiefer als 1,00 m gegraben. Innerhalb

<sup>1)</sup> Die Messungen führte freundlicherweise Herr Bergvermessungstechniker EBELSHÄUSER von der „Grube Messel“ durch.

des abgegrenzten Quadranten wurde Schicht für Schicht mit langen, breiten (Schlachter-) Messern abgehoben. Soweit es möglich war, wurde die Längsorientierung der Fossilien gemessen. Um ein Zerbrechen vor der endgültigen Präparation zu vermeiden, wurden die Fundstücke mit dem sie umgebenden Sediment ausgeschnitten. Sie wurden numeriert und sofort in Wasser, später auch sogleich in Glycerin gelegt. Das endgültige Präparieren erfolgte nach halbjähriger Aufbewahrungszeit in hochkonzentriertem Glycerin (= 31 Beaumé Grade) in der Werkstatt der Geologisch-Paläontologischen Abteilung des Hessischen Landesmuseums (s. TOBIEN 1958).

### 3. Grabungen 1966 und 1967 in Messel

#### 3.1. Die Situation im Tagebau zur Zeit der Grabungen

Der Tagebau hatte zur Zeit der Grabungen eine Längsausdehnung in nord-nordöstlich-süd-südwestlicher Richtung von 1025 m und eine Breite in ost-westlicher Richtung von 690 m (Abb. 1). Die bisher erreichte Abbautiefe beträgt 60 m. Der Abbau erfolgt auf einzelnen Trassen im Abstand von 10 m, so daß im Laufe der Zeit insgesamt 6 Sohlen entstanden sind.

Probeschürfungen (III/a, IV/a, VI/a, VI/b und VI/c, s. Abb. 1) ergaben, daß die obersten drei Sohlen heute für Grabungen kaum noch geeignet sind. Auf ihnen ist entweder das Anstehende durch Rutschungen, vor allem an den Süd- und Ostwänden, verdeckt oder die Verwitterung ist so tiefgreifend, daß zu viel unbrauchbares Material abgebaut werden müßte. Die Sohlen IV, V und VI empfahlen sich eher. Sie waren leicht zugänglich, und die Verwitterung war nicht zu tiefgreifend. So konnte auf der IV. Sohle an der Westwand, auf der V. Sohle an den West- und Nordwänden und auf der VI. Sohle an den Nord- und Südwänden der Grube gegraben werden (s. Lageplan, Abb. 1).

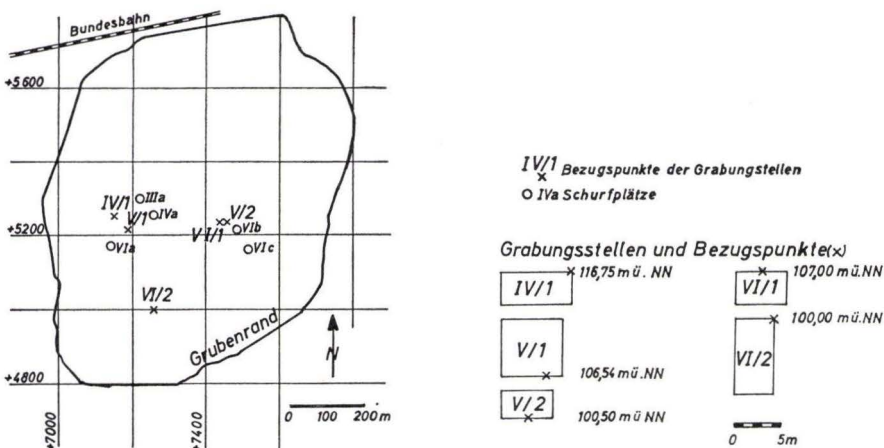


Abb. 1. Lageplan der Grabungsstellen, bzw. ihrer Bezugspunkte ( $\times$ ) und Schurfplätze ( $\circ$ ) innerhalb der „Grube Messel“.

Aus folgender Aufstellung sind die vertikalen Abstände zwischen den einzelnen Grabungsstellen ersichtlich:

Gr.-St.	Lage ü. NN	Höh.-Diff.
IV/1	116,75 m	10,21 m
V/1	106,54 „	0,46 „
V/2	107,00 „	6,50 „
VI/1	100,50 „	0,50 „
VI/2	100,00 „	

Die petrografischen Eigenschaften der Sedimente unterscheiden sich an den einzelnen Grabungsstellen kaum. Das vorwiegend pelitische Material ist mehr oder weniger fein geschichtet. Selten wird eine maximale Mächtigkeit der einzelnen Schichten von 0,20 m erreicht. Sie wechsellagern mit geringmächtigen sandig-tonigen Lagen. Stellenweise treten einzelne Sand- und Kieslinsen auf. Der „Oelschiefer“ zeigt grubenfeucht eine tiefschwarze, dunkelgrau-braune bis grünlich-graue Farbe, die mit zunehmender Austrocknung in ein Gelbbraun bis Hellgelbbraun übergeht. Die sandig-tonigen Zwischenlagen sind gelbbraun oder graubeige gefärbt. Klüfte und einzelne Schichtflächen sind häufig von braunen bis rotbraunen Eisenhydroxydhäutchen überzogen.

Der grubenfeuchte, feingeschichtete „Oelschiefer“ läßt sich leicht mit einem Messer spalten und in Stücke schneiden. Mit zunehmender Austrocknung wird er schnell hart, bricht stückig und zerfällt schließlich in dünne Blättchen. Dieser Eigenart verdankt das Gestein die Zusatzbezeichnung „-schiefer“.

### 3.2. Grabungsstellen und Fossilfunde

Während der insgesamt 6-wöchigen Grabungen (vom 5. 9. bis zum 26. 9. 1966 und vom 21. 8. bis zum 8. 9. 1967) wurden 354 komplette Fossilien und guterhaltene Fragmente gesammelt. Sie werden in Anlehnung an TOBIEN (1955: 88) in drei Gruppen unterteilt, denen zwei weitere hinzugefügt wurden:

1. Tiere, die ständig im See lebten = Fische;
2. amphibisch lebende Tiere, die mehr oder weniger an den See gebunden waren = Frösche und Krokodile;
3. landbewohnende Tiere, die nach ihren Lebensgewohnheiten nicht unbedingt auf den See angewiesen waren = Vögel, Säugetiere, darunter Fledermäuse;
4. Insekten;
5. Pflanzen, überwiegend einzelne Blätter.

Grabungsstelle 1 auf der IV. Sohle (= IV/1)

Ausmaße der Grabungsstelle:  $7,50 \text{ m} \times 3,50 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} = 26,30 \text{ m}^3$

Höhenlage des Bezugspunktes: 116,75 m ü. NN

Lithologische Besonderheiten: Die sandig-tonigen Zwischenlagen sind in den oberen Partien bis zu 0,20 m mächtig, Sandlinsen häufig

Einfallen der Schichten: 12° SE

Funde insgesamt: 99 Exemplare (3,8/m<sup>3</sup>)

- |  |    |   |  |
|--|----|---|--|
| 1. Fische:                                   | 24 | „ | 2 = <i>Lepisosteus</i><br>18 = <i>Amia</i><br>4 = jv. Fische             |
| 2. Frösche und Krokodile:                    | 1  | „ | = Krokodilfragment   |
| 3. Vögel, Fledermäuse und andere Säugetiere: | 2  | „ | = Vögel  |
| 4. Insekten:                                 | 17 | „ |  |
| 5. Pflanzen:                                 | 55 | „ | = Blätter (das größte mißt 12,00 × 4,00 cm, das kleinste 1,80 × 0,80 cm) |

Grabungsstelle 1 auf der V. Sohle (= V/1)

Ausmaße der Grabungsstelle: 6,00 m × 6,00 m × 1,00 m = 36,00 m<sup>3</sup>

Höhenlage des Bezugspunktes: 106,54 m ü. NN

Lithologische Besonderheiten: vereinzelt Sand- und Kieslinsen

Einfallen der Schichten: 9° SE

Funde insgesamt: 29 Exemplare (0,8/m<sup>3</sup>)

- |  |        |           |  |
|--|--------|-----------|--|
| 1. Fische:                                   | 11     | „         | 1 = <i>Lepisosteus</i><br>4 = <i>Amia</i><br>5 = <i>Amphiperca</i><br>1 = <i>Thaumaturus</i> |
| 2. Frösche und Krokodile:                    | fehlen |           |  |
| 3. Vögel, Fledermäuse und andere Säugetiere: | fehlen |           |  |
| 4. Insekten:                                 | 4      | Exemplare |  |
| 5. Pflanzen:                                 | 14     | „         | = Blätter (das größte mißt 8,00 × 2,50 cm, das kleinste 4,00 × 1,00 cm)                      |

Grabungsstelle 2 auf der V. Sohle (= V/2)

Ausmaße der Grabungsstelle: 5,50 m × 3,00 m × 2,00 m = 33,00 m<sup>3</sup>

Höhenlage des Bezugspunktes: 107,00 m ü. NN

Lithologische Besonderheiten: besonders starke Eisenhydroxydausfällungen auf den Schichtflächen

Einfallen der Schichten: 10° NNE, das gesamte Schichtpaket ist leicht nach NW verkippt

Funde insgesamt:	116 Exemplare (3,5/m <sup>3</sup> )
1. Fische:	41 „ 6 = <i>Lepisosteus</i> (auffallend großwüchsige Individuen) 20 = <i>Amia</i> 3 = <i>Amphiperca</i> 10 = <i>Thaumaturus</i> 2 = juv. Fische
2. Frösche und Krokodile:	1 „ = Frosch
3. Vögel, Fledermäuse und andere Säugetiere:	7 „ 2 = Fledermäuse ( <i>Paläochiropterix tupaiodon</i> REVILLIOD) 4 = Vögel 1 = <i>Propaläotherium</i> (?)
4. Insekten:	30 „ u. a. 1 besonders großwüchsiges (5,50 × 7,00 cm)
5. Pflanzen:	29 „ = Blätter (das größte mißt 15,00 × 14,00 cm, das kleinste 3,20 × 0,90 cm)

#### Grabungsstelle 1 auf der VI. Sohle (= VI/1)

Ausmaße der Grabungsstelle: 5,50 m × 3,50 m × 1,50 m = 29,00 m<sup>3</sup>

Höhenlage des Bezugspunktes: 100,50 m ü. NN

Lithologische Besonderheiten: wie bei V/2

Einfallen der Schichten: „ „ „

Funde insgesamt:	83 Exemplare (3,6/m <sup>3</sup> )
1. Fische:	17 „ 5 = <i>Amia</i> 2 = <i>Amphiperca</i> 8 = <i>Thaumaturus</i> 2 = juv. Fische
2. Frösche und Krokodile:	fehlen
3. Vögel, Fledermäuse und andere Säugetiere:	6 Exemplare, 3 = Fledermäuse 3 = Vögel (1 vollst. Exempl. mit auffallend langen Läufen, 2 Fragm. u. 1 Feder)
4. Insekten:	30 „
5. Pflanzen:	28 „ 27 = Blätter (das größte mißt 20,00 × 10,00 cm, das kleinste 2,50 × 1,20 cm) 1 = Fruchtstand (Dolde) mit Samen

## Grabungsstelle 2 auf der VI. Sohle (= VI/2)

Ausmaße der Grabungsstelle: 8,00 m × 4,00 m × 1,00 m = 32,00 m<sup>3</sup>

Höhenlage des Bezugspunktes: 100,00 m ü. NN

Lithologische Besonderheiten: auffallend wenig sandig-tonige Einschaltungen

Einfallen der Schichten: 9° NE

Funde insgesamt: 25 Exemplare (0,73/m<sup>3</sup>)

- |   |        |                         |   |
|---|--------|-------------------------|---|
| 1. Fische:                                      | 3      | „                       | = <i>Amphiperca</i>   |
| 2. Frösche und Krokodile:                       | fehlen |                         |   |
| 3. Vögel, Fledermäuse<br>und andere Säugetiere: | 2      | Exemplare = Vogelfedern |   |
| 4. Insekten:                                    | 12     | „                       |   |
| 5. Pflanzen:                                    | 9      | „                       | = Blätter (das größte mißt 20,00 ×<br>15,00 cm, das kleinste 4,60 ×<br>2,30 cm) |

## Funde bei den Probeschürfungen

III/a keine

IV/a 1 Schädelfragment von *Amia*VI/a vermutlich 1 Salamander(?) - Fragment (Hinterextremitäten fehlen),  
5 große BlätterVI/b Fragmente von *Lepisosteus*

VI/c Fragmente von Fischen und Insekten.

## 4. Bemerkungen zu den Grabungsfunden

## 4.1. Fundhäufigkeit und Fundverteilung

In Abb. 2 wurde die Häufigkeit der Fossilien an den einzelnen Fundstellen, bezogen auf 1 m<sup>3</sup>, graphisch dargestellt. Die Fundstelle IV/1 ist die reichste, während V/1 und VI/2 die fundärmsten Plätze sind. Es schwankt nicht nur die lokale Häufigkeit der Fossilien, sondern auch die Assoziation der Gruppen ist jeweils unterschiedlich. So sind amphibisch lebende Tiere (Frösche und Krokodile) und die Landbewohner (Vögel, Fledermäuse und andere Säugetiere) nur an den Grabungsstellen IV/1, V/2 und VI/1 gefunden worden (s. Abb. 3). VI/2 zeigt Maxima bei Insekten und Pflanzen. Vögel sind an dieser Stelle lediglich durch Federn vertreten. An den zuerst genannten Fundpunkten fällt eine Häufung von großwüchsigen Formen auf, die relativ schnell zu Boden sinken und auf gewisse Ufernähe schließen lassen. Im Gegensatz dazu stehen die Funde bei VI/2, die nur leicht transportable Objekte umfassen, die z. T. auch durch Wind verfrachtet worden sein können.

Bei den Fischen lassen sich ebenfalls Unterschiede in der Verteilung der Arten und in der Häufigkeit allgemein erkennen. Abb. 4 zeigt den prozentualen Anteil der einzelnen Fischarten bezogen auf die Gesamtzahl aller Fischfunde. *Amiakehreri*

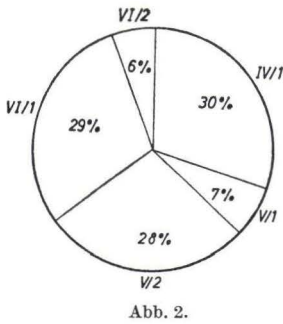


Abb. 2.

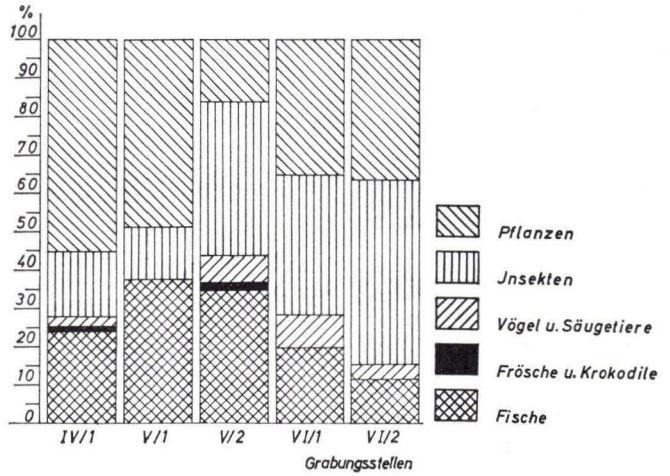


Abb. 3.

Abb. 2. Fundhäufigkeit (prozentualer Anteil/m³) der einzelnen Grabungsstellen.

Abb. 3. Prozentualer Anteil der Fossil-,Gruppen“ an den Grabungsstellen.

ANDREAE ist am häufigsten vertreten, während *Lepisosteus strausi* (ANDREAE) und die juv. Exemplare relativ selten sind.

In Abb. 5 ist die Verteilung der Arten auf die Grabungsstellen graphisch dargestellt. Es ist zu erkennen, daß *Amia* mit einer Ausnahme (VI/2) an allen Fundplätzen auftrat. Die Häufigkeit hat ihr Maximum bei IV/1. Auch *Amphiperca*

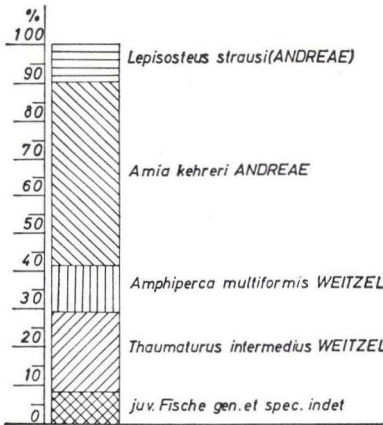


Abb. 4.

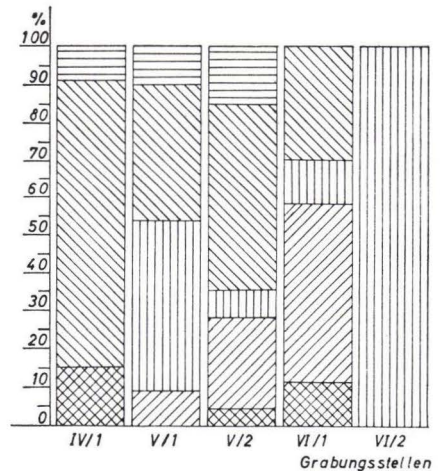


Abb. 5.

Abb. 4. Prozentuale Verteilung der Fischarten untereinander.

Abb. 5. Prozentuale Verteilung der Fischarten an den Grabungsstellen. Signaturen von Abb. 4 gelten auch für Abb. 5.



*multiformis* WEITZEL fehlt nur an einer einzigen Stelle (IV/1). Jedoch trat er, wie aus Abb. 4 zu ersehen ist, im Verhältnis zu *Amia* nicht in so großer Anzahl auf. Die übrigen, *Lepisosteus*, *Thaumatourus intermedius* WEITZEL und die juvenilen Fische sind jeweils an drei Stellen vertreten. *Lepisosteus* fehlt bei VI/1 und VI/2, *Thaumatourus* bei IV/1 und VI/2 und die juvenilen Fische bei V/1 und VI/2.

#### 4.2. Erhaltungszustände der Fossilien und seltene Formen

Der Erhaltungszustand der Fische war im allgemeinen sehr gut. Ausnahmen bildeten die großwüchsigen *Lepisosteus* und *Amia*. Von *Lepisosteus* waren nur bei V/2 vollständig erhaltene Exemplare zu finden. Bis auf die bei IV/1 [nach der Verwesung (?)] zerfallenen Exemplare war dagegen *Amia* normalerweise ausgezeichnet erhalten. Hier waren von insgesamt 18 Einzelfunden 7 Fragmente, in erster Linie Schädelreste. – Isolierte Fischschuppen sind überall vertreten. – Die meisten Vertreter der anderen „Gruppen“ waren besonders gut erhalten, vor allem die Fledermäuse, einzelne Vögel, viele Insekten<sup>2)</sup> und fast alle Pflanzenreste<sup>3)</sup> (Blätter und Samenkapseln). Es fanden sich jedoch auch verstümmelte Vögel. Und bei mehreren Insekten fehlten häufig die Extremitäten oder die Flügeldecken. Von Krokodilen und Säugetieren wurden nur Fragmente geborgen. Seltenheitswert besitzen folgende Funde:

1. Ein Salamander(?) -Fragment, das noch nicht bestimmt wurde. Es wäre bisher der erste aus Messel bekannt gewordene Salamander überhaupt.
2. Ein Frosch-Fragment. Seit 1932 ist es erst der zweite Fund dieser Art. Leider sind durch die Verwitterung die Hinterextremitäten zerstört worden, so daß eine Bestimmung kaum möglich ist (freundliche mündliche Mitteilung von Professor M. HECHT, New York, z. Z. Paris).
3. Die Fledermäuse (*Palaeochiropterix tupaiodon* REVILLIOD) sind durch ihren ausgezeichneten Erhaltungszustand sehr wertvoll für die Revision dieser Arten, die z. Z. von M. B. SIGÉ, Montpellier, und D. RUSSEL, Paris, durchgeführt wird.

#### 4.3. Einregelungen

Die Einregelung der Fossilien, bzw. ihre Längsorientierung, wurde nur bei IV/1 und V/1 gemessen, weil hier die Lagerungsverhältnisse der Schichten relativ ungestört waren. An der Grabungsstelle IV/1 wurden 21 Fossilien (8 Fische und 13 Blätter) in ihrer Lage fixiert (s. Abb. 6). Neben der Häufigkeit in der NW-Ecke des Quadranten ist eine Einregelung der Objekte auffällig. Eine Richtungsrose, die sich aus den wenigen Werten ergab, bestätigt letztere Beobachtung (s. Abb. 7). Das Maximum der Einregelung ist nordwest-südöstlich gerichtet. Dagegen ist ein Großteil der Fossilien nordost-südwestlich orientiert. Bei V/1 wurden 29 Funde erfaßt (Abb. 8). Dabei konnte von 23 Exemplaren (11 Fischen und 12 Blättern) die Einregelung gemessen werden. In der Richtungsrose (Abb. 9) läßt sich eine leicht

<sup>2)</sup> Die Insekten von Messel werden z. Z. von KINZELBACH, Institut für Allgemeine Zoologie der Universität Mainz, neu bearbeitet.

<sup>3)</sup> Die Revision der Pflanzen erfolgt durch SCHWEITZER & STURM, Paläontologisches Institut der Universität Bonn.

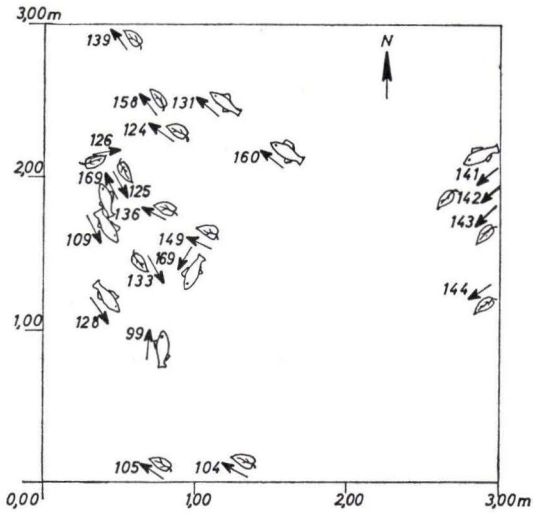


Abb. 6.

Abb. 6. Lageskizze von Fischen und Blättern an der Grabungsstelle IV/1.

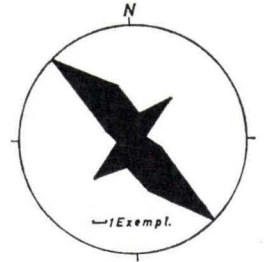


Abb. 7.

Abb. 7. Richtungsrose zu Abb. 6.

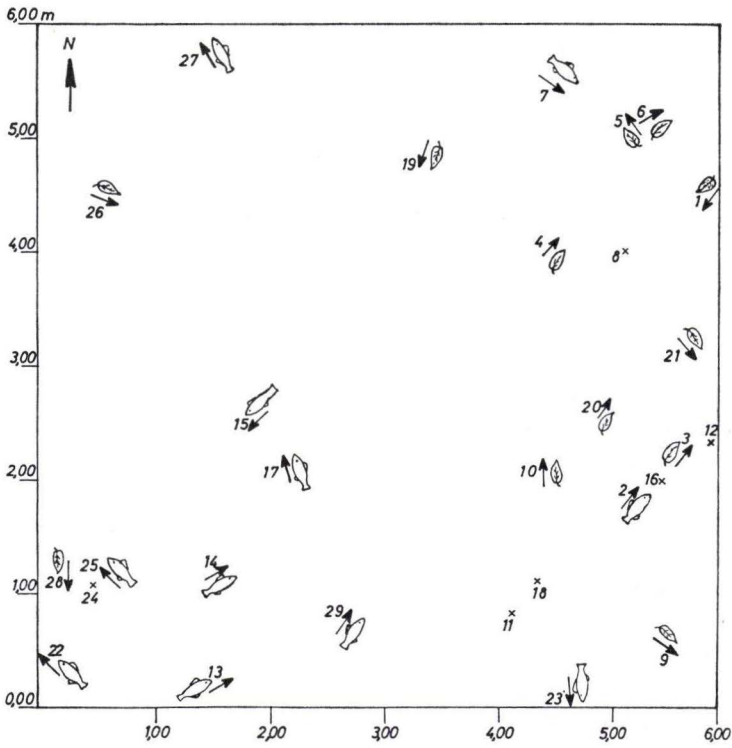


Abb. 8.

Abb. 8. Lageskizze der Fossilien an der Grabungsstelle V/1.

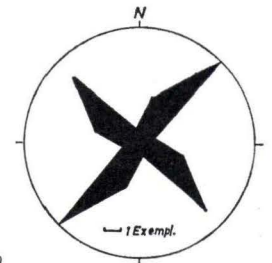


Abb. 9.

Abb. 9. Richtungsrose zu Abb. 8.

dominante (NE–SW) und eine dazu konträre Richtung (NW–SE) erkennen. Vergleicht man die Meßergebnisse beider Fundstellen, so zeigt sich eine auffallende Übereinstimmung in den Hauptrichtungen der Einregelung. Lediglich die Lage der Maxima ist vertauscht.

#### 4.4. Schlußbemerkungen

Die Aufzeichnungen lassen erkennen, daß die Grabungen im Tagebau der „Grube Messel“ in mancher Hinsicht erfolgreich waren. Von der mengenmäßig günstigen Ausbeute abgesehen, ergaben sich recht bald neue Aspekte, die Häufigkeitsverteilung der Fossilien insgesamt, die Thanato-Assoziationen und die Einregelung betreffend. Für statistische Aussagen und verbindliche Deutungen reichen die Ergebnisse vorliegender Arbeit natürlich nicht. Es wäre aus diesem Grunde, nicht zuletzt auch in der Hoffnung auf weitere seltene Funde sehr zu begrüßen, wenn die Geländearbeiten in Messel fortgesetzt werden könnten.

#### 5. Zusammenfassung

In den Jahren 1966 und 1967 wurden erste systematische Grabungen in den mitteleozänen (lutetischen) bituminösen Süßwasserpeliten im Tagebau der „Grube Messel“ bei Darmstadt durchgeführt. Außer an Schurfplätzen wurde an 5 Grabungsstellen gearbeitet. Es wurden insgesamt 156,30 m<sup>3</sup> „Ölschiefer“ untersucht (IV/1: 26,30 m<sup>3</sup>, V/1: 36,00 m<sup>3</sup>, V/2: 33,00 m<sup>3</sup>, VI/1: 29,00 m<sup>3</sup> und VI/2: 32,00 m<sup>3</sup>). Sie ergaben 354 brauchbare Fossilien, die in 5 ökologische, bzw. taxonomische, Fossilgruppen unterteilt wurden:

1. Tiere, die ständig im See lebten = Fische
2. amphibisch lebende Tiere, die mehr oder weniger an den See gebunden waren = Frösche und Krokodile
3. landbewohnende Tiere, die nach ihren Lebensgewohnheiten nicht unbedingt auf den See angewiesen waren = Vögel, Fledermäuse und andere Säugetiere
4. Insekten
5. Pflanzen (überwiegend einzelne Blätter),

Vertreter der 1., 4. und 5. Gruppe sind häufig, während diejenigen der 2. und 3. selten vorkommen. Die Fischarten zeigen je nach Fundplatz unterschiedliche Verteilung. Bemerkenswerte Neufunde sind ein Frosch und ein Salamander(?), außerdem besonders gut erhaltene Fledermäuse. Bei zwei Grabungsstellen (IV/1 und V/1) wurde die Längsorientierung der Fossilien (Fische und Blätter) gemessen, wobei sich zwei vorherrschende Einregelungsrichtungen ergaben: NW–SE und NE–SW.

#### Schriftenverzeichnis

Vollständiges Schriftenverzeichnis bis 1966 siehe G. MATTHES: Zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**, S. 52–58, Wiesbaden 1966.

Seit 1966:

TOBIEN, H.: Mammifères éocènes du Bassin de Mayence et de la partie orientale du Fossé Rhénan. — Mém. B. R. G. M., N° 58, p. 297–307, Paris 1968.

— Das biostratigraphische Alter der mitteleozänen Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **69**, S. 111–119, Wiesbaden 1968.

## Grabgänge dekapoder Krebse in oligozänen Sanden am Geiskopf bei Wiesbaden-Frauenstein (Bl. 5915 Wiesbaden)

Von

HANS-JÜRGEN ANDERLE, Frankfurt a. M. und JOE-DIETRICH THEWS, Wiesbaden

Mit Tafel 6

**Kurzfassung:** Es werden Grabgänge dekapoder Krebse beschrieben, die vermutlich zu *Ophiomorpha* LUNDGREN zu stellen sind. An Hand des Schrifttums wird die Abhängigkeit der Bauform von der Lithofazies gezeigt.

Im Tal des Grorother Bachs zwischen Wiesbaden-Frauenstein und Wiesbaden-Schierstein sind an einzelnen Stellen Sande aufgeschlossen, die zu den oligozänen Ablagerungen des Mainzer Beckens gehören. STEUER (in LEPPLA & STEUER 1923, S. 14f.) betrachtet diese Sedimente als Süßwasser-Fazies des Cyrenenmergels. Nach MICHELS (1931, S. 39 und 41) gehört der von uns beschriebene Aufschluß zur Randfazies des Meeressandes bis Schleichsand.

Im Sommer 1968 wurde eine aufgelassene Sandgrube am Südhang des Geiskopfes (Bl. 5915 Wiesbaden, R 34 4075, H 55 4698) wieder in Betrieb genommen, um Dammschüttmaterial für den Bau der Autobahn zwischen Wiesbaden-Schierstein und der Grorother Straße zu gewinnen. Nach Abschluß der Bauarbeiten wurde die Sandgrube eingeebnet und das Gelände zum größten Teil mit Erdreich abgedeckt.

Insgesamt war eine etwa 15 m mächtige Schichtenfolge aufgeschlossen. Sie bestand aus gelben, in einzelnen Lagen auch weißen, vollkommen kalkfreien Fein- bis Mittelsanden mit Lagen und Nestern von Grobsand und Feinkies. Die Gerölle bestanden überwiegend aus gut gerundetem Gangquarz; daneben traten auch Taunusquarzit sowie stark gebleichte Tonschiefer und Gesteine des Vordevons auf. Schrägschichtung war häufig zu erkennen. Die Schrägschichtungsblätter waren stellenweise durch Eisenausscheidungen leicht verfestigt. Eine bis 3 cm mächtige hellgraue Schluffstein-Bank im mittleren Teil des Aufschlusses zeigte an der Oberfläche deutliche Eindrücke von Regentropfen.

In den Sanden treten in großer Zahl zylindrische Grabgänge von 1,5–3 cm  $\varnothing$  mit deutlich verfestigten Außenwänden auf, welche bei trockenem Wetter vom Wind leicht herauspräpariert werden (Taf. 6 Fig. 1 und 2). An der nordwestlichen Steilwand der alten Sandgrube verliefen sie bevorzugt senkrecht bis schräg, im weiter südöstlich gelegenen, mittleren Teil des neuen Aufschlusses meist schräg bis horizontal. Fast alle Gänge waren leicht gekrümmt. Es traten flache Umbiegungen auf.

Die Wände der Gänge waren deutlich verfestigt und etwas dunkler (dunkelbraun) gefärbt als das umgebende Sediment. Die äußere Oberfläche der Gangwandungen war glatt bis unregelmäßig wulstig. Einzelne Gänge hatten zwei verfestigte Wände ineinander (Taf. 6 Fig. 3). Das Innere der Gänge erfüllte lockerer Sand, der sich von dem der Umgebung nicht unterschied. Die Sandfüllung zeigte im allgemeinen keine Strukturen. In einem Falle jedoch ließ die Füllung eines horizontalen Ganges im Längsschnitt diagonale, schwach nach unten gekrümmte Schichtung erkennen (Taf. 6 Fig. 4). An einem zweiten, schräg verlaufenden Gang waren im Längsschnitt zur Erdoberfläche nahezu parallele „Böden“ zu sehen, welche ähnlich wie die Außenwände verfestigt waren. Verzweigungen waren im Aufschluß nicht mit Sicherheit festzustellen.

Neben den Grabspuren wurden die von Eisen-Mangan-Mulm ausgefüllten Querschnitte von Muschelklappen (ca. 3 bis max. 15 cm lang) beobachtet. Meist handelte es sich um lokal angereicherte, eingeregelter Einzelklappen, doch kamen vereinzelt auch doppelklappige Exemplare vor. Eine Bestimmung der Muscheln war wegen der Art der Erhaltung nicht möglich.

Die beschriebenen Grabgänge lassen sich nach Form, Größe, Konstruktion und Art ihres Auftretens einer Gruppe von Lebensspuren zuordnen, als deren Erzeuger dekapode Krebse angesehen werden (vgl. HÄNTZSCHEL 1952, S. 150, EHRENBERG 1938, S. 271 f.). Fossil sind solche Bauformen bekannt als *Ophiomorpha* LUNDGREN und *Thalassinoides* EHRENBERG (HÄNTZSCHEL 1965, S. 63 und 92), rezent werden sie von Thalassinidea der Gattungen *Callianassa* und *Upogebia* erzeugt (STEVENS 1929, SCHÄFER 1962, S. 351 f., WEIMER & HOYT 1964, S. 763 und 766).

Im Vergleich zu den Beschreibungen von HÄNTZSCHEL (1952), WEIMER & HOYT (1964) und anderer Autoren fällt auf, daß bei den vorliegenden Grabgängen die für *Ophiomorpha* typische höckerige Struktur der Außenwand und die Verzweigungen der Gänge als wichtige diagnostische Kennzeichen nicht sicher beobachtet werden konnten. Die Zugehörigkeit zu *Ophiomorpha* bleibt aber dennoch wahrscheinlich. Bei einer vergleichenden Durchsicht der Literatur fällt nämlich auf, daß die Ausbildung der Gänge der Thalassinidea in Abhängigkeit von der Lithofazies recht unterschiedlich sein kann (vgl. auch SEILACHER 1967, S. 424).

Im Schlick angelegte Grabgänge von *Callianassa* beschreiben SCHÄFER (1962, S. 352) und REINECK, GUTMANN & HERTWECK (1967, S. 244) aus der südlichen Nordsee. Der vertikale Gangteil reicht dabei von der Sedimentoberfläche bis in eine Tiefe von 20–30 cm, wo mehr oder weniger oberflächenparallel ein vielfach verzweigtes Netz von Gängen angelegt ist. Die Gangwände sind glatt; sie haben keinen besonderen Ausbau erfahren, da eine zusätzliche Stabilisierung im Schlick überflüssig ist. Die Anlage solcher ausgeprägten Gangsysteme in geringer Tiefe im Sediment ist nur bei fehlender Erosion und geringer oder fehlender Sedimentation vorstellbar. Nur so steht dem Endobionten ausreichend Zeit zur Ausgestaltung der Gänge zur Verfügung. Unter ähnlichen Verhältnissen (fehlende Sedimentation) sind auch die Gangsysteme in den Hartgründen der Unterkreide entstanden (VOIGT 1959, BROMLEY 1967).

In den sandigen, durch stärkere Sedimentumlagerungen gekennzeichneten Faziesbereichen zeigen die Gänge ein abweichendes Bild. Zunächst weist der obere vertikale

Bauteil eine größere Länge auf. An rezenten Gängen von *Callianassa* wurden Werte zwischen 1 und 2 m ermittelt (POHL 1946, S. 73; WEIMER & HOYT 1967, S. 763). Auch scheinen in den vertikalen Bauteilen Verzweigungen seltener zu sein. Diese modifizierte Anlage des Gangsystems kann als Reaktion auf die stärkere Sedimentumlagerung gedeutet werden. Daneben ist auch eine Abhängigkeit der maximalen Gangtiefe vom Grundwasserstand bei Niedrigwasser oder in Trockenzeiten vorstellbar (vgl. ABEL 1935, S. 420 und KREJCI-GRAF 1937, S. 179). Wie WEIMER & HOYT (1964, S. 763) gezeigt haben, ist auch in Sanden in der Tiefe ein horizontales Gangsystem entwickelt. EHRENBERG (1938) und KEIJ (1965) beschreiben aus Sanden fast ausschließlich horizontale Gänge. Die Mehrzahl der Beobachter erwähnt jedoch aus dem sandigen Lithofazies-Bereich vorwiegend vertikal bis schräg verlaufende Gänge (z. B. STEVENS 1929, POHL 1946, HÄNTZSCHEL 1952, SEIDEL 1956, BAATZ 1959, HILLMER 1963). Dies mag damit zusammenhängen, daß der horizontale Gangteil nicht immer angelegt wird, weil sich die relative Lage des Gangtiefsten zur Sedimentoberfläche durch Umlagerungsvorgänge zu rasch ändert.

Eine weitere Abweichung gegenüber den Bauten im Schlick besteht in der Befestigung der Gangwand durch den Endobionten. Dies geschieht, wie an rezenten Bauten festgestellt wurde, durch ein schleimiges Sekret (POHL 1946, S. 73; WEIMER & HOYT 1964, S. 763) und durch die Auskleidung der Gangwand mit offensichtlich eingeschleimten Sedimentkügelchen, welche sich an (vor allem) fossilen Bauten in einer höckerigen Außenskulptur der Gangwände zeigen. In der Mehrzahl der uns bekannten Fälle wird diese Skulptur aus Feinsanden beschrieben (z. B. HÄNTZSCHEL 1952, SEIDEL 1956, BAATZ 1959, HILLMER 1963, KEIJ 1965). Anordnung und Größe der Sedimentkügelchen zeigen dabei nicht immer die gleiche Regelmäßigkeit. Bei den von EHRENBERG (1938) aus größeren Sanden (mittlere Korngröße etwas über 3 mm) beschriebenen und der Gattung *Callianassa* zugeordneten Gängen fehlt offenbar eine solche Skulptur.

Rezente Bauten von *Callianassa* und/oder *Upogebia* sind bisher nur aus dem marinen Bereich bekannt. Ihr Vorkommen reicht von der litoralen bis in die flach neritische Zone (vgl. STEVENS 1929, POHL 1946, SCHÄFER 1962, S. 564 u. 565, WEIMER & HOYT 1964, REINECK, GUTMANN & HERTWECK 1967). Beobachtungen aus Gebieten größerer Meerestiefe fehlen bisher. Die Bauten von *Callianassa major* SAY können nach POHL (1946) sowie WEIMER & HOYT (1964) als fazieskritische Merkmale für bestimmte Bereiche des Litorals angesehen werden; sie kommen dort nur an Abschnitten vor, die dem offenen Meer zugewandt sind. Von den fossilen Bauten, welche auf die Tätigkeit von Dekapoden zurückgeführt worden sind, konnten einige auf Grund der Lithofazies des Vorkommens und/oder mariner Begleitfauna dem marinen Bereich zugeordnet werden (z. B. EHRENBERG 1938, PATTERSON 1942, BAATZ 1959, WEIMER & HOYT 1964, BROMLEY 1967). KEIJ (1965) beschreibt *Ophiomorpha* aus dem brackischen Bereich des Litorals. Über das Bildungsmilieu der Vorkommen von *Ophiomorpha* in tertiären „Braunkohlensanden“ Deutschlands liegen unterschiedliche Aussagen vor. Während SEIDEL (1956) für das Gebiet der Niederrheinischen Bucht, unter Berücksichtigung der regionalen geologischen Situation und z. T. unter Berufung auf amerikanische Autoren und die Ergebnisse von HÄNTZSCHEL (1952), einen marinen Einfluß annimmt, rechnen LÜTTIG (1962) und HILLMER (1963)

die von ihnen beschriebenen Vorkommen dem fluviatilen Bereich zu, da sie keinerlei Anzeichen marinen Einflusses in den Sedimenten feststellen konnten. LÜTRIG (1962, S. 586) weist mit Recht darauf hin, daß aktuopaläontologische Beobachtungen von Lebensspuren im fluviatilen und limnischen Faziesbereich noch weitgehend fehlen.

Das von uns beschriebene Vorkommen von Grabgängen am Geiskopf war der Küste des mitteloligozänen Meeres vorgelagert (vgl. dazu SONNE 1958 für das unmittelbar westlich anschließende Gebiet). Die Entfernung zur damaligen Küste dürfte weniger als 1 km betragen haben. Der heutige Rand des Taunus [nach LEPPLA & al. (1930) als Störung ausgebildet] liegt vom Geiskopf etwa 650 m in nordwestlicher Richtung entfernt. Die Beobachtung von Regentropfen-Marken auf einer zwischen-gelagerten Schluffstein-Bank spricht für eine Lage des Vorkommens im Auftauchbereich. Schichtungsform und die z. T. eingeregelteten Muschelschille beweisen stärkere Sedimentumlagerungen durch Wellengang.

### Zusammenfassung

In oligozänen Sanden, die zwischen Wiesbaden-Schierstein und Wiesbaden-Frauenstein vorübergehend aufgeschlossen waren, treten zahlreiche zylindrische Grabgänge auf. Ihre Außenwände sind deutlich verfestigt und an der Oberfläche glatt bis unregelmäßig wulstig. Ihre Lage im Sediment ist vertikal, schräg oder horizontal. Sie gehören vermutlich zur Lebensspuren-Gattung *Ophiomorpha*.

An Hand des Schrifttums über die rezent von *Callianassa* und *Upogebia* erzeugten und die fossil als *Ophiomorpha* und *Thalassinoides* beschriebenen Grabgänge wird die Abhängigkeit der Bauform von der Lithofazies dargestellt.

Das Vorkommen am Geiskopf war der Küste des mitteloligozänen Meeres vorgelagert. Nach der Lithofazies gehörte es dem Litoral an.

Für Hinweise auf Literatur danken wir Herrn Dr. R. MENTZEL, Darmstadt.

### Schriftenverzeichnis

- ABEL, O.: Vorzeitliche Lebensspuren. 644 S., 530 Abb., Jena (Fischer) 1935.
- BAATZ, H.: *Ophiomorpha* LUNDGREN, ein marines Spurenfossil, im Oberen Quarzitsand Niederhessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 168—171, Wiesbaden 1959.
- BROMLEY, R. G.: Some observations on burrows of thalassinidean Crustacea in chalk hardgrounds. — Q. Jl. geol. Soc. Lond., **153**, S. 157—182, 5 Abb., 5 Taf., London 1967.
- EHRENBERG, K.: Bauten von Decapoden (*Callianassa* sp.) aus dem Miozän (Burdigal) von Burgschleinitz bei Eggenburg im Gau Nieder-Donau (Niederösterreich). — Paläont. Z., **20**, S. 263—284, 1 Abb., 3 Taf., Berlin 1938.
- Ergänzende Bemerkungen zu den seinerzeit aus dem Miozän von Burgschleinitz beschriebenen Gangkernen und Bauten dekapoder Krebse. — Paläont. Z., **23**, S. 354 bis 359, Berlin 1944.
- HÄNTZSCHEL, W.: Die Lebensspur *Ophiomorpha* LUNDGREN im Miozän bei Hamburg, ihre weltweite Verbreitung und Synonymie. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **21**, 142—153, 2 Taf., Hamburg 1952.
- Vestigia invertebratorum et problematica. — Fossilium Catalogus, I.: Animalia, pars 108, 140 S., 's-Gravenhage (Junk) 1965.
- HILLMER, G.: Zur Ökologie von *Ophiomorpha* LUNDGREN. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1963**, S. 137—141, Stuttgart 1963.

- KEIJ, A. J.: Miocene Trace Fossils from Borneo. — *Paläont. Z.*, **39**, S. 220—228, 2 Taf., 3 Textfig., Stuttgart 1965.
- KREJCI-GRAF, K.: Über Fährten und Bauten tropischer Krabben. — *Geol. d. Meere u. Binnengew.*, **1**, S. 177—182, 5 Abb., Berlin 1937.
- LEPPLA, A., MICHELS, F., SCHLOSSMACHER, K., STEUER, A. & WAGNER, W.: *Geol. Kte. Preußen u. benachb. dtsh. L.*, Lfg. **288**, Bl. Eltville-Heidenfahrt, 2. Aufl., Berlin 1930.
- LEPPLA, A. & STEUER, A.: *Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst.*, Lfg. **15**, Bl. Wiesbaden-Kastel, 2. Aufl., 52 S., Berlin 1923.
- LÜTTIG, G.: Das Braunkohlenbecken von Bornhausen am Harz. — *Geol. Jb.*, **79**, S. 565 bis 662, 4 Taf., 12 Abb., 2 Tab., Hannover 1962.
- MICHELS, F.: *Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. dtsh. L.*, Lfg. **288**, Bl. Eltville-Heidenfahrt, 2. Aufl., 79 S., 1 Abb., 1 Profil, Berlin 1931.
- PATTERSON, J. M.: *Halymenites*, a marine sandstone indicator. — *J. Paleontology*, **16**, S. 271—273, 1 Abb., Tulsa 1942.
- POHL, M. E.: Ecological observations on *Callianassa major* SAY at Beaufort, North Carolina. — *Ecology*, **27**, S. 71—80, 28 Abb., Brooklyn N.Y. 1946.
- REINECK, H.-E.: Über Wühlgänge im Watt und deren Abänderung durch ihre Bewohner. — *Paläont. Z.*, **31**, S. 32—34, Stuttgart 1957.
- REINECK, H.-E., GUTMANN, W. F. & HERTWECK, G.: Das Schlickgebiet südlich Helgoland als Beispiel rezenter Schelfablagerungen. — *Senck. leth.*, **48**, S. 219—275, 7 Taf., 12 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1967.
- SCHÄFER, W.: *Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee*. VIII + 666 S., 277 Abb., 36 Taf., Frankfurt a. M. (Kramer) 1962.
- SEIDEL, U.: Ein Vorkommen von *Ophiomorpha* LUNDGREN im Miozän der Niederrheinischen Bucht. — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1956, S. 489—493, 2 Abb., Stuttgart 1957.
- SEILACHER, A.: Bathymetry of trace fossils. — *Marine Geol.*, **5**, S. 413—428, 4 Abb., 2 Taf., Amsterdam-London-New York 1967.
- SONNE, V.: Obermitteloligozäne Ablagerungen im Küstenraum des nordwestlichen Mainzer Beckens (mit besonderer Würdigung des „Zeilstücks“ bei Weinheim/Rhh.). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **86**, S. 281—315, 9 Abb., Wiesbaden 1958.
- STEVENS, B. A.: Ecological observations on Callianassidae of Puget Sound. — *Ecology*, **10**, S. 399—405, 3 Abb., Brooklyn N.Y. 1929.
- VOIGT, E.: Die ökologische Bedeutung der Hartgründe („Hardgrounds“) in der oberen Kreide. — *Paläont. Z.*, **33**, S. 129—147, 4 Taf., 1 Abb., Stuttgart 1959.
- WEIMER, R. J. & HOYT, J. A.: Burrows of *Callianassa major* SAY, geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. — *J. Paleontology*, **38**, S. 761—767, 2 Taf., 2 Abb., Tulsa 1964.

Manuskript eingegangen am 17. 4. 1969



# Zonierung und Konnexen einer Abfolge oberaquitaner Land-Ökosysteme

Von

**KARLHEINZ ROTHAUSEN**, Mainz/Köln

Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

**Kurzfassung:** Die gute Überlieferung von Organismen, die die Land-Biozönosen zur Zeit der Ablagerung der Hydrobienschichten des Mainzer Beckens zusammensetzten, gestattet die teilweise Rekonstruktion des Gefüges einer Zonationsbiozönose und ihre Einordnung in das typologische System. Darüber hinaus ergibt sich die Möglichkeit, „Kann“-Beziehungen zwischen den Lebensformen durch Übertragung des Prinzips der Isozönose in die Zeit darzustellen.

**Abstract:** Good preservation of organisms that builded up the land-biocoenosis during the time of sedimentation of the „Hydrobien-Schichten“ in the Mainz-Basin (SW-Germany) allows the partial reconstruction of a zonation-biocoenosis and its location within the typological system. By this it is possible to demonstrate probable connections („Kann“-Beziehungen) between the different life-forms (Lebensformen) by the application of the principle of the isocoenosis in time.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	81
2. Statische Ökosysteme . . . . .	84
2.1. Der Biotop . . . . .	84
2.2. Die Biozönosen . . . . .	86
2.2.1. Die Flora . . . . .	86
2.2.2. Die Fauna . . . . .	87
3. Dynamische Ökosysteme . . . . .	91
4. Zusammenfassung . . . . .	95
Schriftenverzeichnis . . . . .	95

## 1. Einleitung

In einer Analyse versucht die Synökologie (= Biozönologie) zunächst alle abiotischen und biotischen Daten eines selbstregulativen Lebensraumes zusammenzutragen, also ein Bild der statischen Biozönose zu erhalten. Dann sollte das synökologische Zusammenspiel der Einzelelemente aufgedeckt werden, um die dynamische

Biozönose erfassen zu können. Beim rezenten Ökosystem<sup>1)</sup> ist das – wenn auch oft nur schwer – qualitativ und teilweise quantitativ möglich.

Die größten Land-Ökosysteme sind die von Klimafaktoren planetarischen Ausmaßes und meist großräumigen geografischen Gegebenheiten abhängigen Biome. TISCHLER (1955: Tab. 1) unterscheidet acht solcher Biome: Litoraea (alle Strandregionen im Überschwemmungsbereich; mit fester Zonierung), Hylaea (tropisch-subtropische und montane Regenwälder, einschließlich Mangrove- und Galeriewälder), Sylvaea (mesophile Laubwälder), Tundra (Kältewüsten, -heiden und -moore), Taiga (nordische und montane Nadelwälder), Wüste (Sand- und Felswüsten der Trockenzone), Steppe (Baum- und Grassteppen, Steppenheiden), Skleraea (Dorn- und Savannenwälder bis Trockenstrauchheiden). Diese Biome erfahren teilweise noch eine von Temperatur und Feuchtigkeit abhängige Großgliederung. Eingebettet in diese Biome, verursachen abiotische Faktoren Bedingungen, die, verstärkt durch die davon abhängige spezielle Vegetation, das Ökoklima der einzelnen kleineren Ökosysteme und der entsprechenden Biozönosen prägen. Wiederum eingelagert in diese Ökosysteme und Biozönosen sind durch punktförmige Besonderheiten bedingte mikroklimatische Klein-Biozönosen.

BALOGH (1958: 43) unterscheidet folgende Grundtypen von Biozönosen:

1. Biozönose, etwa ein Wald
2. Saumbiozönose, etwa ein Waldrand,
3. Zonationsbiozönose, etwa Übergang von einem See zu einem Wald,
4. Klein- oder Choriobiozönose, etwa ein Ameisenhaufen in einem Wald.

Innerhalb der unter 1.–3. genannten Biozönosen lassen sich Stratozönosen unterscheiden, die mit teilweiser Selbstregulation nur Teilbiozönosen sein können. Hierher gehören die Strata organischen Lebens des mineralischen und des organogenen Bodens, der Bodenoberfläche, der Kraut-, Strauch- und Baumkronenschicht.

In den verschiedensten Teilen der Erde sind sowohl in den gleichen als auch in verschiedenartigen Biomen ähnlich struierte Ökosysteme und Biozönosen zu finden. In diesen Isozönosen haben gleiche Lebensformen (GAMS 1918) gleiche ökologische Nischen besetzt: Pflanzen und Tiere, die nicht verwandt sein müssen, die aber analoge Strukturen für gleichartige Funktionen entwickelt haben und so stellenäquivalent sind. Es ist daher möglich, aus den Strukturen mancher Organismen ihre Stellung in einer Biozönose vorauszusagen und umgekehrt für eine bekannte Biozönose eine noch nicht nachgewiesene, aus Isozönosen bekannte Lebensform zu skizzieren und gezielt zu suchen.

Die Untersuchung fossiler Biozönosen, insbesondere fossiler Landbiozönosen, ist in weit stärkerem Maße Schwierigkeiten unterworfen, als sie etwa der Erforschung rezenter Biozönosen entgegenstehen. Eine fossile Biozönose gibt immer nur Aus-

---

<sup>1)</sup> Fast allgemein wird für Ökosystem der Begriff Biozönose nicht ganz korrekt *sensu lato* benutzt, denn es umfaßt den abiotischen Anteil (Biotop) und den biotischen Anteil (Biozönose *s. str.*). Aber selbst Kritiker dieses Brauches schließen sich dieser Gepflogenheit oft an (*s. BALOGH 1958: 27*).

schnitte ihres Artenspektrums preis und quantitative Untersuchungen sind äußerst selten und wohl immer nur unter großen Vorbehalten möglich. Die Erhaltungsbedingungen sind für die verschiedenen Organismen sehr unterschiedlich, und die an einer Stelle eingebetteten Reste zeigen „in vielen Fällen, daß Vertreter verschiedener Biozönosen ein gemeinsames Grab gefunden haben“ (KUHN-SCHNYDER 1968: 43). Eine Oryktozönose (EFREMOV), das was als erhaltene Fossilgemeinschaft auf dem Weg über Thanatozönose (Totengemeinschaft) und Taphozönose (eingebettete Grabgemeinschaft) von – oft mehreren fossilen Biozönosen – schließlich in unsere Hand gelangt, umfaßt aber nicht nur Formen räumlich gestaffelter, zeitgleicher Biozönosen. Vielmehr beinhalten sie auch fast immer Elemente zeitlich aufeinanderfolgender Sukzessionsbiozönosen, die einander in meist geologisch nicht faßbaren Zeiträumen abgelöst haben.

Trotz dieser Schwierigkeiten ist es möglich, unter günstigen Bedingungen die typologische Stellung fossiler Land-Biozönosen und Ökosysteme, unter zwangsläufiger Inkaufnahme einiger Unschärfefaktoren, ausreichend zu charakterisieren. Man darf annehmen, daß das Prinzip der Isozönose – der gegenseitigen Vertretung von Biozönosen mit gleichgearteten Lebensformen in verschiedensten geografischen Bereichen bei grundsätzlich gleichartigen Biotop-Bedingungen – auch in der erdgeschichtlichen Vergangenheit Gültigkeit hatte. Diese Annahme gilt demnach auch für die Stellenäquivalenz von Lebensformen, funktionsmorphologisch gleichstruierten aber nicht notwendig verwandten Pflanzen und Tieren. Darüber hinaus kann man, zumindest für das Känozoikum, die Geltung rezenter Isozönosen und Lebensformen weitgehend aus dem Raum in die Zeit übertragen.

Jedenfalls sind für diesen erdgeschichtlichen Zeitraum vielfach die Lebensformen zu ermitteln. Danach sind die zugehörige Biozönose und das ganze Ökosystem auf die begrenzte Zahl der Grundtypen rückführbar. Voraussetzung ist, daß die Verhältnisse in der fossilen Biozönose über einen gewissen Zeitraum hin einigermaßen stabil waren und außer der zeitlichen auch eine gewisse räumliche Einheit gewahrt ist. Grundsätzlich abweichende Lebensweise und Ernährung von nahe mit rezenten Formen verwandten Organismen ist zwar hier und da möglich, aber für das Känozoikum relativ selten und meist aus der abgewandelten Lebensform nachweisbar (Bsp. Suiden als Trockenwald- bis Savannenform; DEHM 1934: 526, 527).

Autökologische Erfassung aller abiotischen und biotischen Elemente ist Voraussetzung für das Erfassen der Organismen in ihren synökologischen Abhängigkeiten. Im folgenden wird auf Grund der bisher einigermaßen gesichert beschriebenen Funde des engeren Bereiches des Mainzer Beckens für den Zeitraum der Ablagerung der Hydrobienschichten eine erste synökologische Analyse versucht. Eingehendere Untersuchungen, die eine Revision des gesamten Floren- und Fauneninhalts und der Sedimente zur Voraussetzung haben, sind notwendig.

Die Beschränkung auf einen solchen, räumlich und zeitlich begrenzten, verhältnismäßig einheitlichen Bereich ist eine natürliche Forderung. Eine nicht zu enge Abgrenzung ist aber ebenso wesentlich, um ein ausreichendes Material erfassen zu können. Das erscheint in diesem Fall möglich, weil die Voraussetzung einer gewissen Stabilität der Gegebenheiten über einen längeren Zeitraum hin wahrscheinlich verwirklicht ist (ROTHAUSEN 1966: 31).

## 2. Statische Ökosysteme

### 2.1. Der Biotop

Will man den Festlandsbereich in unserem Gebiet zu der Zeit, als die Hydrobienschichten zur Ablagerung kamen, untersuchen, so ist diese Betrachtung von dem diese Schichten ablagernden Medium, dem Wasser des Hydrobiensees, nicht zu trennen. Dieses Gewässer nahm einmal direkten Einfluß auf das umgebende Festland, seinen Biotop und seine Biozöosen, und zum anderen überlieferte seine Sedimente die Urkunden, die die Voraussetzung für solche Untersuchungen bilden.

Nachdem das Meer sich im Laufe des Aquitaniums – z. T. schon während der Ablagerung der *inflata*-Schichten – weitgehend aus dem Raum des Mainzer Beckens zurückgezogen hatte, verblieb in diesem Senkungsfeld ein Gewässer von wechselnder Salinität. Nach dem kräftigen, kurzen marinen Vorstoß, der nahe der Basis der Hydrobienschichten belegt ist (BOZORGINA 1960: 276/277; WEILER 1963: 54; FALKE 1965: 81; KUSTER-WENDENBURG 1967: 47, 48), hatte es den Charakter einer aussüßenden Lagune. Das sich einstellende limnisch-brackische Milieu wird durch einen zweiten allmählicheren und sich länger auswirkenden Meeresvorstoß (FALKE 1965: 81; KUSTER-WENDENBURG 1967: 48) von marin-brackischen Verhältnissen abgelöst, die etwa ab Mitte der Folge der Unteren Hydrobienschichten belegt sind (KUSTER-WENDENBURG 1967: 48). Erst gegen die Grenze zu den Oberen Hydrobienschichten läßt sich Aussüßung wahrnehmen und die Oberen Hydrobienschichten lassen nur im oberen Bereich noch einen leichten marin-brackischen Einfluß erkennen (DOEBL 1961: 90; KUSTER-WENDENBURG 1967: 74). Die Oberen Hydrobienschichten belegen so weitgehend einen See oder ein Seengebiet (WEILER 1963: 57) mit Algenstotzen (KUSTER-WENDENBURG 1967: 54).

Insgesamt scheint also vor allem während der Ablagerung der Unteren Hydrobienschichten der Wechsel zwischen brackischen bis brackisch-limnischen Verhältnissen geherrscht zu haben, den FALKE (1965: 82) vermutet.

ZEUNER (1938: 144, 145) schließt auf Grund des Formenspektrums der Insekten-Fauna der Unteren Hydrobienschichten in Analogie zu rezenten Faunen auf maximal 0,5-1% Salzgehalt. Nach der Klassifizierung von HILTERMANN (1949) wäre das ein oligohalines Gewässer. Das scheint in einem gewissen Widerspruch zu den stärker marinen Einflüssen zu stehen, die gerade für diesen frühen Zeitabschnitt von anderen Autoren festgestellt werden (BOZORGINA 1960: 277; WEILER 1963: 54). Aber WEILER (1963: 60) weist schon auf die starke Differenzierung der Salinität in größeren Lagunen hin, die sowohl horizontal (Süßwasserzuzüsse) als vertikal (Schichtung) bestehen kann. Dieses Gewässer, dessen Hauptsenkungsachse im Mainzer Raum etwa N-S verlief (SONNE 1965: 387, Abb. 3), schrumpfte unter Schwankungen und hinterließ an seinen sehr flachen, zeitweise trocken fallenden Rändern (WENZ 1921: 168; SCHMIDTGEN 1938: 4; WEILER 1963: 60) sumpfige Regionen.

Die Sedimentgesteine, Tonmergel, Mergel, plattigen Kalke, z. T. mit Schmitzen und dünnen Lagen von Braunkohle (SCHMIDTGEN 1938: 4, FALKE 1965: 81), sind aus feinkörnigen Schlammen entstanden, die auf äußerst ruhige Sedimentationsverhältnisse hinweisen. SCHMIDTGEN (1938: 8) spricht von zumeist praktisch unbewegtem Wasser. Dies zeigt, daß der unmittelbare Randbereich dieses Gewässers keine be-

deutenden morphologischen Erhebungen aufwies, und daß keine Zuflüsse von nennenswerter Transportkraft einmündeten. Der Anstieg zum Taunus und den anderen Mittelgebirgen der Umrandung des Mainzer Beckens war schon vorhanden, aber wohl nicht sonderlich steil und etwas landeinwärts gelegen.

Das Anstehende war einmal charakterisiert durch wenig ältere Sedimente des gleichen Gewässers im nächsten Umkreis und zum anderen durch die in höheren Abtragungsniveaus als heute freigelegten Gesteine der im Umkreis vorhandenen älteren Formationen. Tertiäre Ablagerungen früherer Zeiträume dürften erst begrenzt der Erosion zugänglich gewesen sein.

Das zunächst lagunenartige Gewässer hatte wahrscheinlich einen Abfluß, dessen Lage im N vermutet wurde (WENZ 1921: 171), eine Vorstellung, die aber nicht gesichert ist. Zeitweilige Verbindung zum Restmeer des Grabens im S, und weiter, wahrscheinlich nach W, ist nach den marinen Vorstößen (WEILER 1930, 1963; FALKE 1960, 1965; BOZORGNIA 1960; DOEBL 1961) wohl sicher.

Der Biotop war weiterhin gekennzeichnet durch ein Großklima von wahrscheinlich mediterran-subtropischem Charakter (KRÄUSEL 1938: 93; WEILER 1963: 61). Ein Jahresmittel von 16–18 °C wird neuerdings von SCHWARZBACH (1968: 47; Tab. 5) für das mittlere Tertiär (O. Oligozän – Mittelmiozän) Mitteleuropas, speziell des Rheinlands, nach detaillierten Vergleichen, vor allem auf floristischer Grundlage, angenommen. Als kühler Monatsdurchschnitt kämen nach diesen Untersuchungen 8–10 °C, als wärmster > 22 °C, für das mittlere Tertiär in Betracht. Das Vorkommen von Krokodilen präzisiert nach BERG (1965: 329/330,332) diese Aussage für unser Gebiet und das untere Miozän, denn danach dürfte die Januar-Temperatur 10 °C nicht unterschritten haben.

Durch den offenen Biotop des flachen, schnell sich erwärmenden Sees war dabei in der nächsten Umgebung durch Pufferwirkung eine Modifizierung des Klimas gegeben. Im Frühjahr waren zwar die Nachttemperaturen erhöht, aber insgesamt lag die Frühjahrsstemperatur niedriger. Die Sommertemperaturen waren dagegen im Durchschnitt erhöht und im Spätherbst erfolgte die Abkühlung verspätet.

Die Feuchtigkeit war im näheren Bereich des Gewässers hoch, während das Hinterland wohl eher unter aridem Einfluß lag.<sup>2)</sup> SCHWARZBACH vermutet für das ältere Miozän eine Niederschlagsabnahme (1968: Abb. 9) im sonst während des mittleren Tertiärs sehr humiden (> 1000 mm Niederschlag) westlichen Mitteleuropa. Sie machte sich speziell im rheinhessischen Bereich bemerkbar (SCHWARZBACH 1961: 150; 1968: 60) und könnte nach SCHWARZBACH zu einem mediterranen, sommertrockenen, warmen Csa-Klima (KÖPPEN) geführt haben (1968: 58).

---

<sup>2)</sup> Für freundliche Hinweise anlässlich eines Vortrags, den ich im Frühjahr 1968 vor der Sektion Wiesbaden der Deutschen Geol. Ges. hielt, und die diese Ansicht stützen, bedanke ich mich bei Herrn Dir. Prof. Dr. NÖRING und mehreren Diskussionsrednern.

Für Hinweise bedanke ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. H. TOBIEN, Mainz und Herrn Dr. F. STRAUCH, Köln.

## 2.2. Die Biozönosen

## 2.2.1. Die Flora

In diesem Biotop war eine von KRÄUSEL (1938) beschriebene, gut überlieferte Flora ansässig. Die Vegetation schlägt in erster Linie die Brücke zwischen Biotop und Biozönose, weil sie die Basisgruppe für Energie- und Stoffwechselumsatz ist.

Nicht nur der Vergleich mit rezenten Verwandten, sondern auch die Auswertung der Häufigkeitsverteilung von Blättern und Flugsamen der verschiedenen Pflanzen gaben KRÄUSEL (1938: 94, 95) die Möglichkeit, eine Zonengliederung dieser Vegetation zu versuchen. Nur ein Teil der Reste war definitiv bestimmbar, aber das Spektrum (mehr als 90 Formen) ist beachtlich.

Im flachen Gewässer selbst wuchsen Kalkalgen, die meist für den oberen Bereich der Hydrobienschichten (FALKE 1960: 70) charakteristisch sind, aber zum Teil auch schon früher (FALKE: 1965: 81) die Stotzen von Algenkalk bildeten. Sie sind vor allem aus dem Bereich Budenheim NW Mainz bis zum Hambusch N Mainz, auf der östlichen Rheinseite, nachgewiesen und bildeten wohl einen einer Isobathe folgenden Kalkalgengürtel. Die massiven Kalkalgenriffe geben einen Hinweis auf die relativ hohe Durchschnittstemperatur des Wassers.

Auch andere Algen, sowie der Wasserfarn *Salvinia* und das Laichkraut, *Potamogeton*, kennzeichneten die Vegetation des Gewässers.

Ein erster Gürtel, der zur Landbiozönose gerechnet wird, bildete die Übergangszone zwischen Wasser und Land, die Röhrichtzone. Mit Gramineen, wie dem Schilf *Phragmites*, und mit *Potamogeton* ging sie fließend in die wahrscheinlich leicht salzigen Sumpfwiesen über.

In den Sumpfwiesen überwogen Cyperaceae wie das Riedgras *Carex*, und bald traten einwärts krautige Polygonales, also Knöterichgewächse, und Umbelliferae, Doldengewächse, hinzu und an trockenen Stellen Musci (Laubmoose).

Schon in diesem Bereich ansetzend, schloß die Gebüschzone des Ufers an mit Weiden, *Salix*, Ulmengewächsen (Ulmaceen) wie *Ulmus* und *Zelkova*, Lorbeer- gewächsen (Lauraceen) wie *Laurus* und *Cinnamomum*, Hülsenfrüchtlern (Legumi- nosen) wie *Cercis*, *Dalbergia* und andere, sowie Seifenfußgewächse (Sapindaceen) mit *Sapindus*, um nur einige zu nennen.

Niedergehölz des Waldes folgte im Bereich des feuchten, aber nicht mehr nassen Bodens mit der Konifere *Cephalotaxus*, der Liane *Clematis*, mit Erlen, *Alnus*, mit *Sapindus* und mit Rosengewächsen (Rosaceen) Heidekrautgewächsen (Ericaceen) und eventuell Palmen. Der Halbparasit *Viscophyllum* senkte seine Wurzeln in das Holz der Wirtspflanzen.

Die Waldbäume deuten — so vorsichtig KRÄUSEL (1938: 96) sich ausdrückt — eine deutliche Zonierung des Waldes in sich an. *Populus* (Pappel), *Ulmus*, *Rhamnus* (Kreuzdorn), *Fagus* (Buche), *Castanea* (Kastanie), *Catalpa* (Trompetenbaum) und wahrscheinlich auch *Taxodium* (Sumpfpypresse) dürften in den feucht-warmen Niederungen nahe der Lagune beheimatet gewesen sein. Sie sind alle überwiegend durch ihre Blätter nachgewiesen.

Weiter landeinwärts aber, z. T. wohl aufsteigend auf die Hänge des Mittelgebirges ist die Masse der Koniferen in trockenerem und eventuell ein wenig kühlerem Habitat anzunehmen. Diese Koniferen sind auch vorwiegend durch ihre Samen überliefert,

vor allem die Kiefern (Pinales) mit *Pinus* und *Keteleeria*, die Zypressen (Cypressaceen) mit *Tetraclinis*. Vielleicht gehören auch einige Laubbäume in diese Zone, wie *Betula* (Birke), *Acer* (Ahorn) und dickblättrige Arten von *Quercus* (Eiche)<sup>3</sup>.

Diese Angaben bei KRÄUSEL belegen das ganze Gefüge einer Zonationsbiozönose, wie sie für eine rezente Litoraea der warmen Zone, die in eine subtropische Hylaea, beziehungsweise Sylvaea übergeht, kennzeichnend ist.

Die Litoraea ist charakterisiert als schmales, gestrecktes Biom im Randbereich von Gewässern und kann mit fast allen anderen Biomen Berührung haben. Sie zeigt eine Zonation vom Röhrichtgürtel über den Strand, die Sumpf- und Riedwiesen bis zum Ufergebüschgürtel wie sie hier vorlag (Tab. 1).

In diesem Fall erfolgte dann der Übergang in den auf der seewärtigen Seite noch feuchten, anschließend aber trockeneren Wald. KRÄUSEL (1938: 91) weist auf den Mischcharakter dieser Flora, insbesondere des Waldes hin, in der Pflanzen, die heute der Sylvaea mit den mesophilen Sommerlaubwäldern der gemäßigten Zone angehören (zum Beispiel *Betula*), vermischt sind mit dem Formenkreis, der der rezenten Hylaea mit den tropischen und subtropischen Montanregenwäldern, den Mangroven- und Galeriewäldern (z. B. das Ebenholzgewächs *Diospyros*) zuzuordnen ist.

Für die Dicotyledonen verschiedener mitteleuropäischer Tertiärfloren hat SCHWARZBACH (1968) die %-Anteile ganzrandiger und nicht ganzrandiger Blätter errechnet. Die erste dieser beiden Gruppen charakterisiert weitgehend die Laubgewächse des tropischen, die zweite die des gemäßigten Bereiches, und das Merkmal ist leicht und ohne Bezug auf die oft umstrittenen taxonomischen Zuordnungen von fossilen Blättern erfaßbar (SCHWARZBACH 1968: 42, 43). Aus dem %-Anteil der Blattgruppen ist so eine gewisse klimatische Aussage zu entnehmen. Für die Flora von Mainz-Kastel weist die Analyse einen hohen Anteil ganzrandiger Blätter (70%) nach, der aus dem vom Eozän bis Pliozän im allgemeinen abnehmenden Trend für diese tropischen Elemente deutlich herausfällt (SCHWARZBACH 1968: Tab. 2, Abb. 3). Wahrscheinlich läßt sich diese Besonderheit wenigstens teilweise durch den besonders feuchtwarmen Standort der meisten durch Blätter überlieferten Pflanzen im lagunennächsten Bereich erklären.

### 2.2.2. Die Fauna

Weit vorn in der Abhängigkeitskette stehen die meisten rein aquatischen Formen der Tierwelt, die deshalb eng mit der Biozönose der Litoraea verknüpft sind. Sie sollen hier nicht besprochen werden.

Die Fauna des Festlandes paßt sich im allgemeinen ausgezeichnet in das vorgegebene Zonationsgefüge ein.

Die Landschnecken allerdings bedürfen in erster Linie einer grundlegend neuen Bearbeitung, bevor man sie für eine Zonierung heranziehen kann.

<sup>3</sup> Im einzelnen bedarf die Analyse der Flora einer Revision [vgl. die kritischen Bemerkungen bei SCHWARZBACH (1968: 37) über Bestimmungen fossiler Pflanzen, besonders nach der Blattmorphologie].

Eine reiche Insektenfauna ist durch ZEUNER (1938) von Wiesbaden-Amöneburg und Kastel beschrieben worden.

Auch hier ist eine rein aquatische Komponente vertreten, nämlich die Hydrophyllidae, die Wasserkäfer.

Enge Beziehungen zum Gewässer hatten ferner die vorwiegend im Röhrichtgürtel der Litoraea lebenden, unter anderem durch ihre Ontogenese eng an das Wasser gebundenen Libellulidae (Libellen), Phryganeidae (Köcherfliegen), sowie Bibionidae und Tipulidae (Mücken).

Vor allem der Bereich der salzigen Sumpfwiesen war sicher reich mit Formicidae (Ameisen) belebt, die aber auch die weiter landeinwärts gelegenen Zonen besetzten. Auch Stratiomyidae (Fliegen) waren dem Wasser nahe häufig.

Ein Teil der Coleoptera (Käfer), die Ichneumonidae (Schlupfwespen), Apoidea (Bienen), Heteroptera (Wanzenartige), darunter speziell die Coccidae (Blattläuse), waren mehr an die Bereiche der Gebüschzone und Waldzone gebunden.

Schließlich könnten Gryllotalpidae (Maulwurfgrillen), Isoptera (Termiten) und Tenebrionidae (Prachtkäfer) auf ein noch trockeneres Biom hinweisen.

Die Masse der überlieferten flugfähigen Insekten der verschiedenen Zonen dürfte von ablandigen Winden auf das Gewässer hinausgeweht worden und dann ertrunken sein (ZEUNER 1938: 150, 151).

Auch die Vertebrata lassen sich zum Teil gut in das Zonationsgefüge einordnen (Tab. 1). Sehen wir von den ausschließlich aquatischen Formen ab, so sind Frösche, vertreten durch Palaeobatrachidae mit *Palaeobatrachus*, Schildkröten der Familien Trionychidae und Emydidae und Krokodile der Familie Alligatoridae mit *Diplocynodon* (s. WENZ 1921: 172) engstens an das Wasser gebunden. Die Flußschildkröten, mit *Trionyx*, könnten auf das Vorhandensein von Zuflüssen oder aber auch auf einen Durchfluß hindeuten (vergl. KRUMBIEGEL 1959: 116). Für die Krokodile liegt eine Neubearbeitung vor, in der BERG (1967: 191) die Form der Hydrobierschichten als *D. cf. rateli* POMEL, 1847 bezeichnet hat.

Wie diese Poikilothermen, so waren auch einige der Homiothermen mehr oder weniger stark an das Wasser gebunden und fügten sich in die ufernächsten Zonen der Zonationsbiozönose der Litoraea ein. Das gilt für die Lutrinidae (Otter) mit *Potamotheirus valetoni* GEOFFROY von Weisenau (VIRET 1929: 142) und die Castoridae (Biber) mit *Steneofiber eseri eseri* v. MEYER von Weisenau (LAVOCAT 1951: 39). Für beide Formen ist allerdings die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß kleine Zuflüsse zur Lagune ihr Hauptlebensraum waren, zumal THENIUS (1949: 317) vermutet, daß *Potamotheirus*, zumindest die jüngere Form *P. miocenicum* (PETERS), kleinere fließende Gewässer bevorzugte. Die Biber dagegen stauen solche fließenden Gewässer, und der Bereich der Litoraea kann allein durch ihre Arbeit mit der Zeit nicht unbedeutend erweitert worden sein (SANDERSON 1956: 126). Für die Entfernungverhältnisse ist eine Angabe interessant, die KRUMBIEGEL (1955: 412) für die rezenten Biber gibt, nämlich daß sie ihr Baumaterial normalerweise maximal 120 m herbeischleppen.

Allgemein ist einschränkend zu sagen, daß sowohl ein Teil der Poikilothermen als vor allem die meisten Homiothermen zwischen benachbarten Zonen des Zonationsgefüges wechseln konnten. Das gilt auch für die bisher bekannte Avifauna



(LAMBRECHT 1934, ROTHAUSEN 1966). Die Ardeidae (Reiher), die Palaelodidae (Flamingo-Verwandte) mit *Palaelodus*, die Phoenicopteridae (Flamingos) mit *Phoenicopterus*, die Pelecanidae (Pelikane) mit *Protopelecanus*, die Anatinae (Enten), die Cygninae (Schwäne) mit *Cygnavus*, die Scolopacidae (Schnepfen) mit *Tringa*, dem Strandläufer, und die Rallidae (Rallen) mit *Miorallus* sind engstens der Lagune verbunden gewesen. Durch diese Vögel sind offene, weite Wasserflächen indirekt nachgewiesen. Aber während die Lagune die Nahrung gab, fanden sich die Nistmöglichkeiten im Röhrichtgürtel, in der Ufergebüschzone und im wassernahen Bereich der Waldzone.

Auch die Microchiroptera (Fledermäuse), wahrscheinlich mit *Rhinolophus lemanensis* REVILLIOD von Weisenau (VIRET 1929: 52), stellten ähnliche Ansprüche.

Die Talpidae (Maulwürfe), mit *Talpa brachychir* v. MEYER von Weisenau (SCHLOSSER 1887: 132–134; TOBIEN 1939: 163) beziehungsweise *T. cf. brachychir* v. M. (VIRET 1929: 44), könnten, wie in rezenten Isozönosen, im Bereich der Sumpfwiesen (TISCHLER 1955: 206) besonders reich vertreten gewesen sein, wo der weiche fruchtbare Boden viele Würmer und Insektenlarven enthalten haben dürfte.

Die Soricidae (Spitzmäuse), mit *Sorex pusillus* v. MEYER von Weisenau (SCHLOSSER 1887: 123; VIRET 1929: 50; TOBIEN 1939: 165, 1960: 11) und Budenheim (DOBEN-FLORIN 1964: 41), *Sorex antiquus* POMEL von Weisenau (TOBIEN 1960: 11) und mit dem großen *Trimylus neumayerianus neumayerianus* (SCHLOSSER) von Weisenau (SCHLOSSER 1887: 122, 123, Taf. 2; TOBIEN 1939: 165, 1960: 11; THENIUS 1959: 49) und Budenheim (DOBEN-FLORIN 1964: 16, Abb. 4), sowie einem Soriciden aus dem wahrscheinlich in die Hydrobienschichten zu ziehenden Miozän von Ravolzhausen (TOBIEN 1960: 10), umfassen rezent wasserjagende und waldblebende Formen. *Sorex* LINNAEUS, 1758 ist eine vorwiegend waldblebende Form, die aber gern in nahrungsreiche sumpfige Niederungen zieht. Nach STEHLIN (1941: 301) zeigt *S. antiquus* teilweise im Gebiß deutliche Anklänge an die Wasserspitzmaus, *Neomys*, und er hält einen generischen Unterschied der Form von *Sorex* für denkbar. So könnte diese Form eine räuberisch-amphibische Lebensweise geführt haben.

Für *Trimylus* ROGER, 1885 [= *Heterosorex* GAILLARD, 1915; vgl. DOBEN-FLORIN 1964: 15] könnte man ebenfalls an direkte Beziehungen zum Wasser denken, nachdem die Vermutung besteht, der wahrscheinlich conchiphage *Amblyoptus* im Pliozän Ungarns gehöre der gleichen Linie an (THENIUS 1960: 65). Aber DOBEN-FLORIN (1964: 72) vermutet, daß *Trimylus* eine reine Landform war, weil die Bezeichnung mit dem Fischfängergebiß der rezenten Wasserspitzmaus keine Ähnlichkeiten aufweist. Die Stellung dieser fossilen Spitzmaus in der Zonation ist also nicht ganz gesichert. Nach DOBEN-FLORIN ist sie eine Form des offenen Geländes und dürfte danach zwischen Seeufer und Ufergebüschgürtel ihren Lebensbereich gehabt und wahrscheinlich auch den Bereich des Seeufers in ihr Jagdgebiet einbezogen haben.

Die Didelphidae (Beutelratten) mit *Peratherium frequens* (v. MEYER) von Weisenau und Hochstadt (VIRET 1929: 275, 276) und *Peratherium* sp. von Ravolzhausen (TOBIEN 1960: 9), sind rezent nur zum Teil an feucht-sumpfige Gebiete im Umkreis von Gewässern gebunden. Ein Teil dieser kleinen carnivoren Marsupialier lebt rezent arborikol.

Die Suidae (Schweine) sind vielfach dem Wasser eng verbunden. Ihr Hauptlebensraum erstreckt sich von der feucht-sumpfigen Ufergebüsch- in die Niederwaldzone,

aber auch noch in die etwas trockenere Hochwaldzone. Zwar gibt es im Miozän und Pliozän Trockenwald- bis Savannenformen [*Listriodon* v. MEYER; DEHM 1954: 526, 527; *Microstonyx major* (GERVAIS); HÜNERMANN 1961: 130, 133], aber für *Palaeochoerus*, mit *P. meissneri* v. MEYER vertreten, ist als Lebensraum die feucht-sumpfige Ufergebüsch- und Niederwaldzone naheliegend (s. BERGER 1959: 21).

Auch die Tapiridae (Tapire), mit *Tapirus* vertreten, bevorzugten sicher diesen Bereich der Zonationsbiozönose. Ebenso scheint das relativ große hornlose Nashorn (Aceratheriinae), *Aceratherium* von Budenheim (ROMAN 1924: 48; TOBIEN 1960: 16) und möglicherweise von Ravolzhausen (TOBIEN 1960: 16), diesen Bereich bewohnt zu haben (THENIUS & HOFER 1960: 201), wenn sich nicht die Zugehörigkeit dieser Form zu *Diceratherium* (*Brachydiceratherium*) *lemanense* POMEL 1853 ergibt (LAVOCAT 1951: 113).

Dagegen scheint keine engere Bindung an das Wasser oder die wassernächste feuchte Niederung ersichtlich für die Masse der Passeriformes (Sperlingsvögel).

Auch die Erinaceidae (Igel), mit Erinaceinae wie *Palaeoerinaceus edwardsi* FILHOL aus Weisenau (VIRET 1929: 38; TOBIEN 1939: 162) sowie Formen aus Ravolzhausen, die den Echinisoricinae (Haarigeln) nahestehen könnten (TOBIEN 1960: 10) und die verwandten Dimylidae †, mit *Dimylus paradoxus* v. MEYER von Weisenau (HÜRZELER 1944: 5, 40) und *Cordylodon haslachensis* v. MEYER aus Budenheim (HÜRZELER 1944: 17, Fig. 17), zeigen keine solche Bindung. Dasselbe gilt für die Gliridae, die Schläfer, mit *Peridyromys murinus* (POMEL) von Budenheim und Ravolzhausen (TOBIEN 1960: 13, 14), sowie die Sciuridae, die Hörnchen, mit *Sciurus feignouxi* POMEL von Weisenau (BLACK 1966: 51).

Ob die zu den Geomyoidea (Taschenratten) zu zählenden Eomyidae, mit den bisher (vgl. FAHLBUSCH 1968: 229) zu *Pseudotheridomys parvulus* (SCHLOSSER) gestellten Funden von Weisenau (STEHLIN & SCHAUB 1951: Fig. 503; TOBIEN 1960: 14, 15; THALER 1966: 174), Budenheim (TOBIEN 1960: 14) und Ravolzhausen (TOBIEN 1960: 14) bekannt, schon eine ähnliche grabend-wurzelfressende Lebensweise hatten, wie ihre rezenten, auf N- und S-Amerika beschränkten Verwandten, steht dahin. Die rezente *Geomys* ist jedenfalls in vielen Bodentypen unabhängig von deren pH-Wert zuhause (KRUMBIEGEL 1955: 617), und so kann die fossile Form schwer einer der Zonen fest zugewiesen werden. Jedenfalls liegt es nahe, daß sie im nichtsumpfigen, etwas trockeneren Areal zuhause war.

Die Simocyonidae (Buschhunde) bewohnen heute Wälder und Steppen. Für *Haplocyonoides mordax* HÜRZELER vom Hessler bei Wiesbaden-Amöneburg (HÜRZELER 1941 a, b) dürfte die Busch- und Waldzone Hauptlebensraum gewesen sein. Das gilt auch für die Amphicyonidae (Bärenhunde) mit *Cynelos lemanensis lemanensis* (POMEL) von Budenheim (KUSS 1965: 53, 56) wie für die Mustelinae (Marder), wahrscheinlich mit *Palaeogale minuta* (GERVAIS) von Weisenau (HELBING 1917: 447; VIRET 1929: 189) und eventuell Budenheim (VIRET 1929: 195; DEHM 1950: 75), die Dicerorhinae (zweihörnige Halbpanzernashörner) mit dem kleinen *Dicerorhinus tagicus* (ROMAN) von Budenheim und vom Hessler (ROMAN 1924: 9, 10; VIRET 1929: 261), sowie die Cainotheriidae †, mit Formen, die wohl *Cainotherium laticurvatum* (GEOFFROY) zumindest nahestanden (*laticurvatum*-Gruppe BERGER 1959: 52). Letzteres liegt um so näher, als KUSS (1960: 37) *C. laticurvatum*, wie einige andere

Formen der hier beschriebenen Biozönosen vom Büchelberg in der Pfalz, ca. 17 km W Karlsruhe, nennt. KUSS stellt diese Fauna im Bereich des N Oberrheintals in die Hydrobienschichten. So deutet sich an, daß die Ökosysteme bis in den Bereich dieses Fundplatzes nicht grundsätzlich verändert waren.

Auch die Cervoidea (Hirschartige), mit den geweihlosen frühen Vertretern *Dremotherium feignouxi* GEOFFROY und *Amphitragulus* sp., ein Formenkreis der auch durch TOBIEN (1960: 17) von Ravolzhausen angegeben wird, gehören hinsichtlich des Hauptlebensraumes in diese Aufzählung.

Alle diese Gruppen dürften in erster Linie Bewohner der Hylaea/Sylvaea, sowohl teilweise des feuchten Niederungswaldes als der trockeneren Waldgebiete gewesen sein. Aber zu einem nicht unwesentlichen Teil dürften sie den Bereich der Lagune mit in ihren Lebensbereich einbezogen haben, sei es zur Jagd, sei es zur Suhle und zu Zeiten stärkster Aussüßung des Gewässers auch zur Tränke.

Wenigstens die Ochotonidae (Pfeifhasen), mit *Titanomys visenoviensis* v. MEYER von Weisenau (VIRET 1929: 91) und *Piezodus* oder *Prolagus* von Ravolzhausen (TOBIEN 1960: 15), sowie die Cricetidae (Hamster), mit *Cricetodon (Eucricetodon) gerandianum* (GERVAIS) vom Hessler und von Weisenau (TOBIEN 1939: 171, 172; THALER 1966: 143), vertreten mit einiger Wahrscheinlichkeit trockenere Habitats. Sie könnten aus einem weiter landeinwärts gelegenen waldfreien Biom, der Steppe, stammen, wie es auch die Gryllotalpidae, Isoptera und Tenebrionidae (S. 88) belegen könnten.

Interessant ist vielleicht, daß gerade die zuletzt genannten wichtigsten Leitformen unter den Säugern, die hier das Niveau von St. Gerand-le-Puy belegen, Formen eines offenen Bioms sind, das sich im Hinterland, abseits der Gewässer, über größere Entfernungen hin erstreckt haben könnte. Dagegen dürfte die auch von der Fauna bestätigte Zonationsbiozönose im Übergang von einer warmen Litoraea zu einem Hylaea-Sylvaea-Mischbiom mehr begrenzten Charakter, etwa den eines Galeriewaldes, gehabt haben.

### 3. Dynamische Ökosysteme

Im Anschluß an diese statische Analyse kann man die biozönotischen Konnexen (FRIEDRICHS, 1930) suchen, um zum Bild dynamischer Biozönosen zu kommen. Mehr noch als bei Untersuchungen rezenter Biozönosen bleiben aber bei fossilen Biozönosen die meisten dieser Konnexen nur mehr oder weniger vermutete „Kann“-Beziehungen im Sinne von SCHWENKE (1953). Echte „Ist“-Beziehungen lassen sich schon für rezente Biozönosen schwer, für fossile aber nur äußerst selten nachweisen. Für die hier besprochenen fossilen Biozönosen sind die einzigen Nachweise von „Ist“-Beziehungen in einigen der Reste von *Agrypnia* aff. *obsoleta* HAG. [= *Phryganea mombachiana* HÖNIGHAUS] sowie von Dipteren und Libelluliden zu sehen, die ZEUNER (1938: 149, 150) als Fraßreste von Vögeln und Fledermäusen erkannt hat. ZEUNER fügt hinsichtlich der Libellen hinzu, daß nur wenige Flieger in der Lage sind, diese gewandten Insekten zu erbeuten, etwa Turmfalken.

Um die vielfältigen Beziehungen anzudeuten, die, nach rezenten Isozönosen zu schließen, mit gewisser Wahrscheinlichkeit, also als „Kann“-Beziehungen, bestanden

Tab. 1. Übersicht über das Zonationsgefüge der Land-Ökosysteme  
(Ob. Aquitanium, Hydrobienschichten; Mainzer Becken)

		Litoraea		Hylaea/Sylvaea		Steppe oder Skleraea	
		Röhrichtgürtel (und Strand)	Sumpfwiesen	Ufergebüschgürtel	Niedergehölz und Niederungswald	Wald der Hanglagen	
Flora	↑	Schilf ( <i>Phragmites</i> ) Laichkraut ( <i>Potamogeton</i> )	Riedgras ( <i>Carex</i> )  Knöterich- gewächse (Polygonales)  Dolden- gewächse (Umbelli- ferae)  Laubmoose (Musci)	Weiden ( <i>Salix</i> )  Ulmengewächse (Ulmaceen)  Lorbeer- gewächse (Lauraceen)  Hülsen- früchtler (Legumi- nosen)  Seifenuß- gewächse (Sapinda- ceen)	einzelne Koniferen ( <i>Cephalotaxus</i> )  Sumpfyypressen ( <i>Taxodium</i> )  Lianen ( <i>Clematis</i> )  Erlen ( <i>Alnus</i> )  Seifenußgewächse (Sapindaceen)  Rosengewächse (Rosaceen)  Heidekrautgewächse (Ericaceen)  ?Palmen  <i>Viscophyllum</i>  Pappeln ( <i>Populus</i> )  Ulmen ( <i>Ulmus</i> )  Kreuzdorn ( <i>Rhamnus</i> )  Buchen ( <i>Fagus</i> )  Kastanien ( <i>Castanea</i> )  Trompetenbäume ( <i>Catalpa</i> )	Kiefern (Pinaceen)  Zypressen ( <i>Tetraclinis</i> )  Birken ( <i>Betula</i> )  Ahorn ( <i>Acer</i> )  Eichen ( <i>Quercus</i> )	
	↓						

Fauna	Libellen (Libellulidae) Köcherfliegen (Phryganeidae) Mücken (Bibionidae, Tipulidae)	Ameisen (Formicidae) Fliegen (Stratiomyidae)		Käfer (Coleoptera) Schlupfwespen (Ichneumonidae) Bienen (Apoidea) Wanzenartige (Heteroptera)		Maulwurfgrillen (Gryllotalpidae) Termiten (Isoptera) Prachtkäfer (Tenebrionidae)
	Frösche* ( <i>Palaeobatrachus</i> ) Schildkröten (Trionychidae, Emydidae)	Maulwürfe ( <i>Talpa</i> ) Spitzmäuse (Soricidae)		Schweine ( <i>Palaeochoerus</i> ) Tapire (Tapiridae) Nashörner ( <i>Aceratherium</i> )		Pfeifhasen (Ochotoniidae)
	Krokodile ( <i>Diplocynodon</i> ) Fledermäuse (Microchiroptera) Otter ( <i>Potamothereium</i> ) Biber ( <i>Steneofiber</i> ) Reiher (Ardeidae) Flamingo-Verwandte (Palaelodidae) Flamingos (Phoenicopteridae) Pelikane (Pelecanidae) Enten (Anatinae) Schwäne (Cyginae) Schnepfen (Scolopacidae) Rallen (Rallidae)			Igel (Erinaceidae) Schläfer ( <i>Peridyromys</i> ) Hörnchen ( <i>Sciurus</i> ) Buschhunde ( <i>Haplocyonoides</i> ) Bärenhunde ( <i>Cynelos</i> ) Marder (Mustelinae) Nashörner (Dicerorhininae) Cainotheriidae Hirschartige (Cervoidea)		Hamster (Cricetidae)

\*) Wie im Text angeführt, kann man viele Tiere, insbesondere die größeren Wirbeltiere, nur mit Vorbehalt einer einzigen Zone zuordnen. Hier ist die vermutete Hauptbindung angezeigt.

haben, wird versucht, in ähnlicher Form, wie es für rezente Biozönosen gemacht wurde (SUMMERHAYES & ELTON 1923), die biozönotischen Konnexen in vorläufiger Form grafisch darzustellen (Abb. 1). Es können nur einige Hauptzusammenhänge aufgezeigt werden, wobei nicht nur die Nahrungsketten, sondern auch andere Wechselbeziehungen (Wohnplatz, Baumaterial etc.) berücksichtigt werden.

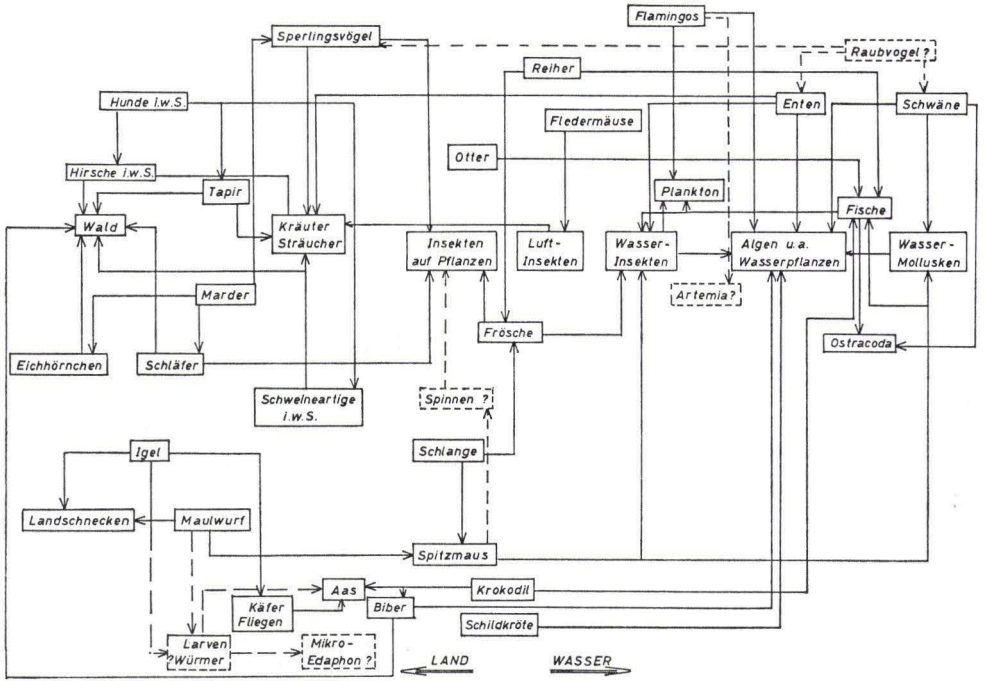


Abb. 1. Konnektionsschema eines Teiles der „Kann“-Beziehungen in den Ökosystemen zur Zeit des Hydrobiensees (O. Aquitanium; Mainzer Becken).  
 --- nicht nachgewiesen

OLSON (1961) hat meines Wissens zuerst fossile Abhängigkeiten grafisch dargestellt. Er beschränkte sich für permo-triassische Faunengruppen zwangsläufig auf reine Nahrungsketten. Er konnte auch für diesen frühen Abschnitt der Erdgeschichte nicht auf einzelne Biozönosen Bezug nehmen, sondern untersuchte größere Faunenkreise. Früher (1952) hatte er schon Sukzessionen von Lebensformen in geologisch faßbaren, aufeinanderfolgenden Faunengemeinschaften dargestellt und Stellenäquivalenz nachgewiesen. Biozöologische Konnexen paläo- und mesozoischer Faunen sind über solche grundsätzlichen Beziehungen hinaus schwieriger als für den Zeitraum des Känozoikums festzustellen, weil rezente Biozönosen nicht existieren.

Im Konnektionsschema der Land-Biozönosen der Hydrobien-Zeit zeigt sich, daß die Überlieferung, wie zu erwarten, unvollständig ist, denn es fehlen bestimmte Lebensformen rezenter Isozönosen vom Litoraea- Hylaea/Sylvaea-Typ.

So ist die Lebensform des fliegenden Jägers nur durch Fledermäuse vertreten, obwohl weitere Konnexen sich anbieten und obwohl ZEUNER „Ist“-Beziehungen

zwischen Libellen und turmfalkenähnlichen Jägern sieht. Für rezente Flamingos bilden bestimmte Branchiopoda, wie *Artemia*, die Hauptnahrungsquelle, aber auch für Branchiopoda fehlen in der Lagunen-Biozönose, die ja in basalem Konnektions-Zusammenhang mit den Land-Biozönosen steht, alle Hinweise. Bei den sonst so reich überlieferten Land-Arthropoden fehlen die Spinnen als Fallensteller völlig, eine wichtige Lebensform, die gerade im Sumpfwiesenbereich von Isozönosen besonders häufig ist.

Das sind nur einige ins Auge fallende Beispiele. Die synökologische Ausdeutung läßt sich für unseren Raum zweifellos noch wesentlich differenzieren. Wahrscheinlich kann man zu einer präziseren Zonierung und innerhalb der Zonen zur Zuordnung zu einzelnen Straten kommen. Jahreszeitliche Auswirkungen lassen sich wahrscheinlich erfassen und eventuell geologisch schwer faßbare Sukzessionsbiozönosen. Konnexe werden im Detail beschreibbar sein. Ein genaueres Bild der Paläogeografie wird sich ebenso ergeben wie eine differenziertere Stratigrafie.

Hier sollte grundsätzlich gezeigt werden, daß es möglich ist, einen gut überlieferten fossilen Lebensraum seinem Platz im typologischen System der Ökosysteme gemäß einzuordnen und eine Teilrekonstruktion der dynamischen Paläobiozönosen zu erreichen.

Die zeitliche Geltung der Isozönosen wird auf diese Weise für Paläontologie, Paläogeografie, Paläoklimatologie und Stratigrafie nutzbar gemacht. Es muß ein wichtiges Ziel erdgeschichtlicher Forschung sein, im Rahmen des Möglichen zu umfassenden Synthesen für geeignete Gebiete und Zeitabschnitte zu kommen.

#### 4. Zusammenfassung

Aus dem Gebiet des Hydrobiensees im oberen Aquitanium des Mainzer Beckens sind in relativer Einheit von Raum und Zeit reiche Funde der Land-Biozönosen dieser Zeit überliefert. Anschließend an KRÄUSEL und ZEUNER wird versucht, diese Biozönosen, unter Übertragung des Begriffes des Isozönose in die Zeit, in das typologische System der Ökosysteme und Biozönosen einzuordnen. Es ergibt sich das Bild einer Zonationsbiozönose innerhalb einer an ein wechselnd brackisches Gewässer anschließenden warmen Litoraea, weiter übergehend in ein Hylaea/Sylvaea-Mischbiom, wahrscheinlich vom Galeriewald-Typus. Es deutet sich an, daß im Hinterland der Übergang zum Steppen-Biom erfolgt.

Der Versuch, die Konnexe der dynamischen Biozönosen zu suchen, führt zu einem vorläufigen Konnektions-Schema der „Kann“-Beziehungen, das schon Fehlstellen von Lebensformen in der Überlieferung nach Isozönosen aufweist.

#### Schriftenverzeichnis

- BALOGH, J.: Lebensgemeinschaften der Landtiere. 560 S., Berlin 1958.  
 BERG, D. E.: Krokodile als Klimazeugen. — Geol. Rdsch., **54**, 328—333, Stuttgart 1965.  
 — Aquitane Krokodile vom „Hessler“ (Wiesbaden-Biebrich) und anderen rheinhessischen Fossilfundstellen. — Mainzer naturw. Arch., **516**, 186—193, Mainz 1967.  
 BERGER, F. E.: Untersuchungen an Schädel- und Gebißresten von Cainotheriidae besonders aus den oberoligozänen Spaltenfüllungen von Gaimersheim bei Ingolstadt. — Palaeontographica, **A 112**, 1—58, 5. Taf., Stuttgart 1959.

- BLACK, C. C.: Tertiary Sciuridae (Mammalia: Rodentia) from Bavaria. — Mitt. bayer. Staatssamml. Paläontol. hist. Geol., **6**, 51—63, 3 Taf., München 1966.
- BOZORGNIA, F.: Das Tertiär zwischen Weisenau und Gau-Bischofsheim. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, 266—282, Wiesbaden 1960.
- DEHM, R.: *Listriodon* im südbayerischen Flinz (Obermiozän). — Cbl. Min. Geol. Pal., 1934, 513—528, Stuttgart 1934.
- Die Raubtiere aus dem Mittel-Miozän (Burdigalium) von Wintershof-West bei Eichstätt in Bayern. — Abh. bayr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., N.F., **58**, 141 S., München 1950.
- DOBEN-FLOREN, U.: Die Spitzmäuse aus dem Alt-Burdigalium von Wintershof-West bei Eichstätt in Bayern. — Abh. bayr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., N.F. **117**, 82 S., 7 Taf., München 1964.
- DOEBL, F.: Fazies und Mikropaläontologie des Miocäns im Rheintalgraben und seine Verbindung zu den benachbarten Tertiärgebieten. — Meyniana, **10**, 89—93, Kiel 1961.
- FAHLBUSCH, V.: Neue Eomyidae (Rodentia, Mamm.) aus einer aquitanen Spaltenfüllung von Weißenburg in Bayern. — Mitt. Bayer. Staatss. Pal. Hist. Geol. **8**, 219—245, 2 Taf., München 1968.
- FALKE, H.: Rheinhessen und die Umgebung von Mainz. — Sammlg. geol. Führer, **38**, 156 S., Berlin-Nikolassee 1960.
- Das Aquitan im Ostplateau des nördlichen Rheinhessen. — Senckenb. leth. [WEILER-Festschr.], **46a**, 61—84, Frankfurt/M. 1965.
- HELBING, H.: Zur Kenntnis einiger Carnivoren aus dem Phryganidenkalk des Allierbeckens. — Verh. naturf. Ges. Basel, **28**, 439—461, Basel 1917.
- HÜNERMANN, K.: Die Suidae (Artiodactyla, Mammalia) aus den Dinotheriensanden (Unterpliozän = Pont) Rheinhessens (SW-Deutschland). Diss. (als Ms. gedruckt), 140 S., 6 Taf., Darmstadt 1961.
- HÜRZELER, J.: *Haplocyonoides* nov. gen., ein aberranter Canide aus dem Aquitan des Heßlers (Mainzer Becken). — Ecl. geol. Helv., **33**, 224—229, Basel 1941. (1941 a)
- Sur les canidés félinoides du Miocène européen. — Ecl. geol. Helv., **33**, 229—230, Basel 1941. (1941 b)
- Beiträge zur Kenntnis der Dimylidae. — Schweiz. pal. Abh., **65**, 3—44, Basel 1944.
- KRÄUSEL, R.: Die tertiäre Flora der Hydrobienkalke von Mainz-Kastel. — Pal. Z., **20**, 9—103, Berlin 1938.
- KRUMBIEGEL, G.: Die tertiäre Pflanzen- und Tierwelt der Braunkohle des Geiseltales. — Die neue Brehm-Bücherei, **237**, 156 S., Wittenberg 1959.
- KRUMBIEGEL, I.: Biologie der Säugetiere. 844 S., Krefeld, Baden-Baden 1955.
- KUHN-SCHNYDER, E.: Die Geschichte der Tierwelt des Pleistozäns und Alt-Holozäns. — Ur-, Frühgesch. Archäol. Schweiz: **43—68**, Zürich 1968.
- KUSS, S. E.: Eine neuentdeckte Säugetierfauna aus dem Aquitan von Büchelberg i. d. Pfalz. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, 29—62, 5 Taf., Wiesbaden 1960.
- Revision der europäischen Amphicyoninae (Canidae, Carnivora, Mamm.) ausschließlich der voroberstampischen Formen. — S.-Ber. Heidelberger Akad. Wiss., math.-nat. Kl., **1965**, **1**, 168 S., 3 Taf., Heidelberg 1965.
- KUSTER-WENDENBURG, E.: Geologische Kartierung (= Baugrubenkartierung) des Stadtgebietes von Mainz — unter besonderer Berücksichtigung der Mikro- und Makrofauna. Diplomarb., Ms., 93 S., 1 Kte., 11 Tab., Mainz 1967.
- LAMBRECHT, K.: Handbuch der Palaeornithologie. — 1024 S., Berlin 1933.
- LAVOCAT, R.: Revision de la faune des mammifères oligocènes d'Auvergne et du Velay. 153 S., 26 Taf., Paris 1951.
- OLSON, E. C.: The evolution of a permian vertebrate chronofauna. — Evol., **6**, 181—196, Lancaster, Pa. 1952.
- The food chain and the origin of mammals. — Intern. Coll. Evol. lower non-specialised mammals, **1**, 97—116, Brüssel 1961.
- ROMAN, F.: Contribution à l'Étude de la Faune de Mammifères des Littorinenkalk (Oligocène supérieur) du Bassin de Mayence. — Trav. Laborat. Geol. Facul. Sci. Lyon, Fasc. 7, Mém. **6**, 54 S., 5 Taf., Lyon 1924.



- ROTHAUSEN, K.: Fossile Flamingos im Tertiär des Mainzer Beckens. — Z. rhein. naturf. Ges. Mainz, **4**, 26—31, Mainz 1966.
- SANDERSON, I.: Knaur's Tierbuch in Farben. Säugetiere. 350 S., München, Zürich 1956.
- SCHLOSSER, M.: Die Affen, Lemuren, Chiropteren, Insectivoren, Marsupialier, Creodonten und Carnivoren des europäischen Tertiärs und deren Beziehungen zu ihren lebenden und fossilen außereuropäischen Verwandten. — Beitr. Pal. Österr.-Ung., **6-8**, 492 S., 9 Taf., Wien 1887—1890.
- SCHMIDTGEN, D.: Die Fundstelle von Pflanzen und Insekten in den Hydrobien-Kalken am Petersberg bei Mainz-Kastel. — Pal. Z., **20**, 3—8, 2 Taf., Berlin 1938.
- SCHWARZBACH, M.: Das Klima der Vorzeit. 2. Aufl., 275 S., Stuttgart 1961.  
— Das Klima des rheinischen Tertiärs. — Z. deutsch. geol. Ges., **118**, 33—68, Hannover 1968.
- SONNE, V.: Die Ablagerungen des Aquitans in der Umgebung von Mainz. — Senckenb. leth. [WEILER-Festschr.], **46a**, 377—388, Frankfurt/M. 1965.
- STEHLLIN, H. G.: Zur Stammesgeschichte der Sorieiden. — Ecl. Geol. Helv., **33**, 298—306, Basel 1941.  
— & SCHAUB, S.: Die Trigonodontie der simplicidentaten Nager. — Schweiz. pal. Abh., **67**, 385 S., Basel 1951.
- SUMMERHAYES, V. & ELTON, C.: Contributions to the ecology of Spitzbergen and Bear-Islands. — Jour. Ecol., **11**, 214—286, Cambridge 1923.
- THALER, L.: Les Rongeurs fossiles du Bas-Languedoc dans leurs rapports avec l'Histoire des Faunes et la stratigraphie du Tertiaire d'Europe. — Mém. Mus. Nat. Hist. natur., **C17**, 295 S., 27 Taf., Paris 1966.
- THENIUS, E.: Die Lutrinen des steirischen Tertiärs. — S.-Ber. österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. 1, **158**, 299—322, Wien 1949.  
— & HOFER, H.: Stammesgeschichte der Säugetiere. 322 S., Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960.
- TISCHLER, W.: Synökologie der Landtiere. 414 S., Stuttgart 1955.
- TOBIAS, H.: Die Insektenfresser und Nagetiere aus der aquitanen Spaltenfüllung bei Tomerdingen (Ulmer Alb). — Ber. naturf. Ges. Freiburg/Br., **36**, 159—180, 1 Taf., Freiburg/Br. 1939.  
— Säugetierreste aus dem älteren Miozän von Ravalzhausen (Kreis Hanau, Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, 7—19, 2 Taf., Wiesbaden 1960.
- VIRET, J.: Les Faunes des mammifères de l'Oligocène supérieur de la Limogne Bourbonnaise. — Ann. Univ. Lyon, N.S. 1, Sci., Méd. **47**, 305 S., 31 Taf., Lyon-Paris 1929.
- WEILER, W.: Über Reste von Haifischen aus den Hydrobienschichten des Mainzer Beckens. — Notizbl. Ver. Erdk. hess. geol. L.-A. (V) **12**, 112—127, Darmstadt 1930.  
— Die Fischfauna des Tertiärs im oberrheinischen Graben, des Mainzer Beckens, des unteren Maintals, und der Wetterau, unter besonderer Berücksichtigung des Untermiozäns. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **504**, 75 S., 2 Taf., Frankfurt/M. 1963.
- WENZ, W.: Das Mainzer Becken und seine Randgebiete. 351 S., 41 Taf., Heidelberg 1921.
- ZEUNER, F.: Die Insektenfauna des Mainzer Hydrobien-Kalkes. — Pal. Z., **20**, 104—159, Berlin 1938.

Manuskript eingegangen am 18. 11. 1968

## Würmzeitliche Molluskenfaunen aus Lößserien des Rheingaus und des nördlichen Rheinhessens

Von

**HORST REMY, Bonn**

Mit 7 Abbildungen und 4 Tabellen

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	98
2. Profile . . . . .	100
3. Untersuchungsmethode und Darstellungsweise . . . . .	104
4. Die Molluskenfauna . . . . .	110
5. Faunenverteilung und Klimaablauf . . . . .	110
6. Zusammenfassung . . . . .	116
Schriftenverzeichnis . . . . .	116

### 1. Einleitung

Die Würmkaltzeit gilt heute allgemein als der am besten erforschte Zeitabschnitt des Pleistozäns. Besonders bodenkundliche Aufnahmen von Lößprofilen haben den Wechsel zwischen kaltzeitlichen Ablagerungen und dazwischengeschalteten Bodenhorizonten deutlich gemacht. Das führte zu zahlreichen Schemata der Würmgliederung. Pollenanalytische Untersuchungen trugen zur Klärung über die Einstufung von Bodenhorizonten und ihres Vegetationsbildes bei (B. FRENZEL 1964). Genauere Hinweise auf das Klima verschiedener Perioden des Pleistozäns erbrachten malakozologische Auswertungen zahlreicher Ablagerungen vor allem im Gebiet der Tschechoslowakei (V. LOŽEK 1964). Doch ist der Kenntnisstand zur Klimageschichte der letzten Kaltzeit immer noch lückenhaft. Um diese weiter aufzuhellen, wurden die Lößserien einiger Profile systematisch auf ihren Fossilinhalt durchgearbeitet. Lückenlose Probenentnahme erfolgte in den Ziegeleigruben Speicher & Co am Gräselberg in Wiesbaden (Tab. 1, Abb. 1 u. 2) und in der alten Ziegelgrube am Hainerberg in Wiesbaden (Tab. 2, Abb. 3 u. 4), die anscheinend die komplette Würmabfolge aufweisen (A. SEMMEL 1968, S. 14)<sup>1)</sup>. Gleichartige Untersuchungen liegen aus den alt-

---

<sup>1)</sup> Herrn Professor Dr. A. SEMMEL sei auch an dieser Stelle herzlich gedankt für wiederholte Führungen in diesen und vielen anderen Aufschlüssen und seine Unterstützung, der Leitung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für ihr großzügiges Entgegenkommen, die Arbeiten in jeder Weise zu fördern.

Tab. 1. Die Molluskenfauna von Wiesbaden-Gräselberg

Probe	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>Arianta arbustorum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chondrula tridens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Helicopsis striata</i>	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	2	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Columella columella</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pupilla sterri</i>	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2	—	2	83	61	43	5	4	—	—	1	5	—
<i>Pupilla loessica</i>	3	23	51	3	—	—	1	—	10	61	79	309	1183	1041	501	124	40	13	135	141	10	—
<i>Pupilla muscorum</i>	2	1	9	—	1	1	1	1	2	7	6	18	84	266	64	24	13	—	51	8	11	75
<i>Vallonia costata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vallonia pulchella</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Limacidae sp. div.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Perpolita radiatula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trichia hispida</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Clausilia parvula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Succinea oblonga</i>	—	—	5	1	—	1	—	—	4	26	20	17	251	549	101	23	11	—	—	—	—	—
Gesamtzahl	6	24	67	4	1	3	2	1	17	98	108	348	1601	1919	710	176	68	13	186	150	26	75

Tab. 1. Die Molluskenfauna von Wiesbaden-Gräselberg (Fortsetzung)

Probe	24	25	31	32	33	34	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Arianta arbustorum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chondrula tridens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Helicopsis striata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Columella columella</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	54
<i>Pupilla sterri</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Pupilla loessica</i>	—	1	—	3	—	1	36	43	97	40	39	67	18	19	114	27	8	3	3	2	3	294	7
<i>Pupilla muscorum</i>	17	—	1	—	1	—	—	2	—	1	6	8	—	6	21	46	704	47	42	7	6	35	1476
<i>Vallonia costata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	3	—	—	19
<i>Vallonia pulchella</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Limacidae sp. div.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	1	18	117
<i>Perpolita radiatula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trichia hispida</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Clausilia parvula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Succinea oblonga</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	5	—	—	2	—	6	155
Gesamtzahl	18	1	1	3	1	1	36	45	97	41	45	75	18	25	135	75	720	51	47	15	12	353	1828

Tab. 1. Die Molluskenfauna von Wiesbaden-Gräselberg (Fortsetzung)

Probe	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
<i>Arianta arbustorum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
<i>Chondrula tridens</i>	—	—	1	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	1	3	2	2
<i>Helicopsis striata</i>	—	—	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	11	—	—
<i>Columella columella</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pupilla sterrii</i>	37	—	1	4	1	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
<i>Pupilla loessica</i>	11	—	—	—	1	—	1	1	12	2	—	1	1	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pupilla muscorum</i>	712	14	16	22	8	4	2	2	23	259	247	8	—	2	2	26	4	1	4	5	40	197	—
<i>Vallonia costata</i>	8	—	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	6	57	313	6
<i>Vallonia pulchella</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
Limacidae sp. div.	55	—	—	1	—	—	—	—	1	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
<i>Perpalita radiatula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Trichia hispida</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Clausilia parvula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Succinea oblonga</i>	335	1	4	3	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	6	1	—	—	—	—	3	3
Gesamtzahl	1158	15	26	35	9	6	4	5	40	263	250	9	1	2	2	39	5	5	9	19	127	561	—

und spätwürmzeitlichen Schichten des Profils Wallertheim im nördlichen Rheinhessen vor (Tab. 3, Abb. 5 u. 6). Zur Ergänzung wurden noch von anderen Aufschlüssen einige Horizonte analysiert: aus dem Steinbruch Dyckerhoff in Wiesbaden (Tab. 4, I–III; Abb. 7, I–III), dem Aufschluß am Transformatorenhäuschen in Weilbach – zwischen Wiesbaden und Frankfurt/M. (Tab. 4, IV–V; Abb. 7, IV–V) und dem Autobahneinschnitt Schierstein/Wiesbaden (Tab. 4, VI–VII; Abb. 7, VI–VII) die Humuszonen des Altwürms, aus der Basaltgrube am Michelsberg bei Ochtendung/Neuwieder Becken ein jungwürmzeitlicher Interstadialhorizont (Tab. 4, VIII; Abb. 7, VIII) und die spätglaziale Schwarzerde (Tab. 4, IX 1–5; Abb. 7, IX 1–5)<sup>2</sup>.

## 2. Profile

Profil am Gräselberg, Zgl. Speicher & Co (A. SEMMEL 1968, S. 18)

Lößfolge mit einem durch Bohrungen nachgewiesenen Humuszonenkomplex, den sogenannten „Mosbacher Humuszonen“ des Altwürms im Liegenden<sup>3</sup>). Darüber durch Abbau erschlossen eine etwa 7 m mächtige Lößfolge, die durch zahlreiche Naßböden gegliedert wird. Auffallendste Bodenbildungen sind ein etwa 1 m über dem Grubenboden kräftig ausgebildeter Naßboden = Gräselberger Boden, der ins Mittelwürm gehört und ein mehr bräunlich gefärbter Bodenhorizont = Hainerberger Boden, der das Mit-

<sup>2</sup>) Herr Dr. Dr. E. KOPP, Institut für Bodenkunde der Universität Bonn, machte mich freundlicherweise auf die spätglaziale Schwarzerde und den Wirbeltierhorizont im Aufschluß am Michelsberg aufmerksam.

<sup>3</sup>) Einteilung in Alt-, Mittel- und Jungwürm nach P. WOLDSTEDT 1960.

telwürm nach oben abschließt. Die Jungwürmfolge über dem Hainerberger Boden ist durch mehrere mit E<sub>1</sub> bis E<sub>4</sub> = Erbenheimer Böden bezeichnete Naßböden gegliedert. Kieslagen geben den Hinweis, daß die Lößakkumulation nicht nur durch Bodenbildungen, sondern auch durch Solifluktsions- oder Abspülungsphasen unterbrochen wurde. Die im Aufschluß zugängliche Lößfolge des Mittel- und Jungwürms wurde noch etwa 1 m unter Grubensohle aufgegraben bis in den Cc-Horizont der stark abgetragenen letztwarmzeitlichen Bodenbildung. Dabei wurden die altwürmzeitlichen Humuszonen nicht angetroffen, nur die Reste des Bt der letztinterglazialen Parabraunerde. — Aus der gesamten Abfolge vom letztinterglazialen Boden bis in den unteren Bereich des rezenten Bodens wurden 75 Proben in ununterbrochener Folge im Abstand von 10 cm entnommen (Tab. 1, Abb. 1 u. 2).

Profil am Hainerberg (A. SEMMEL 1968, S. 17)

Lößfolge des Mittel- und Jungwürms mit eingeschalteten Boden- und Solifluktsionshorizonten ähnlich denen im vorstehenden Profil. Die Probenentnahme erfolgte in der gleichen Weise wie im vorgenannten Profil doch nur im oberen Teil des Gräselberger Bodens bis etwa 1 m darüber (Pr. 47—41), dann weiter in ununterbrochener Folge vom oberen Teil des Hainerberger Bodens wiederum bis in den Cc-Horizont der rezenten Parabraunerde (Pr. 34—5; Tab. 2, Abb. 3 u. 4).

Profil Wallertheim (O. SCHMIDTGEN & W. WAGNER 1929; W. FAULER 1938)

Das Profil ist für die Kenntnis der letzteiszeitlichen Klimageschichte wichtig, weil hier die altwürmzeitlichen Humuszonen im Zusammenhang mit letztinterglazialen Bildungen gut aufgeschlossen sind (es sind allerdings nur zwei Humuszonen deutlich zu erkennen).

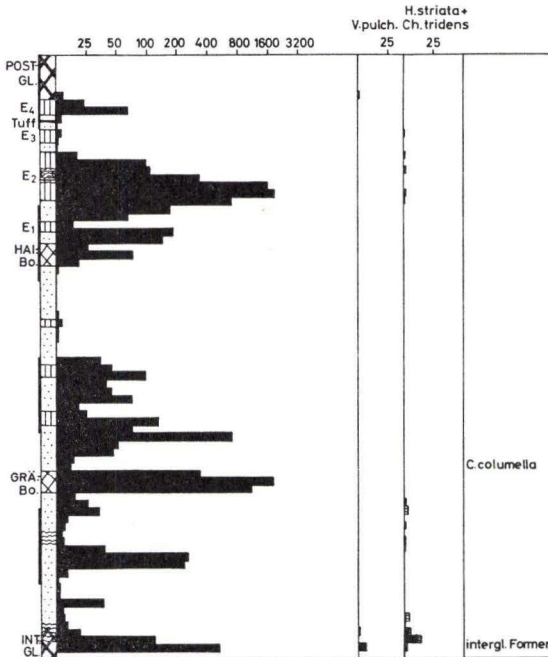


Abb. 1. Molluskendiagramm von den würmzeitlichen Lößsedimenten aus der Zgl. Speicher & Co am Gräselberg in Wiesbaden (die Zahlenwerte geben die Häufigkeit der Mollusken in jeder Probe an).



Abb. 2. Molluskenspektren von den würmzeitlichen Lösssedimenten aus der Zgl. Speicher & Co am Gräselberg in Wiesbaden (Aufstellung des Spektrums nach V. LOŽEK 1964, S. 54ff. – Anteil der Arten in Prozentzahlen).

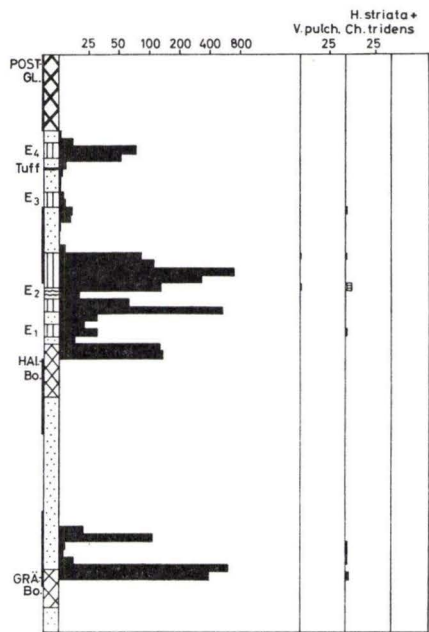


Abb. 3. Molluskendiagramm von den würmzeitlichen Lösssedimenten am Hainerberg in Wiesbaden.

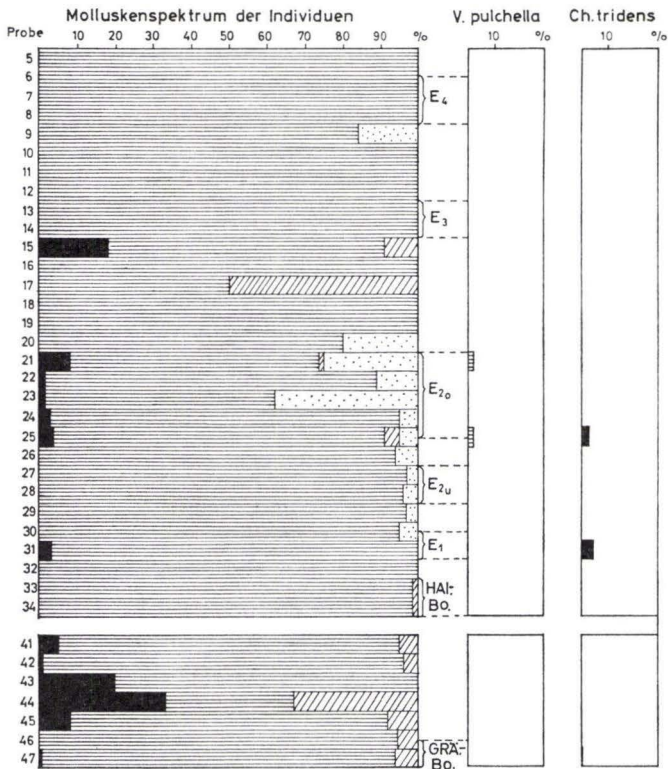


Abb. 4. Molluskenspektren von den würmzeitlichen Lösssedimenten am Hainerberg in Wiesbaden.

Tab. 2. Die Molluskenfauna

Probe	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21
<i>Ceciliooides acicula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	+	—
<i>Chondrula tridens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Helicopsis striata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2
<i>Pupilla stierri</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
<i>Pupilla loessica</i>	2	12	79	52	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	5
<i>Pupilla muscorum</i>	—	—	—	—	—	1	2	2	3	5	1	8	1	4	38
<i>Vallonia costata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	7	2	—	—	13
<i>Vallonia pulchella</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Limacidae sp. div.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1
<i>Succinea oblonga</i>	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	22
Gesamtzahl	2	12	79	52	6	4	2	2	4	5	11	10	2	5	87

Die darüberliegende Lößfolge ist zum großen Teil umgelagert, so daß nur der obere Abschnitt des Jungwürms mit der spät- bzw. postglazialen Schwarzerde für Faunenuntersuchungen ausgewählt wurde. Die Pr. 59—62 stammen aus dem Bereich der letztinterglazialen Ablagerungen und Bodenbildung. Die fortlaufende Probenentnahme umfaßt dann einerseits die Humuszonen des Altwürms vom Liegenden bis ca. 1 m darüber (Pr. 58—28), die Pr. 27—1 die Schichten etwas unterhalb des „Kärlicher Tuffbändchens“ bis zur heutigen Oberfläche der rezenten Schwarzerde (Tab. 3, Abb. 5 u. 6).

### 3. Untersuchungsmethode und Darstellungsweise

Die Probenentnahme erfolgt derart, daß in lückenloser Folge 10 cm mächtige Lagen in einem Geviert von 30 × 40 cm abgetragen werden. Die dabei entnommene Probenmenge beträgt etwa 0,012 m<sup>3</sup> anstehenden Gesteins, das sind ca. 20–25 kg pro Probe. Die jeweilige Probenmenge als auch die Entnahme in lückenloser Folge sind erforderlich, um auch weniger häufig auftretende Formen und alle Änderungen in der Faunenzusammensetzung zu erfassen. Bei den Voruntersuchungen wurde die Mächtigkeit der abgetragenen Schichtenpakete zwischen 5 und 25 cm im 5 cm-Abstand variiert. Da ein exakt schichtenparalleles Entnehmen der Proben nicht möglich ist, erwies sich bei der Flächenausdehnung der 10 cm-Abstand als am günstigsten.

Für die Darstellung der Faunen wurden zwei verschiedene Methoden gewählt. Einmal wird die Häufigkeit der Individuen in den verschiedenen Schichten aufgezeichnet. Jede Schicht von 10 cm Mächtigkeit ist im Spektrum durch einen Balken dargestellt. Dabei gibt die Länge der Balken die Gesamtzahl der Schneckenschalen an. Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind die niedrigen Zahlenwerte auseinandergezogen, die höheren gedrängt dargestellt. Die Länge der Balken ist daher nicht unmittelbar miteinander vergleichbar. Wichtige Steppenformen wie *Helicopsis striata* und *Chondrula tridens* sind im Diagramm noch einmal gesondert dargestellt, ebenso *Vallonia pulchella*, eine Form klimatisch begünstigter Abschnitte. — Die andere Darstellungsart gibt den prozentualen Anteil verschiedener Gruppen für jede Schicht an (V. LOŽEK 1964, S. 54). Folgende Gruppen werden nach diesem Autor ausgedie-



von Wiesbaden-Hainerberg

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	41	42	43	44	45	46	47
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	3	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1
2	12	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—
91	398	283	19	5	10	17	1	—	1	—	4	42	14	104	2	—	1	3	—
13	41	33	99	11	54	525	31	20	31	14	130	95	5	2	2	1	7	592	367
—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1	6	—	—	2	—	—	—	—	2	2	1	4	—	1	1	35	25
13	273	19	7	1	2	24	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
119	724	349	140	17	66	568	33	21	33	14	136	139	21	111	5	3	10	631	395

1. Arten, die vorwiegend im Wald leben, aber auch andere Standorte meist mesophiler Prägung bewohnen können (*Cepaea nemoralis*, *Arianta arbustorum*); Signatur: weißes Feld.
2. Steppenarten (*Helicopsis striata*, *Chondrula tridens*, *Vertigo pygmaea*, *Pupilla sterri*); Signatur: schwarzes Feld.

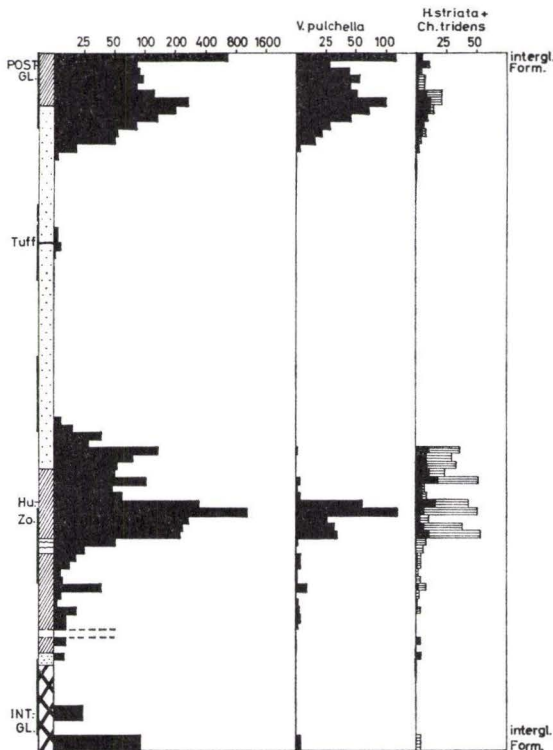


Abb. 5. Molluskendiagramm von den letztinterglazialen Bildungen und den würmzeitlichen Lösssedimenten der Zgl.-Grube Wallerheim/Rheinessen.

Tab. 3. Die Molluskenfauna von Wallertheim

Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	24	25	26	27	31	32	33	34	35	36	37	
<i>Cepaea nemoralis</i>	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cecilioides acicula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chondrula tridens</i>	—	1	2	4	6	13	9	2	1	1	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	22	24
<i>Helicella itala</i>	23	6	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Helicopsis striata</i>	—	—	2	1	—	8	12	12	8	5	5	2	1	—	—	—	—	—	—	1	1	1	11	8	9	
<i>Pupilla sterri</i>	—	—	—	1	1	2	15	4	2	3	2	3	—	—	—	—	—	—	—	1	3	3	—	1	—	—
<i>Zebrina detrita</i>	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pupilla muscorum</i>	1	2	3	4	4	10	63	46	25	13	9	11	5	—	1	2	3	—	5	8	29	14	58	32	5	
<i>Truncatellina cylindrica</i>	14	1	1	1	—	2	—	1	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vallonia costata</i>	536	47	32	26	25	39	84	61	50	29	16	14	8	2	2	1	2	2	1	4	7	12	44	17	16	
<i>Vallonia pulchella</i>	132	29	45	56	46	53	101	72	47	29	22	16	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—
<i>Vertigo pygmaea</i>	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
<i>Cochlicopa lubrica</i>	—	—	1	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Limacidae sp. div.	2	1	—	—	—	2	1	4	2	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	2	2
<i>Perpolita radiatula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trichia hispida</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Clausilia parvula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Clausilia dubia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
<i>Carychium tridentatum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Succinea oblonga</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Carychium minimum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vallonia enniensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vertigo antivertigo</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Varia	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesamtzahl	747	92	87	94	85	130	288	203	136	82	56	51	19	3	3	3	6	2	7	16	40	29	147	81	56	

Tab. 3. Die Molluskenfauna von Wallertheim (Fortsetzung)

Probe	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
<i>Cepaea nemoralis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ceciloides acicula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chondrula tridens</i>	13	35	3	3	28	46	7	31	45	8	6	3	3	1	3	6	2	—	2	—	—	—	—	—	4
<i>Helicella itala</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Helicopsis striata</i>	11	18	4	5	16	6	3	7	11	—	—	1	1	—	—	2	—	1	1	—	—	3	3	1	4
<i>Pupilla sterri</i>	—	1	—	1	7	11	—	1	6	2	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Zebrina detrita</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pupilla muscorum</i>	10	15	20	27	57	232	69	58	40	10	9	1	—	1	—	7	1	—	2	5	2	2	1	6	8
<i>Truncatellina cylindrica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vallonia costata</i>	16	26	19	21	148	566	166	108	89	16	7	6	2	1	3	8	3	1	10	—	7	5	1	3	19
<i>Vallonia pulchella</i>	—	3	2	4	62	140	27	33	35	2	—	3	3	1	1	9	—	1	2	4	1	—	—	—	43
<i>Vertigo pygmaea</i>	—	—	—	—	23	42	10	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cochlicopa lubrica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Limacidae sp. div.	1	4	1	—	22	36	11	10	10	8	2	2	4	2	—	4	—	—	—	1	—	—	2	5	12
<i>Perpolita radiatula</i>	—	—	—	—	1	24	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trichia hispida</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Clausilia parvula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Clausilia dubia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Carychium tridentatum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Succinea oblonga</i>	—	—	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
<i>Carychium minimum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
<i>Vallonia enniensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
<i>Vertigo antivertigo</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
Varia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4	234
Gesamtzahl	51	102	49	64	365	1103	295	251	240	50	25	18	13	6	7	39	6	3	18	10	10	10	9	20	365

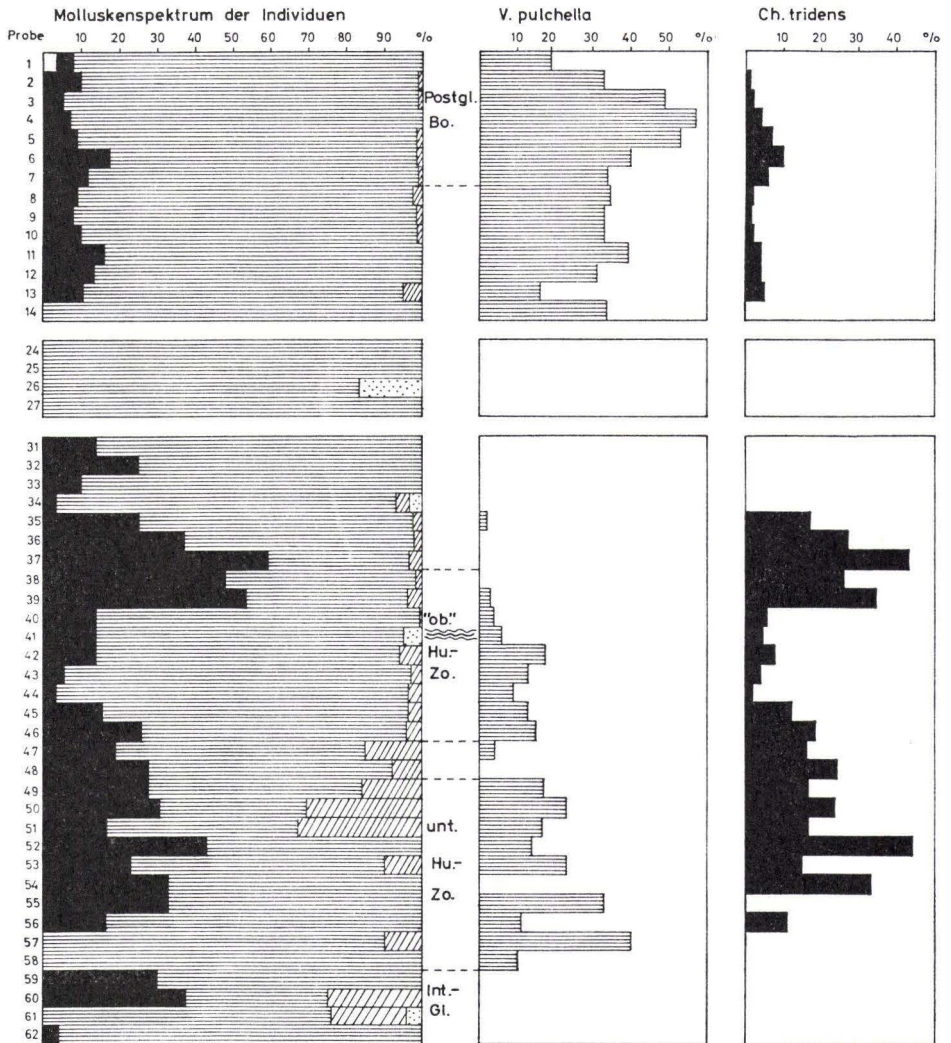


Abb. 6. Molluskenspektren von den letztinterglazialen Bildungen und den würmzeitlichen Lösssedimenten der Zgl.-Grube Wallertheim/Rheinhesen.

3. Arten, deren gemeinsame Eigenschaft ihre Waldfeindlichkeit ist, also die Bewohner der offenen Landschaft im breitesten Sinn (*Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*, *Vallonia pulchella*, *Columella columella* u. a.); Signatur: waagerechte Schraffur.
4. Zahlreiche Arten von ausgesprochen euryöker Prägung (*Cochlicopa lubrica*, *Trichia hispida*, *Perpolita radiatula* u. a.); Signatur: schräge Schraffur.
5. Arten, die zwar feuchtigkeitsliebend, jedoch nicht ausgesprochen sumpfbewohnend oder wassergebunden sind (*Succinea oblonga*); Signatur: gepunktetes Feld.

Tab. 4. Molluskenfauna verschiedener Profile

Probe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX <sub>1</sub>	IX <sub>2</sub>	IX <sub>3</sub>	IX <sub>4</sub>	IX <sub>5</sub>
<i>Abida frumentum</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chondrula tridens</i>	25	22	—	28	3	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Helicopsis striata</i>	9	5	1	6	8	92	23	2	2	1	2	1	2
<i>Pupilla sterrii</i>	2	23	3	8	3	—	—	—	—	3	1	5	—
<i>Pupilla loessica</i>	—	—	—	—	—	—	—	13	—	—	—	—	—
<i>Pupilla muscorum</i>	11	110	19	58	12	776	21	145	60	103	67	138	285
<i>Vallonia costata</i>	94	974	60	192	14	957	41	2	37	98	96	193	343
<i>Vallonia pulchella</i>	21	174	6	113	15	52	1	1	64	93	110	101	77
<i>Vertigo pygmaea</i>	1	40	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
<i>Cochlicopa lubrica</i>	1	5	—	9	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Limacidae sp. div.	35	58	1	16	2	28	5	—	—	2	—	2	2
<i>Trichia hispida</i>	—	—	—	2	5	13	—	—	1	—	1	1	—
<i>Succinea oblonga</i>	—	3	—	—	—	60	3	2	1	1	—	—	—
Varia	—	11	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesamtzahl	200	1425	91	436	62	1978	95	166	165	301	278	441	709

- I = Wiesbaden, Steinbruch Dyckerhoff, 1. Humuszone
- II = " " " " 2. "
- III = " " " " 3. "
- IV = Weilbach (zw. Wiesbaden u. Frankfurt), 1.-2. Humuszone unt. Teil
- V = " " " " 1.-2. " ob. Teil
- VI = Wiesbaden, Autobahneinschnitt Schierstein, 3. Humuszone
- VII = " " " " Umlagerungszone zw. Humuszonen u. Gräselberger Boden
- VIII = am Michelsberg b. Ochtendung/Neuwieder Becken, jungwürmzeitlicher Wirbeltierhorizont
- IX<sub>1-5</sub> = " " " " Lößfolge unter Laacher Bims (Pr. 1 oben)

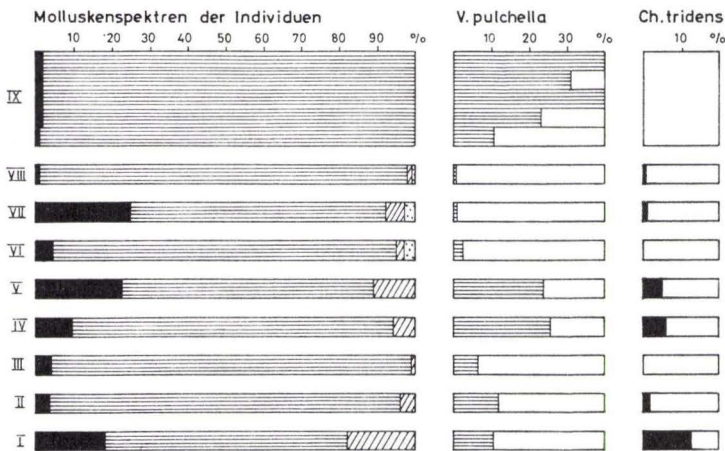


Abb. 7. Molluskenspektren von würmzeitlichen Lößsedimenten (Angabe der Profile bei Tab. 4).

#### 4. Die Molluskenfauna

Der überwiegende Teil der Proben erwies sich als fossilführend, so daß Molluskenspektren aufgestellt werden konnten. Der Individuenreichtum schwankt bei gleicher Probenmenge erheblich. Eine gewisse Tendenz der Faunenverteilung in den einzelnen Horizonten zeichnet sich dahingehend ab, daß sich die Häufigkeit der Formen oft auf die Bodenhorizonte konzentriert. Als Ursache dürfte hierfür in erster Linie die unterschiedliche Sedimentationsgeschwindigkeit in Betracht kommen. – Die wärmzeitlichen Molluskengesellschaften sind trotz ihrer Artenarmut oft recht verschieden zusammengesetzt, so daß zahlreiche Faunentypen unterschieden werden können (in Anlehnung an V. LOŽEK 1965, S. 61):

1. *Pupilla*-Fauna (Grundtypus aus reinen *Pupilla muscorum*-Beständen). Verbreitung: in allen Abschnitten der Würmzeit. Klima: trockenkalt.
2. *Pupilla*-Fauna mit *Succinea oblonga*. Verbreitung: in allen Abschnitten der Würmzeit. Klima: feuchtkalt.
3. *Pupilla loessica*-Fauna<sup>4)</sup> (Grundtypus mit reichlich *Pupilla loessica*, z. T. reine Bestände von *P. loessica*. – Diese Form gehört nach V. LOŽEK zu den hochkaltzeitlichen Lößarten). Verbreitung: im Mittel- und Jungwürm. Klima: extrem kalt und trocken.
4. *Pupilla*-Fauna mit *Columella columella*. Verbreitung: im Mittelwürm unmittelbar über dem Gräselberger Boden. Klima: extrem kalt, relativ feucht.
5. *Pupilla*-*Striata*-Fauna (Grundtypus mit *Helicopsis striata*, *Pupilla sterri*, *Vallonia costata*). Verbreitung: ausgehendes Altwürm bis Mittelwürm von Wallertheim; Jungwürm. Klima: trockenkalt.
6. *Striata*-Fauna (*Helicopsis striata* mit *Chondrula tridens* u. a.). Verbreitung: Humuszonen des Altwürms, spätglaziale Schwarzerde von Wallertheim. Klima: trocken und gemäßigt.
7. *Vallonia pulchella*-Fauna (*Vallonia pulchella* mit *Helicopsis striata* und *Chondrula tridens*, diese jedoch zahlenmäßig weit übertreffend). Verbreitung: mittlere Humuszonen des Altwürms; Spätglazial. Klima: trocken und sehr gemäßigt.
8. Fauna mit Sumpffarten (z. B. *Bithynia tentaculata*, *Gyraulus laevis*, *Planorbis planorbis*). Verbreitung: ausgehendes Interglazial von Wallertheim (Pr. 62, Sumpffarten unter Varia). Klima: gemäßigt.
9. Fauna des letzten Interglazials und des Postglazials: Wallertheim (Pr. 62 und 1).

#### 5. Faunenverteilung und Klimaablauf

Im Aufschluß der Ziegeleigrube Wallertheim/Rheinhessen (Tab. 1, Abb. 5 u. 6) sind noch heute unter einem stehengelassenen Rest von Lößsedimenten etwa in der Mitte des Grubenfeldes Schichten vorhanden, aus deren Bereich die durch SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) bekanntgemachten Artefakten- und Faunenfunde stammen dürften. Aus verschiedenen Lagen dieser dunkelgrauen und rostbraunen Schichten,

<sup>4)</sup> Herr Dr. V. LOŽEK war so freundlich, mir Vergleichsmaterial von dieser Form zuzuschicken, wofür ich ihm an dieser Stelle noch einmal ganz herzlich danken möchte.

z. T. auch aus sandigen Horizonten, wurden Molluskenfaunen herausgeschlämmt (Pr. 62–59), die – genau wie die Überprägung eines Teiles dieses Abschnittes zu einer Parabraunerde – auf wärmeres Klima deuten. Nach dem Profilaufbau und der morphologischen Position dürfte es sich um die Bildungen und Ablagerungen des letzten Interglazials handeln (s. a. W. FAULER 1938).

Während der letzten Eiszeit erfolgte dann in weiten Teilen des westlichen Europas über einen recht langen Zeitraum die Bildung von Lößsedimenten. Durch eine einschneidende Kaltphase bereits zu Beginn der Würmzeit (B. FRENZEL 1968, S. 54; H. REMY 1968, S. 140) waren durch weitgehende Vernichtung der Vegetation in bestimmten Gebieten schon weite Flächen freigelegt, aus denen eine Auswehung des Lößstaubes möglich gewesen sein muß. A. SEMMEL (1968, S. 27) hat in einigen Profilen Hessens zwischen dem letztwarmzeitlichen Boden und den Humuszonen eine unter periglazialen Bedingungen entstandene Fließerde gefunden, die nach ihm eine sehr frühe periglaziale Überformung der interglazialen Landoberfläche dokumentiert. In den Lößschichten des Wiesbadener Raumes und Rheinhessens traten in diesem frühen Abschnitt der Würmzeit noch keine hochkaltzeitlichen Molluskenformen auf, die auf eine solche Kaltphase hinweisen könnten, doch ist ihr Auftreten in anderen Gebieten belegt (U. STEUSLOFF 1933; H. REMY 1968, S. 123/124): *Columella columella* im Altwürm der ehem. Ziegeleigruben am Grafenberg bei Düsseldorf, im Altwürm der ehem. Lößgrube der Gebr. Weglau in Koblenz-Metternich und in den altwürmzeitlichen Knochenkiesen und Schneckensanden von Datteln und Wanne zusammen mit *Vertigo parcedentata*, einer weiteren hochkaltzeitlichen Molluskenart. Die Funde von *Columella columella* in den altwürmzeitlichen Ablagerungen des Kraichgauses (H. REMY 1968, S. 131) liegen stratigraphisch anscheinend etwas höher. Funde vom Moschusochsen in den altwürmzeitlichen Basisschichten am Mittelrhein (H. REMY 1968, S. 140) unterstreichen den durch die Molluskenanalysen gewonnenen Befund.

Nach diesem ersten bedeutenden frühwürmzeitlichen Kälteeinbruch und einer kräftigen Abtragungsphase, breiten sich im nördlichen Rheinhessen und im Rheingau *Striata*-Faunen aus. Die untersten Proben der Humuszonen in Wallertheim haben noch auffallend individuenarme Faunen geliefert, doch ist *Vallonia pulchella* vorhanden, deren Werte später in den Faunen rasch zunehmen, um dann aber bald allgemein abnehmende Tendenz zu zeigen. Sie wird von den mehr und mehr an Bedeutung gewinnenden ausgesprochenen Steppenarten zurückgedrängt. Der durchweg hohe prozentuale Anteil von *Chondrula tridens* etwa von der Mitte der unteren Humuszone an deutet auf die starke Verbreitung warmer Steppen.

Auf das erste starke Hervortreten der Steppenformen in den Faunen der unteren Humuszone folgt ein Rückgang im unteren Bereich der „oberen Humuszone“ in Wallertheim (diese Aussage bezieht sich nur auf den Aufschluß Wallertheim, weil von anderen Profilen noch keine durchlaufenden Faunenanalysen aus den Humuszonen vorliegen). Ob es sich bei diesem Rückgang um einen neuen Kälteeinbruch handelt, ist nicht zu erkennen. *Vallonia pulchella* fehlt zwar in einer Probe zwischen den beiden Humuszonen, doch ist *Chondrula tridens* relativ stark vertreten. Es sind bislang auch keine anderen Kriterien wie Eiskeile, Verwürgungen o. ä. in diesen Schichten des untersuchten Gebietes bekannt geworden (vgl. für andere Gebiete jedoch

B. FRENZEL 1968, S. 54). – Erneute und vielleicht die stärkste Ausbreitung der Steppenformen (bei auffallend starkem Rückgang von *Vallonia pulchella*) erfolgte im Profil Wallertheim dann im höheren Abschnitt der „oberen Humuszone“ oberhalb eines Umlagerungshorizontes, im Steinbruch Dyckerhoff/Wiesbaden in der mittleren Humuszone. *Chondrula tridens* ist ganz stark vertreten, so daß weiterhin ausgesprochen warme Steppen angezeigt sind. Die starke Verbreitung von *Striata*-Faunen läßt sich in Wallertheim auch noch in den Ablagerungen über den beiden deutlich sichtbaren Humuszonen feststellen. Gelegentlich war auch hier eine dritte schwache Humuszone zu erkennen. Sehr wahrscheinlich entspricht diese der oberen = 3. Humuszone in den Profilen des Wiesbadener Raumes. Dann wäre natürlich die „obere Humuszone“ von Wallertheim mit der mittleren Humuszone anderer Profile gleichzusetzen. – Das Altwürm klingt in Wallertheim mit *Pupilla-Striata*-Faunen aus.

Die Frage des altwürmzeitlichen Klimaoptimums ist nach den bisher vorliegenden Molluskenfaunen nicht ganz sicher zu beantworten, da sich einerseits die beiden für eine solche Deutung brauchbaren Schneckenarten *Chondrula tridens* und *Vallonia pulchella* in ihren optimalen Lebensbedingungen wahrscheinlich gegenseitig ausschließen, andererseits Zahl und Ausbildung der Humuszonen wechselt. Vorerst läßt sich feststellen, daß die stärkste Ausbreitung der Steppenformen im Profil Wallertheim im höheren Abschnitt der „oberen Humuszone“ (= mittlere Humuszone anderer Profile) und etwas darüber erfolgte (starkes Hervortreten von *Chondrula tridens*), die von *Vallonia pulchella* in der unteren Humuszone. Im Steinbruch Dyckerhoff dominiert auch *Vallonia pulchella* in der mittleren Humuszone. Vergleicht man jedoch dazu die absolute Häufigkeit der Formen in den verschiedenen Humuszonen, so liegt der höchste Anteil von *V. pulchella* in den altwürmzeitlichen Abschnitten auch in Wallertheim eindeutig in der „mittleren Humuszone“ (*Vallonia pulchella*-Faunen/Pr. 44–42). In diesen Proben tritt gleichzeitig *Vertigo pygmaea* und *Perpolita radiatula* auf. Der klimatisch begünstigste Abschnitt des Altwürms hätte daher im wesentlichen den Bereich der mittleren Humuszone umfaßt.

In der Aufeinanderfolge von Lößaufwehung und Humuszonenbildung drückt sich ein wiederholter Klimawechsel während der Altwürms aus. Die Vegetationsentwicklung läßt erkennen, daß die Humuszonen des österreichischen Raumes während der Interstadiale Amersfoort und Brörup gebildet worden sind und durch Kaltzeiten voneinander getrennt waren (B. FRENZEL 1968, S. 59). Wie die relativ wärme liebenden *Striata*-Faunen in den Profilen Rheinhessens und des Rheingauges zeigen, sind die altwürmzeitlichen Löße und Humuszonen dieses Raumes zum größten Teil unter gemäßigten Klimabedingungen entstanden. Wenn faunistische Beweise für Kaltzeiten zwischen den Humuszonen fehlen, so ist doch anzunehmen, daß auch hier die Humuszonenbildung in den gleichen Zeitraum fällt, wobei die untere Humuszone dem schwächeren Amersfoort-Interstadial, die mittlere und vielleicht auch die obere Humuszone dem bedeutenderen Brörup-Interstadial entsprechen dürfte (vgl. B. FRENZEL 1968, S. 61). – In anderen Gebieten der Rheintalzone scheint in diesem gesamten Abschnitt der Würmzeit mehr ein feuchtkaltes Klima geherrscht zu haben (*Pupilla*-Faunen mit *Succinea oblonga*, z. T. mit *Columella columella*).

Die Basis des Mittelwürms ist in den untersuchten Profilen noch nicht klar zu erkennen. In den Profilen Wallertheim und Wiesbaden/Gräselberg bilden *Pupilla*-



*Striata*-Faunen den Übergang zwischen Alt- und Mittelwürm. Während in Wallertheim das gesamte Mittelwürm weitgehend umgelagert ist und keine nennenswerten Faunen geliefert hat, ist dieses am Gräselberg durch mehrere Bodenhorizonte gegliedert. Allerdings liegen die Mittelwürm-Schichten an der Stelle der Probenentnahme direkt auf den Resten des letztinterglazialen Bodens, so daß hier das gesamte Altwürm fehlen dürfte. An anderen Stellen des Aufschlusses sind die Humuszonen aber durch Bohrungen unter der Abbausohle nachgewiesen worden (A. SEMMEL 1968, S. 18). – Der zwischen den altwürmzeitlichen Humuszonen und dem Hainerberger Boden = Paudorfer Bodenhorizont liegende Sedimentationsabschnitt ist durch noch stärkere Verarmung der Faunen gekennzeichnet. Im wesentlichen handelt es sich um *Pupilla*- und *Pupilla loessica*-Faunen. Der Anteil von *P. loessica* war in den *Pupilla*-Faunen zunächst noch sehr gering (trockenkalttes Klima). Im Laufe des Mittelwürms wird diese Form aber häufiger und tritt vor allem im Bereich der Naßbodenhorizonte sehr zahlreich auf (Tab. 1, Pr. 62; 52–51; 45–37). Das Klima dieser Abschnitte dürfte daher extrem kalt gewesen sein. Unmittelbar über dem Gräselberger Boden liegt eine *Pupilla*-Fauna mit *Columella columella* (Tab. 1, Pr. 51). Da diese sicher hochkaltzeitliche Art in den Profilen Rheinhessens und des Rheingaus bisher nur im Mittelwürm unmittelbar über diesem Bodenhorizont gefunden wurde, liegt es nahe, für diese Gebiete die stärkste Temperaturerniedrigung innerhalb dieses Bereichs anzunehmen. – Eine deutliche Erwärmung innerhalb des Mittelwürms ist in den Faunen nur im frühen Abschnitt zu erkennen, als sich noch einmal Steppenfaunen ausbreiteten, die an die des ausgehenden Altwürms erinnern (Pr. 62–56): im unteren Teil sind es Faunen mit *Helicopsis striata* und *Pupilla sterri*, in etwas höheren Horizonten auch noch mit *Chondrula tridens*. Eine Probe aus dem Profil vom Autobahneinschnitt Wiesbaden-Schierstein, die diesem Horizont gleich sein dürfte, zeigt eine ganz ähnliche Faunenassoziation<sup>5</sup>). Der durch *Chondrula tridens* angezeigte wärmer getönte Klimacharakter dieser Faunen wird hier noch durch das Vorhandensein von *Vallonia pulchella* unterstrichen. – Die in den Profilen sichtbaren Bodenhorizonte haben keine Faunen geliefert, die auf eine Erwärmung hinweisen: als sich der Gräselberger Boden bildete, scheint es im wesentlichen nur feuchter gewesen zu sein (*Pupilla*-Faunen mit reichlich *Succinea oblonga*); vom Hainerberger Boden ist nur der Unterboden mit *Pupilla*-Faunen erhalten geblieben.

Die Faunenverteilung läßt erkennen, daß die Lößbildung einerseits während der interstadialen Bodenbildung, andererseits aber auch während der extrem kaltzeitlichen Naßbodenbildung stark eingeschränkt war.

Mit dem beginnenden Jungwürm sind weiterhin *Pupilla*- und *Pupilla loessica*-Faunen verbreitet. In Verbindung mit Beobachtungen über Eiskeile sowie Anzeichen vom Einwirken solifluidaler Vorgänge (A. SEMMEL 1968, S. 17) dürften wir auch in diesem Abschnitt Hinweise auf weitere Kältemaxima der letzten Kaltzeit haben. Durch gehäuftes Auftreten von *P. loessica* fallen im Profil am Hainerberg besonders der obere Teil des E<sub>2</sub>-Naßbodens und der E<sub>4</sub>-Naßboden auf, im etwas gedrängteren Profil am Gräselberg liegen die Gipfel im E<sub>1</sub>-, E<sub>2u</sub>-, E<sub>2o</sub>- und E<sub>4</sub>-Naßboden (andere hochkaltzeitliche Formen sind auch hier nicht vorhanden). Das Klima dieses Ge-

<sup>5</sup>) Dieser Bereich entspricht der „Nieder-Eschbacher Zone“ (SEMMEL 1968, S. 30).

bietes war also auch im Jungwürm im wesentlichen trockenkalt mit mehreren extrem kalten Phasen. Diese liegen wie im Mittelwürm in den Naßbodenhorizonten. Man nimmt jedoch an, daß das Klima z. Z. der Naßbodenbildung feuchter wurde, ohne daß sich die Temperaturen im wesentlichen änderten (H. FREISING 1951); dennoch werden die Naßbodenhorizonte i. a. als Ergebnis einer Klimaschwankung im Sinne eines Interstadials aufgefaßt. Ein Hinweis für kaltes Klima ist aber die angeführte starke Verbreitung von *P. loessica*, für wesentlich geänderte Niederschlagsverhältnisse sind Anzeichen nur im Bereich des E<sub>2</sub>-Naßbodenkomplexes gegeben (*Pupilla*-Faunen mit reichlich *Succinea oblonga*). Vielleicht konnten sich die Naßbodenhorizonte allein schon durch eine stärkere Gefronnis des Bodens, dem damit verbundenen Wasserstau während der kurzfristigen Auftauzeiten und dem Nachlassen der Löbtaufwehung (Anhäufung der Individuen in den Horizonten) ausbilden. Da auch im Mittelwürm die Naßbodenhorizonte einen hohen Anteil von *P. loessica* in den Faunen aufweisen, liegt der Verdacht nahe, daß ein Teil der Naßbodenhorizonte Stillstandsphasen der Löbakkumulation innerhalb einer ausgesprochenen kalten Klimaperiode darstellt (vgl. jedoch H. ROHDENBURG & B. MEYER 1966, S. 127). Naßböden, die durch einen hohen Anteil von *Succinea oblonga* und das völlige Zurücktreten von *P. loessica* in den Faunen ausgezeichnet sind (wie z. B. der Gräselberger Boden im Mittelwürm) kennzeichnen andersgeartete Klimaphasen.

Eine wirkliche Klimabesserung innerhalb des Jungwürms ist nur im Grenzbereich Fließerde—E<sub>2</sub>-Naßboden oberer Teil zu erkennen, wo *Vallonia pulchella* und *Chondrula tridens* in den Faunen auftreten (Tab. 2, Pr. 25). Der prozentuale Anteil dieser beiden Formen ist allerdings äußerst gering, und eine klimatische Aussage wäre daher sehr gewagt; doch ist in diesem Zusammenhang der jungwürmzeitliche Horizont aus dem Aufschluß am Michelsberg bei Ochtendung interessant, der eine ganz ähnliche Molluskenfauna geliefert hat (Tab. 4, VIII). Mit dieser zusammen liegen zahlreiche Reste einer Wirbeltierfauna (u. a. Maulwurf, Zwergspitzmaus, Waldspitzmaus sowie Reste von Rothirsch und dem Reh)<sup>6</sup>). Die Schneckenfauna weist auf offene Landschaft, ein Teil der Wirbeltierarten aber auf Waldbestände. Das Ergebnis einer C<sup>14</sup>-Datierung liegt noch nicht vor, doch scheint auf Grund der Lagerungsverhältnisse dieser Horizont mit dem wärmeren Abschnitt des E<sub>2</sub>-Naßbodenkomplexes in den Profilen des Rheingaaues gleichzustellen zu sein. Während die Molluskenfauna eine Klimaänderung hier nur andeutet, drückt sich diese in der Wirbeltierfauna weit stärker aus. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß der Charakter der Faunen nicht nur von den klimatischen Verhältnissen abhängt, sondern auch von den Einwanderungsmöglichkeiten, die in diesem Abschnitt wegen der vorangegangenen starken Kälterückschläge (Faunen mit *P. loessica*) für die Wirbeltiere weit günstiger gewesen sein dürfte als für die Mollusken. Außerdem spiegelt die Molluskenfauna die lokalen Verhältnisse noch stärker wider. So kann allein schon das zahlenmäßig geringe Auftreten von *Chondrula tridens* und *Vallonia*

<sup>6</sup>) Herr Prof. Dr. E. v. LEHMANN vom Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig in Bonn hat freundlicherweise die Bearbeitung dieser Fauna übernommen. Das Zitat einiger Arten erfolgte nach seinen Angaben. Eine vollständige Aufzählung der Arten und Darstellung erfolgt an anderer Stelle, wenn auch die C<sup>14</sup>-Datierung vorliegt.

*pulchella* auf bedeutendere Klimaveränderungen hinweisen. Daraus wäre zu folgern, daß es im oberen Bereich des E<sub>2</sub>-Naßbodenkomplexes zu einer nicht unbedeutenden Klimabesserung innerhalb des Jungwürms gekommen ist. Zeitlich könnten diese Ablagerungen den Bildungen des „Lascaux-Interstadials“ Südfrankreichs = „Ula-Interstadial“ Südost-Litauens entsprechen. Zu dieser Zeit war es bereits am Westrand des französischen Zentral-Plateaus zur Ausbreitung von Gehölzen aus Eichen, Ulmen und Haselnuß gekommen; in Litauen gediehen Kiefern, Fichten, Birken, Weiden und Erlen (B. FRENZEL 1967, S. 222). Die Wirbeltierfauna vom Michelsberg mit Rothirsch, Reh u. a. weist auf Waldbestände auch im Gebiet des Neuwieder Beckens hin.

Daraus folgt zwangsläufig, daß der Komplex des E<sub>2</sub>-Naßbodens nicht nur durch den Umlagerungshorizont sondern auch durch eine interstadiale Faunenvergesellschaftung in drei Einheiten gegliedert ist: unterer E<sub>2</sub>-Naßbodenhorizont mit *Pupilla*-Faunen (*Pupilla*-Faunen mit *Succinea oblonga*, z. T. reichlich *Pupilla loessica*), Umlagerungshorizont mit wärmer getönter Interstadial-Fauna im Hangenden und oberer E<sub>2</sub>-Naßbodenhorizont wiederum mit *Pupilla*-Faunen. Da außerdem nach A. SEMMEL (1968, S. 124) der Umlagerungshorizont eine kräftige Abtragungsphase der Würmzeit darstellt und ihm eine entscheidende morphologische Bedeutung zukommt, erscheint die Zusammenfassung der Naßbodenhorizonte unter als auch über der jungwürmzeitlichen Diskordanz als E<sub>2</sub>-Naßboden etwas unglücklich.

Oberhalb des E<sub>2</sub>-Naßbodenkomplexes liegen im Rhein-Main-Gebiet Faunen, die erneut auf trockenkaltes Klima weisen (vielleicht auch im Neuwieder Becken); in der übrigen Rheintalzone scheint es dagegen weiterhin mehr feuchtkalt geblieben zu sein (z. T. recht hoher Anteil von *Succinea oblonga* in den Faunen). Die Lößbildung hielt noch bis ins Spätglazial an, als sich bereits wieder gemäßigtere Faunen ausbreiteten, die zum Postglazial überleiten. So sind im Profil Wallertheim in den Lößschichten unterhalb des Schwarzerdehorizontes und in diesem selbst *Striata*-Faunen und *Vallonia pulchella*-Faunen verbreitet. *Vallonia pulchella* tritt in diesen Faunen viel stärker hervor als in denen der Humuszonen des Altwürms. In einer Probenuntersuchung im 5 cm-Abstand (Paralleluntersuchung) zeichnen sich zwei Faunengipfel deutlich ab: ein schwacher etwas unterhalb der Basis des Schwarzerdehorizontes (in Abb. 6 etwas stärkeres Hervortreten von *Chondrula tridens*) und ein deutlich ausgeprägter in diesem selbst. Für die stratigraphische Einordnung dieser Faunen ist wieder das Profil Ochtendung im Neuwieder Becken (Tab. 4, IX 1–5; Abb. 4, IX 1–5) wichtig. Hier sind ganz ähnliche Faunenassoziationen vorhanden, nur daß der Anteil der Steppenelemente nicht so hoch liegt wie in Wallertheim. Da die Faunen in Ochtendung eindeutig in Schichten unter allerödzeitlichem Tuff auftreten, liegt eine Zuordnung zu den Interstadialen Bölling und Alleröd sehr nahe, zumal auch eine tiefere stratigraphische Einstufung auf Grund des Profilaufbaues ganz unwahrscheinlich ist. Vielleicht ist der schwache Faunengipfel mit dem Bölling-Interstadial, der deutlich ausgeprägte mit dem Alleröd-Interstadial zu parallelisieren, obwohl im gesamten Faunenkomplex keine Anzeichen für eine Kaltphase vorliegen, die die beiden Interstadiale bekanntlich trennt. — Die spätglazialen Interstadial-Faunen von Wallertheim gehen in die postglazialen Faunen über (Tab. 3, Pr. 1), die ebenfalls eine offene Landschaft charakterisieren.

## 6. Zusammenfassung

Im Gebiet von Wiesbaden und des nördlichen Rheinhessischen Hügellandes wurden die wärmzeitlichen Schichten einiger Lößprofile systematisch auf ihren Fossilinhalt untersucht und Molluskendiagramme aufgestellt, die auch kleinere Klimaschwankungen erkennen lassen. Dabei gibt die Faunenzusammensetzung Auskunft über die unterschiedlichen Klimaverhältnisse im Laufe der Würmzeit, die Faunenverteilung Aufschluß über Stillstandsphasen der Lößbildung. — Als sich im Altwürm Humuszonen bildeten, waren in diesen Gebieten warme Steppenfaunen verbreitet (*Striata*-Faunen). Das Klimaoptimum belegen *Vallonia pulchella*-Faunen im Bereich der mittleren Humuszone. Das überwiegend trockenkalte Klima des Mittel- und Jungwürms mit *Pupilla*- und *Pupilla loessica*-Faunen wird von mehreren wärmeren Phasen unterbrochen: *Striata*-Faunen im frühen Mittelwürm, Verlehmung am Ende des Mittelwürms (Hainerberger Boden = Paudorfer Horizont) und *Striata*-Faunen innerhalb des Jungwürms. Gehäuftes Auftreten hochkaltzeitlicher Schneckenarten (*Pupilla loessica*, *Columella columella*) in einigen Naßbodenhorizonten bezeichnet extrem kalte Phasen während des wärmzeitlichen Klimaablaufs.

## Schriftenverzeichnis

- Fauler, W.: Das Deckschichtenprofil und das geologische Alter der Moustirstation von Wallertheim (Rheinhessen). — Jber. u. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F. **27**, S. 116 bis 140, 7 Abb., Stuttgart 1938.
- FREISING, H.: Neue Ergebnisse der Lößforschung im nördlichen Württemberg. — Jh. geol. Abt. württemb. statist. L.-A., **1**, S. 54—59, Stuttgart 1951.
- FRENZEL, B.: Zur Pollenanalyse von Lössen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **15**, S. 5—39, Öhringen/Württ. 1964.
- Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. — Die Wissenschaft, **129**, Braunschweig 1967.
- Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasiens. — Erdwiss. Forsch., **1**, Wiesbaden 1968.
- LOŽEK, V.: Quartärmollusken der Tschechoslowakei. — Rozpravy, **31**, 374 S., 32 Taf., Prag 1964.
- Das Problem der Lößbildung und die Lößmollusken. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **16**, S. 61—75, Öhringen 1965.
- REMY, H.: Zur Stratigraphie und Klimaentwicklung des jüngeren Pleistozäns in Mittel- und Westeuropa unter besonderer Berücksichtigung des Lösses. — Decheniana, **121**, S. 121—145, Bonn 1968.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B.: Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. — Mitt. deutsch. bodenkdl. Ges., **5**, S. 1—137, Göttingen 1966.
- SCHMIDTGEN, O. & WAGNER, W.: Eine altpaläolithische Jagdstelle bei Wallertheim in Rheinhessen. — Notizbl. Ver. Erdkde. Darmstadt, (V) **11**, 31 S., 12 Taf., Darmstadt 1929.
- SEMMEL, A.: Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — Frankfurter geogr. H., **45**, 133 S., Frankfurt/M. 1968.
- STEUSLOFF, U.: Grundzüge der Molluskenfauna diluvialer Ablagerungen im Ruhr-Emscher-Lippe-Gebiet. — Arch. Moll., **65**, S. 25—49, 97—120, 145—193, 233—244, Frankfurt/M. 1933.
- WOLDSTEDT, P.: Die letzte Eiszeit in Nordamerika und Europa. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **11**, S. 148—165, Öhringen 1960.

## Das vermutete Perm der Bohrung Lichtenau bei Rothenbuch (Buntsandsteinspessart)

Von

**HORST FALKE, Mainz**

Mit 6 Abbildungen

**Kurzfassung:** Der Profilschnitt der Bohrung Lichtenau im Liegenden des Buntsandsteins von 118 m bis 173 m (Endteufe), dessen Alter umstritten ist, wurde sediment-petrographisch, chemisch und paläontologisch untersucht. Das Ergebnis dieser Untersuchungen spricht dafür, daß diese Schichten eher dem Zechstein als einer älteren Formation angehören.

**Abstract:** The section below the Buntsandstein of the bore-hole Lichtenau from 118—173 m (base of the bore-hole), of which the age is disputed, has been investigated with sedimentological, chemical and paleontological methods. The result of such research points to a dating of these sediments as Zechstein rather than an older formation.

### 1. Einleitung

In den Jahren 1962/63 und 1964 wurde zwecks Wassererschließung die Versuchsbohrung Lichtenau (Bl. Rothenbuch R: 3532065, H: 5534550) niedergebracht (Abb. 1). Sie erreichte eine Endteufe von 173 m. Ihr Profil wurde gemeinsam mit den Herren Dr. WEINELT und Dr. WITTMANN vom Bayerischen Geologischen Landesamt, München, durch die Herren Dr. LAEMMLEN und Dr. THEWS vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, aufgenommen. Es wurde später von Herrn Dr. LAEMMLEN veröffentlicht (1967). Herr Dr. WITTMANN verwertete es für die Erläuterungen zum Blatt Rothenbuch, die demnächst erscheinen werden.

In dem 1964 aufgenommenen Bohrprofil legte man die Grenze des unteren Buntsandstein an die Basis von rotbraunen Silt- und Tonsteinen in einer Teufe von 115 m und sah die anschließende Abfolge bis 120 m aus grauen bis grauioletten Mergel- bis Tonsteinen mit einem dolomitischen Kalkbänkchen, einem blaugrauen, mergeligen, dolomitischen Kalk bis Dolomit und einem darunter folgenden Konglomerat als eine Vertretung des Zechsteinkalkes und des Zechsteinkonglomerates an. Die Schichten von 121 m bis zur Endteufe von 173 m wurden mit Vorbehalt in das Rotliegende gestellt. Jedoch schon Herr Dr. WEINELT sprach aufgrund von Fossilfunden in einer Teufe von 161/163 m die Vermutung aus, daß es sich bei diesen Schichten wohl weniger um marines Unterrotliegendes, wahrscheinlich aber um Zechstein handelt könnte.

Seitens des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung wurden in Absprache mit dem Bayerischen Geologischen Landesamt dem Verfasser die Bohrproben ab 121 m Tiefe zur weiteren Bearbeitung überlassen, wofür an dieser Stelle gedankt sei. Sie wurden in der folgenden Zeit sedimentpetrographisch, chemisch<sup>1)</sup> und paläontologisch bearbeitet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im folgenden mitgeteilt.

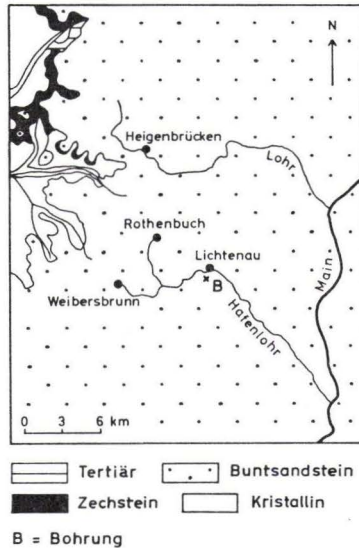


Abb. 1. Die geographische Lage der Bohrung Lichtenau.

## 2. Schichtprofil

(Abb. 2)

Die vorliegende Bohrung wurde als Meißelbohrung durchgeführt. Das dementsprechende Bohrgut war außerdem in einigen Fällen zusätzlich noch durch Nachfall verunreinigt. Infolgedessen war es zuweilen schwierig, einige Schichtwechsel, vor allem ihre Grenzen, genauer zu fassen.

### 2.1. Die Zusammensetzung der Schichten

Die o. a. Schwierigkeiten beginnen schon mit der wegen ihrer Fossilführung sehr wichtigen Basisabfolge, die von 161 bis zur Endtiefe von 173 m angetroffen wurde. Sie besteht vorwiegend aus hellgrauen bis dunkelblaugrauen, z. T. verunreinigten Kalken. Sie werden in dem folgenden Kapitel über den Karbonatgehalt der Schichtfolge genauer beschrieben. Nach dem vorliegenden Bohrgut sind in sie häufiger harte, graue bis dunkelgraue Tonmergel- bis Mergelsteine eingeschaltet, deren Sandgehalt

<sup>1)</sup> Den Herren Dr. HEIM, STAFF und THEUERJAHR sei an dieser Stelle für ihre Mitarbeit gedankt.

Schwankungen unterliegt. Sie weisen wie die mit ihnen vorkommenden, grauen bis rötlichgrauen, mittel- bis feinkörnigen Sandsteine eine unterschiedliche Glimmerführung auf. Diese Wechselfolge ist vor allem in den obersten 2 Metern vorhanden, in der auch schon rotbraune, milde Tonmergel auftreten. Sie folgen in einer Mächtigkeit von 2–3 m im Hangenden (Abb. 2). Ihr Gehalt an Glimmern<sup>2)</sup> („Illit“) beträgt etwa 50–65%, an einem Chloritmineral 15–25% und an Kaolinit maximal 3%. Das Bindemittel besteht aus Calzit (2–3%) und Dolomit (8–10%).

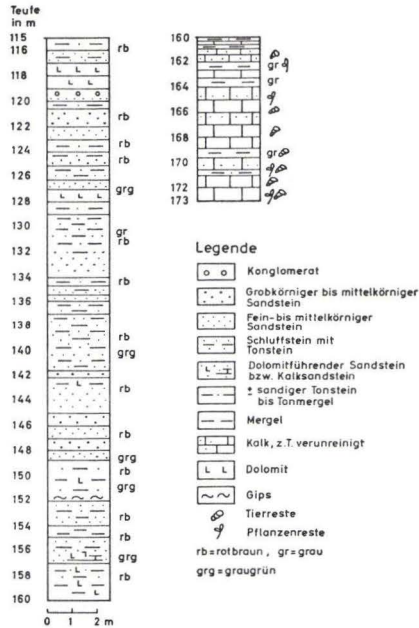


Abb. 2. Das Schichtprofil von 120 bis 173 m (Endteufe) der Bohrung Lichtenau.

Sie werden in den nächstfolgenden 5–6 m durch Silt- bis Mittelsandsteine abgelöst, die zuerst mehr grünlichgrau, dann vorherrschend rotbraun sind. Hierbei enthalten sie an der Basis etwa zwischen 156–157 m Dolomit. Aufgrund der Beschaffenheit des Bohrgutes läßt sich nicht genauer feststellen, ob es sich bei diesen Karbonatbestandteilen um geringmächtige Bänken oder um lokale Schmitzen handelt. Die Korngröße der klastischen Sedimente, soweit sie sich bei einem solchen Bohrgut exakt erfassen läßt, liegt im Mittel bei 0,063 mm, erreicht stellenweise 0,2–0,63 mm. Bemerkenswert durch seine Gipsführung ist der anschließende, zwischen 151–152 m durchteufte, rotbraune, sandige und karbonathaltige Tonstein. Er setzt sich wie folgt zusammen: 20–25% Quarz, 3–5% Feldspat, etwa 5%

<sup>2)</sup> Unter diesen Glimmern werden die Mineralien der Zerfallsreihe Muskowit–Illit verstanden.

Kaolinit, 30–45% „Illit“<sup>3)</sup>, 15–25% ein Chloritmineral und 2–5% Eisenoxydhydrat. In den folgenden drei Metern wird er etwas sandiger.

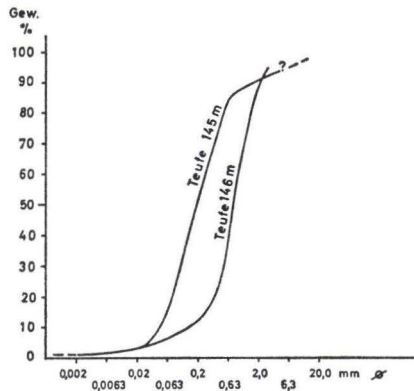


Abb. 3. Zwei Summenkurven von gröberem Sandstein aus dem Bereich der Teufe um 145 m der Bohrung Lichtenau.

Er leitet zu dem anschließenden Sandstein über, der in einer Mächtigkeit von 6–7 m von 142 m bis 148 m durchörtert worden ist. (Abb. 2) Seine Farbe ist an der Basis dieser Abfolge grünlichgrau, später vorwiegend rotbraun bis violett. Soweit es sich bei dem vorliegenden Material feststellen läßt, schwankt seine Korngröße zwischen 0,063–0,63 mm, also zwischen Fein- und Grobsand (Abb. 3). Letzterer kann bis zu 15% Feldspat enthalten, wobei die Plagioklas- die Orthoklas-Anteile überwiegen, wie es auch häufiger in den feinkörnigeren Sedimenten der Fall ist. Sein Bindemittel ist vorwiegend kalkig, teilweise dolomitisch z. B. in der Teufe von 142 m. Im Hangenden folgen von 142–129 m überwiegend Siltsteine, in die sich wiederholt gleich gefärbte, rotbraune, mehr oder weniger sandige, z. T. glimmerführende Tonsteine bis Tonmergel einschalten. Wo die sandigen Ablagerungen Grobsandcharakter annehmen wie z. B. zwischen 135–138 m, steigt der Feldspatgehalt bei Überwiegen des Orthoklasanteiles auf 5–7%. Die feinkörnigeren Sedimentanteile können, besonders in den zuvor erwähnten Profilschnitt, bis zu 60% Kaolinit enthalten. Neben den Glimmern<sup>3)</sup> tritt hin- und wieder auch ein Chloritmineral auf (bis zu 10%). Dieser zuletzt genannte Befund ist insofern von Bedeutung, als der relativ hohe Magnesiumgehalt nicht nur auf magnesiumführenden Calzit, sondern zugleich auch auf das Chloritmineral entfallen könnte, da Dolomit nur in einigen wenigen Fällen nachgewiesen werden konnte bzw. der Gehalt der Sedimente an diesem Mineral unter der Nachweisbarkeitsgrenze liegt. Auf jeden Fall weist die Karbonatführung Werte (4–10%) fast wie zuvor auf.

Nach einem zwischen 128–129 m angetroffenen, rotbraunen, mehr oder weniger sandigen und stärker feldspatführenden Tonstein folgt bis 120 m eine sandsteinreiche Abfolge, welche noch bei 121 m und zwischen 123–124 m durch markantere, rot-

<sup>3)</sup> s. Seite 119.



braune Ton- bis Siltsteine unterbrochen wird. Die karbonathaltigen Sandsteine sind überwiegend von der gleichen, zuweilen auch von einer hell- bis grünlichgrauen Farbe. Sie sind fein- bis grobkörnig, wobei besonders an der Basis und in 122 m Teufe ein Grobsandstein auftritt. Im erstgenannten Fall führt er bis zu 20%, zwischen 122–124 m 8–11% Feldspat, wobei mit Ausnahme der Teufe bei 124 m jeweils der Plagioklasanteil überwiegt (Abb. 4). Im Durchschnitt stellt er sich für diesen Profilabschnitt auf 3–5%. In den feineren Fraktionen dieser sandsteinreichen Schichtserie, vor allem nahe ihrer Basis, steigt der Gehalt an Muskowit bis zu 25%, jener an Biotit in den hangendsten Schichten bis zu 40% an. Sie enthalten neben einem 15–25% Gehalt an Glimmern<sup>4)</sup> auch ein Chloritmineral bis zu 5–10%. Über einen Tonsteinhorizont geht dieser Profilabschnitt in das schon früher erwähnte Konglomerat über, das vom Zechsteinkalk überlagert wird.

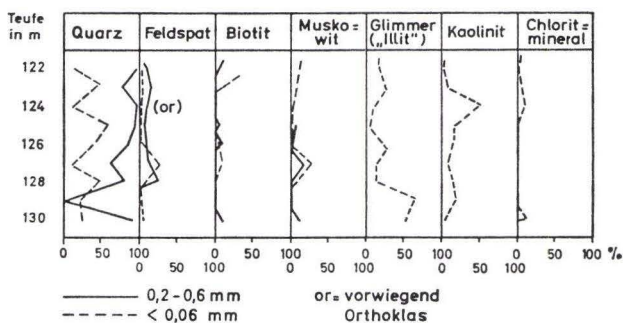


Abb. 4. Sedimentpetrographische Zusammensetzung des Profilabschnittes zwischen 130–120 m unter Berücksichtigung der Fraktionen 0,2–0,6 mm und < 0,06 mm der Bohrung Lichtenau.

Somit setzen sich diese Sedimente in ihrer Mächtigkeit von 53 m überwiegend aus einer Wechselfolge von Mittel- bis Feinsand-, Silt- und Tonstein zusammen, in die sich wiederholt karbonathaltige Lagen und ab 161 bis zur Endteufe Kalksteinbänken einschieben. Diese Schichtfolge ist stellenweise violett bis grünlichgrau gefärbt, besonders dort, wo ihr Karbonatgehalt ansteigt. Vorherrschend ist aber die rotbraune Farbe, die auf den Gehalt an Haematit (bis zu 3–5%) und an Goethit zurückzuführen ist. Er findet sich im Bindemittel wie als Film um die Quarzkörner. Sie sind meist kantengerundet, soweit sich bei der Beschaffenheit des Bohrgutes in dieser Hinsicht eine exakte Aussage machen läßt. Dies trifft ebenfalls auf die Korngröße zu. Abgesehen von der Konglomeratführung am Top der Schichtfolge beträgt sie bei den relativ größeren Sandsteinen maximal 2 mm, im Mittel etwa 0,2–0,63 mm. Ihr Feldspatgehalt kann bis zu 20%, im Durchschnitt 5–10% betragen. Die vorherrschend feinkörnigeren Sedimente führen Biotit, Muskowit, überwiegend „Illit“<sup>4)</sup> (bis zu 60–70%), ein Chloritmineral (10–30%) und Kaolinit (im Durchschnitt 2–4%). Sie sind häufiger karbonhaltig gleich den größeren Ablagerungen, deren Bindemittel z. T. auch tonig und meist eisenschüssig ist.

<sup>4)</sup> s. Seite 119.



Sie leiten über zu der kalksteinreichen Basisabfolge des Profils von 161–173 m Teufe. Ihr  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt beträgt maximal 90,3%, sein niedrigster Wert 34%. Im Durchschnitt schwankt er um 70–75%, so daß überwiegend ein Mergelkalk bis mergeliger Kalk vorliegt. Dieser Kalk ist am wenigsten zwischen 164–167 m und zwischen 170–173 m durch Quarz und Tonsubstanz verunreinigt, am meisten zwischen 160–164 m, wo auch zwischen ihnen wiederholt Mergel mit einem bis zu 7% ansteigenden  $\text{MgCO}_3$ -Gehalt auftreten. Letzterer nimmt zum Liegenden bis auf Werte von weniger als 0,5% ab. Pyrit ist ein häufiger Bestandteil in der gesamten Karbonatfolge.

Der Kalk in 162 m Teufe enthält neben Onkoiden und Pellets sehr häufig „Ooide“ in einer mikritisch-sparitischen Grundmasse. Zuweilen sind vor allem die „Ooide“ in einem Beutel vereinigt, der von einem bis mehreren Säumen aus mikritischer bis sparitischer Kalkspatsubstanz gebildet wird. Ähnliche Bildungen beschreibt QUESTER (1962). Bei ihnen dürfte es sich wohl um Algenabscheidungen handeln. Algenkörper wie Reste von ihnen und von anderen Fossilien sind in der Grundmasse dieser beutelartigen Strukturformen eingeschlossen.

Andere Kalksteintypen in der Teufe 165, 169, 170–173 m setzen sich vorwiegend aus Mikrit zusammen, der stellenweise durch Umkristallisation in Sparit umgewandelt worden ist. Dieser ist jedoch relativ gering, so daß es sich vorwiegend um mikritischen Mergelkalk handelt. Gelegentlich enthält er Pellets, vor allem aber Reste von Fossilien, die hinsichtlich einer Aussage über die Alterstellung der Schichten von Bedeutung sind, wovon noch später die Rede sein wird.

Aus gleichen wie aus milieubedingten Gründen ist auch der Sulfatgehalt des Profiles erwähnenswert. Er setzt in der Form von Gips zwischen 141–143 m Teufe mit einem Betrag von 2,17% ein. Er erreicht bei 145 m etwa 4,5%, zwischen 151 bis 154 m ca. 5,8% und in einem Tonstein bei 152 m sogar ca. 30%. In den zwischenliegenden Schichten schwankt er zwischen 2–3% und 0,5–1% (Abb. 4). Bezeichnend ist, daß dort, wo er sein Maximum erreicht, auch Dolomit auftritt. Diese Sulfatbildungen lassen Rückschlüsse auf zeitweilige Milieuveränderungen zu, die noch bei der Darstellung der paläogeographischen Verhältnisse zu berücksichtigen sind.

### 2.3. Der $\text{B}_2\text{O}_3$ -Gehalt der klastischen Sedimente (Abb. 6)

Im Zusammenhang mit der Beurteilung der Ablagerungsbedingungen im Sedimentationsraum ist auch der  $\text{B}_2\text{O}_3$ -Gehalt erwähnenswert, obwohl in dieser Beziehung die Untersuchungsergebnisse der letzten Jahre erwiesen haben, daß seine Bedeutung hierfür erheblich überschätzt wurde.

Dennoch ist bemerkenswert, daß er im gesamten Profil meistens über 0,05%, im Durchschnitt bei 0,06% liegt. Erstaunlicherweise zeigt er aber in den gipsführenden Schichten keinen abnorm hohen Wert. So beträgt er für den Abschnitt 140–148 m, wo der Gipsgehalt bis zu 4,5% ansteigen kann, maximal 0,085%. Dieser Befund mag vielleicht darauf zurückzuführen sein, daß in diesem Bereich stärker sandige Sedimente auftreten, d. h. daß ihr Ton-, insbesondere ihr „Illit“-Gehalt, auf den alle  $\text{B}_2\text{O}_3$ -Bestimmungen bezogen worden sind, mit 20–30% sehr niedrig ist. Trotzdem würde bei den Tonsteinen in 152 m Teufe, die sich mit 30% Gips als eine Salinar-

fazies ausweisen, ein höherer Wert als 0,075 erwartet werden, zumal hier ein Gehalt an Glimmern<sup>5)</sup> bis zu 50% festgestellt werden konnte.

Die bekannten Beziehungen zwischen ihnen und dem  $B_2O_3$ -Gehalt können auch im vorliegenden Fall durch folgende Beispiele nachgewiesen werden. So erreicht er in 124 m Teufe bei einer Glimmerführung von 50–65% mit 0,14 seinen höchsten, in 159 m Teufe bei einem gleichen Gehalt den zweithöchsten Wert von 0,016%, dagegen in 145 m Teufe einen solchen nur von 0,050% bei einem „Illit“-Gehalt von 15–20%.

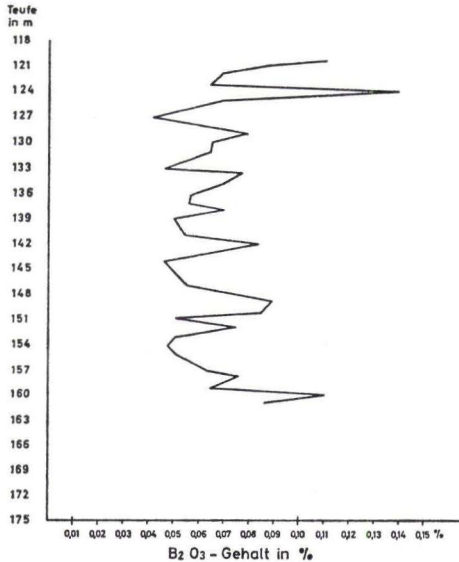


Abb. 6. Die vertikale Verteilung des  $B_2O_3$ -Gehaltes in den klastischen Sedimenten des Profilschnittes von 120–160 m der Bohrung Lichtenau.

Diese Beispiele würden sich noch um eine Vielzahl von Fällen vermehren lassen. Damit ist es auch verständlich, daß er in den sandsteinreicheren Partien am geringsten ist (Abb. 5). Dennoch ist sein Durchschnittswert mit 0,060 für das gesamte Profil verhältnismäßig hoch, ein Befund, der noch bei der später zu erörternden Altersstellung der Schichten eine gewisse Berücksichtigung finden wird.

### 3. Die Altersstellung der Schichten und die hieraus zu ziehenden Folgerungen

Da die zuvor beschriebenen Sedimente im Liegenden des Buntsandsteines vorkommen und einer Abfolge aus dolomitischem Kalk bis Dolomit mit einem Basis-konglomerat, das zum Zechstein gestellt wird, könnten sie nach ihrem Aufbau usw. dem Rotliegenden angehören. Jedoch würde in erster Linie das höhere Oberrotliegende in Frage kommen. Dafür spricht, nicht im einzelnen, sondern insgesamt gesehen, ihre fast durchgehende Rotfärbung, die teilweise frische Erhaltung der Komponenten, vor allem der Feldspäte, und der Dolomit wie Gipsgehalt. Die zuletzt genannten Bestandteile bedeuten in dieser Beziehung zugleich aber auch insofern eine Ein-

<sup>5)</sup> s. Seite 119.

schränkung, als man dort, wo sie in dem Rotliegendbecken Süddeutschlands im gleichen Umfang auftreten, geneigt ist, ihre Begleitschichten schon als eine terrestrische Vertretung des Zechsteines anzusehen (FALKE 1965, LIETZ 1968).

Die kalksteinreiche Abfolge von 161 m bis zur Endteufe der Bohrung ist ebenfalls nichts Ungewöhnliches für das Oberrotliegende, da in seinem Profil hier und dort Kalke vorhanden sein können wie z. B. die Jakobsweiler Kalkbank in der Pfalz. Im vorliegenden Falle ist aber der fast durchgehende und teilweise hohe Karbonatgehalt im Gesamtprofil für diesen Zeitabschnitt ungewöhnlich hoch. Wenn also für seine Einordnung in das Unterperm gewisse Bedenken geltend gemacht werden, so treffen sie noch vielmehr für seine Eingliederung in das Karbon zu. Im Hinblick auf die Gipsführung würden sie im gleichen Umfang für eine Zuordnung zum Oberdevon geltend gemacht werden können, auch wenn sich in dem Bohrgut der Basisabfolge Gesteinssplitter befinden, die, wenn auch mit Vorbehalt, als Tonschiefer und Grauwacke angesprochen werden können. Deshalb vertrat Verfasser zuerst die Ansicht, als in diesen Schichten des Profiles marine Fossilien gefunden wurden, daß es sich hierbei um zur Rotliegendzeit eingeschwemmtes Material aus älterem Paläozoikum handeln könnte. Gegen eine Einstufung in das Oberdevon spricht ebenfalls die Tatsache, daß die Sedimente keine Hinweise auf eine tektonische Beanspruchung aufweisen.

Unter Berücksichtigung der Zusammensetzung des Profiles, der Beschaffenheit einzelner Schichten wie ihres marinen Fossilinhaltes würde also nichts gegen seine Zugehörigkeit zum Zechstein sprechen, ausgenommen seine Mächtigkeit im Bereich des Spessart, die uns noch später bei der Darstellung der paläogeographischen Verhältnisse beschäftigen wird. Jedoch muß betont werden, daß die Zusammensetzung der Schichtserie und der Aufbau der einzelnen Schichten verständlicherweise keine eindeutige Aussage darüber machen, ob dieser Profilabschnitt dem höheren Oberrotliegenden oder schon dem Zechstein entspricht.

Deshalb war es von großer Bedeutung, daß es Dr. WEINELT vom Bayerischen Geologischen Landesamt, München, gelang, bei der Aufnahme des Profiles in den Basisschichten Foraminiferen zu entdecken. Sein Fund wurde später durch die von dem Kalkstein aus 162 und 163 m Teufe angefertigten Dünnschliffe bestätigt, was ihn vermuten ließ, daß diese Schichten dem Zechstein angehören könnten. Eine Bestimmung dieser Fossilien durch Dr. ZIEGLER vom gleichen Amt ergab „für den Dünnschliff aus 162 m Teufe *Glomospira milioloides* (JON PARK & KIRBY), für eine Schlämmprobe aus gleicher Teufe und aus 163 m eine *Ammodiscus*-Fauna mit *Hyperamina* sp. sowie Cidaridenstacheln“. Damit war der marine Ursprung der Einbettungssedimente, aber noch nicht ihr Zechsteinalter bewiesen. In Mainz aus der gleichen Schicht angefertigte Dünnschliffe wiesen ebenfalls Foraminiferen auf. Nach einer Mitteilung von Prof. HILTERMANN, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, der liebenswürdigerweise ihre Bestimmung übernommen hatte, konnte sie infolge der beschränkten Erkennbarkeit der Formen etc. leider nicht durchgeführt werden. Ein einziges Exemplar dieser Foraminiferen ließ noch die Aussage zu, daß es sich um eine zu der Familie der Tournayellidae zu stellende Form handeln könnte. Sie tritt vom Devon bis Perm auf, so daß damit auch keine genauere Alterbestimmung erreicht war.

Diese Ergebnisse veranlaßten Verfasser zur Herstellung weiterer Dünnschliffe und Schlammproben aus der kalksteinreichen Abfolge an der Basis des Bohrprofils. Sie bestätigten durch das Auftreten von Seeigel-, Holothurien- wie Ostracodenbruchstücken, besonders in den Teufen von 168–173 m, ebenfalls den marinen Charakter dieser Sedimente, denn aufgrund ihres Erhaltungszustandes mußte ihre Umlagerung ausgeschlossen werden. Hierbei wurden zugleich in den Dünnschliffen aus den Teufen 162, 168, 169, 170, 171 und 173 m weitere Foraminiferen gefunden. Dr. DOEBL, der sich in dankbarer Weise zu ihrer Bestimmung bereit fand, äußerte sich schriftlich zu dem Untersuchungsbefund wie folgt: „Einige von den gefundenen Archaeiscen ähneln stark der im Treatise, Band C, 2 (1) auf der Seite 335 abgebildeten Form (Nr. 3–4). Bei dieser Art handelt es sich um eine aus dem Kaukasus beschriebene oberpermische Foraminifere *Archaeiscus milliloides* (MIKLUKO & MAKLAY). Da eine Bestimmung nach Schliffen immer mit Vorsicht anzuwenden ist, würde ich diese Form *A. cf. milliloides* (MIKLUKO & MAKLAY) nennen. Eine andere Form konnte nicht erkannt werden“. Nach diesem Urteil könnte man, wenn auch mit Vorbehalt, diese Schichten dem Zechstein zuordnen. Abgesehen davon, daß jedoch keine völlig eindeutige Aussage gemacht werden konnte, soll nach einem mündlichen Hinweis eines iranischen Kollegen diese Form im Iran schon ab Devon vorkommen. Hiervon abgesehen, schließt auf jeden Fall der durch diese und andere Fossilien bewiesene marine Charakter der Schichten ihre Zugehörigkeit zum Rotliegenden aus, denn aufgrund der bisher bekannten paläogeographischen Situation zu dieser Zeit entfällt die Möglichkeit, daß das Gebiet des Spessarts einen Zugang zum Meer hatte.

Die durch diese Fossilien umrissene Altersstellung der Schichten konnte glücklicherweise durch Untersuchungsergebnisse eingengt werden, die Herr Dr. MÄDLER vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung dankenswerterweise an einigen von uns eingesandten Kalk- und Mergelproben hinsichtlich ihres Sporengehaltes erzielen konnte. Er fand in

- |                |  |
|----------------|--|
| 161 m Teufe    | <i>Klausipollenites schaubergeri</i> (POT. & KL.) JANSONIUS<br><i>Taeniaesporites ortisei</i> KLAUS 1963<br><i>Taeniaesporites labdacus</i> KLAUS 1963<br><i>Lueckisporites virkkiae</i> (POT. & KL.) 1963<br><i>Falcisporites zapfei</i> (POT. & KL.) LESCHICK<br><i>Paravesicaspora splendens</i> (LESCHIK) KLAUS 1963<br><i>Limitisporites moersensis</i> KLAUS 1963<br><i>Striatites</i> sp. mit zahlreichen schmalen Streifen<br><i>Ephedriptes</i> sp., klein mit zugespitzten Enden<br>Eine runde, trilete, glatte Spore von ca. 30 $\mu$ $\varnothing$ |
| 165 m Teufe    | <i>Klausipollenites schaubergeri</i> (POT. & KL.) JANSONIUS<br><i>Taeniaesporites ortisei</i> KLAUS 1963<br><i>Lueckisporites virkkiae</i> (POT. & KL.) KLAUS 1963<br><i>Falcisporites zapfei</i> (POT. & KL.) LESCHIK   |
| 171,50 m Teufe | <i>Klausipollenites schaubergeri</i><br><i>Lueckisporites virkkiae</i><br><i>Falcisporites zapfei</i><br><i>Paravesicaspora splendens</i><br><i>Striatites</i> sp.   |

173 m Teufe	<i>Klausipollenites schaubergeri</i>
	<i>Taeniaesporites ortisei</i>
	<i>Lueckisporites virkkiae</i>
	<i>Falcisporites zapfei</i>
	<i>Paravesicaspora splendens</i>
	<i>Striatites</i> sp.
	<i>Potoniaesporites</i>

Zu diesem Befund teilte er noch Folgendes mit:

„Die Sporengesellschaft verweist auf Zechstein. Um Z 1 kann es sich jedoch nicht handeln, da die altertümlichen Formen *Vittatina*, *Gardenosporites* und *Potoniaesporites* schon fehlen. Letztere wurde zwar in der tiefsten Probe in wenigen Exemplaren gefunden, dürfte aber aus älterem Sediment aufgearbeitet sein. So wie diese Form eine Verbindung zu Z 1 herstellt, verbindet *Limitiporites* in der zweiten Probe mit Z 3, doch fehlt der in dieser Stufe häufige *Nuskoisporites*. Somit verbleibt zur Einreihung des untersuchten Schichtpaketes nur Z 2.“

Dieser Befund erlaubt also, die fossilführenden Schichten in den Zechstein zu stellen. Er stimmt mit jenem überein, der durch Vermittlung von Herrn Dr. OERTLI im Centre des Recherches der Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine in Pau erzielt wurde. Nach den hier ausgeführten palynologischen Untersuchungen sind die Proben aus 171–173 m Tiefe „eindeutig als oberes Perm (adaequat den unteren *Bellerophon*-Schichten in den karnischen Alpen) einzustufen“.

Diese Ergebnisse widersprechen nicht der mit Hilfe der Mikrofauna erhaltenen Aussage, im Gegenteil, denn sie engen sie auf die Zechsteinzeit ein. Faßt man alle bisherigen Hinweise aus den paläontologischen Untersuchungen zusammen, so ist also der Schluß berechtigt, für das beschriebene Profil ein Zechsteinalter als das wahrscheinlichste anzunehmen. Damit kann es sich bei dem hangenden Konglomerat in einer Teufe von 119 m nicht um das Zechsteinkonglomerat handeln. Infolgedessen stellt sich die Frage, inwieweit der Profilabschnitt von 120–173 m der Bohrung Lichtenau mit anderen Zechsteinprofilen aus dem Spessart und seinen Randzonen vergleichbar ist und sich in die Paläogeographie dieses Raumes einordnen läßt.

Die nächstgelegenen Zechsteinvorkommen befinden sich im Westen bis Nordwesten von Rothenbuch auf den Blättern Haibach und Schöllkrippen.

Auf dem westlich an Rothenbuch anschließenden Blatt Haibach ist der Zechstein nur an wenigen Stellen im Bereich von Soden zwischen Grundgebirge und Buntsandstein aufgeschlossen. Er besteht hier aus einem Basiskonglomerat bzw. Breckzie, aus Zechsteindolomit und roten Letten (WEINELT 1962). Diese Schichtfolge ist etwa 2–3 m mächtig. In dieser Mächtigkeit und Ausbildung läßt sie keinen Vergleich mit der Bohrung Lichtenau zu. Im Bereich des im Norden von Haibach liegenden Blattes Schöllkrippen tritt der Zechstein schon in weit größerem Umfange zutage. Er setzt sich in der Basisabfolge vom Liegenden zum Hangenden, wie folgt, zusammen: Konglomerat bzw. Grundgebirgsbreckzie (1–2 m), Kupferletten (0,50 m), dünnplattig bituminöser Dolomit (2–4 m), vorwiegend massiger Dolomit (bis 20 m) (OKRUSCH & WEINELT 1967). Diese Schichten werden nach der von RICHTER-BERNBURG aufgestellten, zyklischen Gliederung zum Z 1 zusammengefaßt. Darüber folgen Verwitterungsrückstände als Vertretung des mittleren Zechsteines, die sich zu dieser

Zeit zusammen mit der Verkarstung des zuvor abgelagerten Dolomites gebildet haben. Dieser Paläokarst ist nicht in der nördlich vom Spessart d. h. vom Kinzigtal vorhandenen Beckenfazies vertreten, wo die Sedimentation andauerte, sondern er beschränkt sich auf den Spessart selbst und beweist wie auch andere Belege, daß zu dieser Zeit in diesem Raum eine Schwelle bestand (MURAWSKI 1927a). Über diesen Verwitterungsprodukten stehen in einer Mächtigkeit von bis zu 5 m als Vertretung des oberen Zechsteins (= Z 3 + Z 4) rote Letten mit mergeligen Dolomiten an. Sie belegen ein erneutes Vordringen des Meeres. Mithin spiegeln sich in diesem Zechsteinprofil des Blattes Schöllkrippen Re- und Transgressionen des Meeres und damit oszillatorische Bewegungen wider, die den Spessart und sein Vorland zu dieser Zeit betroffen haben. Auf sie hat besonders MURAWSKI (1967b) aufmerksam gemacht.

Unter diesem Gesichtspunkt gesehen, würde, wenn auch mit einem gewissen Vorbehalt, dieses Profil mit jenem der Bohrung Lichtenau einige Vergleichsmöglichkeiten bieten. So könnte man die Basisabfolge von 160–173 m Teufe im Bohrprofil mit dem Dolomit des Z<sub>1</sub> gleichstellen. Jedoch muß hierbei betont werden, daß ihre bezeichnenden Sedimente weniger als ein Dolomit als ein magnesiumführender Mergelkalk bis Mergel anzusprechen sind. Dieser Aufbau würde aber einer solchen Einstufung nicht widersprechen, wenn man die allgemein gemachte Beobachtung berücksichtigt, daß die Beckenfazies im Vorland des Spessart in diesem Horizont stärker die kalkige als die dolomitische Komponente aufweist. Ebenfalls könnte man den Dolomit im Liegenden des Buntsandsteines der Bohrung Lichtenau d. h. in 118 m Teufe als eine Vertretung des Plattendolomites ansehen. Es entzieht sich der Kenntnis des Verfassers, ob man im Bohrgut die für den Plattendolomit häufig als charakteristisch angeführte Oolithbank auch hier beobachtet hat.

Wenn die o. a. Einordnungen in das Zechsteinprofil zutreffen, dann würden die zwischen beiden Karbonatausscheidungen abgesetzten klastischen Zwischensedimente der Bohrung in einer Zeit entstanden sein, in der sich im Bereich der Spessartschwelle der Paläokarst auf dem Zechsteinkalk entwickelte. Diese Vermutung würde bedeuten, daß in dem Raum Lichtenau von Norden her eine Senke hineinreichte oder eine Verbindungsstraße nach Süden bestand oder ein kleines Sonderbecken vorlag, in dem im mittleren Zechstein die Sedimentation anhielt und somit in dieser Beckenfazies zu einer wesentlich größeren Profilmächtigkeit führte als in der Randfazies.

Leider ist auch diese Frage wie jene der Altersstellung mangels ausreichender Unterlagen nicht völlig befriedigend zu klären. Vielleicht wäre sie gelöst worden, wenn man die Bohrung noch um einige Meter weiter, wenn möglich, bis zum Grundgebirge vertieft hätte.

#### 4. Zusammenfassung

Die Profilstrecke der Bohrung Lichtenau (Buntsandsteinspessart) von 120–173 m Teufe wurde sedimentpetrographisch, chemisch und paläontologisch untersucht, um ihr umstrittenes Alter, Rotliegend oder Zechstein, zu klären. Nach ihrem Aufbau und der Zusammensetzung ihrer Schichten könnten sie aufgrund der durchgehenden Rotfärbung, der z. T. frischen Erhaltung ihrer Komponenten und dem Karbonat wie Sulfatgehalt höchstens dem Oberrotliegenden angehören. Die Dolomit- wie Gipsführung spricht aber eher für Zechstein.



Die Makro- wie Mikrofauna in der Basisabfolge von 160–173 m verweist eindeutig auf eine marine Entstehung dieser Sedimente. Damit entfällt das Ober- wie das Unterrotliegende. Leider läßt sich mit den fossilen Faunenelementen nur die Aussage treffen, daß die Schichten dem Devon bis Perm, wenn auch besonders, der zuletzt genannten Formation zuzurechnen sind. Dagegen ergibt sich aus der Sporenführung eindeutig ein Zechsteinalter, das nach Überprüfung aller Unterlagen für die genannte Schichtfolge als das wahrscheinlichste angenommen werden darf.

#### Schriftenverzeichnis

- FAHLBUSCH, K.: Sedimentologische Untersuchungen im Zechsteindolomit Steinbruch Hufgard Rottenberg im Spessart. In: Beiträge zur Geologie des Aschaffener Raumes. — Veröff. Geschichts- u. Kunstverein Aschaffenburg, S. 99–105, Aschaffenburg 1967.
- FALKE, H.: Die Geochemie der Kreuzbacher Gruppe. — Geol. Rdsch., **55**, S. 59–77, 8 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1966.
- LAEMMLEN, M.: Stratigraphische Auswertung einiger Buntsandsteinbohrungen im Bayerischen Spessart. In: Beiträge zur Geologie des Aschaffener Raumes. — Veröff. Geschichts- u. Kunstverein Aschaffenburg, S. 107–134, 1 Abb., 2 Karten, Aschaffenburg 1967.
- LIETZ, J.: Der Grenzbereich Rotliegendes-Zechstein im Gebiet des Spessart und der Wetterau in paläogeographischer Sicht. — Jb. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **49**, S. 129–146, 5 Abb., Stuttgart 1967.
- MURAWSKI, H.: Spessartschwelle und Wetteraubecken, Funktion und Bild. In: Beiträge zur Geologie des Aschaffener Raumes. — Veröff. Geschichts- u. Kunstverein Aschaffenburg, S. 71–89, 2 Abb., 1 Tab., 1 Kte., Aschaffenburg 1967 (1967a).  
— Grundzüge der tektonischen Entwicklung von Spessart und Wetterau. — Jb. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., **49**, S. 117–127, 4 Abb., Stuttgart 1967 (1967b)
- OKRUSCH, M. & WEINELT, W.: Erl. geol. Kte. Bayern 1:25 000, Bl. Nr. 5921 Schöllkrippen. München 1965.
- QUESTER, H.: Petrographie des erdgashöfigen Hauptdolomits im Zechstein 2 zwischen Weser und Ems. — Z. deutsch. geol. Ges., **114**, S. 461–483, 4 Abb., 5 Taf., Hannover 1963/64.
- WEINELT, W.: Erl. geol. Kte. Bayern 1:25 000, Bl. Nr. 6021 Haibach. München 1962.

Manuskript eingegangen am 27. 2. 1969

## Zur Paläogeographie der Randgebiete des nördlichen Oberrheingrabens zur Zeit des Rotliegenden

Von

**HORST FALKE**, Mainz

Mit 4 Abbildungen

**Kurzfassung:** Die paläogeographische Entwicklung des Saar-Nahe-Wetterau-Troges ist während des Rotliegenden durch einen stetig sich nach Nordosten verlagernden Ausbau gekennzeichnet. Gleichzeitig tritt zur Zeit des Oberrotliegenden eine seitliche Erweiterung des Beckens ein, besonders nach Südosten, wo im Pfälzer Wald ein stark gegliedertes Relief vorhanden ist. Diese Reliefverstärkung wird in der Senke selbst durch einen Vulkanismus und hier wie in ihren Randschwellen als Sedimentliefergebieten durch nunmehr verstärkt einsetzende tektonische Bewegungen hervorgerufen. Die von ihnen erzeugten Strukturen verlaufen gleich den paläogeographischen Einheiten NE/SW und NW/SE. Eine rheinische Richtung konnte bisher nicht festgestellt werden.

**Abstract:** During the Lower Permian (= Rotliegendes) the paleogeographical development of the Saar-Nahe-Wetterau Basin is characterized by a permanent extension in northeastern direction. Connected with this extension during the Saxonian (= Oberrotliegendes) the basin becomes wider, mainly in southeastern direction, where in the Forest of the Palatinate a pronounced relief exists. The increase of the relief is caused in the basin by a volcanism and here as well as in the borders-swell by an intensification of tectonic movements. The structures produced by these movements have the same strike, that is NE-SW and NW-SE, as the paleogeographical units. Till now a Rhenish trend has not been observed.

**Resumé:** Pendant le Permien inférieur l'évolution paléogéographique du sillon de la Sarre-Nahe-Wetterau est caractérisé par un allongement continué du bassin vers le Nord-Est. A ceci s'ajoute a partir du Saxonien un élargissement latéral, dont les effets deviennent notamment perceptibles dans la partie Sud-Est du bassin (montagne du „Pfälzer Wald“). A ce moment cette région-la voit un rajeunissement de son relief, causé soit par des coulées volcaniques (dans le bassin-méme), soit par des mouvements tectoniques. Ceux-ci marquent surtout les seuils qui bordent le bassin et dont l'érosion devient la source de la sédimentation saxonnienne. Les structures, causées par ces mouvements, s'allongent en direction NE/SW et NW/SE, donc parallèles à l'allongement des unités paléogéographiques. La direction NNE/SSW, par contre, (dite „rhenane“) ne se fait pas sentir.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	131
2. Die Zeit des Stefan . . . . .	131
3. Die Zeit des Unterrotliegenden ((Autunien) . . . . .	133
4. Die Zeit des Oberrotliegenden (Saxonien) . . . . .	141
5. Zusammenfassung. . . . .	149
Schriftenverzeichnis . . . . .	150

### I. Einleitung

Im Zusammenhang mit dem Unternehmen „Erdmantel“ und den diesbezüglichen Untersuchungen im Oberrheingraben ist in den letzten Jahren verstärkt die Frage aufgeworfen worden, ob diese Bruchstruktur auf einer alten, prätertiären Anlage entstanden sei. Hierbei fand die schon früher geäußerte Ansicht, daß die rheinische Richtung im tektonischen Inventar dieses Gebietes ein älteres Element sei, eine neue Belebung. In den folgenden Ausführungen soll dieser Fragenkomplex für die Randgebiete des nördlichen Oberrheingrabens und zwar für die Rotliegendzeit anhand der Entwicklung ihrer Paläogeographie unter Berücksichtigung der damaligen tektonischen Ereignisse überprüft werden.

Die u. A. hierfür erstellten Isopachenkarten des Unter- und des gesamten Rotliegenden (Abb. 1 und Abb. 3) können trotz einer erneuten geologischen Aufnahme des Saar-Nahe-Wetterau-Trogos die Verhältnisse nur in ihren Grundzügen, aber nicht in ihren genauen Einzelheiten wiedergeben, denn mangels von Aufschlüssen ist für den größten Teil des Gebietes die Entwicklung und Mächtigkeit der unteren und mittleren Kuseler-Gruppe nicht ausreichend bekannt. Dies gilt für das gesamte Unterrotliegende bzw. das Rotliegende überhaupt, wo es jeweils von jüngeren Deckschichten mehr oder weniger verhüllt wird wie in der Pfälzer Mulde und südlich davon, im Bereich des Mainzer Beckens und in der südlichen Wetterau. Gleiche Einschränkungen müssen für die Darstellung der paläogeographischen Verhältnisse und der Sedimentverteilung zur Zeit des Oberrotliegenden gemacht werden (Abb. 2); denn auch in diesem Fall ist es nicht möglich, die Vielfalt in der faziellen Ausbildung einer kontinentalen Sedimentation, sondern nur ihre wichtigsten Tendenzen darzustellen. Hiervon abgesehen ist es auch verständlich, daß die folgende Bestandsaufnahme einer Paläographie durch einzelne, zukünftige Untersuchungen hier und dort noch eine Korrektur erfahren wird.

### 2. Die Zeit des Stefan

Um die Grundzüge der paläogeographischen Entwicklung unseres Gebietes zur Rotliegendzeit schärfer hervortreten zu lassen, ist es erforderlich, einen kurzen Blick auf die vorhergehende Zeit, das Stefan, zu werfen.

Seine Sedimente sind auf der Flanke des Saarbrückener Sattels aufgeschlossen. Sie tauchen hier wie in Höhe der saarland-pfälzischen Grenze mit ihm unter das Rotliegende ab, um weiter im Osten, im Bereich der Pfälzer Kuppeln wie am Lemberg,

westlich Bad Kreuznach, wiederaufzutauchen. Ihr Wiedererscheinen in den Randzonen dieser Intrusionskörper ist in erster Linie auf ein Hochschleppen von Sedimentschollen durch vulkanotektonische Vorgänge zurückzuführen. Außerdem sind diese Ablagerungen in einigen Bohrungen im Gebiet des Pfälzer Sattels wie der Nahemulde angetroffen worden. (HABICHT 1963, FALKE 1966). Sie haben hier nicht das gesamte Stefan, sondern teilweise nur seinen höheren bis mittleren Abschnitt erschlossen. Dies trifft ebenfalls für die Randzonen der oben erwähnten Intrusionen zu. Infolgedessen beziehen sich die folgenden Ausführungen vor allem auf diese, in größerer Verbreitung aufgeschlossenen Schichtserien des Stefan.

Die in den letzten Jahren im Saargebiet durch KNEUPER und Mitarbeiter durchgeführten Untersuchungen haben die schon z. T. früher festgestellte Tatsache, wenn auch in etwas abgeänderter Form bestätigt, daß an der Wende Westfal/Stefan ein allmählicher Wandel in den paläogeographischen Verhältnissen der Saar-Nahe-Senke und ihrer Umgebung eingetreten ist, ohne daß hierfür eine asturische Phase im Sinne von STILLE gefordert werden müßte (KNEUPER 1964). Die von KNEUPER (1964) und von SCHÖNENBERG (1964) für das Westfal postulierte Zentral-Schwelle im Saartrog macht sich auch noch, wenn auch in stetig abnehmender Weise, als eine Untiefe in dem Verhalten der Stefansedimente bemerkbar. Das Material dieser Ablagerungen kommt aber im Gegensatz zu der vorausgegangenen Zeit nicht mehr aus dem Nordwesten, sondern überwiegend aus dem Südosten. Eine Ausnahme bildet das an der Basis des Stefan auftretende und als Leithorizont sehr wichtige Holzer Konglomerat, und zwar insofern, als seine Geröllkomponenten aus dem Hunsrück, seine feldspatführende, sandige Grundmasse aber schon aus dem Südosten des Troges abgeleitet werden (KNEUPER 1964). Die Mächtigkeit der Schichten ist im unteren und mittleren Stefan noch im Südwesten des Ablagerungsraumes am größten. Aus dem von SCHÖNENBERG & KNEUPER (1964) wiedergegebenen Profil läßt sich für Stefan C eine Zunahme von 250 m im Nordosten auf ca. 700 m im Südwesten entnehmen. Sofern die Mächtigkeiten in den Bohrungen der Pfälzer Kuppeln zutreffen (FALKE 1966), besteht diese Tendenz auch noch für das Stefan B, denn sie belaufen sich hier auf 900–1100 m, während sie nach KNEUPER (mündl. Mitteilung) im Saargebiet auf ca. 1400 m ansteigen. In umgekehrter Richtung nimmt die Grobkörnigkeit dieser Schichten zu, so daß sich im Gebiet der Pfälzer Kuppeln eine sehr starke Konglomeratführung einstellt. Ihre Komponenten bestehen neben Gangquarz und Quarzit aus Gneis, Granit, Porphyry und grapholithenführenden Kieselschiefer, die entsprechend ihrer Zusammensetzung gleich der feldspatführenden, sandigen Grundmasse nur aus dem Süden bis Südosten angeliefert sein können, da diesbezügliche Muttergesteine als Lieferanten im Nordwesten, d. h. im Hunsrück, nicht beobachtet sind. Weiter im Nordosten des Troges, im Gebiet der Nahemulde, sind jedoch diese Sedimente wesentlich feinkörniger, wie aus den hier niedergebrachten Bohrungen entnommen werden kann (HABICHT 1963). Soweit hierbei Konglomerate auftreten, sind in diesem Fall ihre Komponenten aus dem Hunsrück angeliefert worden. Ebenfalls vorwiegend feinkörnig sind die Ablagerungen des Stefan C. Zwischen dem östlichen Saargebiet und den Pfälzer Kuppeln ist die Anzahl seiner Flöze und die Mächtigkeit des bekannten Breitenbacher Flözes am größten. Dies kann als ein Anzeichen einer hier damals vorhandenen Untiefe angesehen werden. Sie wurde wohl weniger durch die zuvor

schon erwähnte Zentral-Schwelle verursacht als durch einen in der vorausgegangenen Zeit entstandenen Schüttungskegel, der sich im Bereich der Pfälzer Kuppeln durch die schon früher charakterisierte Konglomeratführung der Potzbergsschichten = Stefan B abzeichnet. Die Mächtigkeit des Stefan C ist mit 100–120 m im Saargebiet ziemlich gleichbleibend. In der Pfalz bis zur Nahe schwankt sie zwischen 70 m und 120 m.

Zusammen mit jener des Stefan B beträgt sie in den Borungen der Nahemulde maximal noch 500 m. Hieraus darf der Schluß gezogen werden, daß diese Schichten auch noch östlich von Bad Kreuznach vorhanden sind. Jedoch gibt es bis heute noch keine Belege, wie weit sie nach Osten verbreitet sind. So liegen auch hierfür keine Beweise aus dem Gebiet zwischen dem Odenwald und dem Taunus wie der südlichen Wetterau vor.

Somit kann die Nordostgrenze des Karbonbeckens vorläufig nicht genauer angegeben werden. Hinsichtlich seiner Nordwestgrenze sprechen die bisher vorhandenen Unterlagen dafür, daß sie in etwa mit der Hunsrücksüdrandstörung zusammenfällt (Abb. 4). Sie setzt sich nach Südwesten in die Metzger-, nach Nordosten in die Taunusrand-Störung fort. Diese NE-SW verlaufende Störungszone von teilweise mehr als einem Kilometer Breite ist westlich des Rheines durch Aufbrüche permischer Magmatite und durch eine Spezialfaltung gekennzeichnet (FALKE 1964). Sie fällt in den Bereich der Nordwestbegrenzung der Mitteldeutschen Schwelle, auf der infolge ihrer Absenkung im Jungpaläozoikum das Saarkarbon- und Rotliegendebcken angelegt wurde (KNEUPER 1964). Ihr südlicher Anteil, der gegenwärtig im Odenwald und Spessart noch zutage tritt, scheint zur Zeit des Oberkarbons ein Hochgebiet gewesen zu sein; denn zumindest die Bohrungen zwischen Neustadt und Bad Dürkheim haben unter vermuteten Oberrotliegendem Unterkarbon in Kulmfazies erschlossen. Leider läßt sich mangels weiterer Aufschlüsse der Südostrand des Karbonbeckens nicht genauer festlegen. Dagegen weiß man, daß es sich nach Südwesten noch weit nach Lothringen hinein erstreckte.

In seiner Paläogeographie wie in den wesentlichen Grundzügen seiner Tektonik weist es erzebirgisch ausgerichtete Elemente auf.

### 3. Die Zeit des Unterrotliegenden (Autunien)

In konkordanter Lagerung zum Stefan kommen seine Basisschichten in der Nordwest- und Nordostumrandung des Saarbrückener Sattels, in den Pfälzer Kuppeln und im Bereich des Lemberges, südwestlich von Bad Kreuznach, zutage (Abb. 1). Außerdem sind sie noch in den Bohrungen von Meisenheim, Odernheim, Monzingen und Waldböckelheim auf der Nordwestflanke des Pfälzer Sattels und in der Nahemulde angetroffen worden (HABICHT 1963).

Nach neueren Untersuchungen sind sie im Saargebiet zwischen dem Düppenweiler Horst und dem Lebacher Graben überwiegend durch Konglomerate bzw. konglomeratische Sandsteine vertreten, deren Komponenten aus Nordwesten bis Westen gekommen sind. Sie weisen zugleich darauf hin, daß der SW-Rand des Beckens nicht weit entfernt von hier gelegen haben muß (Abb. 1). Damit hat er sich gegenüber der Karbonzeit wesentlich weiter nach Nordosten verlagert. Darüber hinaus be-

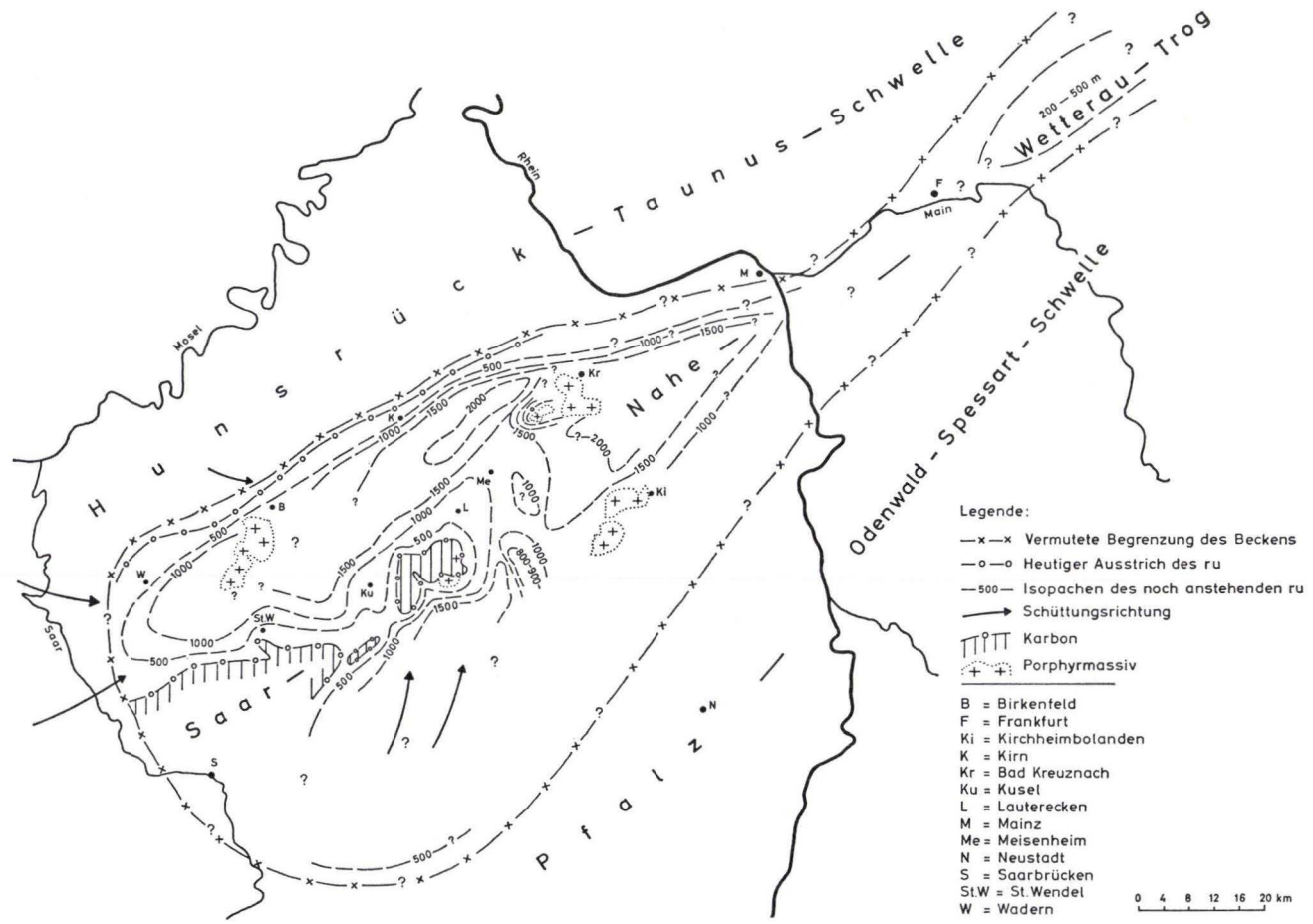


Abb. 1. Isopachenkarte des Unterrotliegenden im Saar-Nahe-Wetterau-Trog.

zeugen diese Grobsedimente, daß das Relief an der Wende Stefan/Unterrotliegendes zumindest in dieser Randzone des Beckens eine Neubelebung erfahren hat. Das im Westen vorherrschende Konglomerat wird mit Ausnahme seiner Basis östlich des Lebacher Grabens durch eine Wechselfolge aus konglomeratischen Sandsteinen bis Arkosen und aus Silt- bis Tonsteinen vertreten, die plötzlich zu größerer Mächtigkeit anschwillt (BAHLO 1968). Schon hier können die Konglomerate auch mit anderen Schüttungskegeln zusammenhängen als mit jenem, der im Westen das o. erwähnte Konglomerat umfaßt. Infolgedessen ist jenes an der Basis der Abfolge bei Dirmingen, das als Dirminger Konglomerat aus kartiertechnischen Gründen zur Grenzziehung Stefan/Unterrotliegendes benutzt wird, nicht überall im Becken das gleiche Konglomerat. Von dieser Ortschaft aus in östlicher Richtung bildet es das Liegende einer nunmehr überall wiedererkenn-, und deshalb trennbaren Schichtfolge, bestehend aus Remigiusberger- und Altenglaner Schichten der Unteren Kuseler-Gruppe. Während die erstgenannten als buntgefärbte Schichten durch ihre lateral wie vertikal sehr wechselnde Zusammensetzung aus Sand- bis Tonsteinen mit und ohne Konglomerateinschlüssen, lokalen Kalk- und Tuffvorkommen auf die in Zeit und Raum sehr unterschiedlichen Milieubedingungen wie Sedimentationsvorgänge hinweisen, stellt die darüber folgende Graufolge der Altenglaner Schichten mit ihren bekannten Kalkflözen eine Zeit ruhiger und relativ gleichmäßiger Sedimentation in einem größeren Südwasserbecken dar.

Die Gesamtmächtigkeit dieser Unteren Kuseler-Gruppe schwankt zwischen 130 und 220 m, wobei sie am größten WSW der Pfälzer Kuppeln, am geringsten an ihren Nord- bis Ostrand und mit ihrem Einsetzen im Saargebiet ist. Bemerkenswert ist außerdem, daß diese Schichten nicht im Bereich des Lemberges und an den ebenfalls durch eine Vulkanotektonik verursachten Schleppungszonen in der Umrandung des Nohfelder-, Kreuznacher- und Donnersberg-Massives in Erscheinung treten.

Dies trifft auch auf die folgenden Wahnweger Schichten, die Basisfolge der mittleren Kuseler Gruppe, zu. Sie sind auf der Nordwestflanke des Pfälzer Sattels vorhanden, treten besonders zwischen dem abtauchenden Saarbrückener- bzw. Frankenhölzer Sattel bei Dunzweiler und den Pfälzer Kuppeln in breiter Ausdehnung zutage und sind in den zuvor schon erwähnten Bohrungen der Nahemulde wie am Lemberg festgestellt worden. Ihr wichtigstes Sediment ist ein konglomerat- und feldspatführender Sandstein bis Arkose. Die Konglomeratkomponenten unterscheiden sich nicht wesentlich von jenen der Unteren Kuseler-Gruppe. Der zuweilen höhere Feldspatgehalt (mehr als 25%) der begleitenden Sandsteine weist darauf hin, daß zumindest dieses Material nicht vom Hunsrück gekommen sein kann, soweit die dort derzeitigen zugänglichen, feldspatarmen Gesteine eine Beurteilung dieser Frage zulassen. Die Mächtigkeiten der Wahnweger Schichten schwanken um 200 m und sind WSW der Pfälzer Kuppeln am größten.

In der Folgezeit kommen überwiegend feinkörnige Sedimente der mittleren, vor allem der Oberen-Kuseler- und Lebacher-Gruppe zum Absatz, die in vertikaler wie lateraler Beziehung mit einigen Ausnahmen einem häufigen faziellen Wechsel unterliegen. Sie treten heute im Bereich des Pfälzer Sattels, an der Nordwestflanke des Saarbrückener Sattels und jener der Prims- und Nahemulde, d. h. am Südostfuß des Hunsrücks zutage. Durch ihre Verbreitung in dem zuletzt genannten Gebiet ver-

weisen sie, zumindest ab Obere-Kuseler-Gruppe (FALKE 1954), auf eine Erweiterung des Ablagerungsraumes nach Nordwesten über die zuvor schon erwähnte Hunsrück-südrandstörung hinaus. Sie legen sich hier im Südwesten (Primsmulde) in breiterer Ausdehnung als im Nordosten diskordant auf das Vordevon bis Devon des Hunsrücks. Hierbei können relativ feinkörnige Sedimente unmittelbar diesem älteren Paläozoikum auflagern. Vorwiegend handelt es sich aber um konglomeratische Serien, z. B. wie zwischen Birkenfeld und Idar-Oberstein (REIMANN 1969). Ihre Komponenten stammen eindeutig aus dem Hunsrück, ebenfalls das häufig nur aus Phyllitbestandteilen bestehende Material der zwischenliegenden Sandsteine, die man deshalb besser als Grauwacken bezeichnen sollte. Diese Sedimenttypen sind ein Hinweis auf die lokalen, stärkeren Reliefunterschiede im mittleren und südlichen Hunsrück zu dieser Zeit (Abb. 2) und zugleich auf die naheliegende Nordwestgrenze des Beckens, die im Südwesten ihre frühere Lage aus der Zeit der Unteren Kuseler-Gruppe beibehalten hat.

Von diesem Grenzbereich aus nach Südosten, d. h. beckenwärts setzt für diesen Profilschnitt von der mittleren Kuseler- bis zur Lebacher-Gruppe einschließlich eine Graufolge von mannigfaltigem Aufbau ein, manchmal von Rotlagen unterbrochen. Grob gegliedert ist ihr unterer Abschnitt noch sandsteinreich und enthält neben zwei bekannten Konglomeraten = Feistkonglomerat und Kohlenflözen noch Rot-horizonte. Im mittleren Abschnitt, der Teile der Unteren und Mittleren bis Oberen Lebacher-Gruppe umfaßt, herrschen Tonsteine, gelegentlich mit Toneisensteingeoden und Kalkbänken, vor. Im oberen Abschnitt = Obere Lebacher-Gruppe stellt sich ein gelbgrauer, fein- bis mittel-, zuweilen auch grobkörniger Sandstein ein. Die vom Verfasser 1954 vorgeschlagene zyklische Gliederung des Unterrotliegenden, die sich nach den bisher gemachten Erfahrungen in der Übergangs- und Beckenfazies am besten durchführen läßt, ist bei der Lebacher-Gruppe für ihre weitere Untergliederung meist nur lokal verwendbar. In diesem Zusammenhang bestehen auch gewisse Schwierigkeiten in der Korrelation von einigen Schichtabfolgen. Trotzdem ergeben sich aus dem Verhalten der Mächtigkeiten, vor allem der Lebacher-Gruppe, einige interessante, paläogeographische Hinweise.

Die Mächtigkeit der Abfolge von der mittleren Kuseler- bis zur Lebacher-Gruppe schwankt zwischen 1100 m und 1900 m. Südlich der Pfälzer Kuppeln, auf der Südostflanke des Pfälzer Sattels, schwillt sie von Westen nach Osten von ca. 1200 m auf ca. 1400 m an (STAPF 1964, FALKE 1965). Zugleich stellt sich im verstärkten Maße in diesem Bereich eine Rotfärbung ein, so daß es sich hier um einen dem Südrand des Beckens benachbart liegenden Schüttungskegel handeln dürfte (FALKE 1965). Im Norden der zuvor erwähnten Intrusionen, d. h. im Bezirk von Kusel (Abb. 1) kann man gegenüber den nordostwärts liegenden Gebieten eine Verminderung der Mächtigkeit feststellen (BOY 1965). Sie geht von ca. 1400 m im Osten auf ca. 1100 m im Westen zurück. Ebenfalls zeichnet sich noch eine Reduktion dieser Schichten zwischen Meisenheim und dem Stahlberg bei Rockenhausen im Alsenztal ab (Abb. 1), desgleichen auch südwestlich hiervon zwischen Heimkirchen und Schallodenbach. (NEGENDANK 1965, REHKOPF 1958). Letztere muß noch im Oberrotliegenden wirksam gewesen sein. In ihrem Bereich nimmt die zur Diskussion stehende Schichtabfolge auf etwa 600–800 m ab. Die Frage über das Verhalten der einzelnen Schichtglieder



usw. im Raum dieser kuppelartigen Aufwölbung muß noch als eine sehr lohnende, zukünftige Aufgabe überprüft werden, wobei vor allem das Feistkonglomerat als Bezugshorizont eine wichtige Rolle spielen könnte. Auf jeden Fall gewinnt man den Eindruck, daß zumindest zur Lebacher-Zeit das Becken durch einige Schwellen in Höhe der Pfälzer Kuppeln und unmittelbar östlich davon untergliedert war. Es kann bisher nicht entschieden werden, ob es sich schon um eine erste Anlage des Pfälzer Sattels handelt.

Hinsichtlich der Lage der Randzone dieses Beckens darf man die Aussage treffen, daß sie sich zu dieser Zeit nach Nordwesten weiter in den Hunsrück verschoben hat. Für den Südwesten liegen keine Anzeichen einer Ortsverlegung gegenüber der vorausgegangenen Zeit vor. Was den Südosten anbetrifft, so ist hierfür das Ergebnis der Bohrung Landstuhl 1 von Bedeutung. Nach der Annahme ihres Bearbeiters (HABICHT 1963) sind in ihr nach dem Oberrotliegenden und einer großen Schichtlücke Sedimente der Oberen Kuseler-Gruppe angetroffen worden. Sofern dies zutrifft und man eine gleiche Entwicklungstendenz wie am Nordwestrand des Beckens annimmt, müssen noch südlich dieser Bohrung Sedimente des Unterrotliegenden anstehen. Ihre Grenze unter der Buntsandstein- und Oberrotliegendecke des Pfälzer Waldes deutet sich ebenfalls in dem schon früher erwähnten Schüttungskegel südwestlich der Pfälzer Kuppeln an. Nach den Ergebnissen der Bohrung Olm 1, südwestlich von Mainz, in der noch eine fast 1000 m mächtige Abfolge dieses Profilschnittes durchörtert wurde (HABICHT 1963), muß sie in diesem Trogabchnitt noch weiter im Südosten gelegen haben. Ihre Entfernung wird jedoch unter der Voraussetzung eingeengt, daß es sich bei dem etwa 689 m mächtigen Rotliegenden in der Bohrung Stockstadt 1 im Oberrheingraben westlich Darmstadt und jenem von ca. 100 m in den Bohrungen von Deidesheim in der Pfalz nur um Oberrotliegendes handelt und nicht teilweise um Unterrotliegendes in randnaher Rotfazies.

Nach dem Befund in der genannten Bohrung Olm 1 müssen sich diese Ablagerungen noch über den Rhein hinaus nach Nordosten fortsetzen. Ob eine unmittelbare Verbindung mit dem Unterrotliegenden zwischen Erbstadt und Büdingen besteht, ist noch ungewiß. Nimmt man mit dem notwendigen Vorbehalt die Ergebnisse der Bohrungen Altenstadt als Grundlage (NÖRING 1951), so würde in diesem Gebiet auf jeden Fall die Mächtigkeit des gleichen Rotliegendeprofiles mit etwa 200 m, gemessen an jenem im Saar-Nahegebiet, erheblich geringmächtiger sein.

Mit der im Profil folgenden Tholeyer Gruppe wird ein Zeitabschnitt eingeleitet, der im mittleren bis südwestlichen Saar-Nahe-Trog mit seinen Arkosen ähnliche Sedimente wie zur Zeit der Wahnweger Schichten geliefert hat. Sie treten jeweils an den Flanken des Pfälzer Sattels, der Prims- und Nahemulde wie in den schon häufiger genannten Bohrungen zutage. Sie bestehen in ihrem unteren Teil ebenfalls aus einer konglomeratführenden Arkose vorwiegend fluviatil-limnischen Ursprunges. Bemerkenswert ist der hohe Abrollungsgrad der Gerölle im Gebiet der Nahemulde westlich Bad Kreuznach. Hier liegen sie unter der bekannten Bezeichnung „Tholeyer Eier“ vor. Gleichzeitig weisen sie hier eine starke Selektion auf, da ihre Komponenten fast ausschließlich aus Gangquarz und Quarzit bestehen, Es dürfte sich hierbei um wiederholt umgelagertes und aufgearbeitetes Material, vielleicht schon aus älteren Unterrotliegendem am Südfuß des Hunsrücks handeln, denn solche Aufarbeitungen

sind keine Seltenheit in den Tholeyer- wie älteren Schichten. Die Arkose selbst kann aus den schon auf Seite 132 des näheren erläuterten Gründen nicht aus dem Hunsrück, sondern muß im vorliegenden Fall aus dem Süden bis Südwesten gekommen sein. Hierfür spricht auch das Verhalten der Mächtigkeit, das auf dem Nordwestflügel der Nahe- und Prims-Mulde zwischen 30–130 m schwankt, dagegen auf der Südostflanke des Pfälzer Sattels, vor allem in seinem mittleren bis südwestlichen Abschnitt, zwischen 85–250 m beträgt (KONRAD 1969).

Im Hangenden dieser rötlichen Arkose setzt nochmals eine Graufolge als Wiederholung einer Lebacher Fazies ein, die noch zu der Tholeyer-Gruppe gerechnet wird. Ihre Farbe und z. T. feinkörnigen Sedimente mit einer stärkeren Kohlenstoffanreicherung und Pyritführung zeugen für eine Ablagerung in einem Reduktionsmilieu. Diese Abfolge wie die im Liegenden anstehende Arkose sind auf beiden Flanken des Pfälzer Sattels vertreten und sind somit ein Beweis dafür, daß zu dieser Zeit noch über den späteren Sattel hinweg ein geschlossenes Ablagerungsbecken vorhanden war. In dieser offenen Form bestand diese Verbindung allenfalls letztmalig zu dieser Zeit, wie sich aus den späteren Ausführungen des Oberrotliegenden entnehmen läßt. In diesen Zeitabschnitt wird schon die im Hangenden der Graufolge auftretende Arkose mit frischen Feldspäten gestellt, die südlich der Pfälzer Kuppeln und nordöstlich von Kusel, hier vor allem mit einer Geröllführung aus Granit, Gneis, Porphyrr usw., vorhanden ist und früher noch zu den Tholeyer Schichten gerechnet wurde.

Sie stellen im Bereich des Mainzer Beckens einen weiteren Faziesbezirk dar. Sie setzen sich hier ebenfalls wie im Westen aus einer zuweilen grob-, meist mittelkörnigen, rötlichen Arkose mit Einschlüssen von gelegentlich pflanzenführenden Tonsteinen zusammen. Jedoch nach Osten scheinen sie nach den Ergebnissen der Bohrung Olm I nur noch in einer Graufazies vom Lebacher Typus vertreten zu sein, die somit die gesamten Tholeyer-Schichten umfaßt. Diese Ausbildung könnte als ein Hinweis dafür betrachtet werden, daß hier sich einstmals der morphologisch tiefstgelegene Teil des Troges zur Tholeyer Zeit befunden hat.

Schließlich scheint sich ein dritter Faziesbezirk von hier über den Sprendlinger Horst bis in die südliche Wetterau zu erstrecken, der vorwiegend ebenfalls durch eine Arkose markiert ist, die nach bisher vorliegenden, wenn auch keineswegs ausreichenden Beobachtungen durch eine andere Zusammensetzung charakterisiert ist. Es ist noch eine, für die Zukunft interessante Aufgabe, diesen für das Unterrotliegende so markanten Horizont, dessen Mächtigkeit im Saar-Nahegebiet zwischen 30–220 m schwankt, im Hinblick auf diese faziellen Unterschiede genauer zu untersuchen.

Faßt man die bisher aufgeführten Beobachtungen für das gesamte Unterrotliegende zusammen, so ergibt sich unter besonderer Berücksichtigung des räumlichen Verhaltens seiner Mächtigkeit (Abb. 1) folgendes Bild, das von dem bisher bekannten in einigen wesentlichen Punkten abweicht.

Im Südwesten wird der Beckenrand gegenüber der vorausgegangenen Karbonzeit nach Nordosten verlagert und hebt sich in seinem nordwestlichen Abschnitt, soweit erschlossen, zumindest zu Beginn des Unterrotliegenden als ein wichtiges Sedimentliefergebiet ab. Nach Nordwesten erweitert sich das Becken seit der Zeit der Oberen Kuseler-Gruppe. Hierbei tritt der südwestliche bis mittlere Abschnitt des Hunsrücks wiederholt als verstärkter Sedimentlieferant hervor. Von dieser Randzone aus

beckenwärts, d. h. nach Südosten nimmt nach den Befunden in den Bohrungen Monzingen und Waldböckelheim die Mächtigkeit des Unterrotliegenden auf eine Entfernung von ca. 6 km von etwa 500 m auf fast 2000 m zu (Abb. 1). Diese Tatsache läßt die Vermutung aufkommen, daß diese Zunahme vor allem südlich der nahegelegenen Hunsrücksüdrandstörung einsetzt, die demnach während des Unterrotliegenden in Bewegung gewesen wäre. Diese Störungszone liegt offensichtlich an der Nahtstelle zwischen der Mitteldeutschen Schwelle und dem Rheinischen Schiefergebirge, also einer für tektonische Bewegung prädestinierten Schwächezone. Nach den bisher vorhandenen Unterlagen liegen in der Nahemulde mit 2000 m bis 2500 m die größten Mächtigkeiten des noch vorhandenen Unterrotliegenden vor. Dies trifft ebenfalls auf die Zone des nach Nordosten abtauchenden Pfälzer Sattels zu (Abb. 1), sofern hier noch die Schichten der Unteren- und Mittleren Kuseler-Gruppe zum Absatz gekommen sind. Dies kann als wahrscheinlich angenommen werden, da sie westlich des benachbarten Kreuznacher Porphyrmassives nachgewiesen sind. Leider ist nicht feststellbar, ob in den oben genannten Gebieten generell die größten Mächtigkeiten abgelagert worden sind, denn im mittleren Bereich des Pfälzer Sattels läßt sich nicht mehr die Mächtigkeit der ehemals vorhandenen und inzwischen abgetragenen Schichten ermitteln. Hier sind nur, wie schon zuvor angeführt, zumindest zur Zeit der Lebacher-Gruppe einige Schwellen entstanden wie jene bei Kusel, Heimkirchen-Hofbornerhof-Schallodenbach und zwischen Meisenheim und dem Stahlberg auf der Westseite des Alsenztales. Südlich der Pfälzer Kuppeln (Abb. 1) schwillt nochmals die Mächtigkeit auf mehr als 1500 m an. Sie dürfte aber weiter nach Südosten ausklingen, wie es in der Abb. 1 mit dem erforderlichen Vorbehalt zur Darstellung gebracht worden ist.

Im Nordosten, im Raum des heutigen Mainzer Beckens, gibt uns, abgesehen von einigen Vorkommen am Südfuß des Hunsrücks, nur die Bohrung Olm 1 Auskunft über das hier noch anstehende Unterrotliegende. Seine durchteufte Mächtigkeit von der Tholeyer- bis zur Oberen Kuseler-Gruppe beträgt etwa 1100 m (HABICHT 1968). Hierbei sind aber einige Schichtfolgen wahrscheinlich durch Störungen unterdrückt. Unter Berücksichtigung dieser Vermutung und Hinzurechnung der Mittleren und Unteren Kuseler-Gruppe würde sich hier seine Gesamtmächtigkeit auf etwa 1500 bis 1700 m belaufen. Sie läßt trotz eines stärkeren Einschlages von sandigen Sedimenten den Schluß zu, daß sich das Unterrotliegende noch weiter nach Nordosten fortsetzen dürfte, zumal man den Eindruck gewinnt, daß sich im Verlauf des Unterrotliegenden, vornehmlich zur Lebacher Zeit, das Trogtiefste weiter nach Nordosten verlagert hat. Damit soll aber keineswegs behauptet werden, daß zu jenem in der südlichen Wetterau eine unmittelbare Verbindung bestand. Im Gegenteil, nach den Befunden in den Bohrungen Sprendlingen und Bad Vilbel, die unter Oberrotliegendem in 270 m Teufe Granit bzw. in 300 m Tiefe vermutlich Kulm angetroffen haben muß man in diesem Raum ein Hochgebiet annehmen (NÖRING 1951), zumindest für die Zeit des tieferen Unterrotliegenden. Diese Einschränkung möchte Verf. deshalb machen, da nach seinen bisherigen Beobachtungen in diesem Abschnitt der Senke schon mit dem Absatz von Tholeyer Schichten gerechnet werden muß. Noch älteres Unterrotliegendes wurde, wie schon zuvor erwähnt, östlich dieser Schwelle durch die Bohrungen bei Altenstadt in einer Mächtigkeit von 270 m (v. REINACH 1899) und von 370 m

(NÖRING 1951) nachgewiesen. Da die zuletzt genannte Bohrung das Rotliegende noch nicht durchsunken hat, erscheint es berechtigt, für die obige Abfolge eine noch größere Mächtigkeit anzunehmen. In diesem Zusammenhang müssen auch die Bohrungen bei Lindheim erwähnt werden, von dem eine nach den Angaben von LUDWIG (1855) nach 200 m auf Grauwacke gestoßen sein soll. Einschließlich weiterer Aufschlüsse (NÖRING 1955), vor allem im Raum Erbstadt-Büdingen, sprechen diese Unterlagen für das Vorhandensein eines Troges mit Unterrotliegendfüllung, dessen Mächtigkeit vorerst nur mit 200–500 m angenommen werden kann.

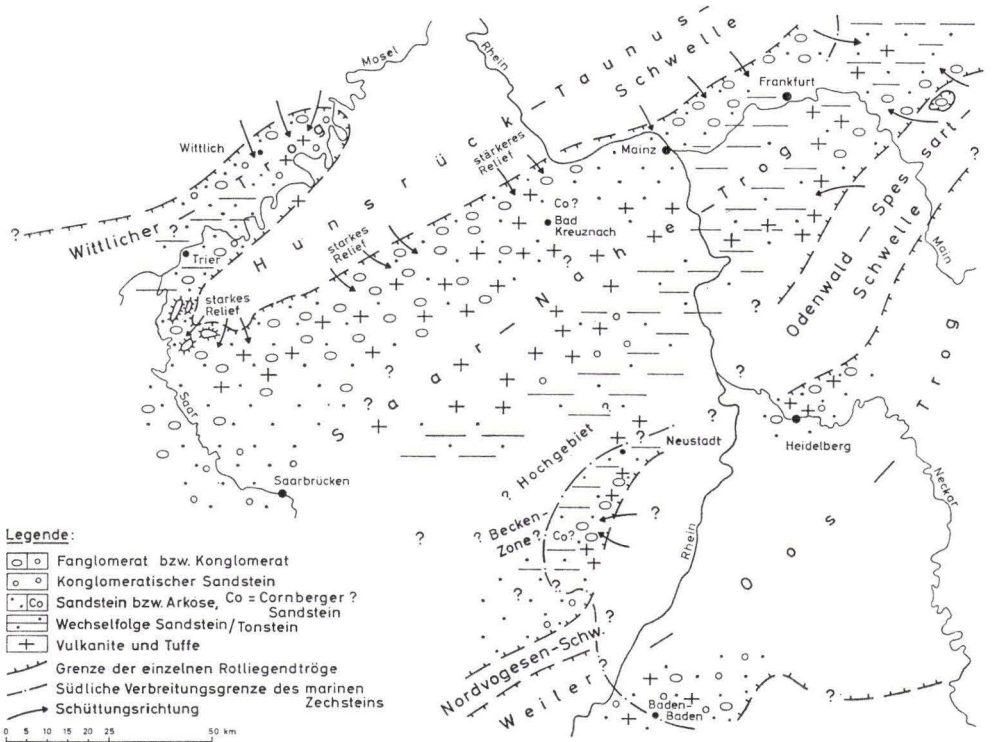


Abb. 2. Paläogeographische Übersicht der westlichen wie östlichen Randgebiete des nördlichen Oberrheingrabens zur Zeit des Oberrotliegenden.

Zusammenfassend kann man also feststellen, daß es in einer NE-SW verlaufenden, in sich gegliederten Senke vom Saargebiet bis zur Wetterau, begrenzt von den Liefergebieten der im gleichen Sinne streichenden Hunsrück-Taunus Schwelle im Norden und der Pfälzer-Odenwald-Spessart Schwelle im Süden, abgelagert worden ist. Soweit eine synsedimentäre Tektonik wie bei der Hunsrück-südrandstörung angenommen werden kann, verfolgt sie die gleiche Richtung. Eine rheinische Ausrichtung der vermuteten Querschwellen zwischen dem Trog der südlichen Wetterau und der Nahe ist bisher nicht nachgewiesen. Infolgedessen kann man nach dem Stand der der-

zeitigen Kenntnisse nur die Feststellung treffen, daß auch zur Zeit des Unterrotliegenden sich im heutigen nördlichen Oberrheingraben und seinen Randgebieten keine Strukturen rheinischer Richtung abzeichnen, die zur damaligen Zeit entstanden sind.

#### 4. Die Zeit des Oberrotliegenden (Saxonien)

Seine Schichten liegen im allgemeinen konkordant zu jenen des Unterrotliegenden, diskordant nur in der unmittelbaren Umgebung des Nohfelder-, Kreuznacher und Donnersberg-Rhyolithmassives als Folge nicht völlig gleichaltriger, vulkanotektonischer Vorgänge. Darüber hinaus liegt eine Diskordanz in Höhe der Pfälzer Kuppeln auf der Südostflanke der Nahemulde (ATZBACH 1955) und auf dem NW-Flügel der Pfälzer Mulde vor (KONRAD 1969). Die Grenze zu seinem Liegenden wird dort gezogen, wo inmitten buntgefärbter Tonsteine die ersten Tuffe eines Grenzlager-vulkanismus einsetzen (FALKE 1954a). Sie sind nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Dr. HEIM, Mainz, als Kaolinit-„Tonsteine“ von den in den letzten Jahren fast überall im Unterrotliegenden gefundenen Tuffen, die als rekristallisierte Quarz-Feldspat-Gesteine vorliegen, im allgemeinen gut zu unterscheiden (HEIM, im Druck).

Mit dieser Zeit beginnt ein grundsätzlicher Wandel in den paläogeographischen Verhältnissen der Saar-Nahe-Wetterau Senke im Zusammenhang mit nunmehr verstärkt einsetzenden, tektonischen Bewegungen. So entsteht ein Sonderbecken zwischen dem Donnersberg und Olsbrücken im Westen, d. h. in Höhe der Pfälzer Kuppeln, auf das schon REIS (1921) hingewiesen hat. Es wird im Verlauf des Oberrotliegenden, vor allem am Ende dieser Zeit, in die Pfälzer Mulde einbezogen. Bis zum niveausausgleichenden, ersten Grenzlagererguß wird in ihm eine bunte Wechselfolge aus Konglomerat- wie frische Feldspäte führender Arkose, aus Sand- wie Tonsteinen mit Tuffen in einer Mächtigkeit bis zu 300–400 m abgelagert. Aus ihr muß gefolgert werden, daß es sich noch weiter nach Nordwesten in den Raum des heutigen Pfälzer Sattels erstreckt hat. Jedoch läßt sich keine Verbindung zu den Ablagerungen im Liegenden des ersten Ergusses in der Nahemulde herstellen. Sie scheint jedoch für eine Arkose mit frischen Feldspäten gegeben zu sein, die südlich der Pfälzer Kuppeln, also auf dem NW-Flügel der Pfälzer Mulde, und nordöstlich von ihnen, somit auf dem Südostflügel der Nahemulde, im Liegenden des jeweiligen „Grenzlagers“ ansteht. Sollten noch weitere Untersuchungen diese Annahme bestätigen, so würde dieses Sediment beweisen, daß noch zu dieser Zeit über den heutigen Pfälzer Sattel hinweg eine Verbindung zu der Nahemulde bestand.

Inwieweit sie zur Zeit der folgenden Grenzlagerergüsse vorlag, hat sich bisher nicht belegen lassen. Auf jeden Fall entstand durch diesen Vulkanismus ein Lokalrelief und mit ihm eine solche Vielfalt an Zwischensedimenten in den vor allen morphologisch tiefer gelegenen Beckenteilen, daß eine Korrelation dieser Ablagerungen untereinander in der Prims-Nahe- und Pfälzer Mulde auf große Schwierigkeiten stößt, z. T. unmöglich ist (FALKE 1954a). Unter Berücksichtigung besonders der saueren Intrusionen kann man verschiedene Hauptzentren dieses Vulkanismus unterscheiden, wobei in ihrem Bereich innerhalb des nordwestlichen Muldenzuges des Saar-Nahegebietes die einzelnen Mulden jeweils zueinander nach Südosten versetzt sind (Abb. 4). Dies trifft im Saargebiet auf der Höhe von Schmelz für die

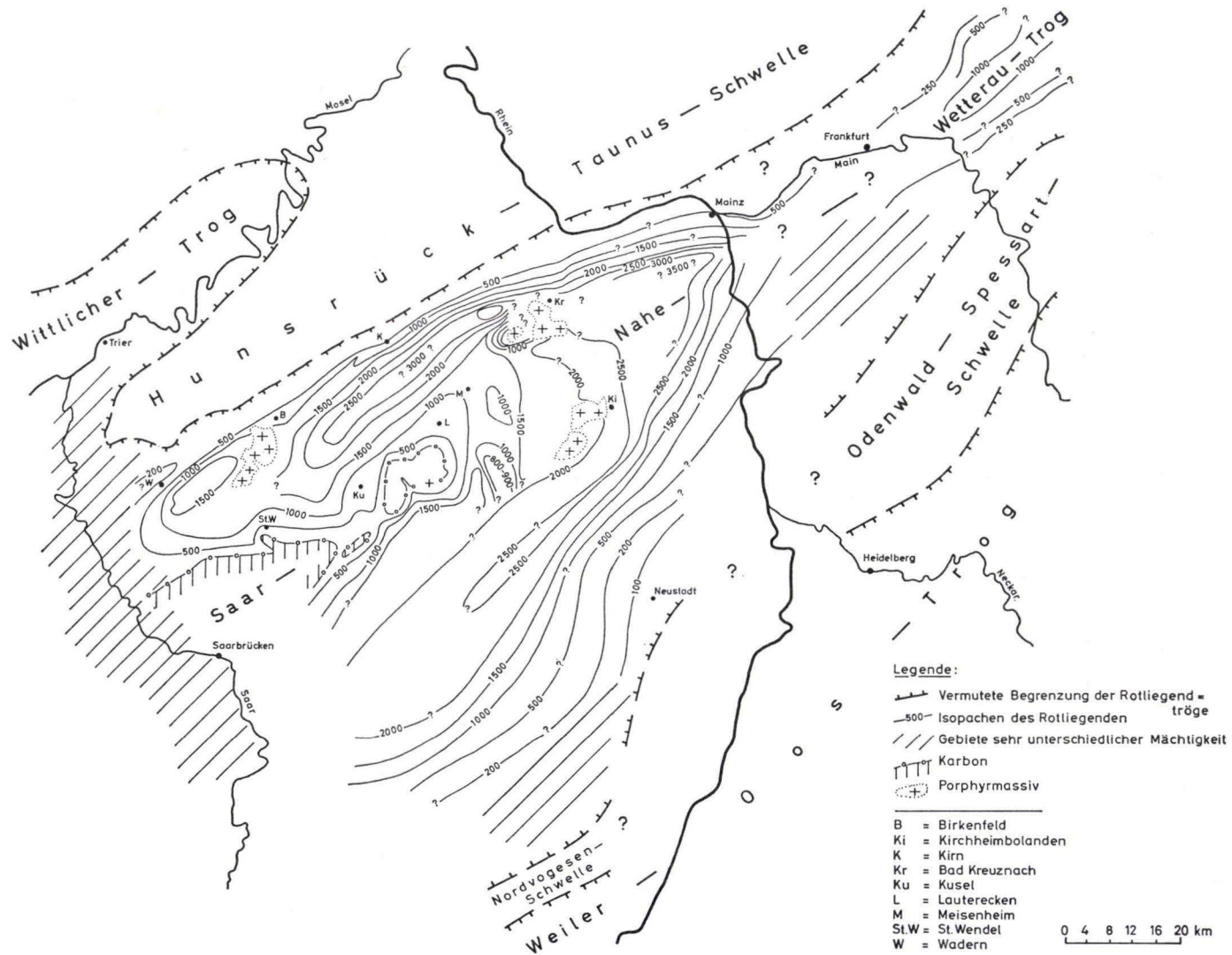


Abb. 3. Isopachenkarte des Rotliegendes des Saar-Nahe-Wetterau-Troges.

Primsmulde gegenüber der nach Nordosten aushebenden Merziger Mulde zu, am Nohfelder Massiv auf die Nahe- gegenüber der Primsmulde. Zugleich stellt sich östlich dieses Massives in der Nahe-Mulde mit einer Mächtigkeit von 700–800 m der mächtigste vulkanische Komplex des Saar-Nahe-Beckens ein, der nach Nordosten, im Raum Monzingen-Sobornheim, nur noch durch einige geringmächtige Decken vertreten ist. Weiter im Osten liegt das nächste vulkanische Zentrum im Bereich des Kreuznacher Rhyolithmassives, wo ebenfalls eine Mulde unter den Tertiärschichten des Mainzer Beckens gegenüber der eigentlichen Nahemulde nach Südosten versetzt ist (Abb. 4). Bemerkenswert ist, daß sich in diesem Gebiet erhöhter vulkanischer bis subvulkanischer Tätigkeit eine größere Anzahl von Tuffschloten zwischen Sponheim und Waldböckelheim finden (ГЕИБ 1956), die zumindest teilweise mit dem im Untergrund anstehenden und durch die Bohrung Waldböckelheim erschlossenen Rhyolith in Verbindung zu stehen scheinen. Solche vulkanische Formen, aber mit calderaartigen Einbrüchen, beobachtet man auch in dem sich südöstlich anschließenden Pfälzer Sattel, und zwar inmitten von Lebacher Schichten bei Niedermoschel und Gerbach. Im letztgenannten Fall enthalten sie unter den eingebrochenen Gesteinschollen auch Magmatite, die sich mit den Grenzlagerergüssen in der Umrandung des Donnersberg-Massives vergleichen lassen (LORENZ 1967) und somit beweisen, daß sie in diesem Abschnitt den heutigen Pfälzer Sattel überdeckten. Auf seinem Südostflügel im Bereich des zuvor erwähnten Rhyolithmassives stellt sich wiederum eine Häufung vulkanischer Erscheinungen ein, deren Grenzlagerergüsse an Mächtigkeit nach Südwesten verlieren und an der schon des öfteren erwähnten Hohlbornerhof-Kuppel ihr Ende finden, was besagt, daß sie auch noch zu dieser Zeit wie zuvor als Schwelle in Erscheinung trat (SCHWAB 1968). Jenseit s von ihr, d. h. südlich der Pfälzer Kuppeln, stellt sich ein weiteres Zentrum vulkanischer Tätigkeit mit Lavadecken bis zu 200 m Mächtigkeit ein. Auch in diesem wie in den anderen Fällen zuvor müssen diese Ergüsse noch etwas weiter in den Raum des Pfälzer Sattels hineingereicht haben. Jedoch bleibt auch hier eine Verbindung mit jenen in der Nahemulde bisher unbewiesen und damit die Existenz oder Nichtexistenz eines zwischenliegenden Hochgebietes zu dieser Zeit.

In der folgenden Periode des Oberrotliegenden unterscheiden sich die Sedimente in der Pfälzer Mulde noch stärker von jenen in der Prims- und Nahemulde als zuvor. In den beiden letztgenannten tektonischen Einheiten sind sie sich infolge eines gemeinsamen Hauptliefergebietes, und zwar des Hunsrücks, noch sehr ähnlich. Von ihm stammen infolge einer Reliefverstärkung als Folge verstärkter tektonischer Bewegungen die Komponenten ihrer Waderner Fanglomerate ab, deren Anlieferung schon kurz vor den ersten Grenzlagerergüssen einsetzte. Sie lassen in der Nahemulde bisher zwei Schuttströme erkennen, der eine östlich Idar-Oberstein, charakterisiert durch größere Taunusquarzitblöcke, der andere nordöstlich von Bad Kreuznach, ausgezeichnet durch mitteldevonische Kalksteinkomponenten als Leitgesteine. Ihre meist schlecht sortierten Sedimente greifen nach Nordwesten über das Unterrotliegende hinaus in den Hunsrück hinein. Dies kann man z. B. im Nordosten der Nahemulde an der Hunsrück-südrandstörungszone beobachten, die als altes Lineament zur Zeit des Grenzlagervulkanismus und am Ende der Rotliegendzeit von neuem tätig war, wie die ihr aufsitzenden permischen Magmatite und das eingebrochene,

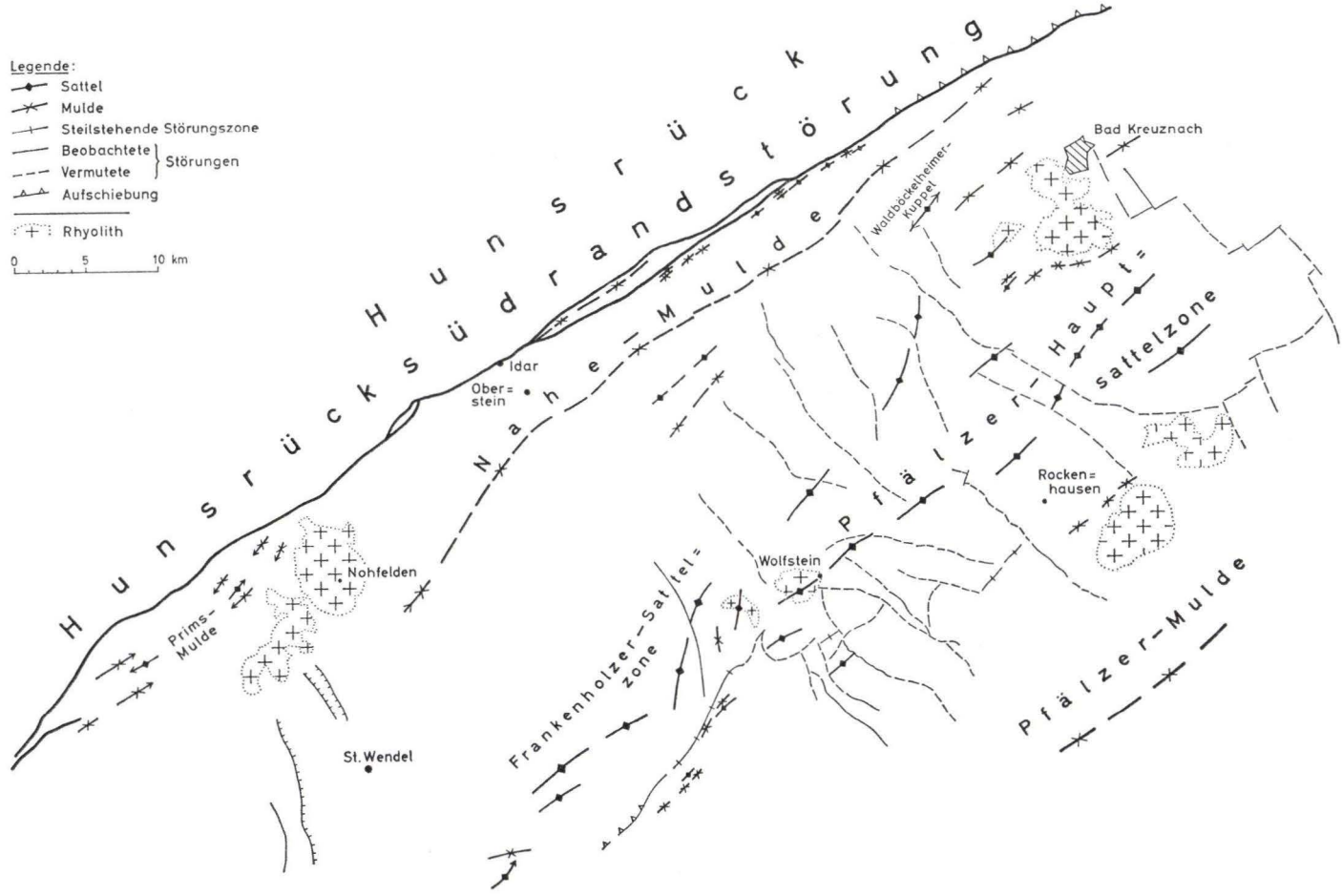


Abb. 4. Die tektonischen Hauptstrukturen im Rotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes.



z. T. gefaltete und verstellte Oberrotliegende beweisen. Dieses Übergreifen ist noch besser im Nordwesten der Primsmulde festzustellen (Abb. 2), wo eine Waderner Fanglomeratfazies die damals hier vorhandenen und heute teilweise exhumierten Täler usw. einer reich gegliederten Landschaft ausfüllte (WEHRLI 1933, SCHALL 1968) und mit den Ablagerungen der Wittlicher Senke Verbindung aufnahm. Zum Hangenden werden diese Sedimente allmählich durch feinkörnigere Ablagerungen der Kreuznacher Gruppe, vor allem durch Sandsteine, z. T. äolischen Ursprunges, ersetzt. Einschließlich gelegentlicher Grobsedimente sind sie nach den Befunden im St. Wendeler-, Lebacher Graben und westlich der Saar auch im Bereich des heutigen Saarbrückener Sattels und seiner südwestlichen Fortsetzung (MÜLLER und KLINKHAMMER 1963) vorhanden. Ihre Mächtigkeit unterliegt in Abhängigkeit vom Relief erheblichen Schwankungen. So kann dieses Oberrotliegende aus Waderner- und Kreuznacher-Gruppe bis zur Auflagerung auf das Devon östlich von Mettlach lokal 150–200 m mächtig werden. In der südöstlich sich anschließenden Primsmulde erreicht sie für das gesamte Oberrotliegende, d. h. einschließlich der Grenzlageregruppe, 400–500 m und damit hier für das gesamte Rotliegende ca. 1500 m (Abb. 3).

Eine Wechselfolge der Kreuznacher Gruppe aus rötlichen, z. T. äolisch entstandenen Sandsteinen und Tonsteinen, die durch das Auftreten von Grobhorizonten, namentlich in den Basisschichten, auf eine Verzahnung mit den Ablagerungen der Waderner Gruppe schließen läßt, tritt auch im Nordosten der Nahemulde auf. Sie ist ebenfalls in der Bohrung Olm I südwestlich von Mainz durchörtert worden, und zwar in einer Fazies, die schon jener in der Pfälzer Mulde ähnlich ist. Nach diesem Bohrprofil beträgt die Mächtigkeit des Oberrotliegenden 1750 m (HABICHT 1963), somit vermutlich jene des gesamten Rotliegenden etwa 3000 m, während sie im Raum der eigentlichen Nahemulde auf 700–800 m bzw. 2500 m geschätzt werden kann (Abb. 3).

Die gleichalten Sedimente der oben angeführten Bohrung einschließlich der ihnen zugehörigen Rotliegendeaufbrüche im Verlauf des Nierstein-Alzeyer Horstes nehmen über den hier nach Nordosten abtauchenden Pfälzer Sattel Verbindung mit den andersartig beschaffenen Sedimenten der südöstlich von ihm gelegenen Pfälzer Mulde auf. Unter ihnen ist in dieser Beziehung vor allem das durch seine grüne Quarzite als Leitgesteine ausgezeichnete Quarzitkonglomerat in einem rotvioletten bis rötlichen Sandstein zu nennen. Es verliert sich nach Südwesten und kann deshalb nur aus dem Osten bis Südosten gekommen sein. Des weiteren gehören die im Hangenden folgenden und das Oberrotliegende abschließenden „Rötelschiefer“ dazu. Sie setzen sich aus einer Wechselfolge von roten, mehr oder weniger sandigen Tonsteinen und teilweise grobkörnigen, meist geringmächtigen Sandsteinbänken zusammen. In einer Sonderfazies aus Feinsandsteinen und Mergeln mit Anhydrit und Gips liegen sie in der Bohrung Landstuhl I vor (HABICHT 1963). Sie läßt darauf schließen, daß hier zeitweilig, ähnlich den Verhältnissen am Niersteiner Horst und bei Sobernheim in der Nahemulde, eine mit flachen Wasser bedeckte Senke innerhalb einer Landschaft von wüstenartigem Charakter bestand. Ihre hangendsten Schichten stellen vielleicht wie jene östlich von Bad Kreuznach schon eine terrestrische Vertretung des Zechsteins dar (FALKE 1965). Unter Außerachtlassung dieser Möglichkeit beträgt die Mächtigkeit der „Rötelschiefer“ etwa 700–800 m und somit jene für das gesamte

Oberrotliegende in diesem Abschnitt des Troges ca. 1500 m. Rechnet man das hier noch vermutlich anstehende Unterrotliegende in einer Mächtigkeit von ca. 1000 m hinzu, so würde in dem Bereich der Pfälzer Mulde eine etwa 2500 m mächtige Schichtfolge für das Unterperm vorhanden sein. Es liegt, wie die Bohrung Landstuhl 1 und weitere Aufschlüsse beweisen, schon weitgehend unter der Buntsandsteindecke des Pfälzer Waldes (Abb. 3).

In seinem Nordosten zwischen Bad Dürkheim und Neustadt haben über Kulm Bohrungen vermutetes Oberrotliegendes, bestehend aus roten, feinkörnigen Sand- und Tonsteinen, in einer Mächtigkeit von etwa 100 m durchörtert. In gleicher Ausbildung steht es in den westlich hiervon gelegenen Tälern der Haardt an. Sofern es sich um höheres Oberrotliegendes handelt, wofür seine Zusammensetzung spricht, würde sich in diesem Raum bis südwestlich Neustadt für die vorausgegangene Zeit ein Hochgebiet abzeichnen (Abb. 2, 3). Es würde mit der von REICH (1952) festgestellten, magnetischen Anomalie zusammenfallen, die nach ihm als südwestliche, wenn auch um 20 km nach Süden versetzte Fortsetzung jener zu betrachten ist, die vom Odenwald aus in Richtung Worms den Oberrheingraben quert.

Südlich von ihr setzt im Raum des Pfälzer Waldes ein neuer Trog mit Oberrotliegendfüllung ein (Abb. 2, 3). Sie beginnt über einem stärkeren Relief des Grundgebirges nördlich wie südlich Albersweiler mit Fanglomeraten von Waderner Typ, die nach dem Verhalten ihrer Mächtigkeit, der Einregelung ihrer Komponenten usw. von einer weiteren Schwelle im Osten abgeleitet werden müssen (HENTSCHEL 1963). Die ebenfalls an oder nahe der Basis des Rotliegenden vorhandenen Vorkommen eines Grenzlagervulkanismus sind nach ILLIES (1965) rheinisch auf Störungen gleicher Richtung angeordnet. Diese Aussage möchte Verf. insofern einschränken, als mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, daß die derzeitigen Aufschlüsse nicht die wahre Verbreitung der Deckenergüsse wiedergeben. Die über den groben Basissedimenten einsetzende und sie wohl auch teilweise vertretende Wechselfolge aus roten Sand- und Tonsteinen entwickelt sich mit Ausnahme des oberen Sandsteines (HENTSCHEL 1963) vor allem in westlicher Richtung, so daß hier die gesamte Mächtigkeit des Oberrotliegenden 200–250 m gegenüber maximal 80–100 m im Osten beträgt. Hierbei sind die Sandsteine eingeschlossen, die, äolischen Ursprunges, schon eine terrestrische Vertretung des Zechsteines darstellen können, der bekanntlich in der Albersweiler Bucht durch Fossilien nachgewiesen worden ist (HENTSCHEL 1963). Leider läßt sich infolge der Triasüberdeckung nicht der Nachweis führen, ob die oben aufgeführte Rotliegendfolge in einem Sonderbecken abgelagert worden ist oder über das offensichtlich nach Westen abtauchende Hochgebiet westlich bis nordwestlich Neustadt mit den in der Bohrung Landstuhl 1 nachgewiesenen Vorkommen in Verbindung steht. Auf jeden Fall läßt die Verbreitung dieser Sedimente erkennen, daß der Ablagerungsraum des Oberrotliegenden nach Süden erheblich an Ausdehnung gegenüber der vorausgegangenen Zeit gewonnen hat.

Wie uns schon die bisherigen Aufschlüsse beweisen, hat dieses Gebiet sicherlich zur Rotliegendzeit ein sehr unruhiges Relief besessen. Deshalb ist es, ganz abgesehen von den alles verhüllenden triassischen Deckschichten, außerordentlich schwierig, ja unmöglich, eine genauere Südgrenze des oben erwähnten Sonderbeckens anzugeben. Auf der Höhe von Weißenburg steht inmitten des Pfälzer Waldes eine

2–8 m mächtige Arkose an, deren Konglomeratführung sich durch einen hohen Gehalt an Granitgeröllen auszeichnet. Sie müssen von einer nicht allzuweit entfernt gelegenen Schwelle am Nordrand der Vogesen stammen (Abb. 2 und 3), auf deren Südflanke nach Meinung des Verf. schon das Rotliegende der Bohrung Kutzenhausen liegt. Es würde damit schon dem Weiler-Oos-Trog angehören, dem auf deutscher Seite die Vorkommen von Baden-Baden und bei Heidelberg am Südrand des Odenwaldes zuzurechnen sind.

Inwieweit der Odenwald selbst als damaliges Liefergebiet und somit Schwelle frei von Rotliegendem geblieben ist, läßt sich heute nicht mehr genauer feststellen. Auf ihrer Nordwestflanke in Richtung des Saar-Nahe-Troges haben verschiedene Bohrungen im nördlichen Oberrheingraben Rotliegendes angetroffen, unter ihnen jene von Stockstadt westlich Darmstadt in einer Mächtigkeit von 689 m. Über dem liegenden Diorit besteht ihre Abfolge aus buntgefärbten Silt- und Tonsteinen, darüber das Grenzlager, dann Brekzien, gefolgt von roten Sand- bis Siltsteinen. Sie wird in das Oberrotliegende gestellt. Gemessen an seiner Mächtigkeit von 1750 m in der Bohrung Olm 1, südwestlich von Mainz, hat es also schon eine wesentliche Abnahme in Richtung auf den Südostrand des Saar-Nahe Troges zu verzeichnen, zu dem in diesem Abschnitt auch die Odenwaldschwelle gehört. Dieser Randzone benachbart liegt die ihr im Norden vorgelagerte Hochscholle des Sprendlinger Horstes mit einer Oberrotliegendecke von örtlich sehr schwankender Mächtigkeit. Sie beträgt in der Bohrung Sprendlingen in Nachbarschaft des gleichnamigen Ortes 268 m und setzt sich aus einer Abfolge von liegender Breckzie, gefolgt vom „Grenzlager“ und roten Sand- wie Tonsteinen mit Tuffen zusammen. Nach den bisher vorliegenden Unterlagen dürfte sie für den Sprendlinger Horst kaum 200–300 m übersteigen, selbst wenn man im Sinne von BACKHAUS (1965) die kalkführende Arkose z. B. bei Dreieichenhain und Götzenhain als eine Rotliegendefazies von Zechsteinalter noch hinzuzählt. Nach NEGENDANK (1969) sind die Grenzlagerergüsse links des Rheines vor allem in der Bohrung Olm 1 über jene in den Bohrungen des Oberrheingrabens, wie z. B. Stockstadt 1, in den Sprendlinger Horst und über ihn hinaus in die Wetterau zu verfolgen. Infolgedessen ist die Vermutung nicht auszuschließen, daß westlich des Sprendlinger Horstes in den abgesunkenen Schollen des Oberrheingrabens noch weitere permische Vulkanite verborgen liegen. Dann würde aber ihre derzeitige rechtsrheinische Verbreitung in NNE-Richtung nicht unbedingt beweisend dafür sein, daß diese Anordnung in Zusammenhang mit zur Rotliegendzeit entstandenen, rheinisch verlaufenden Störungen steht.

Nordwestlich des Sprendlinger Horstes kommt ebenfalls in einer am Rande des Oberrheingrabens relativ gehobenen Scholle von Hochheim-Hofheim (NÖRING 1951) Oberrotliegendes in Waderner Fazies zutage, deren Komponenten von der benachbart liegenden Taunus-Schwelle abzuleiten sind. Aus diesen Vorkommen wie jenen im Sprendlinger Horst ist der berechnete Schluß zu ziehen, daß auch in der zwischenliegenden, abgesunkenen Scholle des auslaufenden Oberrheingrabens Oberrotliegendes in Fortsetzung der Saar-Nahe-Senke vorhanden ist, zumal es auch östlich Frankfurt, in der südlichen Wetterau bis zum Nordrand des Spessart wie in ihm selbst, hier und dort unter jüngeren Deckschichten zutage tritt. Nach den Untersuchungen von MURAWSKI (1967) und seinen Schülern liegt es südlich der Kinzig

in einer der Spessartschwelle als Liefergebiet benachbarten Randfazies vor, die sich vorwiegend aus Breckzien und Konglomeraten in Waderner Fazies zusammensetzt. Nördlich der Kinzig setzt die Beckenfazies als eine Wechselfolge von roten, meist feinkörnigen Sand- und Tonsteinen ein, wobei das Übergangsgebiet zwischen den beiden Fazies zugleich mit einer wiederholt aktiven Bewegungszone zusammenfällt (MURAWSKI 1963). Am Nordwestrand dieses Trogabchnittes steht z. B. bei Winddecken-Heldenbergen wiederum eine Fanglomeratfazies aus Material von der Taunus-Schwelle an, die nach LIETZ (1967) wie jene des Spessart auch noch in der Übergangszeit zum Zechstein als Sedimentlieferant in Erscheinung trat. Wenn auch nach den bisher vorliegenden Unterlagen eine Angabe der Mächtigkeit des Oberrotliegenden in der südlichen Wetterau noch nicht genauer möglich ist, so dürfte sie doch mit 400–500 m nicht unterbewertet sein, so daß sie für das gesamte Rotliegende fast 1000 m oder etwas mehr ergeben würde (Abb. 3).

Faßt man die zuvor gemachten Ausführungen zusammen, so ergibt sich für die Paläogeographie des Oberrotliegenden in großen Zügen folgendes, teilweise schon bekanntes Bild:

Im Nordwesten des beschriebenen Raumes befand sich die NE-SW verlaufende Taunus-Hunsrück-Schwelle als zeitweilig sehr wichtiges Sedimentliefergebiet infolge einer Reliefverstärkung in Auswirkung zunehmender tektonischer Bewegungen. In dem südlich anschließenden Saar-Nahe-Wetterau-Trog gleicher Streichrichtung bestand nicht nur, aber besonders zur Zeit des Grenzlagervulkanismus ein stark gegliedertes Lokalrelief. Gegenüber dem ausgehenden Unterrotliegenden, namentlich der Zeit der Lebacher-Gruppe, scheint sich das Trogtiefste weiter nach Nordosten in den Raum des heutigen Mainzer Beckens verlagert zu haben, von dem aus unter erheblicher Mächtigkeitsabnahme nach Nordosten eine Verbindung mit den Vorkommen in der südlichen Wetterau bestand.

Soweit zu Beginn, während, vor allem am Ende des Oberrotliegenden tektonische Bewegungen erfolgten, besitzen die durch sie erzeugten Strukturen eine erzgebirgische Richtung, so die Muldenzüge nordwestlich wie südöstlich des Saarbrücker-Pfälzer Sattels, der sich in Zeit und Raum fortlaufend nach Nordosten ausbaute. Hierzu gehört auch die Taunusrand- und in ihrer südwestlichen Fortsetzung die Hunsrücksüdrandstörungszone mit ihren Spezial-Sätteln und Mulden, die zu ihr parallel verlaufende Saarbrücker Hauptüberschiebung, die in ihrer Auswirkung nach Nordosten sich schließlich in einer Zone steilstehender Schichten auf der Südostflanke des Pfälzer Sattels bis in die Höhe des Donnersberges verfolgen läßt (FALKE 1964) (Abb. 4). Schließlich besitzt auch die von MURAWSKI (1963) postulierte Bewegungszone zwischen der Rand- und Beckenfazies im hessischen Troganteil eine erzgebirgische Richtung. Die vor allem am Ende des Oberrotliegenden entstandenen Querelemente bevorzugten die NW-SE-Richtung, wobei sie nahe der Kulmination des Pfälzer Sattels z. T. etwas in die NE-Richtung einschwenken, an Sprunghöhe verlieren oder sogar aussetzen (Abb. 4), um jenseits von ihm wieder einzusetzen. Durch sie ist offensichtlich auch die im Tertiär entstandene Westrandstörung des Mainzer Beckens in ihrem Verlauf bestimmt worden. Dagegen sind sie zwischen dem Taunus und Odenwald-Spessart im heutigen tektonischen Bild nicht ohne weiteres nachweisbar, sofern man nicht z. B. die Störung am Westrand der Hofheim-Hoch-

heimer Scholle oder jene des Seligenstädter Grabens als im Untergrund vorgezeichnete tektonische Linien betrachten will. Zweifellos überwiegen hier Störungen rheinischer Richtung. Dieser Befund besagt aber nichts über ihre eventuell schon im Rotliegenden erfolgte Anlage, wenn auch die noch ältere Entstehung von Störungen derartiger Richtung in dem von uns behandelten Raum nicht geleugnet werden kann, wie u. a. die Otzbergspalte im Odenwald beweist.

Er bildet in seinem Kernstück zusammen mit dem Spessart zur Oberrotliegendzeit als Reste der Mitteldeutschen Schwelle ein Hoch- und Sedimentliefergebiet am Südostrand des Saar-Nahe-Wetterau Troges. Nach Ansicht des Verfassers fand es linksrheinisch in der flachen Schwelle der nordöstlichen Haardt seine Fortsetzung. Sie wurde während des Oberrotliegenden in Erweiterung des Saar-Nahe-Troges nach Süden allmählich von den Ablagerungen dieser Zeit überwältigt bei gleichzeitiger Ausbildung eines Sonderbeckens südlich von ihr, dessen Zentrum westlich Albersweiler zu liegen scheint. Sein Südrand könnte die im Norden der Vogesen angenommene NE-SW verlaufende Schwelle sein, deren Südflanke schon zu dem Weiler-Oos-Trog gleicher Streichrichtung gehört.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß auch zur Zeit des Oberrotliegenden die Paläogeographie des dargestellten Raumes von erzgebirgisch ausgerichteten Strukturen beherrscht wurde, die somit für das gesamte Rotliegende in diesem Gebiet von maßgeblicher Bedeutung sind. In dieser Zeit entstandene rheinische Elemente sind bisher nicht eindeutig nachweisbar.

## 5. Zusammenfassung

Die erste Anlage des intrakontinentalen Beckens vom Saargebiet bis zur Wetterau erfolgt im Oberkarbon mit einem Schwerpunkt im Südwesten. Im Verlauf des folgenden Unterrotliegenden verlagert er sich immer mehr nach Nordosten. Dieser Prozeß vollzieht sich also in der erzgebirgischen Richtung, die auch von den randlichen Schwellen als wichtigen Sedimentlieferanten im Nordwesten wie Südosten beibehalten wird. Am Südostfuß der nordwestlichen Taunus- und Hunsrück-Schwelle scheint zu dieser Zeit eine NE-SW verlaufende Störungszone schon tätig gewesen zu sein. Dieses, das rechts- wie linksrheinische Gebiet verbindende Element, erlebt eine neue, wesentlich stärkere Aktivität während der Zeit des Oberrotliegenden. Es ist charakterisiert durch einen weiteren Ausbau des Beckens nach Nordosten bei einem allmählichen Übergreifen seiner Sedimente auf die Randschwellen und seiner besonderen Erweiterung linksrheinisch bis zum Nordrand der Vogesen. Die während, vor allem am Ende des Oberrotliegenden entstandenen, tektonischen Strukturen folgen gleich den Schwellen und Becken über das nördliche Oberrheingebiet hinaus einer NE-SW-Richtung wie der auch an sie gebundene Grenzlagervulkanismus des Saar-Nahe-Troges. Soweit hierbei Querelemente entstehen, halten sie die NW-SE-Richtung ein. Ein eindeutiger Hinweis auf eine zu dieser Zeit aktive rheinische Richtung kann bisher nicht erbracht werden.

## Schriftenverzeichnis

- ATZBACH, O.: Stratigraphisch-tektonische Untersuchungen im Unterrotliegenden an der Nordwestflanke des Pfälzer Sattels (Raum Kusel-Patersbach). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, S. 157—166, Wiesbaden 1955.
- BACKHAUS, E.: Die randliche „Rotliegend“-Fazies und die Paläogeographie im Bereich des nördlichen Odenwaldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 112—140, 7 Abb., Wiesbaden 1965.
- BAHLO, E.: Zur Geologie des Raumes Lebach-Eppelborn-Thalexweiler (Saarland). Unveröffl. Dipl.-Arbeit, Mainz 1968.
- BANK, H.: Tektonisch-Stratigraphische Untersuchungen auf dem Nordwestflügel der Nahe-Mulde. Diss., Mainz 1953.
- BOY, J. B.: Zur Geologie im Raume Lauterecken-Sien (Bl. 6311). Unveröffl. Dipl.-Arbeit, Mainz 1965.
- FALKE, H.: Sedimentationszyklen im pfälzischen Unterrotliegenden. — Z. deutsch. geol. Ges., **103**, f. 1951, S. 115—116, Hannover 1952.
- Leithorizonte, Leitfolgen und Leitgruppen im pfälzischen Unterrotliegenden. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **99**, S. 298—354, Stuttgart 1954.
- Neue Erkenntnisse über die Grenzlagergruppe des Saar-Nahe-Rotliegenden. — Geol. Rdsch., **48**, S. 66—76, 2 Abb., Taf. 3, Stuttgart 1959.
- Zur Tektonik des Rotliegenden im Saar-Nahegebiet. — Jb. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **46**, S. 35—51, Stuttgart 1964.
- Die Zusammenhänge zwischen Sedimentation, Regionalrelief und Regionalklima im Rotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes. — Geol. Rdsch., **55**, S. 208—224, Stuttgart 1965.
- Zur Geochemie der Schichten der Kreuznacher-Gruppe im Saar-Nahe-Gebiet. — Geol. Rdsch., **55**, Stuttgart 1965.
- Zur Frage der Ausdehnung und faziellen Entwicklung des Saarkarbon nach Nordosten. — Z. deutsch. geol. Ges., **117**, S. 72—100, 11 Abb., Hannover 1966.
- GEIB, K. W.: Vulkanische Schlotte mit Schlotbreeckzien und Eruptivgesteinen im östlichen Nahebergland. — Z. deutsch. geol. Ges., **108**, S. 265—266, Hannover 1956.
- HABICHT, H.: Die permokarbonischen Aufschlußbohrungen der Nahe-Senke, des Mainzer Beckens und der Zweibrücker Mulde. — Z. deutsch. geol. Ges., **115**, S. 631—649, Taf. 15, Hannover 1966.
- HEIM, D.: Die Tonsteine im Unterrotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes und ihre Beziehungen zu den Karbon-Kohlentonsteinen. Im Druck.
- HENTSCHEL, H. E.: Die permischen Ablagerungen im östlichen Pfälzer Wald (Haardt) zwischen Neustadt-Lambrecht und Klingenstein-Silz. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 143—171, 11 Abb., Wiesbaden 1963.
- ILLIES, H.: Der Westrand des Rheingrabens zwischen Edenkoben (Pfalz) und Niederbronn (Elsaß). — Oberrh. geol. Abh., **12**, S. 1—23, Taf. 1, Karlsruhe 1963.
- Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. — Oberrh. geol. Abh., **4**, S. 1—54, Karlsruhe 1965.
- KNEUPER, G.: Grundzüge der Sedimentation und Tektonik im Ober-Karbon des Saarbrücker Hauptsattels. — Oberrh. geol. Abh., **13**, S. 1—49, Taf. 1—8, Karlsruhe 1964.
- Zur Entstehung und Entwicklung der Saar-Nahe-Senke. — Z. deutsch. geol. Ges., **117**, S. 312—322, 5 Abb., Hannover 1966.
- KNEUPER, G. & R. SCHÖNEBERG: Neue Ergebnisse zur Frage des Werdeganges der Saar-Nahe-Senke und der Entwicklung des Saarbrückener Steinkohlengebirges. — Stratigr. et Géol. Carbonif. 1963, Paris 1964.
- KONRAD, H. J.: Die Tholeyer-Gruppe (ru<sub>3</sub>) an der Südwestflanke des Pfälzer Sattels. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **132**, S. 257—284, Stuttgart 1969.
- LIETZ, J.: Der Grenzbereich Rotliegendes-Zechstein im Gebiet des Spessart und der Wetterau in paläogeographischer Sicht. — Jb. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **49**, S. 117—146, Stuttgart 1967.
- LORENZ, V.: Zur Geologie der Umgebung von Rockenhausen und Gerbach. Unveröffl. Dipl.-Arbeit, Mainz 1965.

- LORENZ, V.: Zur Genese neuentdeckter Vulkanschlote in der Umgebung des Donnersberges/Pfalz. — Geol. Rdsch., **57**, S. 189—198, 5 Abb., Stuttgart 1967.
- LUDWIG, R.: Geol. Spez. Karte Großherzogt. Hessen, Section Friedberg, Darmstadt 1855.
- MÜLLER, E. & B. F. KLINKHAMMER: Über die Verbreitung der Kreuzbacher Schichten und die Ausbildung der Grenze Oberrotliegendes/Buntsandstein zwischen westlichem Hunsrück und Saarkarbonsattel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 177 bis 196, Wiesbaden 1963.
- MURAWSKI, H.: Die Bedeutung der „Kinzigtalzone“ als Scharnierbereich zwischen der (Spessart-) Schwelle und dem nördlich vorgelagerten (Hessischen) Becken. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 217—230, Wiesbaden 1963.
- „Spessartschwelle und Wetteraubecken, Funktion und Bild“ in Beiträge zur Geologie des Aschaffener Raumes. — Veröfftl. Geschichts- u. Kunstverein, Aschaffenburg 1967.
- NEGENDANK, J. W.: Das Unterrotliegende im Gebiet Wolfstein-Niederkirchen-Heilgenmoschel (SE-Flanke des Pfälzer Sattels). Unveröfftl. Dipl.-Arbeit, Mainz 1965.
- Über permische und tertiäre Magmatite im Untergrund des Mainzer Beckens. — Geol. Rdsch., **58**, S. 502—512, 4 Abb., Stuttgart 1969.
- NÖRING, F.: Die Fortsetzung der Saar-Senke in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**, S. 22—40, Wiesbaden 1951.
- Offene stratigraphische Fragen des Rotliegenden in Südwesthessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, S. 157—166, Wiesbaden 1955.
- REHKOPF, H. G.: Das Rotliegende im Raum Schallodenbach-Höringen-Winnweiler, an der SE-Flanke des Pfälzer Sattels. Unveröfftl. Dipl.-Arbeit, Mainz 1958.
- REICH, H.: Erdmagnetische Untersuchungen in Rheinhessen und ihre geologische Deutung. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**, S. 353—361, Wiesbaden 1952.
- v. REINACH, A.: Geol. Spez. Karte Preussen u. Thür. Staaten, Erl. Bl. Windecken, Berlin 1899.
- REIS, O. M.: Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg (Nr. XXI) der Geognostischen Karte von Bayern. München 1921.
- REIMANN, KL. U.: Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden auf dem NW-Flügel der Nahemulde zwischen Schwohbach- und Idarbachtal. Unveröfftl. Dipl.-Arbeit, Mainz 1969.
- RÜCKLIN, H.: Das Holzer Konglomerat im Saarkarbon. — Geol. Jb., **70**, S. 436—507, Hannover 1955.
- SCHÄFER, K.: Sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen in den Basisschichten des Oberrotliegenden an der SE-Flanke des Pfälzer Sattels. Diss. Mainz 1965.
- Zur Petrofazies der unteren Grenzlagergruppe (Oberrotliegendes) zwischen Kirchheimbolanden und Kollweiler (Pfalz). — Mitt. Pollichia, III. R., **12**, S. 47—56, 1965.
- SCHALL, A.: Grund- und Deckgebirge im Bereich der Mettlacher Saarschleife. Diss., Tübingen 1968.
- SCHÖNEBERG, R. & G. KNEUPER: Das Stefan (Ottweiler Schichten) im Saarbecken. — Cinq. Congr. Int. Stratigr. et Géol. Carbonif. 1963, Paris 1964.
- SCHWAB, K.: Die Verbreitung der effusiven Vulkanite auf der SE-Flanke des Pfälzer Sattels und ihre Stellung im Profil des Oberrotliegenden. — Mz. naturw. Archiv, **7**, S. 105—119, Mainz 1968.
- STAFF, K.: Schichtfolge und Tektonik des Oberkarbons und Rotliegenden im Raum Reichenbach-Jettenbach-Erzenhausen (Nordpfälzisches Bergland). Unveröfftl. Dipl.-Arbeit, Mainz 1964.
- WEHRLI, H.: Das Oberrotliegende am Westrand des Hunsrücks zwischen Saarburg und Mettlach. — Ber. naturh. Ver. Rheinl. u. Westf., Bonn 1933.
- WIESNER, E.: Neue Beobachtungen aus dem Rotliegenden der Wetterau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**, S. 120—125, Wiesbaden 1964.

# Das Rotliegende der Treischfelder Bohrungen in Osthessen

Von

**KARLHEINZ SCHÄFER**, Karlsruhe

Mit 10 Abbildungen und 3 Tabellen

**Kurzfassung:** Tiefbohrungen im zentralen Teil des Werra-Kaligebiets erbrachten Rotliegendes, das petrographisch und geochemisch untersucht wurde. Es ergab sich die Möglichkeit, auf lithofazieller Grundlage neue Erkenntnisse über die Stratigraphie des obersten Rotliegenden zu gewinnen, sowie zur Klärung der paläogeographischen Verhältnisse jener Zeit beizutragen. Die Bohrungen durchteuften unter dem marinen Kupferschiefer des Zechsteins fünf parallelisierbare Faziesbereiche; zunächst einen grauen, entfärbten Bereich, dann einen psephitischen Bereich, einen Bereich mit Rippelschichtung, einen Bereich mit Dünen-schichtung und schließlich einen pelitischen Bereich. Davon sind die äolisch-aquatische Fazies des Dünenbereichs und die graugefärbte Zone weit über das Werragebiet hinaus in die gesamte subvariskische und den Nordteil der variskischen Provinz zu verfolgen. Die stratigraphische Stellung des Weißliegenden als Übergangsstufe zwischen dem Rotliegenden und dem Zechstein kann nicht mehr aufrecht erhalten werden, da es als Randfazies mit Rotliegendem in Beckenfazies korrelierbar ist. Somit sind Weißliegendes und das gleichaltrige „Zechstein“-Konglomerat dem Rotliegenden zuzurechnen, während der Zechstein mit dem marinen Kupferschiefer beginnt. Die fast überall unter der Karbonatfazies des Zechsteins entwickelte Hellfärbung des Rotliegenden — als Grauliegendes, Weißliegendes oder „Zechstein“-Konglomerat bezeichnet — ist zum großen Teil auf die Lösung des rotfärbenden Hämatits durch descendente Karbonatlösungen zurückzuführen. Ein Tiefenlinienplan der Oberkante des Rotliegenden verdeutlicht die Verknüpfung rheinischer, herzynischer und variskischer Strukturen.

## Inhalt

Einleitung . . . . .	153
I. Geographische und geologische Lage der untersuchten Bohrungen . . . . .	154
II. Schichtenfolge . . . . .	155
1. Bohrung Treischfeld 1 . . . . .	155
2. Bohrung Treischfeld 2 . . . . .	155
3. Bohrung Treischfeld 3 . . . . .	156
4. Bohrung Treischfeld 4 . . . . .	156
5. Bohrung Treischfeld 5 . . . . .	157
6. Bohrung Kleinensee 3 . . . . .	157
7. Bohrung Weisenborn 2 . . . . .	158



III. Zusammenfassung des makroskopischen Befundes . . . . .	159
1. Fanglomerate und Konglomerate . . . . .	159
2. Sandsteine . . . . .	160
3. Tonsteine . . . . .	161
IV. Petrographie und Geochemie . . . . .	161
1. Dünnschliffuntersuchungen . . . . .	161
a. Fanglomerate und Konglomerate . . . . .	161
b. Grob- und Mittelsandsteine . . . . .	162
c. Feinsandsteine . . . . .	164
2. Siebanalysen . . . . .	164
3. Schwerminerale . . . . .	167
4. Karbonat- und Sulfatbestimmungen . . . . .	169
5. Borbestimmungen . . . . .	171
V. Fazies und Paläogeographie . . . . .	174
VI. Tektonik . . . . .	181
Anhang . . . . .	182
Schriftenverzeichnis . . . . .	192

### Einleitung

Zur Erforschung der stratigraphischen Verhältnisse des Zechsteins sowie des petrographischen Aufbaus des Rotliegenden wurden auf Veranlassung der Wintershall AG im osthessischen Raum zwischen Bad Hersfeld, Heringen und Hünfeld Tiefbohrungen niedergebracht. Die Bohrtätigkeit zu diesem Projekt setzte 1957 (Bg. Weisenborn 2) ein und wurde in den Jahren 1961–1963 (Bg. Treischfeld 1–5 und Kleinensee 3) verstärkt weitergeführt. Alle diese Bohrungen durchteuften Teile der Trias, den Zechstein und drangen unterschiedlich tief in das Rotliegende ein. Nur die Bg. Weisenborn 2 durchörterte das Perm und wurde im darunter anstehenden Kulm eingestellt. Durch die Bohraufschlüsse im Rotliegenden erhoffte man neue Versenkmöglichkeiten für Kaliabwässer zu finden, die bei der Salzfabrikation des in diesem Gebiet umgehenden Salzbergbaus in beträchtlichen Mengen anfallen (FINKENWIRTH, 1966/67). Somit bot sich die Gelegenheit, das unterpermische Kernmaterial einer petrographischen und chemischen Untersuchung zu unterziehen, sowie die ermittelten Schichtprofile der Bohrungen untereinander und mit den bekannten Rotliegendeaufschlüssen des Richelsdorfer Gebirges und des Thüringer Waldes zu vergleichen.

Dem freundlichen Einverständnis der Wintershall AG in Kassel verdanke ich die Entnahme von Gesteinsproben dieser Bohrungen, sowie die Möglichkeit, Bohrprofile aufzunehmen. Herr Prof. Dr. H. FALKE, Mainz, regte die Bearbeitung des Themas an und erlaubte bereitwillig die Untersuchung des Probenmaterials in seinem Institut. Ihm, sowie Herrn Dr. H. ROTH, Wintershall AG, danke ich für die fördernde Unterstützung und für wichtige Hinweise und Diskussionen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft stellte dankenswerterweise die Apparaturen und finanzielle Mittel zur Verfügung.

### I. Geographische und geologische Lage der untersuchten Bohrungen

Die Ansatzpunkte der bearbeiteten Tiefbohrungen im Raum zwischen Bad Hersfeld, Heringen und Hünfeld liegen in N-S-Richtung 24 km, in E-W-Richtung 17 km auseinander und sind auf den topographischen Karten 1:25000 Nr. 5025 Hönebach (Bg. Kleinensee 3), Nr. 5125 Friedewald (Bg. Weisenborn 2), Nr. 5225 Geisa (Bg. Treischfeld 1 und 4) und Nr. 5224 Eiterfeld (Bg. Treischfeld 2, 3 und 5) zu finden. Die Bohrungen durchhörten vor Erreichen des Paläozoikums eine flach nach SW einfallende triassische Schichtenfolge. Bis maximal 1200 m Mächtigkeit erreicht das mesozoische Deckgebirge im Gebiet der Eiterfelder Mulde nördlich von Hünfeld,



Abb. 1. Lageplan der untersuchten Bohrungen.

wird aber auf Grund seiner Lagerungsverhältnisse in nördlicher und nordöstlicher Richtung erosiv reduziert und gibt schließlich im Thüringer Wald und Richelsdorfer Gebirge die paläozoische Unterlage frei (Abb. 1). Während diese beiden geologischen Einheiten die N- und NE-Grenze des Werrabeckens markieren, trennt im S die herzynisch gerichtete Störungszone von Fulda-Großelüder Werra- und Fulda-becken. Beide sind aus einem schon im Unterperm angelegten Sedimentationsbecken, dem erzgebirgisch streichenden Saar-Trog hervorgegangen. Die paläogeographische Situation dieses Troges im Gebiet der zur Untersuchung anstehenden Bohrungen ist von RICHTER-BERNBURG (1941) und neuerdings von FALKE (1966) erörtert worden. Demzufolge nehmen die auf Abb. 1 verzeichneten Bohrungen innerhalb des nord-östlichen Saar-Troges eine zentrale Lage ein.

## II. Schichtenfolge

Innerhalb dieses Abschnitts werden Kurzprofile der durchteuften rotliegenden Gesteinsserie angeführt, während im Anhang der vorliegenden Arbeit detailliertere Profilbeschreibungen vermerkt sind. Dort findet sich auch ein Verzeichnis des zur petrographischen und geochemischen Auswertung entnommenen Probenmaterials.

### 1. Bohrung Treischfeld 1

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5225 Geisa, R 3563253/H 5624955.

Ein 15,9 m mächtiges durchgehend gekerntes Profil liegt vor. Die Tiefenangaben beziehen sich in Meter auf den Bohransatzpunkt.

- bis 797,10 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 797,35 m grünlichgrauer, karbonathaltiger Mittelsandstein
- 799,40 m rötlicher bis violettstichiger, schwach karbonatischer Mittelsandstein
- 807,00 m rotbraunes bis graues, z. T. karbonatisches, polymiktes Fanglomerat bis Mittelsandstein
- 809,30 m rotbrauner bis grünlich gebleichter Sandstein bis Tonstein
- 813,00 m (Endteufe) rötlichbrauner, bogig schräggeschichteter Grobsandstein

Der Rotliegendenteil der Bg. Treischfeld 1 ist durch das Vorherrschen von psephitischen und psammitischen Sedimenten charakterisiert. Die pelitische Komponente tritt nur untergeordnet in Erscheinung. Bogig schräggeschichtete Sandsteine im Liegenden des Bohrprofils deuten auf äolische bis aquatische Sedimentation hin.

### 2. Bohrung Treischfeld 2

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5224 Eiterfeld, R. 3552943/H 5622303.

Eine fortlaufend gekernte Rotliegendbohrstrecke von 156,4 m stand der Auswertung zur Verfügung.

- bis 993,63 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 999,30 m grauer, z. T. karbonathaltiger Sandstein mit fanglomeratischen Einschaltungen

- 1002,15 m rotbrauner Tonstein mit Führung von Kalkknötchen und mit Rippel- bis Flaserschichtung
- 1015,50m rotbrauner, teilweise karbonatisch gebundener Grobsandstein mit tonigen und fanglomeratischen Zwischenlagen
- 1021,80 m rotbraunes, schwach karbonatisches Milchquarkonglomerat mit Grobsandsteineinlagerungen
- 1150,00 m (Endteufe) rotbrauner Mittel- bis Grobsandstein mit wechselndem Karbonatgehalt, 1 mm-großen, gut gerundeten Quarzen und mit deutlich ausgeprägter bogiger Schrägschichtung

Im Bohrprofil der Bg. Treischfeld 2 überwiegt eindeutig die Sandsteinfazies. Während im Hangenden eingestreute Fanglomerate und Tonsteine die Schichtenfolge noch wechselhaft gestalten, setzt sich nach unten eine monoton gleichkörnige und mineralogisch einheitliche Abfolge durch, die aufgrund ihrer textuellen Ausbildung als äolisch sedimentierter Schüttungskörper gedeutet wird.

### 3. Bohrung Treischfeld 3

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5224 Eiterfeld, R 3553 189/H 5 624 793

Die Bohrung durchteufte unter dem Kupferschiefer 49,5 m Rotliegendes. Zwischen 1001,0 m und 1029,3 m konnten wegen totalem Spülungsverlust keine Proben gewonnen werden.

- bis 986,25 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 987,80 m graues, stark karbonatisches Konglomerat bis Fanglomerat, gegen das Liegende zu mehr tonig
- 989,12 m grauer, karbonatischer Tonstein
- 1001,00 m rotbrauner, karbonatischer Siltstein bis Tonstein mit vereinzelt zwischengeschalteten Quarzgeröllen und mit kleinbogiger Schrägschichtung
- 1029,30 m Bohrverlust
- 1032,00 m (Endteufe) rotbraunes Fanglomerat bis Konglomerat mit Tonstein-Siltstein-Zwischenlagen und Schrägrichtung

Im Liegenden und Hangenden des Bohrprofils wurden Psephite angetroffen. Diese schließen tonig-feinsandige Sedimente ein, deren Schrägschichtungstexturen einen äolischen Einfluß während der Sedimentation aufzeigen. Der Farbwechsel von grau zu rot vollzieht sich an einer scharfen Grenze.

### 4. Bohrung Treischfeld 4

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5225 Geisa, R 3559 901/H 5 623 388

Unter dem Kupferschiefer wurde eine Kernstrecke von 9,7 m gewonnen.

- bis 1051,30 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 1055,20 m graues, stark karbonathaltiges Konglomerat mit Einschaltungen von grauem Fein- bis Mittelsandstein bes. im Hangenden
- 1061,00 m (Endteufe) rotbraunes, z. T. karbonatreiches bis toniges Fanglomerat bis Konglomerat mit Übergängen zu Grobsandstein

Das durchweg psephitische Bohrgut zeigt keine bedeutsamen Schwankungen in Komponentenzusammensetzung und Matrix.

## 5. Bohrung Treischfeld 5

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25000, 5224 Eiterfeld, R 3550636/H 5619548

Die insgesamt durchteufte Bohrstrecke im Rotliegenden beträgt 608,10 m. In 9 Kernmärschen wurden zusammen 75 m Bohrkerne erbracht. 533,10 m sind durch Spülproben belegt.

- bis 880,90 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 881,50 m dunkelgraues, stark karbonatreiches Konglomerat bis Fanglomerat
- 882,60 m grüngrauer, karbonathaltiger Silt- bis Tonstein mit kleinbogiger Schrägschichtung
- 963,00 m rotbrauner Tonstein mit wechselndem Karbonatgehalt (primär eingelagerte Kalkgeröllchen) und mit Flaser- bis Schrägschichtung
- 1042,50 m hellrotbrauner, schräggeschichteter Sandstein mit Konglomeratlagen
- 1108,20 m rotbrauner, z. T. karbonathaltiger Siltstein bis Feinsandstein
- 1113,30 m rotbrauner Tonstein mit Flaser- und Schrägschichtung
- 1191,00 m Wechsellagerung von rotbraunem, karbonathaltigem Feinsandstein und Tonstein
- 1282,50 m rotbrauner Grobsandstein mit wechselnder Geröllführung
- 1489,00 m (Endteufe) rotbrauner, z. T. karbonathaltiger und Geröll führender Tonstein mit Flaser- und kleinbogiger Schrägschichtung

Die Tiefbohrung Treischfeld 5 durchörterte Rotliegendes in durchweg rotbraun gefärbter, karbonathaltiger Tonstein-Siltsteinfazies, die mit ihren textuellen Merkmalen auf eine Sedimentation in bewegtem Flachwasser hindeutet. Ein äolischer Einfluß ist ebenfalls möglich. Unmittelbar im Liegenden des Kupferschiefers und zwischen 963,00 m — 1042,50 m erfährt die pelitische Fazies allerdings eine Unterbrechung durch gröbere Klastika.

## 6. Bohrung Kleinensee 3

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25000, 5025 Hönebach, R 3567898/H 5643675

Die Bohrung wurde mit 6 Kernmärschen (40 m Bohrkerne) sowie einer Gesamtmei-  
strecke von 328,40 m innerhalb des Rotliegenden bis zu einer Endteufe von 997,20 m unter Bohrpunkt gebracht.

- bis 628,80 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 637,90 m grauer, karbonathaltiger, mittelkörniger Sandstein bis polymiktes Konglomerat
- 670,00 m rötlichgraues, karbonatreiches Fanglomerat, dazwischen schichtet sich stellenweise ein gleichgefärbter Feinsandstein bis Siltstein ein
- 720,00 m rotbrauner, z. T. mergeliger Tonstein bis Siltstein
- 741,60 m rötlichbrauner, stark karbonatiger Grobsandstein bis Konglomerat
- 834,70 m rotbrauner, schräggeschichteter Feinsandstein bis Siltstein mit eingestreuten Geröllen bis 0,5 cm  $\varnothing$
- 910,00 m rotbrauner Tonstein mit wechselndem Karbonatgehalt
- 997,20 m (Endteufe) rotbrauner Silt- bis Feinsandstein mit geringen Tonsteinzwischenlagen

In der Tiefbohrung Kleinensee 3 ist im Vergleich zu den anderen untersuchten Bohraufschlüssen der grobklastische Anteil im unmittelbar Liegenden des Kupfer-

schiefers am mächtigsten. Der Farbumschlag von grau zu rot innerhalb dieser Psephite vollzieht sich über eine 32 m mächtige rötlichgraue Zone nur allmählich.

## 7. Bohrung Weisenborn 2

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25000, 5125 Friedewald, R 3559698/H 5637553

Diese Bohrung erbrachte 609 m mächtiges Rotliegendes über Unterkarbon (Kulm nach FABIAN). Sie durchteufte als einzige der bearbeiteten Bohrungen die unterpermische Schichtenfolge. Aus 18 Kernmärschen wurde eine Gesamtkernstrecke von 37,6 m erzielt. Ein totaler Spülungsverlust verhinderte weitere Gesteinsansprachen und Probenentnahmen. Eine detaillierte Profilbeschreibung befindet sich im Anhang. Petrographische oder geochemische Auswertungen von Proben wurden nicht vorgenommen.

- bis 1014,00 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Z1-Kalkes. Kupferschiefer ist nicht nachweisbar. Auch ein daraufhin gerichteter Gammastrahlentest verlief negativ.
- 1015,00 m Spülungsverlust
- 1015,90 m rotbraunes, z. T. grünes und dann karbonatreiches Fanglomerat mit Karneol- und Magmatitgeröllen
- 1016,60 m rotbrauner, karbonathaltiger Feinsandstein
- 1028,70 m Spülungsverlust
- 1034,40 m rötlichbrauner, schräggeschichteter Mittel- bis Grobsandstein
- 1056,00 m Spülungsverlust
- 1060,00 m rötlichbrauner, schräggeschichteter Mittel- bis Grobsandstein
- 1083,30 m Spülungsverlust
- 1086,30 m rotbrauner Tonstein mit zungenförmiger Einschaltung von gelbgrünlichem, karbonatigem, schräggeschichtetem Grobsandstein
- 1112,00 m Spülungsverlust
- 1114,00 m rotbrauner Tonstein mit Grobsandsteinzwischenlagen
- 1141,60 m Spülungsverlust
- 1143,70 m Wechsellagerung von rotbraunem, z. T. schräggeschichtetem Sandstein mit Fanglomerat- und Tonsteinlagen
- 1168,50 m Spülungsverlust
- 1170,20 m Übergang von rotbraunem Konglomerat bis Fanglomerat in Tonstein
- 1200,00 m Spülungsverlust
- 1202,50 m rotbrauner Tonstein
- 1230,80 m Spülungsverlust
- 1232,80 m rotbrauner Tonstein
- 1266,00 m Spülungsverlust
- 1269,40 m rotbrauner Tonstein mit schrägerichteten Kalksandsteineinlagerungen
- 1297,00 m Spülungsverlust
- 1299,80 m rotbrauner, schräggeschichteter Sandstein
- 1337,70 m Spülungsverlust
- 1338,40 m rotbraunes Fanglomerat bis Konglomerat
- 1361,00 m Spülungsverlust
- 1361,90 m rotbrauner Feinsandstein bis Tonstein
- 1398,00 m Spülungsverlust
- 1398,90 m rotbraunes Fanglomerat

- 1484,40 m Spülungsverlust
- 1484,90 m hellrotbrauner, sandiger Tonstein
- 1546,50 m Spülungsverlust
- 1547,50 m violetter Sandstein bis Tonstein
- 1579,20 m Spülungsverlust
- 1580,00 m rotbrauner Tonstein bis Siltstein
- 1606,10 m Spülungsverlust
- 1608,10 m rotbrauner bis violetter Siltstein
- 1623,00 m Spülungsverlust
- ab 1623,00 m Kulm

Sowohl das Fehlen des Kupferschiefers, wie das gleichzeitige Auftreten von Karneolen und Karbonat-(Dolomit)-Bildungen im Hangenden des Profils, als auch die diskordante Auflagerung auf Kulm bei gleicher Gesamtmächtigkeit des Rotliegenden wie in der Bg. Treischfeld 5, deuten darauf hin, daß in diesem Gebiet während des Oberkarbons und Unterrotliegenden (Fehlen von graugefärbten Sedimenten) keine Ablagerung stattfand oder vor der Überdeckung durch Oberrotliegendes Erosion herrschte.

### III. Zusammenfassung des makroskopischen Befundes

Unter dem Kupferschiefer des Zechsteins der untersuchten Bohrungen (außer Bg. Weisenborn 2) folgen in konkordanter Lagerung durchweg klastische Sedimente, die im Hangenden durch die Bleichwirkung des Zechsteinmeeres grau-grün gefärbt sind, sonst aber überwiegend rote Färbung aufweisen. Bezogen auf die Profile sämtlicher ausgewerteter Bohrungen sind die Anteile an Tonstein und Sandstein mit je 44% gleich, während auf die Psephite nur 12% entfallen. Dabei muß noch berücksichtigt werden, daß einige Bohrungen (Treischfeld 1, 3 und 4) die im Hangenden konzentrierten grobkörnigen Klastika nicht durchsunken haben und somit zu einer Erhöhung des Psephitanteils beitragen. Vulkanische Gesteine wurden lediglich als Gerölle in den Sedimenten angetroffen. Über die fazielle Verteilung der unterpermischen Klastika wird nachfolgend berichtet (Kap. Fazies und Paläogeographie).

#### 1. Fanglomerate und Konglomerate

Psephitische Sedimente häufen sich im unmittelbar Liegenden des marinen Kupferschiefers. Sie lösen ältere, feinkörnigere Ablagerungen ab, denen sie schon an mehreren Stellen geringmächtig zwischengeschaltet sind. Ihre Färbung wechselt von dunkelgrau bis graugrün und kräftigem rotbraun. In einer tonigen, kieseligen, ferritischen oder karbonatischen Matrix sind stellenweise bis zu 10 cm  $\varnothing$  große Gerölle eingebettet, die je nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung und ihrer Transportbeanspruchung in unterschiedlicher Geröllform vorliegen. Ecken- bis kantengerundete Formen finden sich häufiger als scharfkantige oder gut gerollte Komponenten. Plattige Ausbildung, insbesondere bei Sandstein- oder Kieselschieferkomponenten,

ist nicht selten; in dachziegelartiger Überlappung deuten sie eine Schichtigkeit an, die sonst infolge wechselweisem Vorherrschen von fein- bis mittelkörniger Matrix mit eingestreuten Geröllen oder Geröllanreicherungen mit dazwischen ausgebildetem feinkörnigem Bindemittel nicht klar zum Ausdruck kommt. Die Psephite lassen ein breit gestreutes Geröllspektrum erkennen. An Komponenten kommen in wechselnder Konzentration farblose Quarze und Milchquarze, Feldspäte, Quarzite und glimmerreiche Quarzitschiefer, Quarz- und Felsitporphyre, dunkle Eruptivgesteine, Granodiorite, Granite und Gneise, Sandsteine mit verschiedener Korngröße und Matrix, Grauwacken, Arkosen, rote und hellbraune Karbonatgesteine und Karneole vor. Tonsteingerölle und -flatschen fehlen in den groben Lagen genauso wenig, wie die häufig zwischengeschalteten, wohlgeschichteten Tonsteinbänke und vielfach schräggeschichteten Grob- bis Feinsandsteine mit gutgerundeten Geröllen ( $\varnothing = 0,5 - 1,5$  mm), die gleichfalls in der Matrix der Psephite zu erkennen sind.

Die polymikte Zusammensetzung der Fanglomerate und Konglomerate macht oft einer an stabilen Geröllen (Quarze und Quarzite) angereicherten Grobschüttung Platz. Da diese Verarmung an instabilen Komponenten nicht nur in den oberen Partien, sondern auch in mehreren tieferen Niveaux der untersuchten Bohrungen anzutreffen ist, sollte diesem Kriterium für eine Grenzziehung zwischen dem Oberrotliegenden und dem Zechstein – wie es vielfach geschehen ist – im hier behandelten Arbeitsgebiet keine übergebührende Bedeutung zukommen.

## 2. Sandsteine

Sie vermitteln zwischen den Konglomerat-Fanglomerat-Ablagerungen und den Tonsteinen, indem sie als Grobsandsteine aus noch gröberen Sedimenten hervorgehen und mit abnehmender Korngröße zu Siltsteinen und Peliten überleiten. Daneben treten sie in gleichmäßiger Körnigkeit als meist geringmächtige Zwischenlagen innerhalb von Fanglomerat- und Tonsteinserien auf. Demgegenüber bilden sie geschlossene, z. T. über 120 m mächtige Schüttungskörper (Bg. Treischfeld 2), die auf ihrer gesamten Erstreckung weder einen Wechsel in der Korngröße und in der petrographischen Zusammensetzung, noch einen texturellen Wandel aufzeigen. Besonders häufig kommen Sandsteine in den oberen Partien der Bohrprofile vor. Rötliche Farbtöne (rotbraun, rötlichgelb und violettstichig) herrschen vor und im entfärbten Bereich unter dem Kupferschiefer sind sie wie die Psephite und Pelite hellgrau, weißgrünlich bis gelblich. Ihr Bindemittel ist vorwiegend tonig und karbonatisch, daneben ferritisch und kieselig. Quarzgerölle, die in der Fraktion 0,5–1,5 mm  $\varnothing$  gehäuft als eirunde Körner vorliegen, stellen mit durchweg mehr als 80% den Hauptanteil der Komponenten. Feldspat- und rote Karbonatbruchstücke sind stellenweise gehäuft eingestreut und vermitteln den Sandsteinen genau wie ein wechselnder Ton-, Eisenoxyd- oder Karbonatgehalt ein streifiges Aussehen. Oft sind in Siltsteinen Wellenrippeln zu beobachten. Einschaltungen von unregelmäßigen Tonsteinfladen und -flasnern, sowie geringmächtigen Tonsteinschichten und lagenweisen Einstreuungen von z. T. mehr als 2 mm  $\varnothing$  großen Milchquarzgeröllen sind nicht selten. Schrägschichtung kommt vor allem in zusammenhängenden mächtigen Sandsteinserien vor, sie ist aber auch in dünnen Lagen nachweisbar.



### 3. Tonsteine

Sie treten vor allem in den tieferen Partien der Bohrprofile auf. Dort teilen sie sich mit Siltsteinen bis Feinsandsteinen in den Aufbau des Rotliegenden. Die Tonsteine sind i. a. rotbraun gefärbt, lokal sind sie grau bis grün, grüngefleckt und grüngestreift. Sie sind teils undeutlich geschichtet, teils, durch eine Rot-Grünstreifung markiert, außerordentlich fein gebändert. Die Anteile an karbonatischen Beimengungen wechseln ständig, fehlen aber selten. Stellenweise kommt es zur Ausscheidung von mm-großen, weißlichen Kalkkonkretionen, die bei gehäuften Auftreten im rotbraunen Tonstein bis Mergel Texturmerkmale wie Rippel-, Bänder-, Schlieren- und Flaserbildungen deutlich erkennen lassen. Daraus lassen sich zyklische Sedimentationsvorgänge ableiten, auf die weiter unten (Kap. Fazies und Paläogeographie) näher eingegangen wird.

## IV. Petrographie und Geochemie

### 1. Dünnschliffuntersuchungen

Zur mikroskopischen Auswertung wurden von feinkörnigen Partien einiger Psephite und von Psammiten aller Korngrößenbereiche Gesteinsdünnschliffe angefertigt. Die Auswahl der Proben erfolgte nicht nach makroskopisch auffälligen Merkmalen, sondern nach statistischen Gesichtspunkten, um einen repräsentativen Querschnitt zu erreichen.

#### a. Fanglomerate und Konglomerate

Der Geröllinhalt der Proben weist i. a. zwei Maxima der Korngrößenverteilung auf und unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung nicht wesentlich vom vorher erörterten makroskopischen Befund. Neben einem Mineral-Anteil von Quarz- und Feldspatkomponenten, umfaßt im Korngrößenintervall zwischen 2,0 mm und mehreren Zentimeter  $\varnothing$  (mit Maximum zwischen 4–6 mm) das Spektrum der Geröllarten alle Gesteinsgruppen. In der Reihenfolge ihrer Häufigkeit folgen nach den Metamorphiten die Sedimentite, dann die Vulkanite und schließlich die Plutonite. Die metamorphen Gesteinsgerölle sind vorwiegend durch Quarzite und Quarzitschiefer vertreten. Sie enthalten in wechselnder Menge Serizit, seltener Kalifeldspat und Plagioklas. Die Quarze sind meistens verzahnt und löschen undulös aus. Wenige Gerölle mit stärkerem Kalifeldspat- und Glimmergehalt leiten zu gneis- und glimmerschieferähnlichen Gesteinen über. An Sedimentitgeröllen können relativ häufig Sandsteine, Karbonate und Lydite festgestellt werden. Die klastischen Sedimentgesteine zeigen u. d. M. karbonatisches, kieseliges oder toniges Bindemittel. Karbonatgerölle sind durch feinverteiltes Eisenoxyd gelb- bis rotbraun gefärbt. Organogene Strukturen konnten nicht nachgewiesen werden, obwohl in einem Kalkgeröll der Bg. Treischfeld 4 (1060 m) makroskopisch ein Korallenrest bestimmt wurde. Unter den Magmatitgeröllen haben saure Vulkanite (Quarz- und Felsitporphyr) einen deutlichen Vorrang gegenüber basischen Vulkaniten (Feldspatbasalt) und Plutoniten (Granit bis Granodiorit). Die Einsprenglinge der Quarzporphyre und

besonders der basaltischen Vulkanitgerölle sind intensiv zersetzt. Die Feldspäte zeigen Umwandlungen zu Serizit und Kaolinit und die Biotite der Quarzporphyrgerölle sind unter Ausscheidung von Eisenoxyd chloritisiert. Vom dunklen Mineralbestand der basischen Vulkanite findet sich nur noch ein Eisenoxydrückstand.

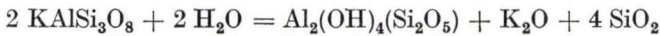
Die Mehrzahl der untersuchten Psephite zeigt im Korngrößenbereich zwischen 0,1–1,5 mm  $\varnothing$  ein zweites Maximum der Komponentenanhäufung. Die ausgezeichnete Zurundung der Gerölle in der Fraktion von 0,5–1,0 mm  $\varnothing$ , sowie die Vormacht an Mineralkomponenten vermitteln im Vergleich mit den Grobgeröllen der gleichen Probe den Eindruck einer Vermischung zweier der Herkunft wie der Transportbedingungen nach verschiedenartiger Sedimente. Solche sehr gut gerundeten, um 0,8 mm  $\varnothing$  großen Gerölle aus Quarz, Quarzit, Kalifeldspat, Porphyry, „Melaphyr“ und Sandstein sind in Grobsandsteinen weit verbreitet. Sie sind am Aufbau von Feinsandsteinen und Psephiten nur untergeordnet beteiligt.

In keinem der untersuchten Proben fehlt das karbonatische Bindemittel. Nicht selten besteht mehr als die Hälfte des Gesteins daraus, wobei die einzelnen Gerölle z. T. völlig isoliert in der Matrix schwimmend eingebettet sind. Außer dieser intensiven Karbonatisierung tragen noch andere diagenetische Prozesse wie Silifizierung und Eisenoxydbildung zur Zementierung der Fanglomerate und Konglomerate bei. So beobachtet man häufig, wie bei der in situ-Verwitterung von Biotit Eisenoxyd und Chlorit entstehen. Ein Teil des gebildeten Erzes legt sich als Eisenoxydrinden um die Gerölle, der Rest wandert in die dazwischenliegenden Zwickel. Größere Mengen von Eisenoxyd (bes. Hämatit) oder eine feine Dispersion des Erzes intensivieren die Rotfärbung des Gesteins. Eine sekundäre Wegführung oder Umwandlung des Hämatits wird in einigen Proben durch eine der Rotfärbung nachfolgende Silifizierung vermindert oder vollständig verhindert. U. d. M. beobachtet man, wie in einigen Schlifften authigen ausgeschiedener Quarz besonders Quarz- und Quarzitgerölle samt ihren Erzrinden als optisch orientierte Anwachs säume umschließt, auch als feinkörnige Quarzneubildung zwischen den Geröllen auskristallisiert ist und opake Erzsubstanz konserviert. Das im zeitlichen Ablauf der Diagenese zum Schluß gebildete karbonatische Zement verfüllte nicht nur den noch dargebotenen freien Porenraum mehr oder weniger vollständig, sondern schuf sich durch An- bis Auflösung von Quarz- und Feldspatsubstanz noch zusätzlichen Platz. Bei einer solchen intensiven Karbonatisierung konnte nur eine vorausgegangene starke Silifizierung das gesteinsfärbende Roteisen konservieren. In den meisten Fällen lösten die Karbonatinfiltate das Eisenoxyd und entzogen dem Gestein die Rotfärbung. Der noch verbliebene Porenraum beträgt in sämtlichen untersuchten Psephiten durchweg weniger als 1%, selten steigt er bis 3% an.

## b. Grob- und Mittelsandsteine

Im Spektrum der feinkörnigeren Geröllarten tritt bei den Grobsandsteinen eine deutliche Verarmung an verwitterungsinstabilen Komponenten ein. Basische Vulkanite und Sedimentite (außer Lydit) fehlen schon in dieser Kornfraktion, während sie im Übergangsbereich zu den Psephiten noch vorhanden sind. Die feineren Gerölle, insbesondere jene zwischen 0,5–0,8 mm  $\varnothing$ , sind teilweise sehr gut

gerundet und setzen sich in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit aus Quarz, Quarzit, Feldspat (Kalifeldspat und Plagioklas) und Quarzporphyr zusammen. Das Ausmaß authigener Quarzausscheidung ist wiederum an der vorausgegangenen Erzumantelung der Gerölle und an der Porenraumverfüllung abzulesen. Quarze und Quarzite sind mit Anwachssäumen von optisch wie das Primärkorn orientiertem Quarz umgeben. Kalifeldspäte und Plagioklase sind in nahezu sämtlichen Proben vorhanden. Ihr Anteil am Geröllbestand der Grobsandsteine beträgt durchschnittlich 10–20 Vol.-%. Die Feldspäte sind allesamt serizitisiert und kaolinisiert. Bei der Kaolinisierung der Feldspäte entsteht freies  $\text{SiO}_2$ . Gemäß der Gleichung



läßt sich nachweisen, daß aus 556 g (Mol. Gew.) Kalifeldspatsubstanz bei der Verwitterung 258 g Kaolinit und 240 g  $\text{SiO}_2$  frei werden. Es besteht folglich ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Menge und Verwitterungsgrad von Feldspäten und dem Anteil authigener Quarzausscheidung, wenn die  $\text{SiO}_2$ -Lösungen nur kurze Migrationswege zurückgelegt haben. Der vom authigen ausgeschiedenen Quarz nicht verfüllte Porenraum wird analog den Psephiten von Karbonatzement und/oder Kaolinit eingenommen. Nur wenige Proben weisen 1–2% Porenraum auf. Die mittelkörnigen Sandsteine lassen u. d. M. eine zusätzliche Anreicherung an stabilen Geröllen erkennen. Quarze und zurücktretend Feldspäte erreichen z. T. bis 90% des Gesamtgeröllanteils. Die restlichen Körner verteilen sich auf Quarzit, Porphyr, Muskowit und chloritisierten Biotit. In den Mittelsandsteinen reichern sich kugel- bis eirunde Komponenten im Korngrößenbereich 0,5–0,8 mm  $\varnothing$  an. Das Maximum der guten Zurundung zeigen Körner mit 0,8 mm  $\varnothing$ . Die Kornformen des feineren Detritus (0,05–0,5 mm  $\varnothing$ ) sind mittelmäßig bis schlecht gerundet. Die Zusammensetzung der Matrix weist keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den vorher erörterten Befunden bei Grobsandsteinen auf. Wie sich der Farbwechsel rot-braun zu grau-grün vollzieht, kann man u. d. M. in einem mittelkörnigen Sandstein (Probe 8 der Bg. Treischfeld 1) gut verfolgen. Der Farbumschlag zwischen rotbraun und grau ist scharf begrenzt. Die Hauptmasse der detritischen Komponenten ist in beiden Farbbereichen gleich groß (0,1–0,5 mm  $\varnothing$ ).

Grauer Bereich: Sämtliche Körner sind eckig bis kantengerundet und setzen sich aus 60% Quarz, 30% Feldspat und 10% Porphyr zusammen. Ohne gegenseitigen Kontakt „schwimmen“ sie in einem Karbonatzement, das 50 Vol.-% des Gesteins einnimmt. Quarze und Feldspäte sind vom Karbonat schwach angeätzt. Einige Quarzkomponenten zeigen noch authigen gebildete Quarzanwachssäume. Eisenoxydausscheidungen fehlen.

Roter Bereich: Korngröße und Komponentenzusammensetzung stimmen in beiden Farbbereichen überein. Das karbonatische Bindemittel hat hier noch nicht so weitgehend Platz ergriffen (20 Vol.-%). Quarze und Feldspäte sind von Karbonatlösungen noch nicht angeätzt. Authigene Quarzausscheidungen in Form von Anwachssäumen um Quarzdetritus sind weiter verbreitet als im grau gefärbten Bereich. Eisenoxydausscheidungen sind vorhanden. Die Auflösung des rotfärbenden Eisenoxyds ist folglich sekundär und auf spätdiagenetische Karbonatinfiltate zurückzuführen.

Porenräume sind auch bei den mittelkörnigen Sandsteinen nicht häufig. Meist nehmen sie weniger als 1 Vol.-% ein; in einzelnen Proben jedoch auch 3–5%, in einer sogar bis 10%.

### c. Feinsandsteine

U. d. M. erkennt man ausschließlich nur Mineralkomponenten; Quarz und Feldspäte (Alkalifeldspäte und Plagioklase bis 30 Vol.-%) mit meist eckiger Kornform überwiegen deutlich gegenüber dem Glimmeranteil (Muskowit und chloritisierter Biotit). Einem ausgeprägten Korngrößenmaximum bei 0,1 mm  $\varnothing$  sind immer noch gutgerundete Gerölle bis zu 2,0 mm  $\varnothing$  eingestreut. Die Zementierung des Detritus erfolgt durch Karbonat und Eisenoxyd. Die z. T. sehr reiche Führung der Proben an Eisenoxyd, bedingt durch die Anreicherung und Zersetzung von Biotit in feinkörnigen Sedimenten, konnte selbst bei fehlender Konservierung durch authigen ausgeschiedene Kieselsubstanz nicht in allen Fällen von später infiltrierten Karbonatlösungen aufgenommen werden. So kommt es, daß intensiv karbonatisierte Feinsandsteine noch rote Färbung aufweisen.

Ein feinkörniger Sandstein im Liegenden des Kupferschiefers der Bg. Treischfeld 1 (Probe 1) ist allerdings grünlichgrau gefärbt. Hier nimmt das basale Karbonatzement ein Volumen von etwa 60% ein. Von mehr als 60 Vol.-% ursprünglich vorliegendem Mineraletritus sind noch etwa 30% durch aggressive Karbonatlösungen nicht überwältigt worden. Aber auch diese restlichen Quarz-, Feldspat- oder Glimmerkomponenten sind tief ausgebuchtet und skelettartig zernagt. Die Positionen der vollständig aufgelösten detritischen Körner werden durch Eisenoxydschlieren im Karbonatzement markiert. Es sind dies die ehemaligen Eisenoxydummantelungen der Körner. Dadurch lassen sich sogar noch Größe und Kornform der ursprünglichen Komponenten feststellen. Zusammenfassend läßt sich somit folgender diagenetischer Ablauf aufzeigen: Nach der Sedimentation eines durch reichlich Eisenoxyd locker gebundenen rotbraunen Feinsandsteins drangen descendente Karbonatlösungen in das Gestein ein, nahmen durch Auflösung der Matrix deren Platz ein und lösten zudem noch etwa 30% des silikatischen Detritus auf. U. d. M. findet man an Stelle der ehemaligen Eisenoxydmatrix dunkel gefärbtes feinkörniges Karbonat. Dort, wo vorher Mineralkomponenten vorlagen, ist das an die Stelle getretene Karbonat hell und grobkristallin.

## 2. Siebanalysen

Von den vorliegenden Bohrkernen der Bg. Treischfeld 1–5 und Kleinensee 3 wurden 39 Proben zur siebanalytischen Untersuchung ausgewählt. Nur lockere, tonig gebundene Psammite und Psephite gelangten zur Aufbereitung, da man bei kieselig oder karbonatisch zementierten klastischen Sedimenten selbst bei vorsichtiger Zerkleinerung viele Körner zerstören würde (bes. die serizitisierten und kaolinitisierten Feldspäte). Zudem würde in jenen kompakten Sedimenten mit einer sekundären Vergrößerung von Quarzkörnern infolge Anlagerung von authigen gebildeten Quarzummantelungen zu rechnen sein und damit eine Verschiebung der Analysenwerte zugunsten der größeren Fraktionen eintreten. Andererseits würde der Anteil

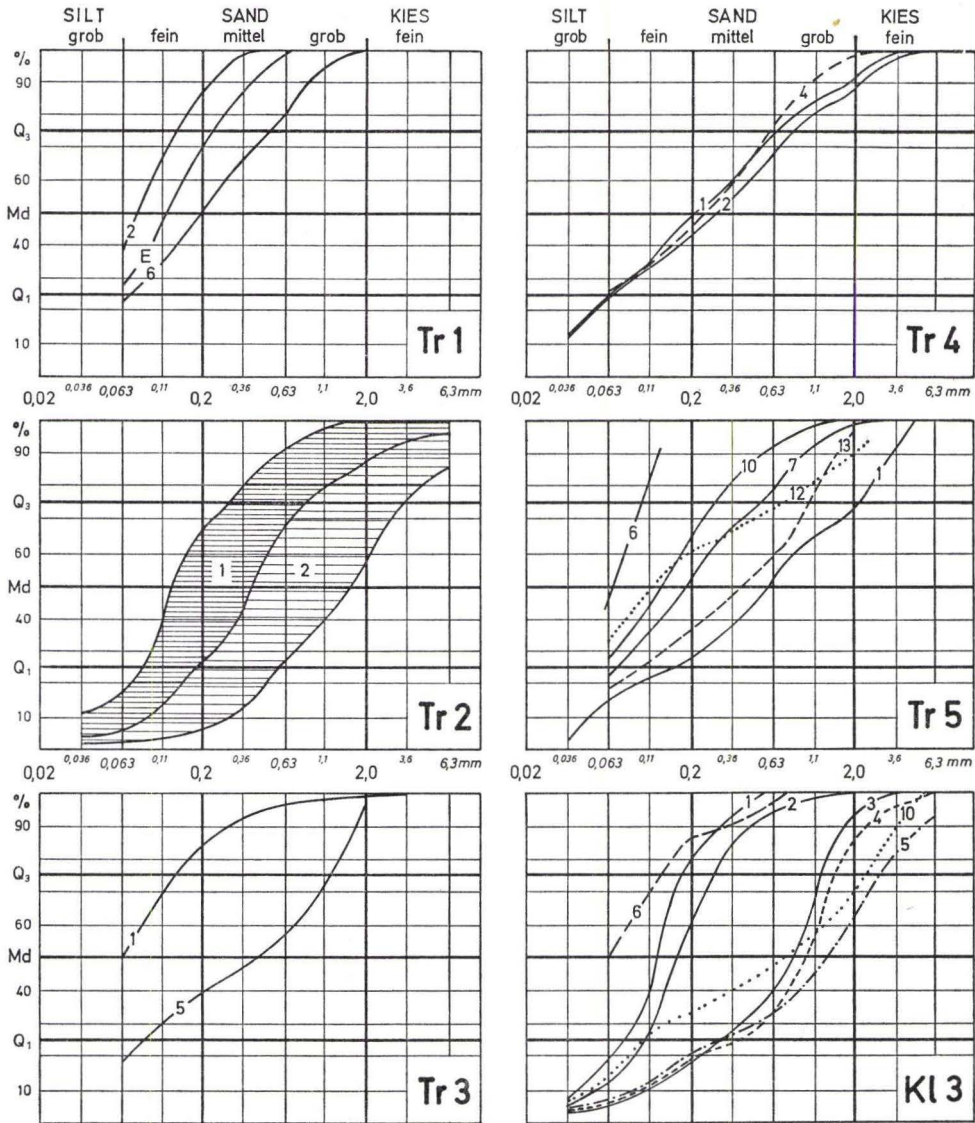


Abb. 2. Summenkurven des untersuchten Probenmaterials der Bg. Treischfeld 1—5 und Kleinensee 3.

der feinkörnigen Fraktionen durch die lösende Wirkung eines karbonatischen Bindemittels unkontrollierbar zunehmen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Summenkurven (s. Abb. 2). In das engschraffierte Feld (1) der Bg. Treischfeld 2 kommen 14 Kornkurven und in das weitschraffierte (2) 4 Summenkurven zu liegen. Die daraus ermittelten Sortierungen erwiesen sich für die Bg. Treischfeld 1, 3, 4 und 5 als durchschnittlich sehr schlecht und für die Bg. Treischfeld 2 wie Kleinensee 3

als mittelmäßig bis sehr schlecht. Die Analysenwerte für Sortierung, Mittelgewichts- und maximalen Korndurchmesser sind insgesamt in den Abb. 5–8 (Sp. 4–6) vermerkt. SINDOWSKI (1957) hat nachgewiesen, daß mittels einer synoptischen Methode vom Gesamtverlauf der Summenkurven auf den fossilen Sedimentationsraum geschlossen werden kann. Er hat seine Argumente mit rezenten Beispielen untermauert. Dazu ist es erforderlich, die Analysenwerte auf Wahrscheinlichkeitspapier einzutragen (KRUMBEIN & PETTIJOHN, 1938). Man verfügt damit über die Möglichkeit, die Abstände zwischen 0 und 10 Gew.-%, sowie zwischen 90 und 100% auf den

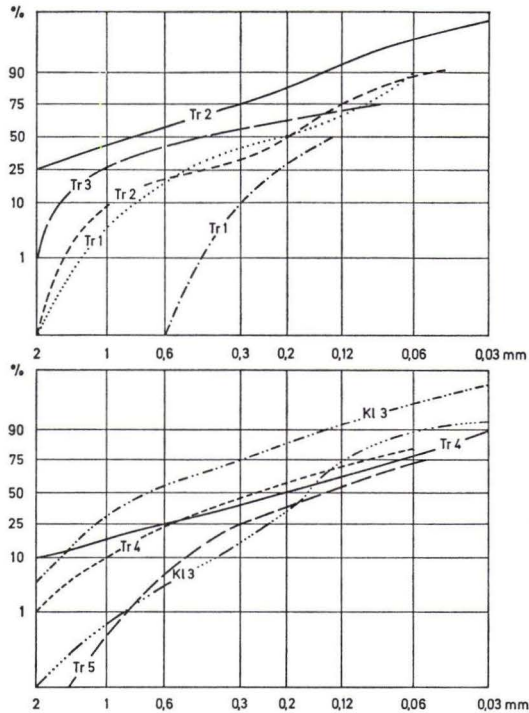


Abb. 3. Darstellung von Summenkurven auf Wahrscheinlichkeitspapier zum synoptischen Vergleich (nach SINDOWSKI).

Ordinaten der Diagramme relativ zu vergrößern und die geringprozentigen aber charakteristischen Anfangs- und Endfraktionen im Kurvenbild besser erkennen zu können. Die so ermittelten Kornkurven zeigen im grobkörnigen Bereich einen mäßig steilen, geraden Anstieg, um bei den feineren Fraktionen in eine Gerade zu verflachen. Bei einem solchen Kurvenverlauf treten nach SINDOWSKI Konvergenzen von Relikt-sanden, Flugsanden, ästuarinen Sanden und Strandsanden auf (Abb. 3).

Eine weitere Möglichkeit, von der Korngrößenverteilung eines Sediments auf den Ablagerungsvorgang und damit auf das Ablagerungsmilieu zu schließen, vermittelt PASSEGA (1957). Er schlägt vor, aus den Summenkurven das Verhältnis von mittlerer Korngröße ( $M$ , 50 Gew.-% sind gröber) und der Korngröße bei der 1 Gew.-% der

Gerölle grobkörniger ist (C) auf doppellogarithmischem Papier zur Darstellung zu bringen. Auf der Abzisse wird die Korngröße in  $\mu$  von M und auf der Ordinate C abgetragen. Der feinkörnige Anteil der Proben findet keine Berücksichtigung, da nach PASSEGA vor allem die Ausbildung des grobkörnigen Bereiches wesentlich für die Beurteilung der Transportenergie bzw. Turbulenz des transportierenden Mediums ist. Aus der Anordnung der Punkte und ihrer Lage zur Geraden  $C = M$  glaubt er durch den Vergleich mit rezenten Ablagerungen auf den fossilen Sedimentationsraum schließen zu können. So lassen sich die untersuchten Gesteine nach PASSEGA (1957, S. 1972) als typische Strandablagerungen ansprechen (Abb. 4).

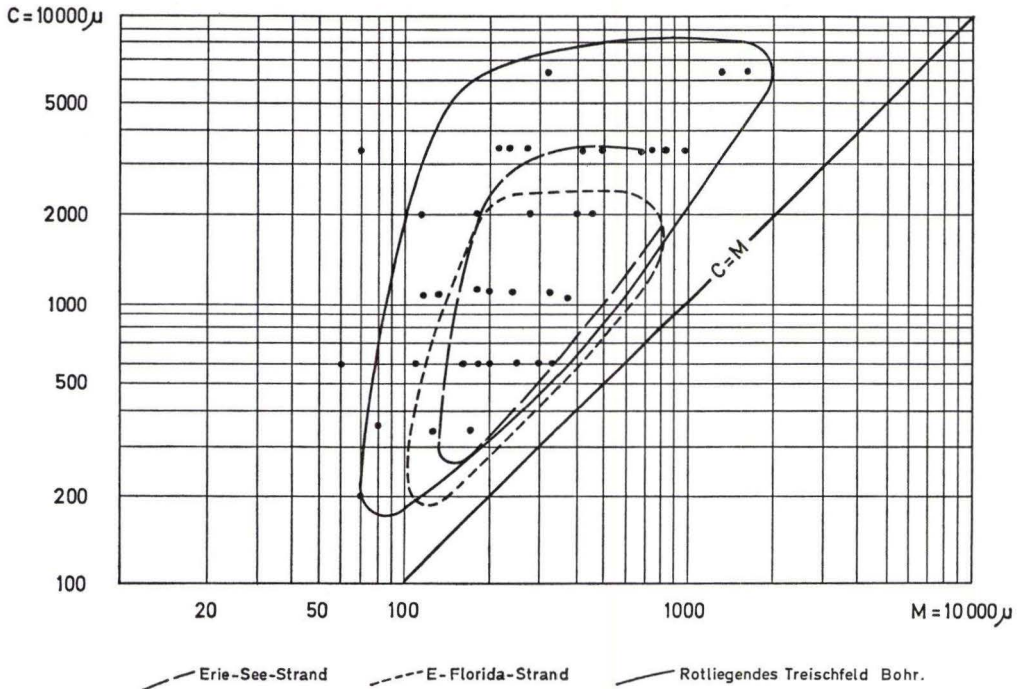


Abb. 4. Diagramm nach PASSEGA aus den Ergebnissen der Siebanalysen.

### 3. Schwerminerale

Von insgesamt 25 Proben wurden Erzminerale und transparente Schwerminerale durch Schätzung ihres volumenmäßigen Anteils bestimmt (Tab. 1). Da die Proben nicht mit erzlösenden Agenzien (HCl, Königswasser) behandelt wurden, war die Bestimmung der Schwerminerale durch Erzverkrustungen oftmals erschwert, dafür aber die Erhaltung der Apatite gewährleistet.

Baryt erscheint in vielen Proben als häufigstes Schwermineral. Die Proben der Bg. Treischfeld 1, 2 und Kleinensee 3 zeigen vom Liegenden zum Hangenden eine deutliche Zunahme der Barytführung. Diese Beobachtung, sowie der frische Erhaltungszustand und die scharfkantigen Kornformen deuten auf eine postsedimen-

täre Entstehung hin. Dabei ist es nicht ausgeschlossen, daß descendente Sulfatlösungen aus dem hangenden Zechstein und Ba-Ionen aus den verwitternden Rotliegendfeldspäten zu Barytkristallisationen führten.

Tab. 1. Die Schwermineralführung der Tiefbohrungen Treischfeld 1–5 und Kleinensee 3

(Zahlenangaben in Volumenprozent)

Probe	Baryt	Apatit	Zirkon	Turmalin	Granat	Rutil	Anatas	Opak
Tr 1,2	24	7,9	9,4	6,1		0,6		52,0
Tr 1,5	22,5	6,0	22,2	10,2	2,6	0,3		36,2
Tr 1,6	13,7	0,3	1,5	3,0				81,5
Tr 1,10	0,9	0,03	5,7	9,8		0,01		83,5
Tr 2,1	8,4	5,9		0,6				85,1
Tr 2,2	51,9	2,5	2,5				6,9	36,2
Tr 2,3	35,3	2,4	7,1	7,4		0,3	6,3	41,2
Tr 2,8	Spur.	1,9	5,2	7,7		0,03		85,1
Tr 2,16	1,0	1,7	8,6	2,5				86,2
Tr 2,19	6,0	1,6	7,3	5,8	2,4			76,9
Tr 3,1	0,1	1,2	3,2	5,1	0,6			89,8
Tr 3,5	0,4	0,4	9,1	4,1	0,2			85,8
Tr 4,1	3,1		2,9	0,5				93,5
Tr 4,4	3,3	0,6	3,3	3,3	6,6			82,9
Tr 5,6	6,0	7,4	0,4	3,1				83,1
Tr 5,7	15,9	4,4	2,2	0,2	0,1			77,2
Tr 5,10	7,0	1,0	0,5	0,3				91,1
Tr 5,12	7,7	1,1	2,0	0,4			0,2	88,5
Tr 5,13	15,7	9,6	3,7	1,2		0,3		69,4
Kl 3,1	13,8	7,1	14,5	5,4			1,0	58,2
Kl 3,2	22,0	6,1	13,3	12,0		0,6	0,9	45,1
Kl 3,3	4,5	2,5	16,5	8,2			1,7	66,6
Kl 3,4	8,7	3,1	14,3	9,0		0,6		64,3
Kl 3,6	0,7	1,0	1,6	1,4				95,4
Kl 3,10	Spur.	0,4	1,4	0,5				97,7

Apatit, Zirkon und Turmalin treten in fast allen Proben in unterschiedlicher Anreicherung auf.

Granat, Rutil und Anatas finden sich seltener und nur in geringen Mengen.

Für einen raschen Transport spricht das Auftreten transportinstabiler Schwerminerale wie Apatit und Granat. Das einheitliche Schwermineralspektrum der Bohr-



proben deutet auf ein sich während der Sedimentation wenig modifizierendes Liefergebiet hin.

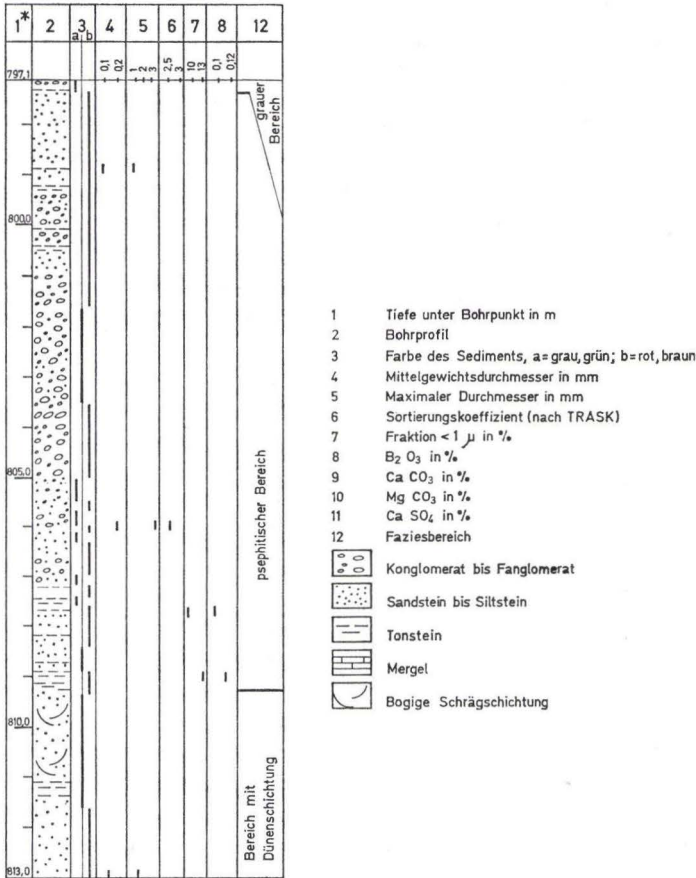
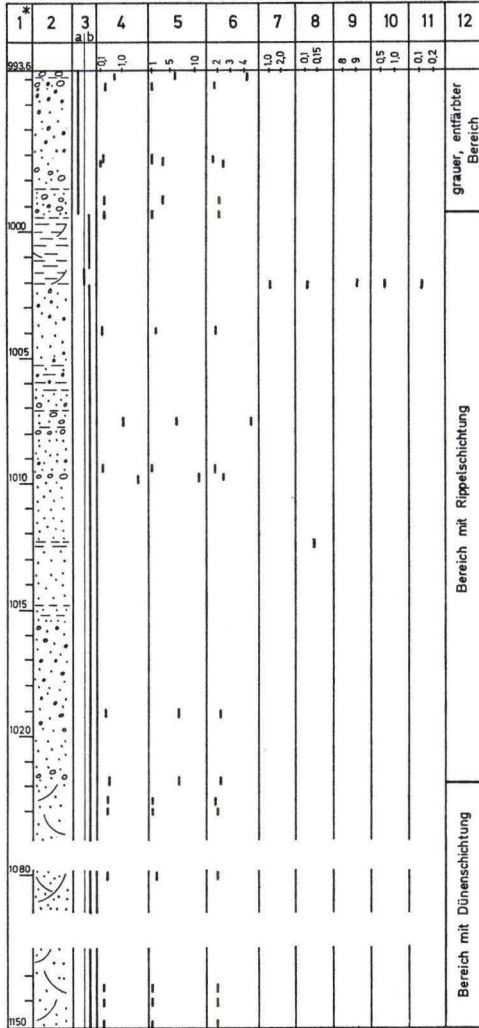


Abb. 5. Die Untersuchungsergebnisse des Probenmaterials der Bg. Treischfeld 1.

#### 4. Karbonat- und Sulfatbestimmungen

Calcit-, Dolomit- und Gesamtkarbonatgehalt von Tonsteinproben der Bg. Treischfeld 2, 3, 5 und Kleinensee 3 sind in der Tab. 2 vermerkt. Der höchste Gesamtkarbonatgehalt von 24,08% in der Probe 5 der Bg. Treischfeld 5 wird von einer Anzahl grobklastischer Sedimente deutlich übertroffen. Nur in 3 Proben (Bg. Treischfeld 3, Probe 4; Treischfeld 5, Probe 2; Treischfeld 5, Probe 15) überwiegt der Dolomitanteil den Calcitgehalt. Keiner der analysierten Tonsteine erwies sich als karbonat- oder anhydritfrei (Tab. 2; Abb. 6, 7, 8, Spalt. 9, 10, 11).

Bg. Treischfeld 2



Bg. Treischfeld 3

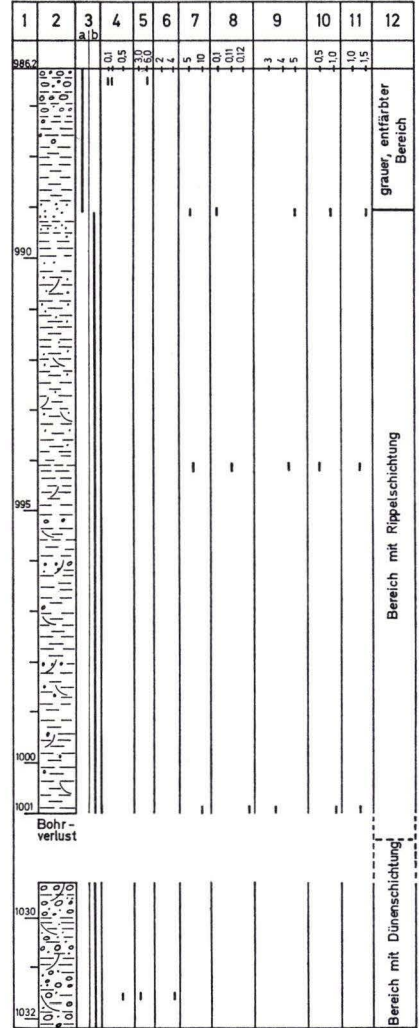


Abb. 6. Die Untersuchungsergebnisse des Probenmaterials der Bg. Treischfeld 2 und 3.

Tab. 2. Der Karbonat- und Sulfatgehalt der Tiefbohrungen Treischfeld 2, 3, 5 und Kleinensee 3

(Zahlenangaben in Gewichtsprozent)

Probe	Gesamtkarbonat	Calcit	Dolomit	Anhydrit
Tr 2,7	9,69	8,40	1,29	0,14
Tr 3,2	6,01	3,98	2,03	0,16
Tr 3,3	4,92	4,01	0,91	0,13
Tr 3,4	4,32	2,11	2,21	0,12
Tr 5,2	4,58	1,63	2,95	0,23
Tr 5,3	10,50	9,59	0,91	0,16
Tr 5,4	3,33	2,59	0,74	0,15
Tr 5,5	24,08	20,95	3,13	0,20
Tr 5,8	13,09	11,43	1,66	0,10
Tr 5,9	4,77	4,40	0,37	0,13
Tr 5,14	7,01	4,51	3,50	0,12
Tr 5,15	11,25	2,22	9,03	0,25
Kl 3,6	1,79	1,05	0,74	0,21
Kl 3,8	4,02	2,36	1,66	0,19
Kl 3,9	9,68	7,10	2,58	0,14
Kl 3,10	7,67	5,27	2,40	0,18

## 5. Borbestimmungen

Die Borgehalte sind bis auf wenige Analysen durchweg relativ hoch. Die Werte ( $\%$ - $B_2O_3$ ) schwanken in der Bg. Treischfeld 1 zwischen 0,08–0,13, in der Bg. Treischfeld 2 und 3 zwischen 0,10–0,12, in der Bg. Treischfeld 5 zwischen 0,02–0,18 und in der Bg. Kleinensee 3 zwischen 0,04–0,12 (Tab. 3). Die niedrigsten  $B_2O_3$ -Gehalte von 0,02% (Treischfeld 5) und 0,04 (Kleinensee 3) wurden jeweils in den Basispartien der erbohrten Profile ermittelt. Borinfiltrationen vom auflagernden Zechstein müssen mit in Erwägung gezogen werden, denn die Bg. Treischfeld 5 zeigt vom Hangenden zum Liegenden folgende Verteilung: 0,18%  $B_2O_3$ ; 0,126; 0,18; 0,175; 0,16; 0,09; 0,103; 0,024 (Tab. 3 u. Abb. 7). Eine Zunahme der Salinität zum Hangenden der Rotliegendabfolge hin kann ebenfalls eine Erhöhung der  $B_2O_3$ -Werte bewirken. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen ERNST & STADLER in FABIAN, GAERTNER & MÜLLER (1962). Sie schreiben auf Seite 1094: „Rotliegende Ablagerungen haben zumeist sehr hohe Gehalte an Bor, sie sind außerdem in den bisher bekannten Fällen durch feinverteilten Anhydrit oder Gips in der Grundmasse und durch Abwesenheit von Kaolinit gekennzeichnet. Diese Merkmale sprechen im allgemeinen für eine saline Randfazies. Die gleichen Verhältnisse wurden in den untersuchten Schichten von 3341,90 m bis etwa 3557,00 m der Bohrung Oberlanger Tenge Z 1 angetroffen. Die Bor-Gehalte der tonigen und schluffigen Sedimente betragen hier durchschnittlich mehr als 0,080%. Das ist etwa doppelt so viel wie in marinen Sedimenten. Maxima mit mehr als 0,100% liegen unmittelbar unter dem Zechstein . . .“

Bg. Kleinensee 3

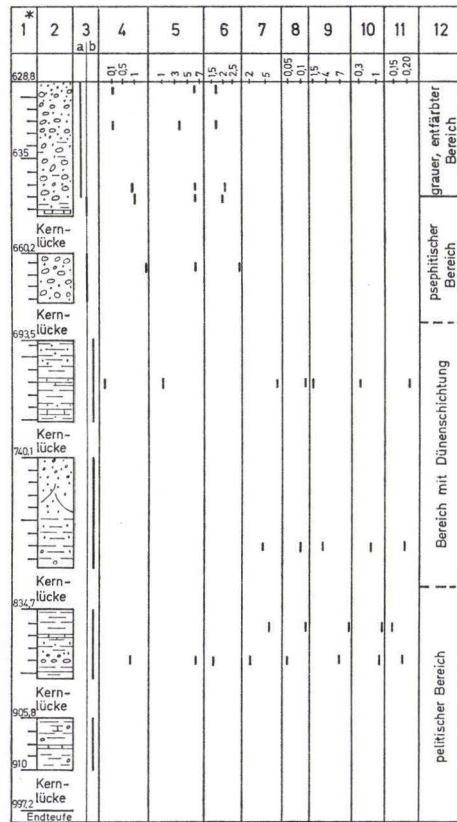


Abb. 7. Die Untersuchungsergebnisse des Probenmaterials der Bg. Treischfeld 4 und Kleinensee 3.

Bg. Treischfeld 4

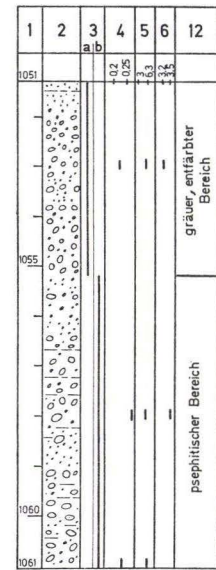


Abb. 8. Die Untersuchungsergebnisse des Probenmaterials der Bg. Treischfeld 4 und Kleinensee 3.

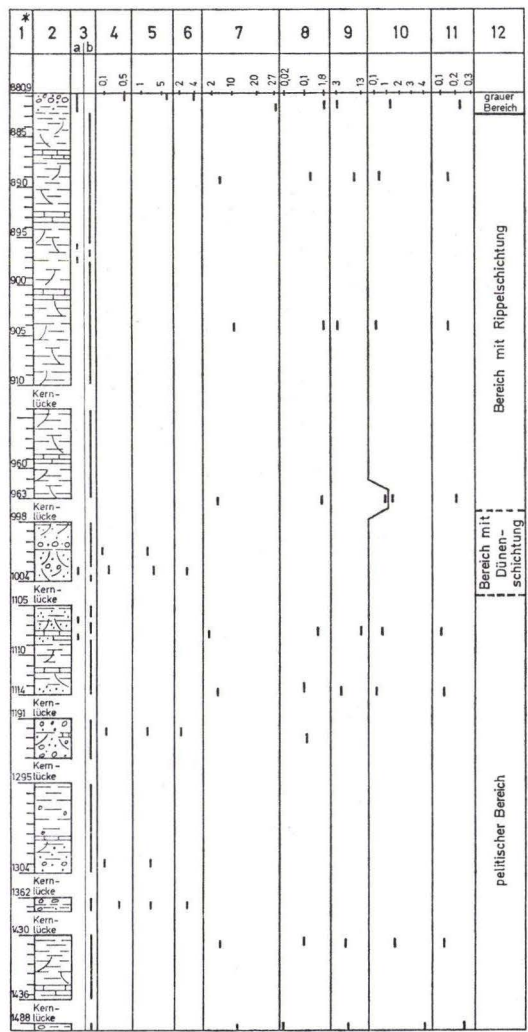


Abb. 9. Die Untersuchungsergebnisse des Probenmaterials der Bg. Treischfeld 4 und Kleinensee 3.

In letzter Zeit ist vor allem durch die Arbeiten von HARDER und LERMAN mit Recht Kritik an den frühen Analysenverfahren und Interpretationen der Ergebnisse von Boranalysen geübt worden. Es war bis dahin wenig bekannt, daß Bor in Sedimenten zum überwiegenden Teil an das Tonmineral Illit gebunden ist und daß eine Vielzahl von faziellen Bedingungen die Borkonzentration beeinflußt. Hier sei nur auf 3 Faktoren hingewiesen, die differenzierend auf Boranreicherungen in Sedimenten einwirken.

1. Von einem oder verschiedenen Abtragungsgebieten werden Tonminerale mit unterschiedlichem Borgehalt angeliefert und unter Konservierung der ursprünglichen Bormenge sedimentiert.
2. Während der Sedimentation der Tonminerale vollzieht sich ein Wechsel der Borkonzentration im Wasser (Bor kann sehr schnell in Tonminerale eingelagert werden).
3. Borhaltige Lösungen durchdringen Sedimente und verändern sekundär den Borgehalt von Tonmineralen.

Illit findet sich im Korngrößenbereich  $< 1 \mu \varnothing$  angereichert. In Tab. 3 und Abb. 5–8, Sp. 7 und 8 ist zu jedem  $B_2O_3$ -Wert der zugehörige Anteil der Fraktion  $< 1 \mu$  in Gew.-% notiert.

Tab. 3. Der Borgehalt der Tiefbohrungen Treischfeld 1, 2, 3, 5 und Kleinensee 3

Probe	Gew.-% $< 1 \mu \varnothing$	% $B_2O_3$
Tr 1,7	7,5	0,077
Tr 1,9	13,0	0,128
Tr 2,7	6,0	0,105
Tr 2,12	6,5	0,123
Tr 3,2	5,5	0,100
Tr 3,3	7,3	0,110
Tr 3,4	9,5	0,122
Tr 5,2	27,6	0,180
Tr 5,3	5,5	0,126
Tr 5,4	11,0	0,180
Tr 5,5	5,0	0,170
Tr 5,8	1,7	0,160
Tr 5,9	4,4	0,091
Tr 5,11	7,2	0,125
Tr 5,14	6,0	0,103
Tr 5,15	12,5	0,024
Kl 3,6	7,5	0,120
Kl 3,8	4,5	0,100
Kl 3,9	5,6	0,118
Kl 3,10	2,1	0,048

### V. Fazies und Paläogeographie

Das untersuchte Rotliegendekernmaterial konnte aufgrund seiner lithologischen Ausbildung in 5 parallelisierbare Bereiche gegliedert werden (Abb. 9 und 5, 6, 7, 8, Sp. 12). Die Bohrungen durchteuften unter dem Kupferschiefer zunächst einen grauen, entfärbten Bereich (1), dann einen psephitischen Bereich (2), einen Bereich mit Rippelschichtung (3), einen Bereich mit Dünenschichtung (4), wurden schließlich in einem pelitischen Bereich (5) eingestellt (Bg. Treischfeld 5, Bg. Kleinensee 3) oder erreichten darunter das Unterkarbon (Bg. Weisenborn 2, nach FABIAN). Sämtliche 5 Faziesbereiche sind nur in der Bg. Kleinensee 3 ausgebildet, da die Psephite (2) nach SW zu auskeilen. Auch der Bereich mit Rippelschichtung dünnt zunächst nach SW aus, ist aber in den Bg. Treischfeld 2, 3 und 5 wieder vorhanden.

Der pelitische Bereich ist bis auf 2 geringmächtige graue Zonen in der Bg. Treischfeld 5 (s. Abb. 7, Sp. 3) durchgehend rotgefärbt und erreicht die größte Mächtigkeit mit 480 m in der Bg. Weisenborn 2. 440 m davon durchörterte die Bg. Treischfeld 5, während die Bg. Kleinensee 3 nach einer Bohrstrecke von 160 m im pelitischen Bereich eingestellt wurde. An wenigen Stellen sind in die Tonstein-Schluffstein-Abfolge geringmächtige Sandstein-, Fanglomerat- und Konglomeratlagen eingeschaltet, die zusammen mit Mergellagen die sonst homogene Pelitfazies wechselhafter gestalten, jedoch zu einer weiteren Untergliederung und Korrelierung mit benachbarten Bohraufschlüssen bisher keine Möglichkeiten erkennen lassen. Die pelitische Abfolge der Bg. Kleinensee 3 ist im Vergleich mit den südwestlich gelegenen parallelisierbaren Bohrabchnitten der Bg. Weisenborn 2 und Treischfeld 5 wesentlich sandiger.

Der Bereich mit Dünenschichtung ist mit Ausnahme der Bg. Treischfeld 4, die schon im hangenden psephitischen Bereich eingestellt wurde, in allen Bohrprofilen nachzuweisen. In konstanter Mächtigkeit von 120 m, die nur im äußersten SW des untersuchten Gebietes auf 80 m zurückgeht, zeigt die Bg. Treischfeld 2 diese Fazies am typischsten (Abb. 9). Ein 128 m mächtiger Schüttungskörper mit ausgeprägter Schrägschichtung wird hier von einem rotbraunen, mittelkörnigen, schwach karbonatisch gebundenen Sandstein mit nahezu absoluter struktureller und textueller Gleichförmigkeit aufgebaut. Mehr als die Hälfte der Geröllkomponenten dieses Sandsteins sind ei- bis kugelrund geformt und weisen mattierte Oberflächen auf. Sie häufen sich im Korngrößenbereich zwischen 0,5–0,8 mm  $\varnothing$ . Wenige gut gerundete Gerölle gehen über diesen Grenzbereich hinaus (0,3–1,8 mm  $\varnothing$ ) (Bg. Treischfeld 2, Abb. 6, Sp. 4, 5, 6). Diese petrographischen Merkmale und das völlige Fehlen limnisch-fluviatiler Sedimente, wie Tonsteine und Psephite, charakterisieren den Sandstein als äolische Ablagerung in Dünenfazies. In den übrigen Bohrungen verdünnert sich dieser Sedimenttypus infolge Vermischung mit aquatischen Ablagerungen. Sehr gut gerundete Gerölle gleicher Korngröße – wie oben angeführt – finden sich in diesem Abschnitt sowohl vereinzelt in Tonsteinen und Psephiten als auch in geringmächtigen schräggeschichteten Mittelsandsteinen angehäuft.

Der Bereich mit Rippelschichtung ist nur im NE (Bg. Kleinensee 3) in 40 m Mächtigkeit und im SW des untersuchten Gebiets (Bg. Treischfeld 2, 3, 5) ausgebildet.

Dazwischen keilt diese Abfolge aus (Abb. 9). Besonders charakteristisch und in einer maximalen Mächtigkeit von 80 m sind in der Bg. Treischfeld 5 rotbraune, karbonathaltige Tonsteine und grüngestreifte bis -gefleckte Mergel durchhörtert worden. Sie sind durch einen ständigen Wechsel ihrer Texturmerkmale und des Karbonatgehaltes gekennzeichnet. Dadurch erkennt man in rhythmischer Aufeinanderfolge vom

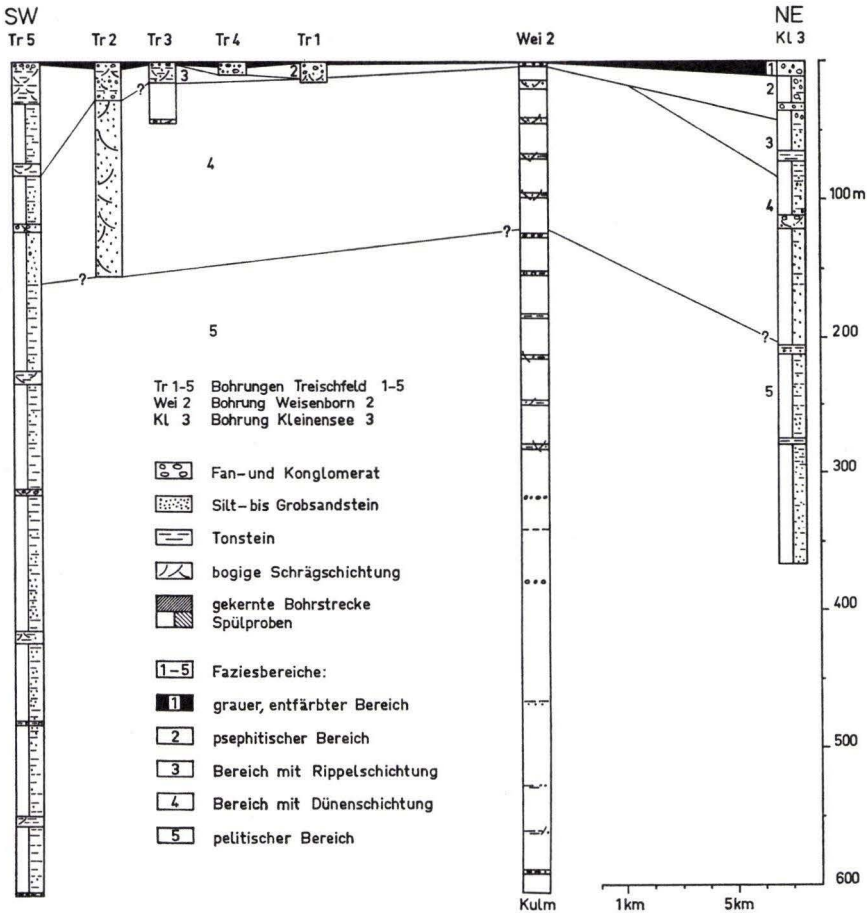


Abb. 9. Faziesprofil im Achsenstreichen des Saar-Troges. Die Bohrungen sind auf eine durch die Bohrpunkte von Kleinensee 3 und Treischfeld 5 gelegte Linie projiziert.

Liegenden zum Hangenden immer wieder kleinbogig schrägschichtete Karbonatknöllchen führende, rotbraune Tonsteine (Rippeln), dann rot-grün gebänderte Tonsteine bis Mergel und schließlich grüne Mergel, die mit Schrumpfungsrissen auf ein zeitweiliges Trockenfallen des Ablagerungsraumes hindeuten. Darüber breiten sich meist rotbraune schwach karbonathaltige, feingeschichtete Tonsteine aus, bis zu

einem neuen im allgemeinen 0,25 m mächtigen Rhythmus aus Rippeln, Bändern und Trockenrissen. So konnten in 30 Kernmetern der Bg. Treischfeld 5 zwischen 883,6 bis 957,5 m (mit einer Lücke zwischen 910–954 m) 20 Rhythmen ausgezählt werden. Im Hangenden setzt sich die rhythmische Sedimentation in einer durchweg grau-grün gefärbten Fazies fort; ein sicherer Hinweis auf die sekundäre Entfärbung unter dem Einfluß des Zechsteinmeeres. Einige Ablagerungsrhythmen sind unvollständig. Es fehlen dann meist die hangenden Partien, während die basale Rippelschichtung immer ausgebildet ist. Welche Vorgänge führten nun zu diesem rhythmischen Sedimentationsablauf? Die rotbraunen, schwach karbonathaltigen, feingeschichteten Tonsteine sind in turbulenzfreiem Ablagerungsmilieu unter höherer Wasserbedeckung sedimentiert worden, als die Ablagerungen mit Rippeltexturen und erhöhter Karbonatführung. Noch flachere Wasserbedeckung führte anschließend zu intensiver Karbonatausscheidung in Form einer Wechsellagerung von grünen Mergel- und rotbraunen Tonsteinbändern. Schließlich fiel der Sedimentationsraum trocken und es bildeten sich in kurz vorher abgelagerten mergeligen, grünen Tonsteinen Schrumpfrisse. Darüber folgen wieder rotbraune, feingeschichtete Tonsteine unter Ausfall einer rückläufigen Wiederholung der o. a. Abfolge.

Die Rotliegendprofile sämtlicher untersuchter Bohrungen schließen im Hangenden mit grobklastischen Sedimenten ab. Am mächtigsten ist der psephitische Bereich in der Bg. Kleinensee 3 mit 41 m entwickelt. Nach SW zu dünnen die Psephite zunächst schnell aus (Bg. Weisenborn 2, 0,9 m), gewinnen dann weiter in gleicher Richtung etwas an Mächtigkeit (Bg. Treischfeld 1, 12,1 m; Treischfeld 4, 9,7 m), um schließlich im äußersten SW des Arbeitsgebietes (Abb. 9) in eine sandige Fazies mit sporadisch eingestreuten gröberen Geröllen überzugehen (Bg. Treischfeld 2). Sekundäre Wegführung der Sandkomponenten dieser Fazies durch die Tätigkeit des Windes schuf stellenweise eine selektive Anreicherung der Gerölle (Bg. Treischfeld 3, 0,35 m; Treischfeld 5, 0,6 m). Innerhalb der psephitischen Fazies unter dem Kupferschiefer konnten weder sedimentologische Merkmale noch Fossilfunde zur Grenzziehung zwischen Rotliegendsedimenten und dem Zechsteinkonglomerat herangezogen werden.

Der graue, entfärbte Bereich ist im gesamten Untersuchungsgebiet in unterschiedlicher Mächtigkeit anzutreffen. Während im nordöstlichen und mittleren Arbeitsgebiet der grau-grüne Bereich nirgends die Liegendgrenze der grobklastischen Fazies erreicht (Abb. 9, Bereich 2), überschreitet er im SW (Bg. Treischfeld 3, Treischfeld 2 und 5) diese Grenze und dringt in das Liegende vor. Die größte Mächtigkeit der entfärbten Zone tritt im Profil der Bg. Kleinensee 3 mit 9,1 m auf. In der benachbarten Bg. Weisenborn 2 trifft man keine grauen Sedimente mehr an. Allerdings besteht hier eine Aufschlußlücke von 1 m zwischen dem hangenden Zechsteinkalk und dem Rotliegenden. Der Farbwechsel von grau/grün zu rot/braun vollzieht sich entweder nur zögernd wie z. B. in der Bg. Kleinensee 3, wo unter dem deutlich graugrün gefärbten Bereich noch eine rund 30 m mächtige graurote, grobkörnige Übergangsfazies entwickelt ist oder er ist durch eine scharfe horizontale Grenze markiert. In den Bg. Treischfeld 2 und 3 liegt ein abrupter Farbumschlag vor. Dort folgen über einem dichten, rotbraunen Tonstein graugrüne grobe Klastika. Es besteht offensichtlich ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Durchlässigkeit



klastischer Sedimente und der sekundären Wegführung rotfärbender Eisenoxydverbindungen. Von den o. a. 5 Faziesbereichen erweisen sich der graue, entfärbte Bereich (1) und der Bereich mit Dünenschichtung (4, Abb. 9) als parallelisierbare Einheiten, denen nicht nur im Untersuchungsgebiet, sondern auch darüber hinaus aufgrund ihrer Genese eine lithostratigraphische Bedeutung zukommt.

Die in den Treischfelder Bohrungen vorliegenden Befunde des oberen Rotliegenden unterstützen die bisherigen Vorstellungen des paläogeographischen Bildes in diesem Raum. Das Gesteinsinventar der Bg. Kleinensee 3 deutet im Vergleich zu den Bohraufschlüssen der anderen Bohrungen auf eine schwellennähere Position hin (? Buchenauer Schwelle), während an Hand der Bohrergebnisse in entgegengesetzter südwestlicher Richtung eine Beckenrandfazies nachzuweisen ist. Östlich von Bad Hersfeld wird durch die Bg. Weisenborn 2 eine vermutlich lokale Schwellenregion angezeigt. Hier breitet sich über die Dünenfazies unter Ausfall des Bereichs mit Rippelschichtung die psephitische Fazies als dünner Schleier, wobei die groben Klastika – aus geröllführenden Sandsteinen durch Auswaschen und möglicherweise Auswehen der psammitischen Komponenten hervorgegangen – als Residualkonzentrate angesehen werden können. Die graugrüne Fazies, sowie der Kupferschiefer scheinen ebenso in diesem Gebiet zu fehlen, obwohl beide in einer 1 m mächtigen Aufschlußlücke der Bg. Weisenborn 2 zwischen Psephitabfolge und dem Zechsteinkalk untergebracht werden können. Den Schwellencharakter dieses Raumes unterstreichen außerdem synsedimentär gebildete Karneollagen in den unmittelbar unter dem Zechsteinkalk erbohrten klastischen Gesteinen als mögliche fossile Reste eines Paläobodens.

Welche Vergleichsmöglichkeiten zwischen den Bohraufschlüssen und dem über Tage anstehenden Rotliegenden des Richelsdorfer Gebirges und des nordwestlichen Thüringer Waldes lassen sich nun anstellen (Abb. 1)?

F. KÜHNE (1923) veröffentlichte ein südlich von Nentershausen aufgeschlossenes Profil der Rotliegendablagerungen des Richelsdorfer Gebirges:

- Kupferschiefer<sup>1)</sup>
- „rund 15 m rotgefärbte Konglomeratbank, in den hangendsten Teilen sandig werdend (und graugrün gefärbt<sup>1)</sup>)
- rund 21 m dunkelrotbrauner Schieferton
- rund 85 m rotgefärbte Konglomerate
- rund 26 m dunkelroter, sandiger Schieferton
- rund 13 m Konglomeratbank
- Schieferton von unbekannter Mächtigkeit“

RICHTER-BERNBURG (1941) berichtet von einer alten Bohrung bei Nentershausen, die nach Durchteufung roter, klastischer Sedimente bei 941 m in grauen Sandsteinen und Tonsteinen eingestellt wurde.

<sup>1)</sup> Anmerk. des Verf.

Den Aufbau des Rotliegenden im Bereich des nordwestlichen Thüringer Waldes entnehmen wir den Angaben von E. NAUMANN (1913):

		Kupferschiefer <sup>1)</sup>
rund 1,8 m		Zechsteinkonglomerat <sup>1)</sup>
„ 5 m		Grenzkonglomerat
10 m		Grenzschiefer-ton
50 m		Oberes Konglomerat (= Hauptkonglomerat)
15 m		Oberer Schiefer-ton
12 m		Mittleres Konglomerat (= Aschburgkonglomerat)
20 m		Mittlerer Schiefer-ton
200 m	{	Unteres Konglomerat (= Wartburgkonglomerat)
	{	Unterer Schiefer-ton
10 m		Glimmerschieferkonglomerat“

Die Gesamtmächtigkeit des Rotliegenden wurde durch eine Bohrung bei Eisenach mit etwa 1000 m ermittelt. Das Gesteinsinventar entspricht den Befunden aus den Übertageaufschlüssen (RICHTER-BERNBURG, 1942).

Vergleicht man beide Profile miteinander und versucht sie zu parallelisieren, so stößt man auf Schwierigkeiten, obwohl im Richelsdorfer Gebirge wie im Thüringer Wald ein auffälliger Wechsel von Konglomeraten und Schiefer-tonen vorliegt. Noch viel weniger gelingt die Korrelation mit den untersuchten Bohrungen. Die den beiden Rotliegendarealen entfernungs-mäßig am nächsten gelegene Bg. Kleineseer 3 nimmt im Gegensatz zu den übrigen Bohraufschlüssen durch ihre Anhäufung von Psephiten ebenfalls eine dem Beckenrand genäherte Position ein. Eine Gliederung und Parallelisierung der einzelnen Rotliegendprofile ist aus mancherlei Gründen nicht einfach. Fehlende Fossilien, ungenügende Übereinstimmung geophysikalischer Daten aus Bohrlochmessungen, sowie der Wechsel lithologischer Einheiten selbst auf kürzeste Entfernung, erschweren eine Gliederung oder machen sie gar unmöglich. Das Zusammenspiel, sowie das Vorherrschen einer Reihe von Faktoren, wie Morphologie des Abtragungsgebietes, Klima, unterschiedliche epirogene Absenkung innerhalb des Sedimentationsraumes, bedingen eine örtlich differenzierte Gesteinsausbildung in der Horizontalen wie in der Vertikalen. Es ist deshalb erforderlich, großräumig wirksamen Faktoren, wie z. B. dem Klima, eine größere Beachtung zu schenken, da diese der vielgestaltigen Fazies übergeordnete Merkmale auferlegen können. Der Ingression des Zechsteinmeeres vorausgehend, scheint sich gegen Ende des Rotliegenden eine Klimaänderung vollzogen zu haben, unter deren Einfluß es an vielen Stellen zur Anhäufung äolischer Sedimente kam. Im Werra-Becken wurde dem Cornberger Sandstein schon mehrfach eine Entstehung durch den Einfluß des Windes zugesprochen (BRANDES, 1912; MEINECKE, 1913; BEIN, 1932; RICHTER-BERNBURG, 1941 u. a.), ebenso wie für den Walkenrieder Sand am Südrand des Harzes (KÖCKE, 1959 in GIESELER, 1966) für die Sandsteine der Kreuznacher Gruppe bei Bad Kreuznach und die bei Windecken in der Wetterau. Diese Sandsteine sind meistens hellgrau bis gelblich gefärbt und werden zusammen mit gröberen, geröllführenden

<sup>1)</sup> Anmerk. des Verf.

Psammiten in einer Übergangsstufe zwischen dem Rotliegenden und dem marinen Zechstein als Weißliegendes zusammengefaßt. TRUSHEIM (1964) befaßte sich ausführlich mit der Definition, der Lithologie, der Mächtigkeit und Verbreitung sowie der Genese und dem Alter des Weißliegenden und hat seine Verbreitung in Franken in einer Mächtigkeitskarte dargestellt. Daraus läßt sich entnehmen, daß die größten Mächtigkeiten des Weißliegenden vorwiegend an den SE- und NW-Rändern der ehemaligen Schwellen anzutreffen sind und nicht in den Beckenzentren. Dort, wie auch auf den Schwellen, beobachtet man eine Verzahnung der Weißliegend-Sandsteine mit dem „Zechstein-Konglomerat“ und erkannte daraus schon früh (BRANDES, 1912) deren Gleichaltrigkeit. Zu einer Einstufung beider in den Zechstein sieht sich heute kein Autor mehr veranlaßt, da die „cancrini-Fauna“ des „Zechstein-Konglomerats“ erst nachträglich in Vertiefungen und Hohlräume des Konglomerats eingeschwemmt wurde. Schon eher glaubt man an eine Eigenständigkeit von Weißliegendem und „Zechstein-Konglomerat“ als Übergangsstufe zwischen Rotliegendem und Zechstein oder stellt sie aufgrund ihrer lithologischen Zusammensetzung in das Rotliegende (TRUSHEIM, 1964). Ein eindeutiger Beweis der Zugehörigkeit zum Rotliegenden stand jedoch bisher noch aus.

Die Treischfelder Tiefbohrungen weisen im zentralen Abschnitt des nordöstlichen Saar-Troges äolische Sedimente nun auch im Rotliegenden nach (Abb. 9).

Hier dokumentieren sie im Verband mit aquatischen Ablagerungen, daß das Beckentiefste nur zeitweise trockenfiel, während in den vorwiegend trockenen Randgebieten gleichzeitig Dünenkörper aufgeschichtet wurden. Die Fazies mit Rippelschichtung (Abb. 9) im Hangenden der äolisch-aquatischen Ablagerungen spricht wieder für eine verstärkte aquatische Sedimentation, wenn es auch an Hinweisen für ein zeitweiliges Trockenfallen des Beckenzentrums nicht fehlt. Als sichere Anzeichen sich fortsetzender äolischer Sedimentation in den Randzonen des Troges finden sich Einstreuungen sehr gut gerundeter, 0,5–1,5 mm großer, mattierter Gerölle sowohl in den Tonsteinen der Rippelfazies, als auch in den darauffolgenden psephitischen Ablagerungen.

Nach endgültiger Austrocknung des nordöstlichen Saar-Troges kam es einerseits zur weiteren Akkumulation von Dünen und andererseits durch die Ausblasung des feinen Detritus zur Bildung von Steinsohlen mit Windkantern (NAUMANN, 1913), dem möglichen Ausgangsmaterial für das „Zechstein-Konglomerat“ (RICHTER-BERNBURG, 1955).

So vertritt das Weißliegende am Beckenrand zeitlich die jüngsten Rotliegendesedimente des zentralen Beckenbereiches.

Weißliegendes und „Zechstein-Konglomerat“, die sich verzahnen, sind demnach Bildungen der Rotliegendzeit. Der Zechstein beginnt mit dem Kupferschiefer.

Analoge Verhältnisse wie im Werra-Gebiet finden sich in bezug auf die Verbreitung und Lithologie äolischer Sedimente auch in der Mansfelder Mulde. Neben der äolisch-aquatischen Mischfazies des „rundkörnigen Sandsteins“ der Hornburger Schichten mit vergleichbaren petrographischen Merkmalen wie beim „Bereich mit Dünenschichtung“ im untersuchten Gebiet (sehr gut gerundete, mattierte 0,5–1,5 mm  $\varnothing$  große Gerölle) finden sich auch hier Weißliegend-Dünen, die aus dem „Sandsteinschiefer“ der Eislebener Schichten hervorgegangen sind.



Darüber hinaus sind in der wenig reliefierten „subvariskischen Provinz“ sowie im Nordteil der „variskischen Provinz“ (FALKE, 1966) äolische Ablagerungen im jüngsten Rotliegenden weit verbreitet. Sie finden sich am Nord- (Bg. Oberlanger Tenge<sup>1</sup>, FABIAN et al., 1962) und Westrand der Rheinischen Masse, im Flechtinger Höhenzug, östlich und südlich der Oberharzschwelle (Walkenrieder Sandstein), östlich des Thüringer Waldes (Elgersburger Sandstein) und in den Bg. Bienstädt 1 und Neudietendorf 3 (LÜTZNER, 1966), sowie im Saar- und Oos-Saale-Trog und südöstlichen Pfälzer Wald bis etwa zu der Linie Saarbrücken–Nürnberg.

Nahezu überall dort, wo das Zechsteinmeer karbonatische Ablagerungen über die rotliegenden Klastika sedimentierte, führten descendente Karbonatlösungen in den höchsten Partien des Rotliegenden zu Verfärbungen. Je nach der Durchlässigkeit der Rotliegendensedimente drangen die Karbonatinfiltate unterschiedlich tief ins Liegende vor, lösten u. a. den rotfärbenden Hämatit und erzielten hellgraue bis weißlichgelbe Färbungen beim Weißliegenden, dunkelgraugrüne Farben beim Grauliegenden und graubräunliche Tönungen beim „Zechstein-Konglomerat“. So kommt es auch, daß einerseits die primäre Rotfärbung des Weißliegenden noch erhalten geblieben ist (Sangerhäuser Mulde, KURZE, 1962), oder, daß Grauliegendes unter dem Weißliegenden ansteht (Mansfelder Mulde, LUDWIG, 1927).

## VI. Tektonik

Mit dem tektonischen Bild des untersuchten Gebiets setzte sich schon STILLE (1936) auseinander. RICHTER-BERNBURG (1941) interpretierte eingehend die tektonische Stellung des Richelsdorfer Gebirges und weiterhin untersuchten LANGE & KÄDING (1961) den Buntsandstein im Werra-Kaligebiet auf seinen tektonischen Baustil. Hier sollen deshalb die Lagerungsverhältnisse nur kurz erörtert werden.

Die permische Schichtenfolge ist bei flachem SW-Einfallen hauptsächlich einer Zerrungstektonik ausgesetzt, die zu rheinisch, herzynisch und erzgebirgisch streichenden Störungssystemen geführt hat. Ein Tiefenlinienplan des Werra-Kaligebiets, bezogen auf die Oberkante des Rotliegenden (Abb. 10), läßt im Zentrum eine herzynisch streichende größte Tiefenlage des Rotliegenden erkennen. Daran anschließend folgt nach SW eine Aufwölbung des präsalinaren Untergrundes, die von MAYRHOFER (1965) als „salzfreie paläozoische Hochscholle“ bezeichnet wurde. Im Osten des Arbeitsgebiets wölbt sich als Fortsetzung der Schwelle von Ruhla ein erzgebirgisch streichender Rücken über Bad Salzungen nach SW, der im N und S von Strukturen gleicher Streichrichtung begleitet wird. Rheinisch verlaufenden Strukturen formieren sich nördlich von Heringen und zwischen Schlitz und Bad Hersfeld.

---

<sup>1</sup>) Zechstein-konglomerat mit 1,0–1,5 mm großen, ziemlich gut gerundeten Quarzkörnchen.

## Anhang

## 1. Bohrung Treischfeld 1

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5225 Geisa, R 3 563 253/H 5 624 955

- bis 797,10 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 797,15 m grünlichgrauer, mittelkörniger, karbonathaltiger Sandstein mit Tonsteinflasern
  - 797,35 m grauer, karbonatiger Feinsandstein bis Siltstein, der im Hangenden einen Aufarbeitungshorizont aufweist
  - 799,40 m rötlicher bis violettstichiger Mittelsandstein mit Zwischenlagen eines grünen, schwach karbonatigen Tonsteins mit Trockenrissen
  - 799,45 m rötlichgraues, stark karbonatiges Konglomerat
  - 799,60 m rötlicher Grobsandstein mit Geröllen
  - 800,30 m rötlichgraues Konglomerat mit stellenweise bis dm-mächtigen, rotbraunen Tonsteinzwischenlagen
  - 800,50 m rotbrauner, milder, karbonatfreier bis schwach karbonathaltiger Tonstein
  - 800,90 m violetteroter Fein- bis Mittelsandstein bis wechselndem Karbonatgehalt
  - 801,60 m rötlichgraues, stark karbonatisches Konglomerat bis Fanglomerat, gegen das Liegende zu eine graue Farbe annehmend
  - 805,00 m Fortsetzung des grauen, polymikt zusammengesetzten Fanglomerats, stellenweise sehr grob, mit dm-großen, eckigen bis plattigen Komponenten, die z. T. dachziegelartig übereinanderliegen und eine Schichtigkeit andeuten
  - 805,30 m grünlichgrauer, stark karbonatischer Grobsandstein mit Feinkonglomerateinstreuungen
  - 805,50 m grünlichgrauer, karbonathaltiger Grobsandstein, stark durchmischt, mit rotbraunen Tonsteinfetzen und unregelmäßigen Bändern
  - 806,00 m rotbrauner bis grünlichgrauer Grobsandstein mit feinkörnigen Konglomerateinstreuungen (von 805,75 bis 805,80 m und von 805,90 bis 806,00 m), das Konglomerat ist gelblich-rötlich gefärbt und noch stärker karbonatisch als der Grobsandstein
  - 807,40 m rotbrauner bis graugrüner und hellgrünlicher, durchweg karbonatischer Grobsandstein mit Übergängen zu Mittel- und Feinsandstein, sowie feinkonglomeratischen Lagen, z. T. sind rotbraune Tonsteinfetzen eingelagert
  - 807,70 m grüner bis roter Tonstein bis Siltstein und Feinsandstein, wobei sanddykeartig grobkörniges Material die Tonsteinlagen durchbricht (das gröbere Material ist karbonatisch, die Tonsteine nicht)
  - 808,90 m rötlicher bis bräunlicher, grünlich gebleichter Fein-Mittel-Grobsandstein mit unregelmäßigen Tonsteinzwischenlagen (1–2 cm mächtig)
  - 809,30 m rotbrauner, karbonatfreier Tonstein
  - 813,00 m Fortsetzung des rötlichbraunen, stellenweise grünlichen bis gelblichen, durchweg karbonatischen Grobsandsteins mit eingeschalteten Tonsteinfetzen, stellenweise Schrägschichtung

## 2. Bohrung Treischfeld 2

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5224 Eiterfeld, R 3 552 943/H 5 622 303

- bis 993,63 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 994,27 m hellgraues bis graues, stark karbonatisches Konglomerat bis Fanglomerat mit bis 5 cm  $\varnothing$  großen Geröllen von kantengerundeten bis

eckigen und gerundeten Milchquarzen, hellgrauen Kalken, roten und schwarzen Hornsteinen, Sandsteinen und Grauwacken, stellenweise mit tonigem Bindemittel

- bis 996,80 m grauer, besonders im Hangenden karbonatischer, schwarze Tonsteinfasern und -lagen führender Mittel- bis Grobsandstein
- 996,95 m grauer, karbonatfreier, konglomeratischer Sandstein mit schwarzen Tonsteingeröllen
- 997,40 m grauer, fein- bis mittelkörniger schwach karbonatischer dunkle Tonsteinfetzen führender Sandstein
- 997,70 m graues, karbonatfreies tonig gebundenes Milchquarzkonglomerat
- 997,95 m grauer, fein- bis mittelkörniger karbonatfreier Sandstein
- 998,90 m graues, z. T. schwach karbonathaltiges Konglomerat mit grauen Tonstein-Siltstein-Zwischenlagen
- 999,00 m grauer, karbonatfreier Feinsandstein
- 999,20 m graues, schwach karbonatisches Konglomerat
- 999,30 m gelblichgrauer, stark karbonathaltiger Mittel- bis Feinsandstein
- 999,35 m graugrüner Tonstein
- 1000,60 m rotbrauner, karbonathaltiger Tonstein mit starker Führung an Kalkknötchenlagen
- 1000,65 m rotbrauner, milder, karbonatfreier Tonstein
- 1002,15 m durchweg rotbrauner, z. T. grüngefleckter und wechselnd karbonathaltiger Tonstein mit groben Lagen von Kalkknötchen, die in Form von Bändern, Fasern und Rippeln angereichert sind
- 1004,95 m rotbrauner, z. T. schwach karbonatischer, meist aber karbonatfreier Grobsandstein (0,5 bis 1 mm  $\varnothing$ ) mit wenigen Quarzen (2 mm  $\varnothing$ )
- 1006,20 m rotbrauner, karbonatfreier Tonstein bis Siltstein mit einzelnen Quarzgeröllen
- 1006,30 m dunkelrotbrauner, karbonatfreier Fein- bis Mittelsandstein mit z. T. gut gerundeten Milchquarzgeröllen
- 1006,75 m rotbrauner, karbonatfreier Fein- bis Mittelsandstein
- 1008,05 m rotbraunes, karbonatfreies Milchquarzkonglomerat (1—2 cm  $\varnothing$  große Quarze) in rotbrauner Sandsteinmatrix
- 1009,50 m rotbrauner, z. T. schwach karbonatischer Mittel- bis Grobsandstein mit gut gerundeten Quarzkörnern
- 1009,90 m rotbraunes, schwach karbonathaltiges Milchquarzkonglomerat
- 1012,20 m rotbrauner, z. T. schwach kalkhaltiger Mittel- bis Grobsandstein
- 1012,50 m rotbrauner, karbonatfreier Tonstein
- 1014,50 m rotbrauner, karbonatfreier Mittelsandstein
- 1014,85 m rotbrauner, karbonatfreier Grobsandstein
- 1015,00 m rotbrauner, karbonatfreier Tonstein
- 1015,20 m rotbrauner, karbonatfreier Feinsandstein
- 1015,50 m rotbrauner, karbonathaltiger Tonstein bis Siltstein und Feinsandstein
- 1016,15 m rotes, z. T. schwach karbonathaltiges Milchquarzkonglomerat bis Grobsandstein
- 1016,25 m rotbrauner Mittelsandstein bis Siltstein
- 1019,80 m rotbraunes, z. T. schwach karbonathaltiges Milchquarzkonglomerat bis Grobsandstein
- 1020,50 m rotbrauner, karbonathaltiger Mittel- bis Grobsandstein

- bis 1021,30 m rotbrauner, z. T. karbonathaltiger Mittelsandstein
- 1021,80 m rotbraunes, karbonathaltiges Milchquarzkonglomerat
- 1150,00 m rotbrauner, selten grüngefleckter Mittel- bis Grobsandstein mit gut gerundeten Quarzgeröllen und mit wechselndem Karbonatgehalt, der z. T. in geringmächtigen Lagen konzentriert ist. Das Gestein ist durchweg schrägschichtet und geht unverändert bis zur Endteufe weiter

### 3. Bohrung Treischfeld 3

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25000, 5224 Eiterfeld, R 3553189/H 5624793

- bis 986,25 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 987,42 m hell- bis dunkelgraues, stark karbonatisches Konglomerat bis Fanglomerat mit meist nicht über 2 cm großen Milchquarzen und Tonsteinbröckchen. Gegen das Liegende zu Abnahme der groben Komponenten und Vorherrschen eines dunkelgrauen kalkhaltigen Tonsteins
- 987,80 m dunkelgrauer, kalkhaltiger Ton- bis Siltstein mit vereinzelt eingelagerungen von mittel- bis grobkörnigen, gut gerundeten Quarzen. Stellenweise Karbonatanreicherung als weißliche Fasern, in Klüften und unregelmäßigen Zonen
- 989,12 m dunkelgrauer, gegen das Liegende zu an Karbonatgehalt abnehmender Tonstein, der bei 988,80 m in einen Siltstein übergeht und wieder gehäuft Karbonat aufweist
- 993,60 m rotbrauner, karbonatreicher (in Form von Bändern und unregelmäßigen Zonen) Siltstein, der gegen das Liegende zu allmählich in einen ebenfalls stark karbonatischen Tonstein übergeht
- 994,40 m rotbrauner Tonstein mit cm-großen Karbonatkonkretionen
- 1001,00 m rotbrauner, z. T. grüngefleckter, karbonathaltiger (in Form von Bändern und Fasern) Tonstein mit vereinzelt zwischengeschalteten Quarzgeröllen
- 1029,30 m Bohrverlust
- 1032,20 m rotbraunes, meist nicht sehr grobkörniges, karbonatfreies bis schwach karbonathaltiges Fanglomerat bis Konglomerat mit Tonstein-Siltstein-Zwischenlagen. Die Abfolge zeigt Schrägschichtung

### 4. Bohrung Treischfeld 4

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25000, 5225 Geisa, R 3559901/H 5623388

- bis 1051,30 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 1051,60 m dunkel- bis hellgrauer, schwach karbonatischer Fein- bis Mittelsandstein, mit Einlagerungen von plattigen, dunkelgrauen Tonsteinfetzen
- 1055,20 m graues, stark karbonatisches Konglomerat mit Milchquarzen, dunkelgrauen Tonsteinen, hellgrauen, plattigen Sandsteinbruchstücken, mit Zwischenlagen von grauem stark karbonatischem Fein- bis Mittelsandstein und Konglomerat mit vielen roten bis hellbraunen Karbonatgeröllen
- 1055,50 m rötlich-bräunlicher, stark karbonatischer Grobsandstein bis feinkörniges Konglomerat mit gut gerundeten Geröllen von Milchquarzen, grauen Tonschiefern und vor allem roten Karbonaten
- 1055,70 m rötliches Konglomerat mit Abnahme des Karbonatgehaltes nach dem Liegenden zu
- 1056,10 m feinkörniges, sehr kompaktes Konglomerat



- bis 1056,30 m rötlicher, graugebänderter Mittelsandstein, der zum Liegenden an Karbonatgehalt zunimmt
- 1058,40 m rotbraunes, stark karbonatisches, sehr grobes (Gerölle mit mehr als 10 cm  $\varnothing$ ) Konglomerat bis Fanglomerat, stellenweise in einen Grobsandstein gleicher Zusammensetzung übergehend
- 1059,00 m rotbrauner, sehr stark karbonathaltiger Grobsandstein mit eingestreuten teilweise gebänderten Tonsteinen und großen Milchquarzen
- 1061,00 m rötlich-bräunliches, polymikt zusammengesetztes Konglomerat bis Fanglomerat mit dm-großen Geröllen und mit Zwischenlagerungen von festem Tonstein und hellbräunlichem Hornstein

#### 5. Bohrung Treischfeld 5

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5224 Eiterfeld, R 3550636/H 5619548

- bis 880,90 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 881,50 m dunkelgraues, grobes, stark karbonatisches Konglomerat mit weißen Milchquarzen und gelbbraunlichen Kalkgeröllen
- 882,60 m grün-dunkel-hellgrauer Silt- bis Tonstein, der z. T. stark karbonatisch ist und Rippelschichtung aufweist
- 910,00 m bei 882,60 m allmählicher Übergang von grüngrauem zu rotbraunem Tonstein, der im Liegenden weiter auftritt; er hat einen schwankenden, aber meist vorhandenen Karbonatgehalt, der als kleine Karbonatknötchen in Form von geringmächtigen Lagen, Flasern und Rippeln vorliegt oder fein verteilt innerhalb des Tonsteins auftritt. Stellenweise ist der Tonstein grüngefleckt oder grüngestreift
- 954,00 m Spülprobe – brauner Tonstein
- 963,00 m vgl. 882,60 m bis 910,00 m
- 978,00 m Spülprobe – rotbrauner und brauner Tonstein, vereinzelt graugrünlich
- 983,00 m Spülprobe – rotbrauner Tonstein, vereinzelt auch graugrünlich, dazu rötlicher, schluffreicher, feinkörniger Sandstein
- 995,00 m Spülprobe – blaßroter, etwas graugrünlich gefleckter mittelkörniger Sandstein und rotbrauner, vereinzelt auch graugrüner Tonstein. 80% Sandstein, 20% Tonstein
- 997,50 m Spülprobe – blaßrötlicher, mittelkörniger Sandstein mit groben Quarzkörnern bis 2 mm (80%), 15% rotbrauner Tonstein, 5% Quarz
- 998,50 m rotbrauner, ganz schwach karbonatischer, schräggeschichteter Silt- bis Feinsandstein mit eingelagerten rotbraunen Tonsteinfetzen, an der Basis mit load casts
- 1000,20 m hellrotbrauner, stellenweise schwach karbonatischer, schräggeschichteter Mittelsandstein, dem im Hangenden wie im Liegenden rote Tonsteinfetzen eingelagert sind
- 1000,50 m rotbraunes Konglomerat mit rotbrauner Tonsteinmatrix
- 1000,70 m rotbrauner Tonstein
- 1001,40 m hellroter bis bräunlicher, an der Basis schräggeschichteter, sonst feingeschichteter, fein- bis mittelkörniger Sandstein
- 1002,00 m hellrotbrauner, grobkörniger bis konglomeratischer, z. T. schwach karbonatischer, schräggeschichteter Sandstein
- 1002,35 m rotbrauner, fein- bis mittelkörniger Sandstein
- 1003,20 m rotbrauner, z. T. grünlicher, grobkörniger Sandstein mit Konglomeratlagen und rotbraunen Tonsteinfetzen (in den Konglomeratlagen besonders karbonathaltig)

- bis 1003,50 m rotbrauner Siltstein mit zahlreichen grünen Bleichungsringen
- 1004,00 m hellrotbrauner Feinsandstein mit schwacher Schrägschichtung
- 1035,00 m Spülprobe — blaßrötlicher, mittelkörniger Sandstein mit groben Quarzkörnern bis 2 mm (80%), 15% rotbrauner Tonstein, 5% Quarz
- 1037,50 m Spülprobe — grauweißer, mittelkörniger Sandstein und etwas grauer Tonstein; Verhältnis 95:5
- 1042,50 m Spülprobe — wie zuvor, zunehmend blaßrötlicher Sandstein
- 1045,00 m Spülprobe — 30% brauner Sandstein, 70% rotbrauner und brauner, auch graugrüner Tonstein
- 1047,50 m Spülprobe — 90% rotbrauner Tonstein, 10% blaßroter Sandstein
- 1055,00 m Spülprobe — 95% blaßroter Sandstein, 5% rotbrauner Tonstein
- 1077,50 m Spülprobe — 10% blaßroter Sandstein, 90% rotbrauner Tonstein, z. T. auch graugrün
- 1104,80 m Spülprobe — 90–100% dunkelbrauner, z. T. graugrüner Tonstein, Rest blaßroter Sandstein
- 1105,15 m dunkelrotbrauner, karbonatfreier Siltstein
- 1106,05 m hellrotbrauner, schwach karbonatischer Feinsandstein
- 1106,46 m rotbrauner, wenig grün gebänderter, karbonatfreier Siltstein
- 1107,07 m hellrötlicher bis bräunlicher, schwach karbonatischer bis karbonatfreier, an der Basis schräggeschichteter Feinsandstein
- 1107,50 m rotbrauner, z. T. grüingebänderter, karbonatfreier Tonstein bis Siltstein
- 1107,90 m rotbrauner, sehr stark karbonatischer, z. T. fein gestreifter Feinsandstein
- 1108,18 m hellgrauer, schwach karbonatischer Feinsandstein
- 1113,00 m rotbrauner, wechselnd karbonatischer Tonstein mit Bändern, Flasern und Rippeln aus Karbonatknötchen
- 1113,80 m hellrotbräunlicher, z. T. stark karbonathaltiger, Tonsteinfetzen führender Feinsandstein
- 1117,50 m Spülprobe — 90% blaßroter Sandstein, 10% rotbrauner, z. T. graugrüner Tonstein
- 1122,50 m Spülprobe — 95% rotbrauner, z. T. graugrüner Tonstein, 5% blaßroter Sandstein
- 1137,50 m Spülprobe — 100% rotbrauner, z. T. graugrüner Tonstein
- 1140,00 m Spülprobe — 95% Tonstein, 5% Sandstein, Farbe wie zuvor
- 1142,50 m Spülprobe — 90% rosaroter Sandstein, 10% rotbrauner, z. T. graugrüner Tonstein
- 1147,50 m Spülprobe — 5–10% Sandstein, 90–95% Tonstein. Farbe wie zuvor
- 1150,00 m Spülprobe — 90% Sandstein, 10% Tonstein. Farbe wie zuvor
- 1191,00 m Spülprobe — 95% rotbrauner, graugrüner Tonstein, 5% blaßroter Sandstein
- 1191,55 m hellrotbrauner, schwach karbonatischer Mittel- bis Grobsandstein
- 1192,50 m rötlichbraunes, feinkörniges Konglomerat, gegen das Liegende zu karbonatisch, mit rotbraunen Tonsteinfetzen und rotbraunem, karbonatfreiem schräggeschichtetem Tonstein- bis Siltstein in der Mitte
- 1192,80 m rotbrauner, karbonatfreier Feinsandstein- bis Mittelsandstein
- 1193,00 m hellrotbrauner, karbonathaltiger Grobsandstein bis Konglomerat
- 1193,20 m rotbrauner, karbonatfreier Feinsandstein
- 1194,70 m grobkörniger bis konglomeratischer, karbonatfreier, z. T. schräggeschichteter Sandstein

- bis 1195,00 m rotbrauner, karbonatfreier Grobsandstein
- 1195,30 m rotbrauner, karbonatfreier Grobsandstein bis Konglomerat mit Feinsandsteinzwischenlagen
  - 1220,00 m Spülprobe — 90% rotbrauner und graugrüner Tonstein, 5% Sandstein, 5% Quarze, blaßrot
  - 1262,50 m Spülprobe — 85% rotbrauner und graugrüner Tonstein, 10% blaßroter Sandstein, 5% Quarz
  - 1267,50 m Spülprobe — 90% blaßroter, z. T. rosa Sandstein, 10% rotbrauner, graugrüner Tonstein
  - 1270,00 m Spülprobe — 70% Sandstein, 30% Tonstein. Farbe gleichbleibend
  - 1272,50 m Spülprobe — 30% Sandstein, 5% Quarz, 65% Tonstein
  - 1275,00 m Spülprobe — 10% Sandstein, 5% Quarz, 85% Tonstein
  - 1277,50 m Spülprobe — 80% rotbrauner, z. T. weiß bis beiger Sandstein, 15% Quarz, 5% Tonstein, rotbraun
  - 1280,00 m Spülprobe — 30% Sandstein, 10% Quarz, 60% Tonstein. Farbe wie zuvor
  - 1295,00 m Spülprobe — 90% rotbrauner, graugrüner Tonstein, 10% weißbeiger Sandstein
  - 1295,50 m rotbrauner, karbonatfreier, schwach glimmerführender Tonstein
  - 1295,55 m grüner Tonstein
  - 1296,80 m rotbrauner, stellenweise stark karbonatischer Siltstein
  - 1302,55 m rotbrauner, karbonathaltiger Tonstein bis Siltstein mit vereinzelt Milchquarzgeröllen und mit Karbonat angereicherten Zonen in Form von Rippelein, Flasern und Bändern
  - 1303,00 m rotbrauner, stellenweise karbonatreicher Siltstein
  - 1303,20 m rotbrauner, karbonathaltiger Siltstein bis Konglomerat
  - 1304,00 m rotbrauner, stellenweise karbonatführender Siltstein mit geringmächtigen rotbraunen Tonsteinzwischenlagen
  - 1305,00 m Spülprobe — 90% rotbrauner Tonstein, 10% Sandstein
  - 1310,00 m Spülprobe — 70% Tonstein, 30% Sandstein. Farbe wie zuvor
  - 1315,00 m Spülprobe — 50% Sandstein, 50% Tonstein
  - 1332,50 m Spülprobe — 90% rotbrauner, graugrüner Tonstein, 10% rosa Sandstein
  - 1340,00 m Spülprobe — 70% brauner und graugrüner Tonstein, 30% Sandstein, rosa
  - 1342,50 m Spülprobe — 50% Sandstein, 50% Tonstein. Farbe wie zuvor
  - 1350,00 m Spülprobe — 20–30% Sandstein, 70–80% Tonstein. Farbe wie zuvor
  - 1352,50 m Spülprobe — 90% Sandstein, 10% Tonstein. Farbe bleibt immer die gleiche
  - 1357,50 m Spülprobe — 50% Sandstein, 50% Tonstein
  - 1361,70 m Spülprobe — 30% Sandstein, 70% Tonstein
  - 1362,05 m rotbrauner, schwach karbonatischer Siltstein mit stark karbonatischer Konglomerateinschaltung
  - 1362,80 m Im Hangenden noch karbonatischer Siltstein, bei 1362,20 m in einen rotbraunen, karbonatfreien Tonstein übergehend
  - 1363,20 m rotbraunes, stark karbonatisches Konglomerat bis Fanglomerat mit rotbraunen Siltsteineinschaltungen
  - 1367,50 m Spülprobe — 50% Sandstein, 50% Tonstein

- bis 1377,50 m Spülprobe — 20% Sandstein, 80% Tonstein
- 1380,00 m Spülprobe — 40% Sandstein, 60% Tonstein
- 1382,50 m Spülprobe — 20% Sandstein, 80% Tonstein
- 1400,00 m Spülprobe — 10% Sandstein, 90% Tonstein
- 1430,00 m Spülprobe — 5% Sandstein, 95% Tonstein
- 1430,20 m rotbrauner, karbonatfreier Tonstein
- 1436,50 m rotbrauner, z. T. stark karbonatischer Tonstein
- 1488,30 m Spülprobe — 5% Sandstein, 95% Tonstein
- 1488,48 m hellrotbraunes, karbonatisches Konglomerat
- 1488,84 m rotbrauner, karbonatfreier Tonstein bis Siltstein
- 1489,00 m rotbraunes, schwach karbonatisches Konglomerat  
(Endteufe)

#### 6. Bohrung Kleinensee 3

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5025 Hönebach, R 3567 898/H 5 643 675

- bis 628,80 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Kupferschiefers
- 632,70 m hellgrauer, karbonatischer Mittelsandstein, mit eirunden Quarzkomponenten und dunklen Geröllen, mit lagenweisen Einstreuungen von feinkörnigen Konglomeraten und Grob- bis Feinsandsteinen
- 633,30 m hellgraues, stark karbonatisches Konglomerat mit Milchquarzgeröllen (überwiegend Tonstein-Siltstein-Matrix)
- 633,60 m hellbräunlicher, stark karbonatischer Mittelsandstein mit grauen Tonsteinzwischenlagen
- 637,90 m graues, stark karbonatisches, polymiktes Konglomerat mit oftmals vorherrschender Siltstein-Tonsteinmatrix
- 638,35 m rötlichgraues, kalkig-tonig gebundenes Konglomerat (Rotfärbung rührt von roten Karneolen her)
- 638,55 m grünlichgrauer, dann rotbrauner, karbonatfreier Tonstein mit Geröllen an der Basis
- 639,50 m rötlichgraues Konglomerat mit hellgrünen Karbonatanreicherungs-zonen
- 660,20 m Spülprobe — Feinsandstein, graugrün und graubraun, glimmerführend; untergeordnet Tonstein, rotbraune Milchquarze
- 664,30 m rötlichgraues, karbonathaltiges Konglomerat mit Karbonatanreicherungs-zonen, die polymikten Komponenten setzen stellenweise aus und machen einem kalkhaltigen Feinsandstein bis Siltstein Platz, dem aber auch vereinzelte grobe Komponenten eingelagert sind
- 670,00 m Spülprobe — feinkonglomeratischer Sandstein, graurötlich; Feinsandstein, grünlichgrau, viel Quarzmaterial weiß und grau; Schluffstein, rotbraun (konglomeratische Zone)
- 680,00 m Spülprobe — Tonstein, schokoladenbraun; zurücktretend Feinsandstein, rötlichbraun
- 693,50 m Spülprobe — Feinsandstein, mittelbraun, gelegentlich mit hellbraunen Flecken
- 700,10 m rotbrauner, karbonatfreier Siltstein bis Tonstein, der gehäuft gelblichgrünliche Zonen (in Form von Fasern und dünnen Schichten) von starker Karbonatanreicherung aufweist. Stellenweise sind bis 0,5 cm  $\varnothing$  große gut gerundete Gerölle eingelagert
- 710,00 m Spülprobe — Tonstein, rotbraun; einzelne Feinsandsteinbröckchen
- 720,00 m Spülprobe — Feinsandstein, rotbraun mit Stich ins Violette; Feinsandstein, hellbraun und beige, wenig Tonstein, rotbraun

- bis 740,10 m Spülprobe — Feinsandstein, mittel- bis hellbraun; untergeordnet Mittel- bis Grobsandstein, hellbraun und hellgrau; wenig Tonstein, rotbraun
  - 741,60 m rötlicher bis rotbrauner, stark karbonatischer Grobsandstein bis feinkörniges Konglomerat, z. T. mit Grobkonglomerateinlagerungen und mit Einschaltung rotbrauner Tonsteine
  - 744,30 m rotbrauner, im Hangenden stark karbonatischer Silt- bis Feinsandstein, der bei 744,10 m eine wenige cm-mächtige, schräggeschichtete, karbonathaltige Grobsandstein-Konglomeratlage eingeschaltet hat. Die Abfolge ist schräggeschichtet
  - 744,45 m rotbrauner bis schokoladenbrauner, karbonatfreier Tonstein
  - 748,70 m rotbrauner, z. T. schwach kalkhaltiger Siltstein-Tonstein-Feinsandstein, der vereinzelt verstreute Gerölle (bis 0,5 cm  $\varnothing$  groß) führt
  - 765,00 m Spülprobe — Feinsandstein, mittelbraun, z. T. glimmerig, gelegentlich feinkonglomeratische Einschaltungen; stark zurücktretend Schluffstein, rotbraun
  - 790,00 m Spülprobe — Feinstsandstein, schokoladenbraun, untergeordnet Feinsandstein, hellbraun
  - 810,00 m Spülprobe — Schluffstein, rotbraun; daneben wenig Tonstein, schokoladenbraun
  - 825,00 m Spülprobe — Fein- und Feinstsandstein, hellrötlichbraun
  - 834,70 m Spülprobe — Feinsandstein, rotbraun
  - 837,40 m rotbrauner, stellenweise stark karbonatischer Tonstein
  - 837,45 m rotbrauner, karbonatischer Ton- bis Siltstein mit Gerölleinlagerungen
  - 838,35 m rotbrauner, karbonathaltiger Ton- bis Siltstein
  - 839,15 m rotbrauner, karbonatischer Ton- bis Siltstein mit Gerölleinlagerungen
  - 840,40 m rotbrauner, stellenweise stark kalkhaltiger Tonstein
  - 875,00 m Spülprobe — schluffiger Tonstein, rotbraun
  - 905,80 m Spülprobe — Feinsandstein, rotbraun; wenig Tonstein, schokoladenbraun
  - 910,00 m rotbrauner, stellenweise stark karbonatischer Tonstein mit vereinzelt Gerölleinlagerungen
  - 925,00 m Spülprobe — Schluffstein, schokoladenbraun
  - 997,20 m rotbrauner Fein- bis Feinstsandstein mit wenigen schokoladenbraunen Tonstein-Einschaltungen
- (Endteufe)

#### 7. Bohrung Weisenborn 2

Bohransatzpunkt: top. Karte 1:25 000, 5125 Friedewald, R 3 559 698/H 5 637 553

- bis 1014,00 m Mesozoikum und Zechstein einschließlich des Z1-Kalkes. Kupferschiefer ist nicht nachweisbar
- 1015,00 m Spülungsverlust
- 1015,05 m rotbraunes Fanglomerat bis Brekzie, in grünen Zonen bes. karbonatisch, mit Quarzen und Karneolen
- 1015,30 m rotbrauner, karbonatischer Sandstein mit Karneol- und Quarzgeröllen in feinsandiger Matrix
- 1015,60 m rotes Fanglomerat mit stark karbonatischen grünen Zonen (?Bodenbildung) und mit Karneolen
- 1015,65 m rotbrauner Feinsandstein mit Quarz-, Karneol- und ?Granitgeröllen und mit grünen, stark karbonatischen Zonen
- 1015,75 m rotbrauner, schwach karbonatischer Feinsandstein

- bis 1015,80 m rotbraune bis graue, karbonatische Brekzie mit Karneolgeröllen
- 1015,90 m rotbrauner, karbonatischer Feinsandstein mit einzelnen Quarz- und Karneolgeröllen
- 1016,10 m rotbrauner, stark karbonatischer Feinsandstein mit grünen unregelmäßigen Zonen und mit Trockenrissen
- 1016,60 m rotbrauner, karbonatischer Feinsandstein
- 1028,70 m Spülungsverlust
- 1034,40 m durchweg rötlichbrauner, mittel- bis grobkörniger Sandstein, meist aus sehr gut gerundeten Quarzen bestehend, schräggeschichtet, Feinschichtung macht sich durch eine hellgrau-grünliche Streifung bemerkbar; diese grüngrauen Partien sind stärker karbonatisch als das übrige Gestein und etwas grobkörniger, wobei die einzelnen Komponenten nicht so ausgezeichnet gerundet sind
- 1056,00 m Spülungsverlust
- 1060,00 m Fortsetz. (s. o.) des rotbraunen, mittel- bis grobkörnigen, schwach karbonatischen Sandsteins, in größeren Partien locker, in feinkörnigeren fest gebunden; weniger hellgraue, karbonatische Streifen wie oben
- 1083,30 m Spülungsverlust
- 1083,40 m rotbrauner, milder, karbonatischer Tonstein
- 1083,75 m rötlich-weißlicher, karbonatischer Sandstein mit eirunden Quarzen
- 1085,70 m rotbrauner, karbonatfreier Tonstein mit unregelmäßigen Einschaltungen von gelblich-grünlichem, karbonatischem, grobkörnigem Sandstein
- 1086,30 m hellrotbrauner, stark karbonatischer, schräggeschichteter Sandstein
- 1112,00 m Spülungsverlust
- 1112,25 m roter Tonstein mit Einstreuungen von größeren, z. T. eirunden Geröllen (karbonatisch, fein schräggeschichtet)
- 1114,00 m rotbrauner, milder, karbonatfreier Tonstein mit karbonatisch gebundenen, schräggeschichteten Sandsteinlagen
- 1141,60 m Spülungsverlust
- 1142,15 m rotbrauner, z. T. schwach karbonatischer, grobkörniger Sandstein mit Fanglomeratlagen
- 1142,60 m rotbrauner, milder karbonatfreier Tonstein mit Trockenrissen und mit Einschaltungen karbonatfreier größerer, schräggeschichteter und flaseriger Lagen
- 1143,70 m rotbrauner, karbonatfreier grobkörniger Sandstein mit Gerölleinlagerungen
- 1168,50 m Spülungsverlust
- 1168,75 m rotbraunes Konglomerat bis Fanglomerat
- 1169,00 m rotbrauner, schwach karbonatischer Tonstein
- 1170,20 m dto.
- 1200,00 m Spülungsverlust
- 1202,50 m rotbrauner, schwach karbonatischer Tonstein
- 1230,80 m Spülungsverlust
- 1231,20 m rotbrauner, karbonatischer, fester, schräggeschichteter Sandstein
- 1232,80 m rotbrauner, schwach karbonatischer Tonstein
- 1266,00 m Spülungsverlust
- 1269,40 m rotbrauner, karbonatischer Tonstein mit Einschaltungen von helleren Partien eines schräg- bis flasergeschichteten Kalksandsteins

- bis 1297,00 m Spülungsverlust  
 — 1297,70 m rotbrauner, schwach karbonatischer Tonstein  
 — 1299,80 m rotbrauner, schräggeschichteter, stark karbonatischer glimmerreicher Sandstein  
 — 1337,70 m Spülungsverlust  
 — 1338,40 m rotbraunes, schwach karbonatisches Konglomerat bis Fanglomerat  
 — 1361,00 m Spülungsverlust  
 — 1361,90 m rotbrauner, schwach karbonatischer Feinsandstein bis Tonstein  
 — 1398,00 m Spülungsverlust  
 — 1398,90 m rotbraunes, grobes, schwach karbonatisches Fanglomerat  
 — 1484,40 m Spülungsverlust  
 — 1484,90 m hellrotbrauner, z. T. karbonatischer, feinsandiger Tonstein bis fester Feinsandstein  
 — 1546,50 m Spülungsverlust  
 — 1546,85 m violetter, schwach karbonatischer Sandstein bis Arkose  
 — 1547,50 m violetter, karbonatfreier Tonstein  
 — 1579,20 m Spülungsverlust  
 — 1580,00 m rotbrauner, z. T. schwach karbonatischer Tonstein bis Feinsandstein mit weißlichen, schräggeschichteten karbonatischen Einlagerungen  
 — 1606,10 m Spülungsverlust  
 — 1608,10 m dunkelrotbrauner bis violetter, schwach karbonatischer Schluffstein  
 — 1623,00 m Spülungsverlust  
 ab 1623,00 m Unterkarbon (Kulm)

## Probenverzeichnis

(Bg. Treischfeld = Tr; Bg. Kleinensee = Klei; Tr 1,1 = Bg. Treischfeld 1, Probe Nr. 1)

Probe	Teufe	Probe	Teufe	Probe	Teufe
Tr 1,1	797,15 m	Tr 2,13	1019,10 m	Tr 5,4	903,80 m
Tr 1,2	798,90 m	Tr 2,14	1021,60 m	Tr 5,5	963,00 m
Tr 1,3	799,70 m	Tr 2,15	1030,20 m	Tr 5,6	1001,05 m
Tr 1,5	805,10 m	Tr 2,16	1048,20 m	Tr 5,7	1002,90 m
Tr 1,6	805,90 m	Tr 2,17	1077,90 m	Tr 5,8	1007,70 m
Tr 1,7	807,60 m	Tr 2,18	1095,90 m	Tr 5,9	1013,50 m
Tr 1,8	807,90 m	Tr 2,19	1031,90 m	Tr 5,10	1192,20 m
Tr 1,9	808,95 m	Tr 2,20	1149,90 m	Tr 5,11	1193,20 m
Tr 1,10	813,00 m			Tr 5,12	1303,10 m
		Tr 3,1	986,50 m	Tr 5,13	1363,10 m
Tr 2,1	993,80 m	Tr 3,2	989,10 m	Tr 5,14	1430,60 m
Tr 2,2	994,40 m	Tr 3,3	994,10 m	Tr 5,15	1488,80 m
Tr 2,3	996,70 m	Tr 3,4	1000,90 m	Klei 3,1	629,50 m
Tr 2,4	996,90 m	Tr 3,5	1031,30 m	Klei 3,2	632,20 m
Tr 2,5	998,70 m			Klei 3,3	637,30 m
Tr 2,6	999,20 m	Tr 4,1	1053,00 m	Klei 3,4	638,20 m
Tr 2,7	1002,00 m	Tr 4,2	1057,90 m	Klei 3,5	661,30 m
Tr 2,8	1003,80 m	Tr 4,3	1059,30 m	Klei 3,6	697,10 m
Tr 2,9	1007,80 m	Tr 4,4	1061,00 m	Klei 3,7	740,40 m
Tr 2,10	1009,30 m			Klei 3,8	747,30 m
Tr 2,11	1009,80 m	Tr 5,1	881,10 m	Klei 3,9	836,30 m
Tr 2,12	1012,30 m	Tr 5,2	882,05 m	Klei 3,10	839,10 m
		Tr 5,3	888,90 m		

## Schriftenverzeichnis

- ANDREAS, D., ENDERLEIN, F. & MICHAEL, J. 1966: Zur Entwicklung des Rotliegenden im Thüringer Wald auf Grund neuer Kartierungsergebnisse. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paläont., **11**, 1/2, 119—130.
- BEHR, H.-J. 1966: Das metamorphe Grundgebirge im Thüringer Becken. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläont. **11**, 39—56.
- BEIN, G. 1932: Die Stellung des Richelsdorfer Gebirges zum Thüringer Wald und Rheinischen Schiefergebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., **84**, 786—829.
- BRANDES, TH. 1912: Sandiger Zechstein am alten Gebirge an der unteren Werra und Fulda und die Kontinuität des Landwerdens in Mitteldeutschland. — Cbl. Mineral usw., 1912, 660—671.
- DIETRICH, M. 1959: Zur Paläogeographie des Oberkarbons und Rotliegenden im Thüringer Becken. — Ber. geol. Ges. DDR, **4**, 4, 326—351.
- DIETZ, C. 1928: Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes. — Arch. Lagerstättenforsch., **40**, 1—129.
- DITTRICH, E. 1966: Einige Bemerkungen über Rand- und Schwellenausbildungen im Zechstein Südwest-Thüringens. — Vortr. 12. Jtg. Geol. Ges. DDR in Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paläont., **11**, 1/2, 185—198.
- ERNST & STADLER in FABIAN, H.-J., GAERTNER, H. & MÜLLER, GERM. 1962: Oberkarbon und Perm der Bohrung Oberlanger Tenge Z1 im Emsland. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 3, 1075—1096.
- FABIAN, H.-J., GAERTNER, H. & MÜLLER, GERM. 1962: Oberkarbon und Perm der Bohrung Oberlanger Tenge Z1 im Emsland. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 3, 1075—1096.
- FALKE, H. 1965: Zur Geochemie der Schichten der Kreuznacher Gruppe im Saar-Nahe-Gebiet. — Geol. Rdsch., **55**, 59—77.
- 1966: Das Unterperm zwischen der Nordsee und dem Alpenraum. — Atti del Symposium sul Verrucano, 324—354, Società Toscana di Scienze Naturali, Pisa.
- FINKENWIRTH, A. 1966/67: Die Versenkung der Kaliabwässer im hessischen Anteil des Werra-Kalireviers. — Z. deutsch. geol. Ges., **116**, Jahrg. 1964, 215—230.
- FREYBERG, B. VON 1935: Zur Paläogeographie des Jungpaläozoikums in Deutschland. — Z. deutsch. geol. Ges., **87**, 193—209.
- GIESELER, W. 1966: Zur Erkundung des Walkenrieder Sandsteins als Formsand und deren geologische Ergebnisse. — Z. angew. Geol., **12**, 9, 462—467.
- HARDER, H. 1961: Einbau von Bor in detritische Tonminerale. — Geochim. Cosmochim. Acta, **21**, 284—294.
- HECHT, F., HERING, O., KNOBLOCH, J., KUBELLA, K. & RÜHL, W. 1962: Stratigraphie, Speichergesteins-Ausbildung und Kohlenwasserstoff-Führung im Rotliegenden und Karbon der Tiefbohrung Hoya Z1. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 3, 1061 bis 1074.
- HOYNINGEN-HUENE, E. VON 1963: Zur Paläohydrogeologie des Oberrotliegenden und des Zechsteins im östlichen Harzvorland (Teil I — Präsalinar). — Hall. Jb. Mitteldt. Erdg., **5**, 72.
- 1966: Überblick über die jungvariszischen Strukturen im Westteil der Mitteldeutschen Hauptscholle. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paläont., **11**, 1/2, 57—65.
- KÖBRICH, C. 1925: Die Tiefbohrungen nach Salz in Oberhessen in den Jahren 1905/07. — Notizbl. Ver. Erdk., (V) **8**, S. 197—223, Darmstadt.
- KÖCKE, V, in GIESELER, W. 1966: Zur Erkundung des Walkenrieder Sandsteins als Formsand und deren geologische Ergebnisse. — Z. angew. Geol., **12**, 9, 462 bis 467.
- KRUMBELN, W. C. & PETTIJOHN, F. J. 1938: Manuel of Sedimentary Petrography. — New York (Appleton-Century-Crofts Inc.).
- KÜHNE, F. 1923: Die paläogeographische Entwicklung der Saar-Saale-Senke. — Jb. preuß. geol. L.-Anst., **43** (1922), 426—456.



- KURZE, M. 1961: Die Eislebener Schichten und das Weißliegende im Nordteil der Sangerhäuser Mulde. — *Z. angew. Geol.*, **7**, 8, 413—415.
- 1962: Zur Geologie der Stickstoff- und Kohlenwasserstoffvorkommen im Bereich der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde. — *Z. angew. Geol.*, **8**, 453—456.
- KUTSCHER, F. 1967: Das Nivellementsnetz I. und II. Ordnung auf und in der Umgebung des Blattes Eiterfeld. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000*, Bl. 5224 Eiterfeld, S. 163 bis 169, Wiesbaden.
- LANGE, P. R. & KÄDING, K.-CHR. 1961: Stratigraphie und Tektonik im Buntsandstein des hessischen Werra-Kaligebietes östlich Bad Hersfeld. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **89**, 242—265.
- LERMAN, A. 1966: Boron in clays and estimation of paleosalinities. — *Sedimentology*, **6**, 4, 267—286.
- LIEZT, J. 1967: Der Grenzbereich Rotliegendes-Zechstein im Gebiet des Spessarts und der Wetterau in paläogeographischer Sicht. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F.*, **49**, 129—146.
- LUDWIG, G. 1927: Die Gliederung des Liegenden des Kupferschiefers in der Mansfelder Mulde. — *Jb. Hall. Verb.*, **6**, N.F., 87—105.
- LÜTZNER, H. 1966: Fazies und Transportrichtung im Oberrotliegenden von Elgersburg (Thüringer Wald). — *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paläont.*, **11**, 1/2, 137 bis 160.
- MAYRHOFER, H. 1965: Die Kali-Abwässer-Versenkung in den Plattendolomit des Werra-Gebietes. — *Exkursionsführer IAH-Kongreß*, S. 1—17, Hannover.
- MEINCKE, W. 1966: Geothermische Verhältnisse im Zechstein und Buntsandstein des Thüringer Beckens und ihre Beziehungen zu den Strukturen des variszischen Untergrundes. — *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., A. Geol. Paläont.*, **11**, 1/2, 209—216.
- MEINECKE, F. 1913: Das Liegende des Kupferschiefers. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f.* 1910, **31**, II, 253—296.
- MERZ, G. 1966: Vergleich eines Zechsteinprofils von Südthüringen mit Zechsteinprofilen des Thüringer Beckens. — *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paläont.*, **11**, 1/2, 175—183.
- NAUMANN, E. 1913: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Blatt Eisenach. — *Preuß. geol. L.-Anst., Lfg.* **113**.
- 1926: Über Ergebnisse einiger Tiefbohrungen im Werragebiet. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, **47**, 1—18.
- NÖRING, F. 1951: Die Fortsetzung der Saar-Nahe-Senke in Hessen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI), **2**, S. 22—40, Wiesbaden.
- 1955: Offenene stratigraphische Fragen des Rotliegenden von Südwesthessen. *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **83**, S. 157—166, Wiesbaden.
- PASSEGA, R. 1957: Texture as characteristic of clastic deposition. — *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, **41**, 9, 1952—1984.
- RICHTER, G. 1941: Paläogeographische und tektonische Stellung des Richelsdorfer Gebirges im Hessischen Raume. — *Jb. Reichsst. Bodenforsch.*, **61** (1940), 283—332.
- 1942: Das Überleiten von variszischer zu saxonischer Tektonik am nordwestlichen Thüringer Walde. — *Geol. Rdsch.*, **33**, 20—31.
- RICHTER-BERNBURG, G. 1955: Der Zechstein zwischen Harz und Rheinischem Schiefergebirge. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **105** (1953), 876—899.
- ROTH, H. 1967: Perm. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000*, Bl. 5224 Eiterfeld, S. 16—19, Wiesbaden.
- SCHRÖDER, E. 1935: Sedimentation und Tektonik im Jungpaläozoikum am östlichen Harzrande und in den Nachbargebieten. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, **55**, 1, 168 bis 197.
- SIEGERT, CHR., 1963: Das Liegende des Kupferschiefers im Raum Spremberg-Weißwasser. — *Z. angew. Geol.*, **9**, 225—230.
- SINDOWSKI, K.-H. 1957: Die synoptische Methode des Kornkurven-Vergleichs zur Ausdeutung fossiler Sedimentationsräume. — *Geol. Jb.*, **73**, 235—275.

- STEINER, W. 1966: Das Rotliegende des Iffelder Beckens und seine Beziehungen zu benachbarten Rotliegend-Vorkommen. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A, Geol. Paläont., **11**, 1/2, 67—118.
- STILLE, H. 1936: Die hessische Tiefe im tektonischen Großgebilde Europas. — Z. deutsch. geol. Ges., **88**, 669—680.
- TRUSHEIM, F. 1964: Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953—1960. — Geol. Bavarica, **54**, 1—92.
- WEBER, H. 1955: Einführung in die Geologie Thüringens. Berlin (VEB).

Manuskript eingegangen am 15. 7. 1968

## Buntsandsteingliederung in Bayern und Hessen

Von

**GISBERT DIEDERICH** und **MANFRED LAEMMLEN**, Wiesbaden

Mit 1 Abbildung

**Kurzfassung:** Die Normalprofile der bayerischen und der hessischen Buntsandsteingliederung werden einander gegenübergestellt, miteinander korreliert und damit bislang noch bestehende stratigraphische Unklarheiten ausgeräumt.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	195
2. Stratigraphischer Vergleich . . . . .	196
3. Das Felssandstein-Problem . . . . .	200
4. Ergebnis . . . . .	202
Anhang: Profilangaben . . . . .	203
Schriftenverzeichnis . . . . .	204

### 1. Einleitung

Zwischen den Buntsandsteingliederungen in Hessen und Niedersachsen haben, was den Mittleren Buntsandstein und den basalen Teil des Oberen Buntsandsteins anbetrifft, stets weitgehende Gemeinsamkeit und Übereinstimmung bestanden. Hier wie dort konnte dieser Schichtenkomplex in vier lithostratigraphisch definierte Folgen aufgegliedert werden. Nicht ohne Schwierigkeiten ließ sich diese Viergliederung aber auf das ausgedehnte Buntsandsteingebiet des Spessarts übertragen. Eine klare Korrelation gelang nach ersten, unvollkommenen Gliederungsversuchen, die BACKHAUS (1960) und LAEMMLEN (1962) vorgenommen haben, erst LAEMMLEN (1966a), nachdem die durch DIEDERICH (1965) erarbeitete Neugliederung des Unteren Buntsandsteins nach norddeutscher Grenzziehung für Süddeutschland vorlag. Die Übereinstimmung der Buntsandsteingliederung im Spessart mit derjenigen in Mittel- und Osthessen konnte inzwischen dadurch gesichert werden, daß für diese Gebiete zahlreiche fein- und feinststratigraphische Parallelen aufgezeigt werden konnten, die diesen Gebieten sowohl im Unteren (DIEDERICH & LAEMMLEN 1964 und 1966 und LAEMMLEN 1967) als auch im Mittleren (LAEMMLEN 1966a und 1967) und im Oberen Buntsandstein (LAEMMLEN 1966a) gemeinsam sind. Dagegen scheint das von CRAMER (1964) für den bayerischen Spessart vorgelegte Normalprofil des Buntsandsteins auf

den ersten Blick wesentlich von dieser für den ganzen hessischen Bereich gültigen Gliederungsweise abzuweichen. Im Unteren Buntsandstein sind diese Unterschiede zwar geringfügig und mehr auf Tradition und Auffassung als auf ungelöste Probleme zurückzuführen. Es muß in diesem Zusammenhang aber darauf hingewiesen werden, daß in Gebieten mit flächenhafter Verbreitung des höheren Unteren Buntsandsteins (oberer Teil der Gelnhausen-Folge und die gesamte Salmünster-Folge, bayerisch: höherer Miltenberger Sandstein und die Miltenberger Wechselfolge) eine befriedigende Klärung der Tektonik nur beim Aushalten des Basis-Sandsteins der Salmünster-Folge gelingt, der nach dem bayerischen Normalprofil dem höchsten Teil des Miltenberger Sandsteins entspricht (vgl. aber DIEDERICH 1966, S. 877). Im Mittleren Buntsandstein treten dagegen sowohl in der Anzahl der Folgen wie auch in den Mächtigkeiten der Schichten z. T. beträchtliche Unstimmigkeiten auf. Eine klare Korrelation zwischen bayerischer und hessischer Buntsandsteingliederung im Bereich des Mittleren Buntsandsteins ist daher bis heute nicht geglückt. Dies kommt auch in den Gegenüberstellungen des hessischen mit dem bayerischen Buntsandstein-Normalprofil mit ihren jeweils unterschiedlichen stratigraphischen Vergleichen zum Ausdruck, die BACKHAUS (1967a) und BACKHAUS in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. (1967) sowie BACKHAUS & STOLBA (1967) gegeben haben. Den Zwiespalt, welche Gliederung besser geeignet oder sogar „richtiger“ sei, faßten BACKHAUS & STOLBA (1967, S. 147) anlässlich der Umdeutung einer 1960/61 nach dem Gliederungsprinzip von BACKHAUS (1960) durchgeführten Kartierung in die Worte: „Bei der Anwendung der bayerischen Gliederung im Bereich des Unteren und Mittleren Buntsandsteins wird keine volle Übereinstimmung mit den Mächtigkeiten der bayerischen Normalgliederung (s. CRAMER 1964) erreicht. Die Übereinstimmung mit der hessischen Gliederung (LAEMMLEN 1966/67) ist zwar in der Mächtigkeit mitunter stärker, aber eine Aufgliederung der Geiersberg-Folge will uns in diesem Raum z. Z. wenig vorteilhaft erscheinen.“

Diese Verschiedenheiten zu verdeutlichen und die Unklarheiten der Korrelation von hessischer und bayerischer Buntsandsteingliederung im Mittleren und tiefsten Teil des Oberen Buntsandsteins zu beseitigen, ist das Ziel dieser Arbeit.

## 2. Stratigraphischer Vergleich

Die Schwierigkeiten, die in einer richtigen Korrelation zwischen hessischer und bayerischer Buntsandsteingliederung bestehen, werden besonders durch die unterschiedlichen stratigraphischen Vergleiche verdeutlicht, die von CRAMER (1964), BACKHAUS (1967 a u. b), BACKHAUS in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. (1967) und BACKHAUS & STOLBA (1967) bislang gegeben worden sind. Nach CRAMER (1964), BACKHAUS in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. (1967, S. 7) und BACKHAUS & STOLBA (1967) sollen Rohrbrunn-Folge und Eichsfeld-Folge im wesentlichen miteinander ident sein. Während nach CRAMER und BACKHAUS & STOLBA dann die Geiersberg-Folge sowohl Rhön-Folge als auch den Hauptteil der Spessart-Folge der hessischen Gliederung umfaßt, deuten die von BACKHAUS (1967a und in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. 1967, Abb. 1) gegebenen stratigraphischen Vergleiche aber auch eine teilweise Zugehörigkeit der hessischen Rhön-Folge zur Rohrbrunn- und Geiersberg-Folge der

bayerischen Gliederung an<sup>1</sup>). Die entscheidenden Ursachen, welche die Unterschiede zwischen hessischer und bayerischer Buntsandsteingliederung bedingen, müssen demnach im tieferen Teil der Geiersberg-Folge und im höheren Teil der Rohrbrunn-Folge zu suchen sein.

Die Wahrscheinlichkeit für die in den bisherigen Vergleichen vorherrschende Ansicht, daß sich Rohrbrunn-Folge und Eichsfeld-Folge stratigraphisch entsprechen, ist aus paläogeographischen und genetischen Gründen indessen ohnehin recht gering. Eine derartige Parallelisierung hätte nämlich die Konsequenz, daß die Eichsfeld-Folge, die von Nordhessen, aus der Tiefenzone des Buntsandsteinbeckens heraus, nach Süden zum Spessart hin beständig an Mächtigkeit abnimmt und deren basaler Grobsandstein im Zentralspessart sogar vereinzelt ausfallen kann (DIEDERICH 1966, S. 149, LAEMMLEN 1966 a, S. 912), dort in ihrer Wechselfolge eine höhere Mächtigkeit erreichen würde als in dem der Beckenachse stärker angenäherten Nordspessart. Da dies aber von vornherein als sehr unwahrscheinlich erschien, konnte nur eine grundlegende Überarbeitung der Geländeprofile, deren Aufnahme sowohl nach der hessischen als auch nach der bayerischen Buntsandsteingliederung erfolgt ist, eine Klärung bringen.

Innerhalb der Einzelfolgen des Mittleren Buntsandsteins bieten sich nämlich im Spessart durch das Vorhandensein von Grobsandsteinlagen, die sogar geröllführend sein können (vgl. DIEDERICH & LAEMMLEN 1968) mehrere Möglichkeiten zur Verknüpfung der beiden Gliederungen an. Dies kommt ja auch in den unterschiedlichen Vergleichen zum Ausdruck, die BACKHAUS (1967 a u. b und in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. 1967) gegeben hat, obwohl diese mehr aufgrund von Gegenüberstellungen der Gesamtmächtigkeiten als durch feinstratigraphische Vergleiche entstanden sein dürften. Demgegenüber haben die Verf. bereits vor Jahren zahlreiche Profile durch die gesamte Buntsandsteinfolge im Spessart aufgenommen, wobei Schichtglieder, die gesondert ausgehalten werden können, anhand von Schüttungseigenheiten verfolgt wurden.

Darüberhinaus konnten im Rahmen der hessischen geologischen Landesaufnahme 1:25000 detaillierte Normalprofile für den Mittleren und tieferen Oberen Buntsandstein von LAEMMLEN nördlich des Spessarts im Bereich des Bl. 5523 Neuhof und von DIEDERICH im Nordwestspessart auf den Bl. 5721 Gelnhausen und 5722 Salmünster gewonnen werden. Für den Zentral-Spessart, wo sich bayerische und hessische Buntsandsteingliederung begegnen, war durch die Profilaufnahme LAEMMLENS (1966 a) die Abgrenzung der einzelnen Folgen nach der hessischen Gliederung bekannt. Die Grenzziehung nach der bayerischen Folgenreihe kommt für dieses Gebiet dagegen in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. (1967, bes. Abb. 2) gut zum Ausdruck.

Eine Ergänzung der durch LAEMMLEN (1966 a) durchgeführten Profilaufnahmen anhand der neueren feinstratigraphischen Erkenntnisse der Verf. läßt nunmehr eine Parallelisierung aller in den beiden Buntsandsteingliederungen ausgehaltenen selbständigen Schichten zu und führt zu der in Abb. 1 dargestellten Korrelation von hessischem und bayerischem Normalprofil des Buntsandsteins im Spessart. Bei diesem Vergleich zeigt es sich, daß bayerische und hessische Buntsandsteingliederung, zu-

<sup>1</sup>) Welche seiner Ansichten BACKHAUS letztlich für die richtige hält, ist nicht klar ersichtlich.



mindest nach den bislang aus dem Bereich des Bl. 6022 Rothenbuch veröffentlichten Ausschnitten, klar zu parallelisieren sind und die bislang noch bestehenden Diskrepanzen damit ausgeräumt werden können.

Im einzelnen hat sich folgendes ergeben: Die bayerische Rohrbrunn-Folge umfaßt im Zentralspessart sowohl die ca. 40 m mächtige Eichsfeld-Folge als auch die ca. 60 m Mächtigkeit erreichende Rhön-Folge der hessischen Gliederung. Die Geiersberg-Folge ist weitgehend ident mit der Spessart-Folge. Der Rohrbrunn-Geröllsandstein ist i. a. dem Eichsfeld-Sandstein gleichzusetzen. Der Rhön-Sandstein hat hingegen in der bayerischen Gliederung keine besondere Ausgrenzung erfahren, obgleich er in dem von CRAMER (1964, Abb. 8) gegebenen Normalprofil durch den Buntsandstein des bayerischen Spessarts als geschlossenes Sandsteinpaket innerhalb der Rohrbrunner Wechselfolge erscheint. Er wird beispielsweise durch den Sandsteinhorizont repräsentiert, der an der Überführung der Bundesstraße über die Spessart-Autobahn unweit östlich des Rasthauses Rohrbrunn ansteht, der jedoch in der Abb. 2 des Exkursionsführers zur Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins in Aschaffenburg 1967 fälschlich als Geiersberg-Geröllsandstein angegeben ist. Der Geiersberg-Geröllsandstein ist dem Spessart-Sandstein adäquat, während der höher im Profil folgende Geiersberg-Grobsandstein der Grobsandsteinlage entspricht, die etwa im mittleren Teil der Spessart-Wechselfolge eingelagert ist und den basalen Horizont der Abfolge 3 darstellt.

Auf Bl. Rothenbuch wird die Grenzziehung nach der hessischen Folgenreihe übrigens augenfällig durch die in der topographischen Karte eingetragenen Quellen- und Nässezonen dokumentiert und damit zugleich die Tatsache bestätigt, daß die Rohrbrunn-Folge Eichsfeld-Folge *und* Rhön-Folge umfaßt.

So erscheinen z. B. in dem Tälchen, das WSW des Bayerskopfes vom Wildpretstock zum Wanzengraben zieht, zwei Nässezonen, die an die bei ca. 417 m über NN verlaufende Grenze Salmünster-Folge/Eichsfeld-Folge geknüpft sind. Auch die Quellen im Birkwasser Grund und SE vom Wildpretstock nahe Pkt. 406,5 dürften an dieser Grenze austreten. An der Basis der nächsthöheren Folge, das heißt an der Grenze Eichsfeld-Folge/Rhön-Folge (nach der bayerischen Gliederung also innerhalb der Rohrbrunn-Folge) entspringt die NW vom Geierskopf im Distrikt Karlsbuch bei ca. 465 m über NN eingetragene Quelle, ebenso die Quelle und Nässezone, die bei 440 – 445 m über NN am Westhang vom Bayers-Berg entwickelt sind, und außerdem der Metzenbrunnen bei 457 m über NN am Osthang des Geiersberges. An die Grenze Rhön-Folge/Spessart-Folge geknüpft sind die Quellen, die am Westhang des Geiersberges im Niveau der 520 m-Isohypse vorhanden sind. Schließlich kennzeichnet die dort am Nordosthang bei 575 – 582 m über NN eingetragene Nässestelle die Grenze Spessart-Folge/Solling-Folge (s. u.).

Es ist also hervorzuheben, daß die hessische Gliederung sich im zentralen Spessart noch einwandfrei durchführen läßt, alle wichtigen Leithorizonte dort klar erkennbar ausgebildet sind und sie sich zudem durch ihr natürliches unterschiedliches hydrogeologisches Verhalten selbst für den Nichtfachmann sicher abgrenzen lassen. Für den zentralen Spessart, wo Schichten des höheren Mittleren Buntsandsteins größere Flächen einnehmen, mag die bayerische Gliederungsweise aber durchaus ihre Berechtigung haben. In diesem Bereich läßt sich nämlich, wie LAEMMLEN (1966a)

mit seinen Angaben zur Feinstratigraphie der Spessart-Folge bestätigt, eine sehr weitgehende Untergliederung dieser Folge in bis zu vier Abfolgen vornehmen.

Da, wie vorstehend gezeigt worden ist, Eichsfeld-Folge und Rhön-Folge der hessischen Gliederung der bayerischen Rohrbrunn-Folge entsprechen und somit die Grenze Rhön-Folge/Spessart-Folge mit der Grenze Rohrbrunn-Folge/Geiersberg-Folge zusammenfällt, sind alle von BACKHAUS (BACKHAUS 1967 a u. b, BACKHAUS in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. 1967 und BACKHAUS & STOLBA 1967) gegebenen anderen Schichtenvergleiche, die sich an auffälligen Horizonten in der Geiersberg-Folge ausrichten, unzutreffend. Was den großen Spielraum in den Mächtigkeitsangaben bei der bayerischen Folgenreihe anbelangt [Rohrbrunn-Folge nach CRAMER (1964) 70–100 m<sup>2</sup>), nach BACKHAUS & STOLBA (1967) > 50 m (bis max. 70 m), dagegen nach BACKHAUS (1967 b) 50–70 m allein für Rohrbrunn-Wechselfolge; Geiersberg-Folge nach CRAMER (1967) 57–70 m, nach BACKHAUS (1967 b) 60 m und nach BACKHAUS & STOLBA (1967) 80 m], dürfte bei der Rohrbrunn-Folge der höhere Wert, d. h. eine Mächtigkeit von rund 100–125 m, bei der Geiersberg-Folge dagegen ein Mindestwert von 38–45 m<sup>3</sup>) zutreffend sein. Die Unterschiede, die diese Mächtigkeitsangaben noch enthalten, sind auf die allgemeine Mächtigkeitszunahme innerhalb der einzelnen Buntsandsteinfolgen zurückzuführen, die paläogeographisch bedingt sind und in der Richtung von SSW nach NNE erfolgen<sup>4</sup>).

### 3. Das Felssandstein-Problem

Wesentlich schwieriger als die Parallelisierung der beiden tieferen bayerischen Folgen des Mittleren Buntsandsteins mit dem hessischen Buntsandstein-Normalprofil ist eine exakte Angabe des stratigraphischen Inhalts für die bayerische Felssandstein-Folge (CRAMER 1964, S. 77 u. Abb. 8). CRAMER, der den Felssandstein als ein wichtiges Leitgestein bezeichnet, hat über dessen Natur bereits einige richtungsweisende Vorstellungen, indem er schreibt: „sehr wahrscheinlich nicht streng ein bestimmtes stratigraphisches Niveau einhaltend“ und „petrographischer Charakter wechselnd, desgl. die Mächtigkeit“. Er nimmt damit Gedanken auf, denen bereits SCHUSTER (1932, S. 48) mit den Worten: „Die Untergrenze des Felssandsteins ist daher unsicher“ Ausdruck verlieh.

Inzwischen hat LAEMMLEN (1966 a) die stratigraphische Zugehörigkeit der von den bayerischen Geologen im Bereich von Spessart und Rhön als Felssandstein bezeichneten Schichtenfolge eingehend behandelt. Er hat klargestellt, daß unter dem Begriff Felssandstein von den bayerischen Geologen Schichten verstanden werden, die teils der heutigen Solling-Folge angehören, teils aber auch als „eigentlicher Felssandstein“<sup>5</sup>)

<sup>2</sup>) Diese Angabe übernimmt auch BACKHAUS in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. (1967).

<sup>3</sup>) Bei einer mehr stratigraphisch ausgerichteten Schichtenabgrenzung und Hinzunehmen des eigentlichen Felssandsteins (vgl. Abb. 1 u. S. 201) erhöht sich dieser Wert um rund 15 m auf die im hessischen Spessart gültige Normalmächtigkeit für die Spessart-Folge von 55–60 m.

<sup>4</sup>) Diese Mächtigkeitszunahme läßt beispielsweise den von den Bayern als Rohrbrunn-Folge interpretierten Profilausschnitt im Bereich von Burgsinn eine Vertikalausdehnung von 147 m erreichen.

<sup>5</sup>) Diese Bezeichnung wurde gewählt, um den Gegensatz zum Solling-Sandstein herauszustellen.



im Liegenden der Unteren Violetten Grenzzone auftreten und damit die oberste (vierte) Abfolge der hessischen Spessart-Folge darstellen. Die lithofazielle Ähnlichkeit zwischen den Gesteinen der Solling-Folge und denjenigen des eigentlichen Felssandsteins ist die Ursache dieser ungenügenden Differenzierung, und aus ihr erklären sich — zumindest teilweise — auch die stark unterschiedlichen Mächtigkeitsangaben, die bereits SCHUSTER (1932) für den Felssandstein macht. Er gibt beispielsweise für Rhön und Vorrhön an, daß der Felssandstein dort „in der Regel . . . 10 — 20 m“ erreicht, bemerkt aber zugleich, daß diese „auch auf ein paar Meter (Blatt Schönderling) sinken“ kann. „Gegen den Spessart zu wird der Felssandstein . . . mächtiger.“ Er erreicht nach SCHUSTER „W von Gräfendorf, an der Grenze zum Spessart, . . . 40 m“ und hat „um Gemünden . . . nach den Beobachtungen von F. X. SCHNITTMANN eine scheinbare Mächtigkeit von mindestens 40 m (Zorn-Berg) bis höchstens 70 m (Erbschlag)“, während er „in der Gegend von Lohr . . . nur mehr 10 m Mächtigkeit“ erreicht. Zum Odenwald hin nimmt die Mächtigkeit des Felssandsteins dann wieder auf 10–20 m ab.

Die stratigraphischen Verhältnisse sind demnach sowohl in der Rhön und im nördlichen Spessart, wo der Felssandstein der bayerischen Geologen der Solling-Folge entspricht, wie auch im nördlichen Odenwald, wo er den Oberen Geröllhorizont (= sm<sup>5</sup> der alten hessischen Gliederung) und damit die oberste Abfolge der Spessart-Folge repräsentiert, klar zu überblicken. Schwieriger ist eine exakte Definition jedoch in all den Gebieten, wo Solling-Folge und eigentlicher Felssandstein (als Teil der Spessart-Folge) in der bayerischen Felssandstein-Folge enthalten sind.

Dies gilt z. B. für den zentralen und in gleicher Weise für den südlichen Spessart (LAEMMLEN 1966a), doch läßt sich anhand der Morphologie und der lithostratigraphischen Gesteinsausbildung bei einiger Mühe auch dort stets eine sichere Unterscheidung treffen. Am Geiersberg, der höchsten Erhebung des Spessarts, ist die Solling-Folge z. B. noch in einer Mächtigkeit von 3–4 m entwickelt. Es handelt sich dabei um großblockige, stark verkieselte, mittel- bis feinkörnige, z. T. porenreiche Sandsteine, also um eine ursprünglich dolomithaltige sandige Fazies, wie sie für die Karneol-Dolomit-Übergangsschichten SCHUSTERS (1933, S. 31), welche im Süd-Spessart die Solling-Folge noch alleine vertreten, typisch ist. Nach der von WITTMANN (in BACKHAUS, BRUNNACKER u. a. 1967, Abb. 2) vorgenommenen Grenzziehung zwischen Felssandstein-Folge und Geiersberg-Folge umfaßt erstere jedoch auch noch die oberste Abfolge der Spessart-Folge, nämlich den eigentlichen Felssandstein, der hier ca. 15 m erreicht und bei 568 m über NN einsetzt<sup>6)</sup>. Ebenso wurde an der Spessart-Autobahn bei km 243 an der auf Bl. 6122 Bischbrunn südlich der Trasse liegenden Höhe 470 der oberste, kieselig entwickelte Teil der Spessart-Folge als Felssandstein-Folge ausgeschieden; Schichten der Solling-Folge sind dort nicht mehr vorhanden. Schließlich beinhaltet der oben erwähnte 40–70 m mächtige „Felssandstein“ von Gemünden (wobei der zweite Wert allerdings zu hoch gegriffen sein dürfte) die 25–30 m mächtigen Gesteine der Solling-Folge und die stark kieselig entwickelten

<sup>6)</sup> An der Grenze Spessart-Folge/Solling-Folge kommt dort, am Westhang des Geierberges, bei R 35 30790, H 55 29870, in 583 m über NN *Corophioides luniformis* vor, wobei darauf hinzuweisen ist, daß dieses Spurenfossil nach DIEDERICH (1967) zumindest in Hessen für die Spessart-Folge einen gewissen Leitwert besitzt.

obersten Partien der Spessart-Folge, also den eigentlichen Felssandstein (vgl. LAEMMLEN 1966a).

Es ergibt sich also, daß die bayerische Buntsandsteingliederung zumindest im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein verhältnismäßig stark an die lithologische Ausbildung der Buntsandsteinschichten gebunden ist. Bei aller Richtigkeit einer Gliederung nach der „Lithostratigraphie“ ist sie damit doch in der zeitstratigraphischen Gliederungsweise etwas ungenau. Sehr wahrscheinlich kommt die hessische Folgenreihe diesem (unter Umständen nie ganz zu verwirklichenden!) Ideal zumindest näher. Dies wird z. B. durch die stratigraphische Einstufung der beiden Wirbeltierfundstellen bestätigt, die aus dem Spessart beschrieben worden sind (vgl. CRAMER 1964, S. 77). Von diesen gehört der Labyrinthodonten-Fund, den TRUSHEIM (1935) aus dem Gebiet nordwestlich von Burgsinn beschreibt, nach einer dort neu durchgeführten Buntsandsteinkartierung<sup>7)</sup> der obersten Spessart-Wechselfolge an. Der Stegocephalen-Fund von Lohr am Main, den REIS (1928, S. 6) erwähnt, ist nach der Gesteinsbeschreibung (kleinkörnig, höchstens mittelkörnig, Farbe in unverändertem Zustand tiefrot) offensichtlich ebenfalls in die höchste Spessart-Wechselfolge zu stellen.

Zwischen den im Buntsandstein Mittelhessens häufigeren Wirbeltierfunden (KUPFAHL 1961, LAEMMLEN 1961) und den an Wirbeltier-Relikten geradezu reichen Buntsandsteinschichten des Schwarzwaldes (vgl. ORTLAM 1967, S. 498 u. 500/501) stellen diese beiden Funde aus dem Spessart ein wichtiges Bindeglied dar. Auch die nach neuerer Buntsandsteinstratigraphie leider noch nicht fixierten Wirbeltierfunde vom Neckar (KLEMM 1910, S. 57) werden ganz überwiegend in das entsprechende Niveau der Spessart-Folge einzuordnen sein. Die Zugehörigkeit sowohl der mittelhessischen Chirotherienfundsicht wie der Bonebed-Lage des Nordschwarzwaldes zur höchsten Spessart-Folge wurde zuerst von LAEMMLEN (1961, bzw. 1966a) vertreten, danach von ORTLAM (1967, Tab. 1) angedeutet. Der hier aufgezeigte fazielle Übergang des hessischen Fährtsandsteins nach Süden über die Labyrinthodonten- und Stegocephalen-Fundstellen des Spessarts zur Bonebed-Lage eines Violetten Horizontes (vgl. DIEDERICH & LAEMMLEN 1968) stellt somit anhand der biofaziell und genetisch sinnvollen horizontalen Aufeinanderfolge wie auch anhand des im Buntsandstein so seltenen und daher wohl doch stratigraphisch verwendbaren Fauneninhaltes eine schöne Bestätigung der hessischen Buntsandsteingliederung dar.

#### 4. Ergebnis

Profilaufnahmen, welche die Verf. bereits vor Jahren im Buntsandstein des bayerischen Spessarts durchgeführt haben, gestatten im Vergleich mit den inzwischen nach der bayerischen Buntsandsteingliederung bearbeiteten und bislang veröffentlichten Anteilen des Bl. 6022 Rothenbuch eine genaue Korrelation der hessischen mit der bayerischen Buntsandsteingliederung. Da sich die hessische Folgen-Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im bayerischen Spessart sowohl morphologisch als

<sup>7)</sup> KEIWANLUNEJAD, E.: Geologische Untersuchungen auf dem SW-Quadranten des Blattes 5723 Altengronau mit besonderer Berücksichtigung des Buntsandsteins. Unveröffentl. Diplomarbeit, 112 S., 16 Abb., 4 Tab., 22 Diagr., 1 geol. Kte. und 1 Profil-Taf. 1:25000, Frankfurt/Main 1968.

auch hydrogeologisch sehr gut ausprägt, ist anzunehmen, daß sich diese Gliederungsweise auch im gesamten unterfränkischen Raum durchführen läßt. Wendet man die hessische Folgen-Gliederung auf das bayerische Normalprofil des Mittleren Buntsandsteins und auch auf das Profil der Bohrung Trennfeld, welches der bayerischen Gliederung zugrunde liegt (CRAMER 1964), an, so ist in den einzelnen Folgen mit den nachstehenden Mächtigkeiten zu rechnen: für die Eichsfeld-Folge 40–70 m, für die Rhön-Folge ca. 60–65 m, für die Spessart-Folge rund 60 m, wovon ca. 15 m auf die Schicht des eigentlichen Felssandsteins (s. o.) entfällt, und für die Solling-Folge 10–0 m. Dabei stellt die erste Zahl den Mittelwert für den Bereich des zentralen Spessarts (Spessart-Autobahn) dar, die zweite Zahl den für die Bohrung Trennfeld geschätzten Mächtigkeitswert.

Die hier gegebene Parallelisierung der Buntsandsteingliederungen, die zur Zeit in Bayern und Hessen gebräuchlich sind, zeigt, daß diese in wichtigen Folgen-Grenzen überraschend gut übereinstimmen. Diese Übereinstimmung kann Grundlage einer baldigen und weitgehend problemlosen Bearbeitung der den beiden Ländern gemeinsamen Grenzblätter im Buntsandstein-Spessart sein. Außerdem kann sie eine Entwicklung wie bei der ersten geologischen Reichsaufnahme verhindern helfen, bei der ja die Mainlinie als trennende Grenze mit ihren Mächtigkeitsunterschieden zwischen süddeutscher und norddeutscher Buntsandsteingliederung zustande kam.

### Anhang: Profilingaben

#### 1. Blatt 6022 Rothenbuch.

Grenze Unterer Buntsandstein/Eichsfeld-Sandstein.

Nordwestlich vom Bayerskopf auf dem Weg von der Wegespinne bei Punkt 432,3 nach N bei 415–417 m über NN.

In dem Tälchen, das vom Wildpretstock zum Wanzen-Graben hinabzieht, bei 400 bis 405 m über NN.

Westlich vom Geierskopf an der Schneise, die vom Eichhall nach W zur Steindelle hinabzieht, bei 402–403 m über NN (beachte die Quelle, die in diesem Niveau am Südosthang des Eichhall entspringt).

Grenze Eichsfeld-Folge/Rhön-Folge.

Nordöstlich vom Bayerskopf an der Schneise, die von der Wegespinne bei Punkt 432,3 nach SE führt, bei ca. 448 m über NN.

An dem Weg, der vom Wildpretstock nach WNW in den Wanzen-Graben hinabführt, bei ca. 440 m über NN.

An der Schneise, die vom Eichhall nach W zur Steindelle führt, bei ca. 446 m über NN.

An der Schneise, die vom Geierskopf nach SW zum Eichhall führt, bei 463–465 m über NN (beachte die Quelle, die in diesem Niveau im Distrikt Karlsbuch am NW-Hang des Geierskopfes entspringt).

Auf der Schneise, die vom W-Gipfel des Weiher-Berges nach NNW führt, bei 440 bis 445 m über NN.

Grenze Rhön-Folge/Spessart-Folge.

An der Nordwestseite des Geiersberges (Breitsol) bei ca. 525 m über NN.

Am Nordsporn des Geiersberges (Breitsol) bei 523–524 m über NN.

An der Westseite des Weiher-Berges bei 512–510 m über NN.

An der Nordseite des Weiher-Berges bei 505–502 m über NN.

Am Südosthang des Geierskopfes bei ca. 520 m über NN.  
Auf dem Bayerskopf bei ca. 500 m über NN.

Grenze Spessart-Wechselfolge/eigentlicher Felssandstein  
(= Grenze Spessart-Abfolge 3/4).

Auf der Westseite des Geiersberges (Breitsol) bei ca. 570 m über NN.  
Am Nordsporn des Geiersberges (Breitsol) bei 568 m über NN.

Grenze Spessart-Folge/Solling-Folge.

Auf dem Geiersberg (Breitsol) bei ca. 582,5—583 m über NN.

Grenze Solling-Folge/Karneol-Dolomit-Horizont.

Vermutlich gerade noch auf dem Gipfel des Geiersberges (Breitsol) bei 586 m über NN  
oder wenig darüber.

## 2. Blatt 6122 Bischbrunn.

Grenze Rhön-Folge/Spessart-Folge.

Auf der Ostseite der Haseltal-Brücke der Spessart-Autobahn, nördlich der Bundesautobahn knapp unter dem Fahrbahnniveau.

Grenze Spessart-Folge/eigentlicher Felssandstein  
(= Grenze Spessart-Abfolge 3/4).

Auf der Höhe 470 südlich der Spessart-Autobahn (bei km 243,0).

## Schriftenverzeichnis

- BACKHAUS, E.: Zur Neugliederung des Odenwälder Buntsandsteins und ein Vergleich mit Nordhessen und Thüringen. — N. Jb. Geol. Paläontol., 1960, Mh., S. 292—313, 2 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1960.
- Zur Genese des Buntsandsteins im Spessart. — Jb. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., 49, S. 157—171, 2 Abb., 3 Taf., Stuttgart 1967. (1967a.)
- Die vermeintliche pliozäne Schotterterrasse des Mains von Schippach im Spessart (Bl. 6121, Heimbuchenthal). — Veröffentl. Geschichts- u. Kunstver. Aschaffenburg, 10, S. 165—174, 2 Abb., Aschaffenburg 1967. (1967b.)
- BACKHAUS, E., BRUNNACKER, K., OKRUSCH, M., WEINELT, W. & WITTMANN, O.: Exkursion A. Spessart-Profil an der Autobahnstrecke Aschaffenburg-Marktheidenfeld (Granodiorit—Buntsandsteinfolgen—Pleistozän). — Nachr. naturwiss. Mus. Stadt Aschaffenburg, H. 74, S. 3—20, mit Abb. A1—A5, Aschaffenburg 1967.
- BACKHAUS, E. & STOLBA, R.: Junge Bruchschollentektonik im unteren Maintal zwischen Rüdenuau und Trennfurt (Obernburger Graben). — Jb. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., NF., 49, S. 147—156, 5 Abb., Stuttgart 1967.
- CRAMER, P.: a. Buntsandstein. — Erl. geol. Kte. Bayern 1:500000, 2. Aufl., S. 69—81, Abb. 7 u. 8, München 1964.
- DIEDERICH, G.: Stratigraphie des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 93, S. 141—146, 1 Tab., Wiesbaden 1965.
- Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 94, S. 132—157, 7 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1966.
- *Corophioides* im Buntsandstein des Büdinger Waldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 95, S. 232—234, Taf. 11, Wiesbaden 1967.

- DIEDERICH, G. & LAEMMLEN, M.: Das obere Biebental im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte. Mit einem Beitrag von R. Villwock. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **48**, 34 S., 2 Abb., 5 Taf., 4 Taf., 1 Kte., Wiesbaden 1964.
- Der Untere Buntsandstein auf Blatt Grebenau in Hessen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **94**, S. 158—172, 1 Abb., 1 Tab., Taf. 13, Wiesbaden 1966.
  - Kritische Betrachtungen zur Arbeitsweise im Buntsandstein und zu den Grundlagen einer einheitlichen Buntsandsteinstratigraphie. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**, S. 85—110, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1968.
- KLEMM, G.: Führer bei geologischen Exkursionen im Odenwald. Sammlung geol. Führer, **XV**, 248 S., 40 Abb., Berlin 1910 (Borntraeger).
- KUFFAHL, H.-G.: Der Buntsandstein auf Blatt Schlitz in Hessen mit besonderer Berücksichtigung des Fährten sandsteins. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **89**, S. 266—275, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1961.
- LAEMMLEN, M.: Die Aufteilung der Hersfelder Gruppe des Mittleren Buntsandsteins. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, 1960, **112**, 3, S. 491—512, 3 Abb., 3 Tab., 1 Taf., Hannover 1961.
- Profil durch den Buntsandstein im Spessart. — *HERMANN-ALDINGER-Festschrift*, S. 105—124, 1 Abb., 1 Beil., 2 Tab., Stuttgart 1962.
  - Der Mittlere Buntsandstein und die Solling-Folge in Südhessen und in den südlich angrenzenden Nachbargebieten. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **116**, 3, S. 908—949, 12 Abb., 4 Tab., 1 Taf., Hannover 1966. (1966a.)
  - Die Gliederung des Röt im Raum Bad Hersfeld/Eiterfeld. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **94**, S. 373—378, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1966. (1966b.)
  - Stratigraphische Auswertung einiger Buntsandsteinbohrungen im bayerischen Spessart. — *Veröffentl. Geschichts- und Kunstver. Aschaffenburg*, **10**, S. 107—134, 1 Abb., Kte. 2, Aschaffenburg 1967.
- MATTHES, S. & OKRUSCH, M.: Spessart. Samml. geol. Führer, **44**, 220 S., 14 Abb., 3 Beil., 1 Kte., Berlin (Borntraeger) 1965.
- ORTLAM, D.: Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. — *Geol. Jb.*, **84**, S. 485 bis 590, 28 Abb., 4 Tab., 5 Taf., Hannover 1967.
- REIS, O. M.: Erl. geogn. Kte. Bayern 1:100 000, Teilbl. Würzburg, Nr. 23, 54 S., 9 Taf., München (Piloty & Loehle) 1928.
- SCHUSTER, M.: Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins; I. Der Untere und Mittlere Buntsandstein. — *Abh. geol. Landesunters. bayer. Oberbergamt*, **7**, S. 5—60, 4 Taf., 9 Abb., 1 Kte., München 1932.
- Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins; II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt; a: Die Grenzschichten zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein. — *Abh. geol. Landesunters. bayer. Oberbergamt*, **9**, S. 1—58, 2 Taf., 9 Abb., München 1933.
- TRUSHEIM, F.: Ein Labyrinthodontenrest aus dem Buntsandstein des Spessarts. — *Zbl. Mineral. usw.*, 1935, B, **7**, S. 294—298, 1 Abb., Stuttgart 1935.
- WITTMANN, O.: In BACKHAUS, E., BRUNNACKER, K., OKRUSCH, M., WEINELT, Wl. & WITTMANN, O. 1967.

## Stratigraphie und Geomechanik des Mittleren und tiefsten Oberen Muschelkalkes in der Vorderen Rhön (Bl. 5424 Fulda)

Von

EGON BACKHAUS, Darmstadt

Mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen

**Kurzfassung:** Das Profil des Mittleren Muschelkalkes wird nach stratigraphischen Vergleichen und geochemischen Untersuchungen in drei Glieder unterteilt. Die Grenze zum  $mo_1$  wird an die Basis der Wulstkalkbank gelegt, um bei großräumigen Vergleichen die Schwierigkeiten der altersungleichen Trochitenfazies zu umgehen. Die Rhön-Schwelle ist auch für den Mittleren Muschelkalk wirksam. Da ein mm-Salinar fehlt, werden Lagerungsstörungen durch bodenmechanische Vorgänge erklärt.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	206
2. Stratigraphie . . . . .	207
3. Mechanische Betrachtungen . . . . .	218
4. Zusammenfassung . . . . .	223
Schriftenverzeichnis . . . . .	224

### 1. Einleitung

Im April 1968 war durch die Anlage eines neuen Sportplatzes südwestlich Friesenhäusen (TK 25 5424 Fulda, r 35 58 25 h 55 98 70) eine Schichtenfolge durch den Mittleren Muschelkalk und den Trochitenkalk (mo) kurzfristig erschlossen. Die 30–60° streichenden Schichten fallen mit 30–45° nach SE ein und bilden somit über dem Steilanstieg des höheren mu eine zur Anlage des Sportplatzes ausreichend große Verebnungsfläche. Da die mergeligen Schichten des mm die Feuchtigkeit niederschlagsreicher Perioden lange Zeit zu halten vermögen, war eine leistungsfähige Drainage erforderlich. Im Abstand von ca. 15–20 m wurde deshalb das gesamte Sportplatzgebiet zur Verlegung der Drainrohre mit 0,6–0,8 m tiefen Gräben durchzogen. Die annähernd im Streichen verlaufenden Gräben wurden einem dazu ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Hauptdrain am Kopfende des Sportplatzes zugeführt. Dadurch konnte das mm-Profil an der Südseite des Sportplatzes durchgehend aufgemessen werden. Unter einem zur Herstellung eines Planums erforderlichen Abtrag von wenigen dm im Westen, der auf 3–4 m gen Osten anstieg, wurden die Schichten allgemein im ungestörten Verband angetroffen.

Die anschließende Schichtenfolge des Oberen Muschelkalkes wurde an der Ostwand aufgemessen, in der heute noch vereinzelt Kalkbänke zu erkennen sind, während der gesamte mm-Bereich im Zuge der Erdarbeiten sofort wieder eingeebnet und eingesät wurde.

Das Aufschlußgebiet gehört zur (40—60°) i. M. erzgebirgisch verlaufenden Westflanke der Friesenhäuser-Weyherer Grabenmulde (BÜCKING), die zusammen mit dem Unterwiegrainer und Giebelrainer Graben das unsymmetrische Dörmbacher Grabenkreuz (LEMKE) bildet. LAEMMLEN und PRINZ verknüpfen neuerdings das Weyherer Grabenstück mit einem von Heubach über Thalau nach Friesenhausen ziehenden Lineament, das die westliche Begrenzung des Rhön-Schildes bilden soll.

Unsere Spezialaufnahmen südwestlich Friesenhausen lassen zwischen Ortslage und Eckenberg eine Zerlegung des etwa 1,2 km langen Muschelkalkzuges an querschlägigen Störungen in mehrere 100—200 m breite Schollen erkennen. Die Sprunghöhen und -weiten liegen selten über 10 m; sie ließen sich am besten an den in der Steilkante unterhalb des Sportplatzes anstehenden Terebratelbänken ermitteln. Die Grenze Unterer Muschelkalk/Röt erscheint weitgehend an einer älteren, streichenden Störung unterdrückt. Das Auftreten eines Basaltes im Eckenberg könnte ebenso zur Erklärung des staffelförmigen Auftretens der anschließenden Muschelkalkschollen herangezogen werden wie der ca. 500 m nordwestlich gelegene Phonolith des Alschberges. Dennoch sollte bei der Deutung des max. 250 m eingetieften Dörmbacher Grabenkreuzes mit seinen muldenförmig geschleppten Grabenrändern eine mögliche salttektonische Beteiligung nicht unberücksichtigt bleiben.

## 2. Stratigraphie

Die Schichtenfolge war in einer Gesamtmächtigkeit von 58 m erschlossen; sie reicht von den *Orbicularis*-Schichten des höchsten Unteren Muschelkalkes bis zu den Ceratitenschichten des Oberen Muschelkalkes (Abb. 1). Da die Schichten des Mittleren Muschelkalkes, sofern sie keine abbauwürdigen Salz- oder Gipslagerstätten enthalten, selten aufgeschlossen und vergleichbare Profile kaum bekannt sind, bereitet sowohl die Untergliederung als auch vor allem die Zuordnung zu den konventionellen stratigraphischen Einheiten besondere Schwierigkeiten.

Die Schichtenfolge ist vom Hangenden zum Liegenden wie folgt ausgebildet (Klassifikation der tonig-karbonatischen Gesteine nach RUCHIN):

Hangendes: Ceratitenschichten, mo<sub>2</sub>

64 ca. 200 cm Wechselfolge von graublauen, splitterigen, harten, dichten Kalksteinplatten mit grauem Mergel (Typ. Ceratitenschichtenfolge); in der Mitte feste 10 cm Bank. Im Hangenden Lesestein mit angewittertem Ceratiten der Gruppe *pulcher-robustus*.

mo<sub>2</sub>

63	22	Kalkbank, grau, fest.
62	15	Schluff, blaugrau.
61	25	Kalkbank, fest.
60	20	Kalkbank, in 2 mal 10 cm aufspaltend.
59	32	Kalkbank, fest, graublau, fossilführend.
58	30	Tonmergel, feinblättrig, wie 53, blaugrau.

	57	10 cm	Kalkbank, fest, fossilführend.
	56	30	Kalk, lutitisch, dicht, Muschelschill, faserig, knollig, graublau, Erzspuren.
	55	40	Bruchschillkalk, dolomitisierte Krinoidenstielglieder, Muschel- und Brachiopodenschalen, spätig, etwas vererzt, fest, schwach ooidisch, einzelne klastische Komponenten (Resedimente) grau.
	54	10	Kalke, plattig, mürbe.
	53	20	Tonmergel, blaugrau, zur Seite und nach oben fester, in Hangendbank übergehend.
	52	15	wie unten.
	51	30	Bruchschillkalk, Muscheln und Krinoidenstielglieder, hart, ooidisch, Hohlräume mit Brauneisen ausgekleidet, blaugrau. Nach unten etwas mürber werdend.
	50	+ 80	
	49	80	Kalkbank, fest bis kleinbröckelig, wulstig, auch mergelig, hellgrau.
	48	40	Kalkbank, mit 20 cm Bruchschillkalk in der Mitte, hart, grau, oben und unten je 10 cm abspaltend, gelbgrau, <i>Saurichthys</i> -Zähne.
mo <sub>1</sub>	<hr/>		
	47	75	Wechselagerung von graublauen Mergeln mit 3–5 cm Kalkbänkchen, im höheren Teil nur noch Mergelbestege.
mm <sub>3c</sub>	<hr/>		
	46	40	Kalkbänke, ooidisch, knauerig, wenig Muschelschill, blaugrau.
		3	
		9	
	45	95	Kalkbänke mit vereinzelt Mergelzwischenlagen; von 40–50 cm Bruchschillbank, lutitisch, einzelne Quarzkörner. Muschelschalen unterschiedlich orientiert, ooidisch-onkoidisch, Andeutungen von Hornstein (2–1 cm), Ooide leicht dolomitisiert, grau, stellenweise braungrau, leicht vererzt.
mm <sub>3b</sub>	<hr/>		
	44	75	Wechsel von mürben und festen 5 cm Kalkbänken, dicht, lutitisch, mit feinkristallinen arenitischen Zonen, graublau, teils knauerig-knollig, ooidisch, einzelne Muschelschalenquerschnitte.
	43	10	Mergel, grau.
mm <sub>3a</sub>	<hr/>		
		22	2–8 cm starke Kalkbänke, fest, vereinzelt fossilführend, von mm–1 cm starken gelbgrauen Mergeln unterbrochen.
	42		Mergel, gelblich.
	41	10	Kalkbänke, dolomitisch, kristallisiert, schwach fossilführend, Muschelschill, kleine 3–4 mm $\varnothing$ Schnecken, Ganoidschuppen, Kalzitdrusen, graublau, hart.
	40	22	
	39	+ 8	Kalkstein, tonig (1% MgO), lutisch (20–40 $\mu$ ), graugelb, 2 bis 5 cm Platten, uneben begrenzt, kleine 10–5 mm Linsen, leicht porig, calcarenitisch, einzelne Fe-Krusten. Tonbestege zwischen den Platten.
	38	30	
	37	35	Mergel, feinblättrig. Anschluß etwas versetzt, daher möglich, daß Hangend- mit Liegendhorizont ident.
	36	30	Mergel, mürbe, gelblich.
	35	8	Tonig-dolomitische Kalke, dicht, fest, grau, Mn-fleckig.
	34	20	Mergelstein, dolomithaltig, dünn aufblättrnd, grau, nach oben etwas kieselig werdend.
		+ 80	
	33	25	Tonig-dolomitische Kalke bis schwach dolomitische Mergel, lutitisch, feingebändert mit auffallenden mm starken gröberkristallinen Bändern und Linsen, bzw. Flasern. In den Bändern kleine senkrechte Zerreißen. Schichtflächen zeigen leichte wellenförmige Textur, an denen die Flasern absetzen, hellgrau.
		+ 85	



		Bankstärke mm—5 cm, stellenweise leicht verwittert. Allmählich aus dem Liegenden hervorgehend.
mm <sub>2c</sub>	32	260 cm Tonig-kalkige Dolomite „Zellenkalke“, massig bis bankig, dann lagenweise gebändert, lutitisch, ockergelb, auch blaugrau, von zahlreichen mm-starken Kalkspatklüften senkrecht und schräg durchsetzt, die auch den Analysenwert auf Dolomit ungünstig beeinflussen dürften, etwas Fe, kein nennenswerter Sulfatgehalt, Kalkspatdrusen.
	31	160 Tonig-kalkige Dolomite, gelblichgrau, gebändert, mürbe zerfallend.
	30	380 Tonig-kalkige Dolomite, graugelb, gebändert (ähnelt dem Typ der <i>Orbicularis</i> -Platten), bis zu 10 cm starke Bänke, aber schnell zerfallend, Mn-Tupfen.
	29	80 Tonig-kalkiger Dolomit, stark verwittert. Etwas verrutscht.
	28	250 Tonig-kalkiger Dolomit, lagenweise gebändert. Karbonatlösung von den Schichtflächen her, daher porig wirkend, einzelne cm-Kalkspatdrusen. Mangantupfen, gelblich, 5—10 cm Bänke.
	27	280 Mergelbänke, stark dolomitisch, lutitisch, graubräunlich, mit leichten Tonbestegen, kleinbröckelig zerfallend, glimmerstäubig, 1—1,5 cm Bänke, sandig-tonig wirkend. Kleine Eisenkrusten, ca. 2% FeO.
	26	50 Mergel, dolomithaltig, hell, feinfächerig, in 3—4 cm Bänke aufspaltend.
	25	90 Dolomitisch-toniger Mergel (toniger Schluff; 2.341.0.0, U = 7) w <sub>f</sub> 44,2%, w <sub>a</sub> = 19,3%, w <sub>fa</sub> 24,9%, Zustandszahl 1,205, halbfest, blaugrau — s. Abschnitt 3.
	24	160 Dolomithaltiger Mergel (sandiger, toniger Schluff, 2.231. 011.0., U = 10), gelb-grau, teilweise kleinbröckelig, Außenfläche mit leichtem Fe-Überzug, eisenhaltig, s. Abschnitt 3.
	mm <sub>2b</sub>	23
		Kleinzyklischer Aufbau bis zu 1 cm, Schluffzone bis zu 4 mm, Basiszone 1 mm, auch mit kleiner Rippelschichtung (wavy lamination), Kammabstand 6 mm, Amplitude 1 mm.
22		220 Mergelstein (tonige Dolomitkalke), grau, feingeschichtet (45° einfallend).
21		85 Tonige Dolomitkalke, lutitisch, gelbgrau, stellenweise deutliche mm-starke Flaserschichtung mit 10 × 5 cm Knollen, die deutlich eine Resedimentation von verhärtetem feinkristallinem Sediment zeigen. Kalkspatneubildungen 0,2—0,4 mm.
20		50 Dolomitischer Mergelstein, mm-Schichtung, wie unten.
19		40 (Stark) dolomitischer Mergelstein, 1—2,5 cm starke Bänke, feinschichtig.
18		+ 65
17		150 Mergelstein, dolomitisch (tonige Dolomitkalke) (aus 3 m Ausbiß errechnet); gelblich, dick gebankt, wenig Schichtung erkennbar.
16		40 Kalkstein, dolomitisch, feinkristallin-dicht, lutitisch, Fe-verbärbte Verwitterungszonen, Bankstärke ca. 3 cm.
15		75 Kalkstein, wie oben, aber mit höherem Tonanteil, grau, dicht, dünne Bänke.
14	45 Tonig-dolomitische Kalke, feinfächerig geschichtet, auch schwach flaserig. Im tonigen Bereich von senkrechten, offenen Klüften durchsetzt, in den kristallinen Bändern geschlossen; mm starke	

			postdiagenetische intraformationelle Setzungen, 5–10 cm Bänke, geschichtet, Einfallen 30° SE, Streichen 60°.
mm <sub>2a</sub>	13	145 cm	Dolomithaltiger Mergelstein, graugelb, massig gebankt, weniger geschichtet (errechnet aus 3 m Erstreckung), Einfallen nicht ungestört.
	12	430	Dolomitisch-toniger Mergelstein, lutitisch, hell- und dunkelgrau gebändert, porig, Wechsellagerung von 1–2 mm kalzitischen und mehr mergeligen Bändern, kleinbröckelig-stückig zerfallend. Etwas Mangan, eisenhaltig, Glimmer. (Einfallen zwischen 35 und 30°, aus 8 m Erstreckung errechnet zu 4,6–4,25 m.)
	11	110	Dolomitischer Mergelstein, graugelb, tonig-mürbe, 1–2 cm starke Platten.
	10	25	Stark dolomitischer Mergelstein, gelblich, 4 cm Bänke, von den Schichtfugen her verwitternd, etwas Mn-enthaltend. Bankunterfläche enthält vereinzelte Strömungsmarken. In einer > 9 cm breiten, > 9 cm langen konkaven Rinne, in einem 8 mm Sedimentationsrhythmus sandig-tonig eine von der Seite vorgeschüttete bogige Schrägschichtung, die nach oben von einer tonigeren Schicht abgeschnitten wird. In der Rinne befindet sich das gröbere Material unten. — In der Verwitterungszone greifen von oben mm-dünne FeOOH-Bänder unregelmäßig tief ein, dort Entdolomitisierung.
mm <sub>1</sub>	9	140	Mergelstein, dolomitisch, splitterig-feste Platten von durchschnittlich 1–2 cm Stärke.
	8	10	Mergel, dolomitisch, mürbe, in den oberen 5 cm Knollen bildend, die nach unten unregelmäßig eingreifen.
	7	12	Mergelstein, dolomitisch, graugelb, in 0,5–2 cm Bänke zerfallend, kieselig wirkend.
	6	125	Mergelstein, dolomitisch, gelblich, unten 2–4 cm, oben mehr 1–2 cm starke Platten, auch fester und splitteriger.
	5	140	Mergelstein, dolomitisch, gelbgrau mit Kalkspatdrusen, in 1–4 cm Bänke aufspaltend.
	4	80	desgl. mit hauchdünnen Tonzwischenlagen.
	3	105	Mergelstein, dolomitisch, in 2–5 cm starken Bänken mit tonig-mergeligen Zwischenlagen bis zu 1 cm; mm-starke feimbänderige Schichtung, einzelne Bänke etwas knollig und Kalkspatdrusen enthaltend.
	2	30	Mergelstein, dolomitisch, kleinbröckelig-mürbe, dicht, keine Bänderung erkennbar.
	1	140	Tonig-kalkige Dolomite, lutitisch, gelbgrau, in 2–4 cm starke, feingebänderte Bänke, an dünnen Mergel-Zwischenlagen aufspaltend. Im oberen Bereich noch einzelne Kalkspatdrusen. — Streichen 30°, Einfallen 36° SE.
mu <sub>2</sub> γ			Liegendes: <i>Orbicularis</i> -Mergel?

Der Kartierpraxis entsprechend werden die plattigen, tonig-kalkigen Dolomite (1) noch allgemein zu den *Orbicularis*-Schichten gerechnet, auch wenn sie hier keine Fossilien mehr führen. Obgleich die Gestalt der häufig 1–2 cm langen und 0,5 cm hohen Kalkspatdrusen im unteren Profiltail der morphologischen Form von Myophorien nahekommt, dürften sie auf primäre Gipsknollen (JUBITZ, S. 885) zurückzuführen sein. Die von WEBER & KUBALD bei Eisenach aufgefundene und von HALTENHOF für Unterfranken ebenfalls als Grenzschicht angesehene intraformationelle

Konglomeratbank fehlt hier zur exakten Abgrenzung, so daß die Grenze mu/mm zwangsläufig etwas unsicher bleibt.

Da seit den Untersuchungen GENSERS 1930 der Veränderung des Chemismus des Muschelkalkmeeres, die sich im Ca/Mg-Verhältnis der Gesteine widerspiegelt, bei der Grenzziehung eine entscheidende Rolle zugestanden wird, haben wir, um eine bessere Korrelation zu den Ergebnissen von GENSER und HALTENHOF in Franken herzustellen, aus 16 Proben unseres Profils Ca- und Mg-Bestimmungen durchgeführt (Tab. 1), bei deren Durchführung ich mich der freundlichen Unterstützung durch Herrn Dipl.-Geol. W. BUGGISCH erfreuen konnte.

Tab. 1. Ca/Mg-Verhältnisse des mm (maßanalytisch mit Titriplex III). Bei der Summe aus dem errechneten CaO + MgO + CO<sub>2</sub> und dem Rückstand ist noch H<sub>2</sub>O und Fe zu ergänzen. Ein auffallender, nur qualitativ bestimmter Gehalt an (Fe)

Profil- schicht	Strat. Horizont	Ca	Mg	Ca/Mg	Rück- stand	Summe: CaO + MgO	Molar- verh.
		in Gewichts-%			Gew.-%	+ CO <sub>2</sub> + Rückst.	Ca/Mg
48	mo <sub>1</sub>	36,8	0	∞	4,0	95,5	1:0
44	mm <sub>3b</sub>	34,5	0	∞	8,0	94,2	1:0
38	mm <sub>3a</sub>	34,9	0,61	57,2	7,0	96,4	1:0,03
35	mm <sub>3a</sub>	32,9	0,97	33,9	13,3	98,7	1:0,07
33	mm <sub>3a</sub>	30,1	1,46	20,6	20,0	100,1	1:0,08
32	mm <sub>2c</sub>	20,8	8,0	2,6	11,0	91,0	1:0,63
30	mm <sub>2b</sub>	20,0	9,0	2,2	11,9	93,2	1:0,74
28	mm <sub>2b</sub>	19,7	11,2	1,76	4,0	91,7	1:0,97
27	mm <sub>2b</sub>	14,0	8,5	1,64	31,5	(Fe) 95,8	1:0,63
25	mm <sub>2b</sub>	4,8	4,38	1,09	64,0	91,2	1:1,5
24	mm <sub>2b</sub>	12,2	6,33	1,93	39,0	(Fe) 91,4	1:0,81
21	mm <sub>2b</sub>	22,5	5,83	3,85	17,9	94,2	1:0,43
14	mm <sub>2a</sub>	28,8	4,1	7,0	8,6	95,2	1:0,24
12	mm <sub>1</sub>	6,0	2,4	2,47	68,7	(Fe) 92,1	1:0,66
10	mm <sub>1</sub>	15,2	7,8	1,94	30,0	95,0	1:0,84
1	χ	18,3	9,3	1,96	14,1	91,9	1:0,85

Allerdings scheinen einer exakten Grenzziehung nach dieser geochemischen Methode über größere Distanzen ebenfalls Grenzen gesetzt (vgl. HALTENHOF, Tab. 8 und 9, und auch JUBITZ). Denn der starke Rückgang des Ca/Mg-Verhältnisses am Beginn des mm, wenn die bisherigen Schichteinstufungen als gültiger Maßstab angesehen werden, kann auch bereits in den *Orbicularis*-Schichten liegen. Diese Verschiebung zum höheren Mg-Gehalt steht im Zusammenhang mit einer Salinitätserhöhung, was zu den bekannten Faunenverarmungen des Mittleren Muschelkalkes führte.

Auf dieser Basis plädierte GENSER konsequenterweise für eine Einbeziehung der *Orbicularis*-Schichten Süddeutschlands in den mm; er legte die Untergrenze an die Oberkante der Oberen Schaumkalkbank. In anderen Gebieten setzt die Dolomitfazies, wie JUBITZ für das Subherzyn nachwies, schon vor der Ablagerung der Unteren Schaumkalkbank ein; umgekehrt stellte HALTENHOF in den Profilen Tiefenthal (Mtbl. 6123 Marktheidenfeld) und Karlstadt/Main (Mtbl. 6024) wieder ein Ca/Mg-Verhältnis von 25,8—41,0 über der basalen Konglomeratbank des mm fest. Dadurch

erweist sich auch die geochemische Grenze ebenfalls als keine echte Zeitmarke, sondern spiegelt nur den Fazieswechsel wider; aber sie zeigt einen Wechsel im Chemismus des mm-Meeres gegenüber dem des  $\mu$  an, der bei der Grenzziehung berücksichtigt werden sollte. Da dieser Einschnitt in den meisten Fällen an der Basis der *Orbicularis*-Schichten liegt, würde eine Grenze an der Oberen oder Unteren Schaumkalkbank sinnvoller erscheinen. Andererseits würde durch diese Grenzziehung die Gesamtfolge des mm vermehrt und verlangte dann wieder nach einer Untergliederung. Grenzziehungen sind zwar im wesentlichen Fragen der Kartierpraxis und der Konvention, aber sie sollten soweit wie möglich von der Genese bestimmt sein. Die in den letzten Jahrzehnten stärker zum Durchbruch kommende zyklische Betrachtungsweise des Sedimentationsablaufes verbessert möglicherweise dabei das Verständnis und erleichtert teilweise die Aufgliederung der Sedimentationsfolgen.

Unserem Profil Friesenhausen sind die ca. 60 km nordöstlich bei Eisenach gelegenen Profile von WEBER & KUBALD gegenübergestellt. Danach ergibt sich für den oberhalb  $\gamma$  als  $\text{mm}_1$  bezeichneten unteren Abschnitt des Profiles eine starke Übereinstimmung. Die aufgefundenen Kalkspatdrusen dürften denen der „Löcherdolomite“ bei JUBITZ entsprechen, die er gleichermaßen im Hangenteil der *Orbicularis*-Schichten fand und auf das einstige Vorhandensein von Gipsknollen zurückführen konnte. Die Salinität des Meeres muß gemäß dem Ca/Mg-Verhältnis relativ hoch gewesen sein. Die Sedimentationsverhältnisse führten aber dennoch zu einer extrem feinschichtigen Rhythmen- und Zyklenbildung (wie häufig in der gesamten Schichtenfolge zu beobachten) mit kleinen Schrägschichtungen (10) und Rinnenbildungen. Die Entdolomitierung und Fe-Anreicherung im Schichtenbereich 10 dürfte jüngeren Datums sein. Zwar geht im Schichtenabschnitt 12 der Dolomitanteil nur geringfügig zurück, aber in dem dolomitisch-tonigen Mergelstein ist mit 68,7% (Tab. 1) ein hoher in HCl unlöslicher Rückstand (Quarz, Ton) enthalten, der auch beim Zugrundelegen einer zyklischen Sedimentation eine Grenzziehung oberhalb 12 berechtigt erscheinen läßt.

Beim Schichtenabschnitt 13 lassen wir mit dem Auftreten massiger, dickgebänkter gelber Kalke-Mergelsteine einen neuen geologischen Sedimentationsabschnitt beginnen, obwohl unsere Ca/Mg-Analyse des Schichtenabschnittes 14 einen Rückgang des Mg-Gehaltes aufweist. In den Schichten 13–17 können wir die Untere Zellenkalkzone ( $\text{mm}_{2a}$ ) von Eisenach sehen. Bei wieder ansteigendem Dolomitgehalt zeigte eine  $7 \times 10$  cm tonig-dolomitische Kalkknolle aus dem Schichtenabschnitt 21 ( $\text{mm}_{2b}$ ) mit einer flaserigen und wulstigen Schichtung Zonen, in denen es zur Resedimentation vieler 5–2 mm großer, bereits verfestigter Sedimentbrocken kam; die Sedimentation erscheint darin stellenweise turbulent. Die unruhige Sedimentation scheint zum Hangenden zuzunehmen und erreicht für uns in den dolomithaltigen bis dolomitisch-tonigen Mergeln der Schichtenabschnitte 23–25 ihren Höhepunkt. Da die Schichten 24 und 25, neben 5, bei einem sehr hohen Anteil an tonig-schluffigem, unlöslichem Rückstand den geringsten Gesamtkarbonatgehalt aufweisen, liegt es nahe, in unserer Serie an dieser Stelle jeweils einen Höhepunkt des Salinars zu sehen, so daß wir diese tonigen Schluffe näher auf ihre bodenmechanischen Eigenschaften (Kap. 3) untersuchten.

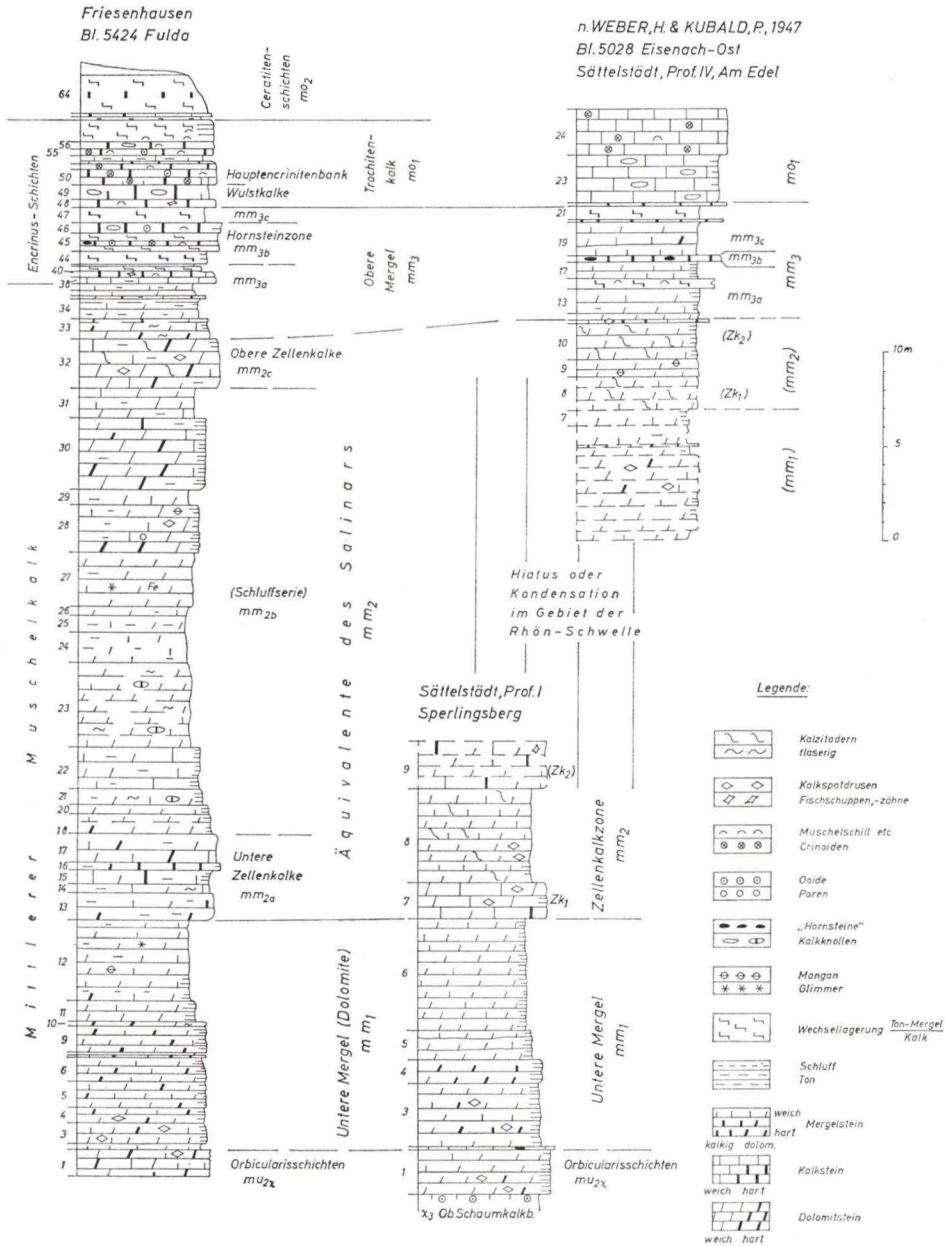


Abb. 1. Gesamtprofil Friesenhausen im Vergleich zu den Profilaufnahmen von WEBER & KUBALD bei Eisenach. Die in den Eisenacher Profilen sich überlappenden Profilanteile sind gestrichelt gezeichnet, vgl. Text S. 218.

Ein geringer Gehalt an Glimmer zeichnet den gesamten tonig-schluffigen Bereich ( $mm_{2b}$ ) aus. Ein erwähnenswerter Sulfatgehalt konnte in keiner Probe nachgewiesen werden, so daß ein quantitativer Nachweis unterbleiben konnte; der Niederschlag beim Versetzen der Lösung mit  $BaCl_2$  war in jedem Falle geringer als beim Darmstädter Leitungswasser (Winter 67/68: 20–32 mg/l). BÜCKING (1916) berichtet von Gipseinlagerungen bzw. dem Nachweis von Gips durch Erdfälle erst aus dem Bereich der südlichen Rhön (südlich der Linie Uttrichshausen–Gersfeld–Bischofsheim). Hingegen wurde in allen Proben ein geringer Fe-Gehalt qualitativ nachgewiesen. In den Schichtenabschnitten 12, 24 und 27 war er am stärksten; er läßt sich auf 2–3% Fe abschätzen. Stellenweise ist durchaus mit höheren Werten infolge sekundärer Anreicherung zu rechnen. Die intensiv gelblichbräunliche Farbe des Gesteins oberhalb des besonders wasserstauenden Bereichs zwischen 24 und 17 gibt hier die höhere Oxydationsstufe des sonst zweiwertig vorliegenden Eisens zu erkennen. Es ist anzunehmen, daß der von BÜCKING 1916 erwähnte Abbau von schaligplattigen Eisensteinen am Arzberg zwischen Geisa und Vacha in diesem Schichtenabschnitt umging.

Im höheren Anteil des Schichtenabschnittes  $mm_{2a}$  einschließlich  $mm_{2b}$  (= Obere Zellenkalk) bleibt der Dolomitgehalt im wesentlichen unverändert (Ca/Mg-Verhältnis um 2), so daß man gemäß der Klassifikation von RUCHIN durchweg von tonig-kalkigen Dolomiten sprechen kann. Aus den im Schichtenbereich 28 und 32 auftretenden Löchern mit Kalkspatdrusen darf man wohl wieder auf einen primären Gehalt an Gipsknötchen, wie in den *Orbicularis*-Platten im Liegenden, schließen. Auch zeigen die Gesteine eine den *Orbicularis*-Schichten ähnliche Plattigkeit. Die von BÜCKING 1907 an einer Störung 500 m östlich unseres Aufschlusses an der Ostflanke der „Friesenhäusener Grabenmulde“ beschriebenen plattendolomitähnlichen Gesteine des  $mm$  können nach den von ihm genannten  $CaCO_3$ - und  $MgCO_3$ -Werten als dolomitische Gesteine mit einem Molarverhältnis 1:0,81 durchaus mit unseren Gesteinen der Schichtenabschnitte 28–30 verglichen werden. Ein petrographischer Vergleich mit dem Plattendolomit des Zechsteins muß um so verständlicher erscheinen, als man in der alten Aufgliederung des  $mm$  in Südthüringen (s. WEBER & KUBALD, S. 175) zweimal den Begriff „Plattenkalk“ antrifft.

Nach oben schließt sich eine Zone ( $mm_3$ ) mit stärkeren Wechsellagen von Mergel zu Kalken an, in der das Ca/Mg-Verhältnis, besonders in den festeren Kalkbänken, ansteigt (Tab. 1; 38 und 44); sie ist 7 m mächtig. Neben den Andeutungen von Hornsteinen (deshalb allgemein als Hornsteinzone bezeichnet) treten neben Ooiden in den Kalkbänken bereits vereinzelt Krinoidenstielglieder (45), Fischzähne- und -schuppen und kleine Schnecken, auch Muscheln (40) auf.

Mit der Schicht 33 beginnt, zuerst noch bei einer Verringerung des Gesamtkarbonatgehaltes, ein deutlicher Rückgang des Mg-Gehaltes (Tab. 1). Es treten allmählich mit Annäherung an den Trochitenkalk wieder normale marine Verhältnisse ein, die denen in der Zone der Schaumkalkbänke (HALTENHOF, Tab. 8) ähneln. Es ist deshalb eine stärkere Berechtigung als im Falle des  $mm_1$  gegeben, diese Zone als selbständige Einheit  $mm_3$  in der Gliederung abzutrennen. Die zyklische Entwicklung läuft allerdings, abgesehen von jetzt leichter faßbaren kleinzyklischen Schwankungen, weiter in Richtung auf die normal marinen Verhältnisse des  $mo$ .

Betrachtet man die „Zellenkalke“ des Schichtenstoßes 32 als das Gegenstück zu den Schichten 13—17, dann wird man den Abschnitt  $mm_2$  als einen geschlossenen Sedimentationszyklus ansehen, der in Einzelglieder unterteilt werden könnte. Wir glauben, dem geologischen Geschehen im Mittleren Muschelkalk am ehesten gerecht zu werden, wenn wir unser Profil als einen echten Gesamtzyklus ansehen, dessen progressiver Ast mit den tonig-kalkigen Dolomiten der *Orbicularis*-Schichten beginnt, seinen salinaren Höhepunkt in den Schichten 24/25 erreichte, um dann in die rezessive Entwicklung einzutreten, die bei 33 wieder allmählich in die marine Entwicklung einmündet, von der sie im  $mu_2$  ausging. Bei einem Vergleich mit Franken würden wir allerdings auf eine Abweichung stoßen. Während in  $mm_1$  (vor allem mit 12) das Äquivalent der Liegenden Anhydrite vorliegen könnte und im Abschnitt 23—25 die Äquivalente des eigentlichen Salinars, scheint der Haupt-Anhydrit ( $mm_3$ ) bei uns nicht mehr diesen Salinitätsgrad erreicht zu haben.

Der morphologische Steilanstieg beginnt eindeutig mit der Schicht 38, weshalb auch allgemein in der Rhön an dieser Stelle der Beginn des  $mo_1$  angesetzt wurde. Allerdings treten nach den eindeutigen Kalkbänken (44) noch einmal die Mergel stärker hervor (47). Es ist im wesentlichen vom Schichteneinfallen abhängig, ob diese Differenzierung sich morphologisch ausprägt.

Mit einer Bruchschillkalkbank (48) und einer Wulstkalkbank beginnt der Oberere Muschelkalk i. e. S., der besonders durch harte Enerinitenbänke charakterisiert wird. Dieser Zone von 3,5 m Mächtigkeit kann man lediglich noch ein weiteres Meter an Kalken mit wenigen Mergelzwischenlagen (57—61) hinzurechnen, bevor die Fazies der Tonplatten ( $mo_2$  = Ceratitenschichten) beginnt. Der morphologische Anstieg ist hier auch beendet; wir würden in Anlehnung an KUMM diesen Schichtenabschnitt 38—61 aus kartiertechnischen Gründen als Enocrinenschichten zusammenfassen. — Nach 2 m fand sich ein nicht ganz sicher anstehendes, angewittertes Gesteinsstück mit einem Ceratiten, der in die Gruppe *Cer. pulcher-robustus* bereits einzuordnen wäre.

Die Mächtigkeit des Abschnittes  $mm_2$  ergibt sich zu rund 31 m; rechnet man die ca. 12 m des  $mm_1$  hinzu, so ergibt das 43 m. Vergleicht man diese Angaben mit den Kartierergebnissen BÜCKINGS 1911, der vom gesamten  $mm$  mit ca. 40 m rund 10—14 m für den dünngeschichteten Teil unterhalb der Zellendolomite abzieht, so ergibt sich eine gute Übereinstimmung. Die Obergrenze des  $mm$  wurde von BÜCKING und allen anderen Kartierern in der Rhön unterhalb der Hornsteinzone gezogen, so daß wir beim exakten Vergleich noch die 4 m unseres  $mm_{3a}$  zuzuschlagen haben, um mit BÜCKINGSchen Zahlen vergleichen zu können.

Den Trochitenkalk gab BÜCKING mit 5—8 m an. Auf Blatt Fulda sind nach seinen Angaben (1911) die mergeligen oder kieseligen, dünnplattigen Hornsteinkalke 2—3 m mächtig. Wir fanden ohne die Hornsteinzone ( $mm_{3b}$ ) und ohne  $mm_{3c}$  4,5 m Trochitenkalk; bei Einbeziehung der Hornsteinkalke wäre die Zone 8,5 m stark. Somit ergibt sich auch hier wieder eine sehr gute Übereinstimmung der Mächtigkeiten. Wir können unsere Schichtenfolge also folgendermaßen aufgliedern:  $> 2$  m *Orbicularis*-Schichten, 12 m  $mm_1$  + 31 m  $mm_2$  + 7 m  $mm_3$  = 50 m Mittlerer Muschelkalk; ferner 4,5 m Trochitenkalk ( $mo_1$ ) +  $> 2$  m Tonplattenfazies ( $mo_2$ ).

Von geochemischen Überlegungen ausgehend (Tab. 1) könnte man bei uns den Oberen Muschelkalk bereits mit  $mm_{3b}$  oder sogar  $mm_{3a}$  beginnen lassen. Aber im

Anschluß an die Gliederungen in Franken und Thüringen (GENSER, WEBER & KUBALD und HALTENHOF) halten wir noch an der Zurechnung der Zone ( $mm_3$ ) zwischen Oberen Zellenkalken und Wulstkalken zum Mittleren Muschelkalk fest.

Die Oberen Mergel ( $mm_3$ ), die allgemein durch die Hornsteine führenden Kalke in eine untere und eine obere Zone gegliedert werden, liegen in Franken und Thüringen zwischen dolomitischen Mergeln, die nach GENSER dem Hauptanhydrit und der Hauptdolomitregion entsprechen. Dies wird durch die geochemischen Profile von HALTENHOF (Tab. 10) bestätigt. Wir haben mit unseren Analysen 38 und 40 lediglich den marinen Ingressionsbereich, der in 33 und 35 (Tab. 1) schon erkennbar wird, erfaßt. Die noch einmal rezessive Entwicklungstendenz wurde in unserem offensichtlich zu Franken reduziertem Schichtenabschnitt 47 nicht signifikant, bevor sich in Schicht 48 die normal marine Entwicklung des  $mo$  durchsetzt. Die spärliche Kümmerfauna im Bereich der Hornsteinzone ( $mm_{3b}$ ), in Baden-Württemberg als Zwergfaunenschichten bezeichnet, kennzeichnet diese Schichtenfolge als kurzfristigen Ingressionsabschnitt. Folgt man dem allgemeinen Grundsatz, mit dem ersten Auftreten einer neuen Fauna die neue Schicht beginnen zu lassen, also in unserem Falle mit den Hornsteinschichten, wie seit REIS in Süddeutschland üblich und wie auch von BÜCKING u. a. in der Rhön angewandt, was kartiertechnisch auf jeden Fall zu rechtfertigen ist, so brächte diese Methode doch Gefahren bei paläogeographischen Vergleichen mit sich.

Nach den Profilschnitten von VOLLRATH setzen in Baden-Württemberg die marinen Einflüsse mit den Zwergfaunenschichten zuerst in den tieferen Senken ein, während an den Rändern des Beckens noch die salinarbeeinflusste Sedimentation des  $mm$  weitergeht. Dieser Widerspruch zur Auffassung, daß in den tiefsten, abgeschlossenen Beckenteilen die Salinität des  $mm$  am höchsten sei, könnte zwar durch die Annahme einer echten Durchströmung in einer im tieferen Teil gegebenen (fränkischen) Straße ausgeräumt werden, was aber die Aufarbeitung des Salinars und damit die Vermischung des Vollmarinen mit dem Salinaren (Zwergfauna) zur Folge gehabt hätte. Die Randzonen bleiben in ihrer abgeschwächten salinaren Sedimentation bzw. erfahren nur kurzfristige Ingressionen, die günstigenfalls durch die ooidische Hornsteinzone belegt wird.

Erst im Bereich der Wulstkalke erscheint die Salinarperiode endgültig überwunden. Im Beckentiefsten bedeutet das aber bei der räumlichen Faziesverschiebung das Auftreten der Ceratiten vom Typ *Cer. atavus* (nach WENGER, Tab. 8, bereits in den Hassmersheimer Schiefen).

Im Gebiet der Vorderen Rhön (Friesenhausen) erkennen wir die Ingression der Hornsteinzone an dem Fehlen des  $Mg$  (44), das schon im Bereich der Mergel unter den Hornsteinen ( $mm_{3a}$ ) deutlich zurückgeht (33–38), aber im Bereich des  $mm_{3c}$  (Schicht 47) noch einmal einen deutlichen Rückfall erlebt (vgl. HALTENHOF, Tab. 10, in Franken). Mit den Wulstkalken setzen sich auch hier die vollmarinen Verhältnisse durch.

Die Trochitenkalke sind, wie für Norddeutschland schon seit langem (GRUPE, KLEINSORGE) bekannt, auch im süddeutschen Raum (VOLLRATH) lediglich eine Fazies, die dennoch hervorragend zur lokalen kartiertechnischen Grenzziehung geeignet bleibt.



Ziehen wir zu unserer Betrachtung der mm/mo-Grenze die Ergebnisse von HIEKE heran, die er mit Hilfe der Conodonten-Häufigkeitsmaxima gewann, dann verschärft sich das Bild der Faziesabhängigkeit des Trochitenkalkes. Wir haben bei HIEKE eine besonders mächtige, geschlossene (Bl. 4824 Hess. Lichtenau) und tiefer — unter HIEKES H 1 — hinabreichende (Bl. 4823 Melsungen) Trochitenkalkfazies im Bereich der Hunsrück-Oberharz-Schwelle. Im Gebiet der Rhön-Schwelle (Bl. 5225 Geisa und 5326 Tann) wird von HIEKE eine geschlossene, aber geringmächtige Trochitenkalkfazies dargestellt (s. unten). In unserem Friesenhausener Profil wurden die Proben 33, 35, 38, 40, 45, 48, 50, 55 und 56 ergebnislos auf Conodonten durchgemustert. Der Einwand, daß die Probenmengen vielleicht zu gering waren, weil wir auch keine Conodonten in einer Probe der von HIEKE als besonders reichhaltig erwähnten Bank 11 seines Profils Kleinfischbach (Bl. Tann), die zu seinem H 1 gehört, fanden, kann nicht allein stichhaltig sein, denn aus der gleichen Probenmenge konnten wir aus der Oberen Terebratelbank vom Steinbruch am Umspannwerk Birkenhof (Mtbl. 5425 Kleinsassen, r 35 59 620, h 56 00 980) *Gondolella momburgensis* TATGE und zwei weitere bruchstückhafte Conodonten gewinnen. Vielmehr sollte dabei nicht verkannt werden, daß selbst unsere Hauptencrinitenbank (50) relativ wenig Crinoidenstielglieder führt und nach W. KREBS (freundl. mündl. Mitteilung) im Devon eine gewisse Beziehung in der Häufigkeit von Trochiten und Conodonten besteht.

Nach den vergleichenden Betrachtungen von HIEKE dürften wir seine H-1-Zone mit Sicherheit in unserem Schichtenabschnitt 48—50 zu erwarten haben. Dadurch wird erhärtet, daß die Trochitenkalkfazies nur eine Faziesgrenze von kartiertechnischer Bedeutung ist, die keine echte Zeitmarke darstellt. Wollten wir nach einer verbindlichen Zeitmarke für die Grenze mm/mo suchen, so könnten wir sie nur an dem Auftreten von *Cer. atavus* eichen. Wenn dieser Zeitabschnitt in Trochitenkalkfazies vorliegt, so müßte aus dem ersten Auftreten des nächst jüngeren Ceratiten die Grenze durch Interpolation annähernd bestimmt werden. Dieses Verfahren wird in Norddeutschland (z. B. Weserbergland) für den Bereich der Oberen Terebratalkalke seit GRUPE bereits angewandt, und es gilt auch in anderen Gebieten für die Abgrenzung des Trochitenkalks nach oben gegen die Tonplattenfazies im mo<sub>2</sub>.

Die Tonplattenfazies scheint in der Rhön relativ früh (*Cer. pulcher*) einzusetzen. Bei der geringen Trochitenkalkmächtigkeit kann dies sowohl das Ergebnis einer relativ frühzeitigen Überflutung durch das Meer der Ceratitenschichten gegenüber der flachen Trochitenkalkfazies sein als auch das Ergebnis einer Schichtenkondensation. Als weiterer Faziesbereich müßte noch das Auftreten mächtiger Trochitenkalkserien anstelle der Tonplattenfazies angeführt werden.

Vergleichen wir die Mächtigkeiten unseres Profils Friesenhausen mit den von BÜCKING durch die Kartierung gut erfaßten, dann erkennen wir bei Fulda geringere Mächtigkeiten der Trochitenkalkfazies und höhere für die Ceratiten führenden Schichten, denn BÜCKING erwähnt 1911, S. 43, einen Mächtigkeitschwund des mo<sub>2</sub> der Rhön gegenüber 40—50 m auf Blatt Fulda. Unsere Mächtigkeitsangaben für mo<sub>1</sub> und auch für den mm decken sich aber sehr gut mit seinen von Blatt Fulda. Dabei bleiben seine Angaben für Fulda an der unteren Grenze gegenüber denen der gesamten Rhön (1916) mit 7—10 m; darin könnten wir den faziellen Mächtigkeitsausgleich sehen.

Für den Mittleren Muschelkalk gibt BÜCKING 1916 in der Rhön 20—40 m an. Wir haben in Übereinstimmung mit ihm auf Bl. Fulda (jetzt incl. mm<sub>3</sub>) 50 m mm; darin ist kein Salinar enthalten. Seine geringen Mächtigkeiten, die allgemein sehr verlässlich sind, stimmen aber wiederum mit den Angaben von WEBER & KUBALD überein, die bei Eisenach (incl. mm<sub>3</sub>) 25 m ermittelten.

In unserer Wiedergabe zweier Profile von WEBER & KUBALD (Abb. 1) haben wir die nach den Autoren sich deckenden Schichtenabschnitte nur gestrichelt gezeichnet, weil es im Vergleich zu unserem 50 m mächtigen mm-Profil denkbar erschien, daß der Zk des mm<sub>2</sub> vom Sperlingsberg nur unserem mm<sub>2a</sub> und der Zk des mm<sub>2</sub> am Edel nur unserem mm<sub>2c</sub> entspräche, dazwischen könnte ein nunmehr ausgelaugtes Salinar, also unser mm<sub>2b</sub> liegen. Daß diese Annahme nur bedingt gelten kann, scheint die gute Übereinstimmung verschiedener Profile von WEBER & KUBALD über mehr als 15 km Entfernung schon zu beweisen. Bringen wir die mm-Mächtigkeiten von Fulda und Eisenach zueinander in Beziehung (50:25 m) und vergleichen sie mit den von BACKHAUS 1968 für die Solling-Folge (so) der Rhön-Schwelle interpolierten Mächtigkeiten, dann ergibt sich ein annähernd gleiches Verhältnis (30:15 m). Unter Einbeziehung der Angaben bei BÜCKING dürfen wir somit für das Gebiet der Rhön auch in der Zeit des Mittleren Muschelkalkes mit der Wirksamkeit der Rhön-Schwelle rechnen. Unser Profil von Friesenhausen liegt dabei am Schwellenhang im Übergang zum Fuldaer Becken (Hessische Senke).

### 3. Mechanische Betrachtungen

Bei geologischen Kartendarstellungen in Triasgebieten verlaufen häufig Störungen im Bereich des Röts und des Mittleren Muschelkalkes. Im wesentlichen wird es mit der leichten mechanischen Beanspruchbarkeit dieser Schichtenfolgen zu erklären versucht. Da echte tektonische Störungen auch die mechanisch widerstandsfähigeren Schichtenfolgen des Liegenden durchsetzen müßten, bleibt zu erwägen, ob es sich in diesen Fällen tatsächlich immer um echte tektonische Bewegungen (incl. der durch Salztektonik ausgelösten Erscheinungen) oder lediglich um atektonische mechanische Gleitungen handelt. Als Ursache für solche atektonischen Bewegungsabläufe kämen sowohl junge oberflächennahe Auslaugungen eines mm-Salinars als auch bodenmechanisch begründete, auf veränderte Durchfeuchtungswerte zurückzuführende Vorgänge in Betracht.

Eine wirksame Auslaugung im unmittelbaren Schichtenverband des Mittleren Muschelkalkes konnte in unserem Falle nicht nachgewiesen werden, wenn auch Streich- und Fallwerte innerhalb der Schichtenfolge schwanken. Auch war es nicht möglich, eine Differenzierung der Kluftrichtungen im Liegenden und Hangenden zu ermitteln. Der geochemische Nachweis zeigte nur verschwindend geringe SO<sub>4</sub>-Werte, so daß ein noch in jüngerer Zeit existierendes Salzlager wenig wahrscheinlich, wenn es überhaupt einmal vorhanden gewesen sein sollte.

Der von uns aufgemessene Schichtenverband zeigte nach Abräumen von stellenweise mehr als 3 m Bedeckung kaum schichtungslose Zonen, in denen eine Störung des Schichtenverbandes zwingend zu folgern wäre. Lediglich die Schichtenabschnitte 12, 17, 23, 24 und 29 lassen einen geringen Verdacht aufkommen. In Schicht 23 ver-

ändert sich dabei das Einfallen der Schichten. Ein möglicher Fehler in der angegebenen Gesamtmächtigkeit kann dabei aber nur max.  $\pm 2-3$  m betragen.

Um die mechanischen Möglichkeiten zu erfassen, wurde der wegen seines augenscheinlich höheren Ton-Schluff-Gehaltes anfälligste Schichtenabschnitt 25 intensiver bodenmechanisch untersucht (Tab. 2 und 3). Als mobiler Horizont brauchte er wegen seiner geringen Mächtigkeit nicht erwähnt zu werden; seine Werte können aber für die Horizonte 24 und 23 im Liegenden sinngemäß angesetzt werden. Zum Vergleich wurden noch Teiluntersuchungen an Proben aus dem Schichtenbereich 24 und 53 sowie aus dem Röt vorgenommen.

Tab. 2. Bodenmechanische Kennwerte einiger Proben der Schichtenfolge,  $w$  in %,  $\gamma = \text{Mp/m}^3$

	Kornverteilung U = Ungleichförmigkeit	c kp/cm <sup>2</sup>	$\rho$ °	$w_n$	$w_f$	$w_{fa}$	n $\varepsilon$	$S_m$ %	$\gamma_f$	
				$S_w$	$w_a$	$k_w$			$\gamma_t$	
53 mo <sub>1</sub>	(2.221.021.0) U = 20 (Gesteinsbrocken)	0,15	23							
25	2.341.0.0.	0,12	19,5	14,2	44,2	24,9				
mm <sub>2b</sub>	U = 7				19,3	1,2				
ungestört 0,5 unter Plaanum 0,8 m					19,3 1			0,33 0,49	11,2	2,12 1,78
					14,2 1			0,28 0,38	4,2	2,19 1,92
24 mm <sub>2b</sub>	2.231.011.0. U = 10	0,12	20							
Untere Röttone	3.121.101.1. U = 30	0,20	20							

Bei unseren Überlegungen war davon auszugehen, daß die Standsicherheit eines Hanges bei Veränderung eines die Sicherheit bestimmenden Faktors zuerst im Bereich des schwächsten Gliedes des Schichtenstoßes gefährdet würde. Als der entscheidende Wert ist dabei die Scherfestigkeit ( $\tau$ ) anzusehen, die gemäß dem COULOMBSchen Gesetz von der Normalspannung ( $\sigma$ ), von der Kohäsion ( $c$ ) und der inneren Reibung ( $\rho$ ) abhängt. Die Normalspannung ergibt sich aus dem Gewicht der überlagernden Gesteinsschichten [rechnerisch bestimmbar durch Mächtigkeit ( $h$ ) und Raumgewicht( $\gamma$ )] und deren Einfallwinkel und -richtung. Die Kohäsion und die innere Reibung sind bodenphysikalische Kennwerte des betreffenden Schichtenabschnittes. Aus Tab. 2 ist zu entnehmen, daß die Schicht 25 die kleinsten  $c$ - und  $\rho$ -Werte hat und damit hinsichtlich der Scherspannung das schwächste Glied ist.

Grundsätzlich gilt, daß die Standsicherheit einer (geneigten) Schicht (bei ausgeglichenem Porenwasserdruck) solange gewahrt bleibt wie der Reibungswinkel ( $\rho$ ) größer ist als der Einfallwinkel ( $\alpha$ ) der Schicht; wird  $\rho < \alpha$ , kann der Hang instabil

werden. Dies findet auch seinen Ausdruck in einer von KNOBLICH (nach MÜLLER 1963) gegebenen Formel für die Bestimmung des Standsicherheitskoeffizienten:

$$\eta = \frac{c}{\gamma h \sin \alpha} + \frac{\tan \varrho}{\tan \alpha} = 1.$$

Danach würde auf unseren Schichten 24/25 in einem Punkt  $\times$  (Abb. 2) eine 27 m mächtige Gesteinsfolge (Kalk-, Mergel- und Dolomitsteine) lasten, die bei einem  $\gamma$  von rund  $2,5 \text{ Mp/m}^3$  eine Flächenlast von  $2,5 \text{ Mp/m}^3 \cdot 27 \text{ m} = 67,5 \text{ Mp/m}^2 = 6,75 \text{ kp/cm}^2$  ausmacht. Bei Anwendung der MÜLLERSchen Formel würde bei dem ermittelten  $c = 0,12 \text{ kp/cm}^2$  und dem  $\varrho = 19,5^\circ$  selbst bei gleichem Schichteneinfallen  $\alpha = 19,5^\circ$  noch ein Standsicherheitskoeffizient von  $1,05 (> 1)$  vorhanden sein. Bei einem, wie in unserem Falle durchschnittlich ermittelten Schichteneinfallen von  $30^\circ$  würde der Standsicherheitskoeffizient den Wert  $0,74 (< 1)$  ergeben; d. h., der Hang würde abrutschen (Abb. 2, rechts). Die Möglichkeit eines seitlichen Ausweichens des Hanges infolge von Randspannungen wäre denkbar, wenn die Hangneigung steiler als das Schichteneinfallen, wie in Abb. 2, rechter Teil (kurzgestrichelte Hanglinie), angenommen.

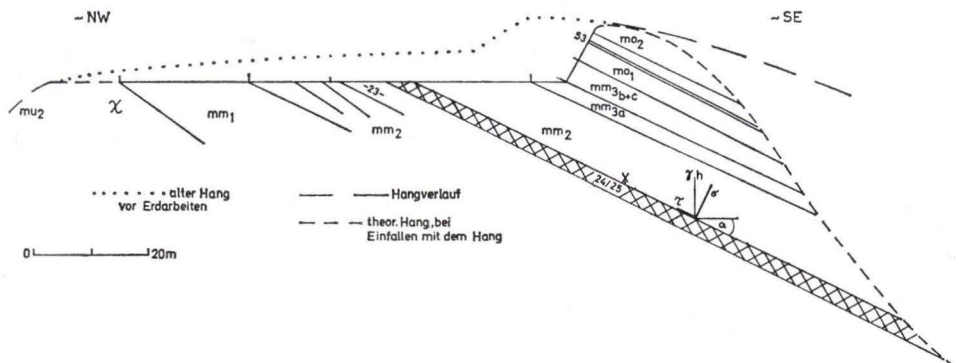


Abb. 2. Leicht schematisiertes Profil zur Veranschaulichung der Lagerung und der mechanischen Beanspruchbarkeit der Schichtenfolge. Im rechten Profilteil ist die morphologische Situation eingetragen, die erforderlich wäre, um ein Abgleiten des Hanges zu bedingen. Die allgemeingültige Kräfteerlegung wurde aus Darstellungsgründen neben den Punkt  $x$  gezeichnet.

Bei dem oben noch theoretisch als standsicher zu betrachtenden, in Wirklichkeit aber wohl schon im indifferenten Gleichgewicht sich befindenden Hang, würde alleine ein veränderter Wassergehalt die Sicherheit entscheidend herabsetzen können. Um dieser Frage nachzugehen, zu der zwar die gegenwärtige geomorphologische Situation und die Standsicherheit keinen Anlaß bietet, wurden dennoch durch 5 Versuche die Zylinderdruckfestigkeiten in Abhängigkeit vom Wassergehalt ermittelt. Obwohl in unserem Falle durch den geringen Tiefgang (Mächtigkeit) und das Einfallen in den Hang die Voraussetzungen zur Ausbildung einer bogenförmigen Grundbruchfläche nicht gegeben sind, wurde die Haftfestigkeit bei  $\sigma_3 = 0$  zu einer Gleitfläche  $45^\circ + \varrho/2$

zu  $c_u = \frac{q_u}{2} \tan(45^\circ - \rho/2)$  ermittelt; desgleichen auch die Tragfähigkeit nach BRINCH-HANSEN auf der Oberfläche zu  $p = 1/2 \cdot 5,14 \cdot c_u$  errechnet (Abb. 3)<sup>1)</sup>. Denn um die heute beobachtbaren Lagerungsstörungen des mm erklären zu können, müssen wir allgemein davon ausgehen können, daß die hier angesetzten Bedingungen an dieser oder anderer Stelle etwa während des Pleistozäns realisiert waren.

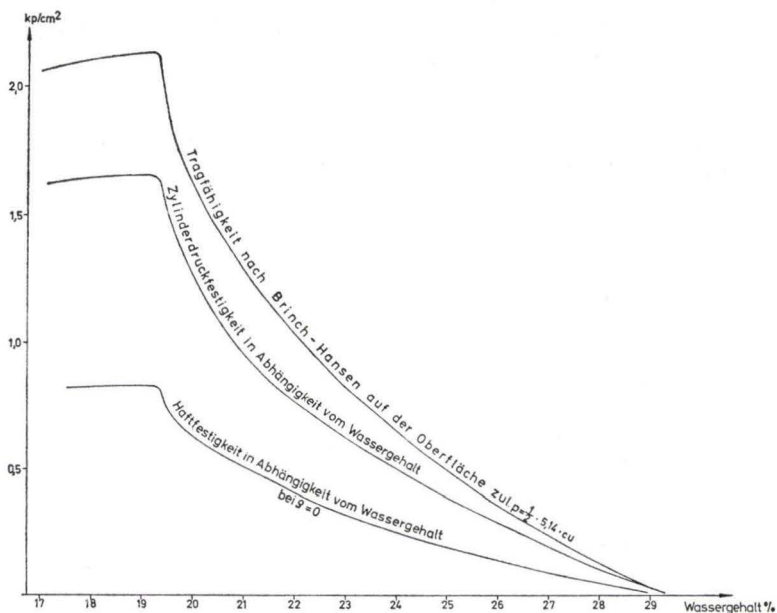


Abb. 3. Tragfähigkeit der Schichtenfolge 25 auf der Oberfläche, deren Zylinderdruckfestigkeit und Haftfestigkeit in Abhängigkeit vom Wassergehalt.

Die Proben hatten einen natürlichen Wassergehalt von 19,3%. Wie aus Abb. 3 zu ersehen ist, würde die Belastbarkeit bei steigendem Wassergehalt entscheidend gesenkt. Dieser Fall wäre für einige Perioden des Pleistozäns denkbar (wie weiter unten ausgeführt), obwohl unsere Untersuchungen an zwei weiteren ungestörten Proben dieses Horizontes bei Wassergehalten von 19,3% (0,5 m unter Planum) und 14,2% (0,8 m unter Planum) jeweils volle Wassersättigung ergaben.

In unserem Falle, in dem die Schichten gegen den Hang einfallen und auch steiler als dieser (Abb. 2), besteht die Gefahr des Abgleitens und des Grundbruches nicht. Um die in unserem Falle beobachtbaren Lagerungsänderungen zu erklären, müssen noch andere Faktoren in Betracht gezogen werden.

<sup>1)</sup> Da diese Versuchsserien z. Z. nicht im eigenen Labor durchgeführt werden konnten, wurden die Bestimmungen in der Baustoff- und Bodenprüfstelle beim Straßen-Neubauamt Hessen-Süd, Darmstadt, ausgeführt. Herrn Regierungsg. Dipl.-Geol. R. STOLBA und Herrn Dipl.-Ing. ROSENBERG darf ich dafür herzlich danken. Weitere bodenmechanische Untersuchungen wurden im Labor des Institutes von Herrn cand. geol. ZIRNGAST ausgeführt.

Die ausgeführten Kompressionsdruckversuche (Tab. 3) lassen ein sehr starkes Schwellen der Proben nach der Entlastung erkennen; sie wird allerdings mit zunehmender Belastung (vgl. auch geologische Vorbelastung) geringer. Die zulässige Belastung war bei Wassersättigung auf der Oberfläche zu  $2,1 \text{ kp/cm}^2$  bestimmt worden (Abb. 3). Bei der von uns jetzt noch angetroffenen Schichtenstärke und unter den gegebenen Schichtenneigungen wirken am Punkt  $\times$  unter dem morphologisch höchsten Punkt jetzt 27 m Sediment lotrecht auf den Bereich der Schichten 24/25, das sind  $6,75 \text{ kp/cm}^2$ . Damit steht dieser Schichtenabschnitt unter einer Belastung, die größer ist als zul.  $p$  an der Oberfläche.

Tab. 3. Elastizitätsmodul im Bereich der Schichtenfolge 25, ungestörte Probe 2 (0,8 m unter Planum); die Werte der Probe 1 sind gleich

	$p$ in $\text{kp/cm}^2$	$E$ in $\text{kp/cm}^2$
Belastung	0 bis 6,25	65
	6,25 bis 20,0	320
	20,0 bis 40,0	630
Entlastung — Wiederbelastung	0 bis 1,25	50
	1,25 bis 2,5	140
	2,5 bis 6,25	270
	6,25 bis 17,5	450
	17,5 bis 30,0	830

Die vor Beginn der Bauarbeiten angetroffene morphologische Gestalt hat sich während des Pleistozäns herausgebildet. Da WUNDERLICH rezent Trockenrisse bis zu 20 m feststellte, die im Jahresrhythmus von Austrocknung und Durchfeuchtung entstanden sein sollen, dürfen wir wohl mit einer längerwährenden, stärkeren Austrocknung und stärkeren, schlagartig einsetzenden Durchfeuchtung (Wassersättigung) der Gesteinsfolge in wechselnden Perioden rechnen (s. a. FRENZEL). Diese Austrocknung muß nicht nur einer Ribbildung in einer bestimmten Schicht, sondern kann durchaus den mehr oder weniger senkrecht verlaufenden Klüften gefolgt sein. Die Auflast wurde dann jeweils von den trockenen und damit tragfähigeren Bodenschichten aufgenommen. Bei einsetzender schlagartiger Durchfeuchtung vermag der tonig-schluffige Boden wegen seines geringen  $k$ -Wertes (ca.  $10^{-7}$ ) nicht die in die Klüfte und Risse wieder eindringende Feuchtigkeit sofort aufzunehmen. Das Wasser wird in den Spalten gestaut; es kann sogar zur zeitweiligen Herausbildung eines Wasserüberdruckes kommen. Lediglich am Rande der Klüfte und Risse vermag der tonig-schluffige Boden, da er unter geringer Spannung steht, relativ viel Wasser aufzunehmen, so daß die Kluft zu einem späteren Zeitpunkt mit einem Material der Zustandsform breiig-flüssig ausgefüllt ist. — Die untersuchten Proben waren halbfest. —

Bei zunehmender Durchfeuchtung des Restbodenkörpers nimmt dessen Tragfähigkeit wieder ab, dadurch wird die weiche Kluftausfüllung zunehmend zum Tragen herangezogen. Da die Tragfähigkeit dieser Schicht jedoch erheblich niedriger ist als die mittlere Belastung, befindet sie sich solange in einem labilen Gleichgewichtszustand, wie sie nicht die Möglichkeit hat auszuweichen. Sofern eine offene Verbindung zur Oberfläche besteht, wird das weiche Material ausgequetscht. Dieser Vorgang setzt bei geneigter Schichtenfolge und bei ebener Oberfläche voraus, daß das Raumgewicht des breiig-flüssigen Materials niedriger ist als das der ursprünglichen Schichten oder daß in Fallrichtung die Oberfläche ansteigt (wie in unserem Falle). Da EISSELE eine pleistozän entstandene Bodenauflockerung bis zu 30 m Tiefe beschreibt, wäre es denkbar, daß ein ähnlicher Vorgang ursächlich durch Frosteinwirkung ebenfalls hervorgerufen werden könnte.

Die Folge des Ausquetschens muß ein ungleichmäßiges Nachbrechen der hangenden Schichten bedingen, was gewiß in einzelnen Segmenten erfolgen dürfte. Dadurch kann es zu unterschiedlichem Schichteneinfallen in einzelnen Schichtenabschnitten kommen (s. a. Abb. 2). Die Schichtenfolge erscheint einem Normalprofil gegenüber reduziert. Durch das Nachsinken können Sprünge an der Oberfläche auftreten, die gleich streichenden Verwerfungen angeordnet sind.

Wenn auch in unserem Profil bei der vorhandenen großen Mächtigkeit die Wahrscheinlichkeit zu einem Ausfließen gering ist, so dürfte doch bei einer flacheren Lagerung und einem erhöhten Anteil bindiger Komponenten besonders am Hangfuß diese Wirkung auch ohne Salinar sowohl im Schichtenverband des Mittleren Muschelkalkes als auch in anderen Bereichen (z. B. Röt) durch Ausfließen zu Schichtverdrängungen geführt haben. Nicht jede Lagerungsstörung in diesem Schichtenbereich braucht unbedingt auf Tektonik oder Auslaugung eines einstmals vorhandenen Salinars hinzuweisen, sondern kann auch eine einfache bodenmechanische Erklärung finden.

#### 4. Zusammenfassung

Eine 58 m mächtige Schichtenfolge wird lithologisch in: > 2 m plattige, fossilfreie *Orbicularis*-Schichten, 12 m feinfächerige, dolomitische Mergel ( $mm_1$ ), 31 m gleichfalls dolomithaltige Mergel mit den Äquivalenten des Salinars ( $mm_2$ ), 7 m Obere Mergel, die durch ooidische, Hornstein führende Kalke geteilt werden und 4,5 m Trochitenkalk mit anschließenden > 2 m Ceratitenschichten aufgegliedert. Das Ca/Mg-Verhältnis liegt bereits in den *Orbicularis*-Schichten um 2; in den zu vermutenden Äquivalenten des Salinars geht der Gesamtkarbonatgehalt zurück. Mit Beginn des  $mm_3$  steigt das Ca/Mg-Verhältnis und nähert sich den normal marinen Verhältnissen des Oberen Muschelkalkes an. Die zyklische Entwicklung des  $mm$  scheint oberhalb der Schaumkalkbänke in den Bereich steigender Salinität einzutreten, die im  $mm_2$  ihren Höhepunkt erreicht und dann rezessiv wird. Im  $mm_3$  (Hornsteizone) sind bereits die ersten marinen Faunenelemente vorhanden. Aus genetischen und regionalgeologischen Vergleichen ergibt sich, daß bei uns die Wulstkalkbank als vergleichbare *mo*-Basis anzusehen ist, während die Trochitenkalke nur eine Fazies repräsentieren, die weitgehend vom environment bestimmt ist. Nach Profilvergleichen wird die Rhön-Schwelle auch für die Zeit des Mittleren Muschelkalkes bestätigt.

Die im Bereich des mm häufig auftretenden Lagerungsstörungen können auch bodenmechanisch durch Ausquetschungen erklärt werden. Werte für die Standicherheit von Hängen im mm-Bereich werden angegeben.

#### Schriftenverzeichnis

- BACKHAUS, E.: Zur Geologie des Grenzgebietes zwischen Solling-Scholle und Elfas-Gewölbe (Mtbl. Stadtoldendorf und Dassel). — Geol. Jb., **84**, S. 755—792, 11 Abb., 2 Taf., Hannover 1967.
- Fazies, Stratigraphie, Paläogeographie der Solling-Folge (Oberer Buntsandstein) zwischen Odenwald — Rhön und Thüringer Wald. — Oberrh. geol. Abh., **17**, 1, S. 1—164, 16 Abb., 14 Taf., 4 Tab., Karlsruhe 1968.
- BÜCKING, H.: Über einige merkwürdige Vorkommen von Zechstein und Muschelkalk in der Rhön. — Festschrift Adolf-von-Koenen, S. 1—18, 1 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1907.
- Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Blatt Fulda. 73 S., Berlin 1911.
- Geologischer Führer durch die Rhön. — Samml. geol. Führer, **21**, 262 S., 3 Taf., 1 Kt., 46 Abb., Berlin (Borntraeger) 1916.
- EISSELE, K.: Pleistozäner Bodenfrost und Klüftigkeit im nordschwarzwälder Buntsandstein. — Hermann-Aldinger-Festschrift, S. 43—50, 2 Abb., Stuttgart 1962.
- FRENZEL, B.: Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. 291 S., 107 Abb., 23 Tab., Braunschweig (Vieweg) 1967.
- GENSER, C.: Zur Stratigraphie und Chemie des Mittleren Muschelkalkes in Franken. — Geol. Paläontol. Abh., N.F. **17**, 4, S. 383—491, 4 Abb., 8 Taf., Jena 1930.
- GRUPE, O.: Zur Stratigraphie der Trias im Gebiet des Oberen Wesertales. — 4. Jber. nieders. geol. Ver., S. 1—102, 1 Tab., Hannover 1911.
- HALTENHOF, M.: Lithologische Untersuchungen im Unteren Muschelkalk von Unterfranken. — Abh. naturw. Ver. Würzburg, **3**, 1, 124 S., 26 Abb., 15 Tab., 1 Taf., Würzburg 1962.
- HIEKE, W.: Feinstratigraphie und Paläogeographie des Trochitenkalkes zwischen Leinetal-Graben und Rhön. — Geologica et Palaeontologica, **1**, S. 57—86, 35 Abb., 4 Tab., Marburg 1967.
- JUBITZ, K. B.: Zur feinstratigraphisch-geochemischen Horizontierungsmethodik in Kalksedimenten (Trias). — Geologie, **7**, S. 863—913, 20 Abb., 5 Taf., Berlin 1958.
- KLEINSORGE, H.: Paläogeographische Untersuchungen über den Oberen Muschelkalk in Nord- und Mitteldeutschland. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **15**, S. 57—106, 12 Abb., 1 Taf., Hamburg 1935.
- KNOBlich, K.: Mechanische Gesetzmäßigkeiten beim Auftreten von Hangrutschungen. — Z. Geomorph., N.F., **11**, 3, S. 286—299, 8 Abb., Berlin 1967.
- KUMM, A.: Trias und Lias. In: KUMM, A., RIEDEL, L. & SCHOTT, W.: Das Mesozoikum in Niedersachsen, **1**, 328 S., Oldenburg (Stalling) 1941.
- LAEMMLEN, M. & PRINZ, H.: Neu erkannte tektonische Strukturen in der Vorderrhön. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 242—246, 1 Abb., Wiesbaden 1967.
- LEMKE, E.: Der tektonische Bau des Gebietes zwischen Vogelsberg und Rhön. — Geotekt. Forsch., **1**, S. 28—68, 22 Abb., 5 Taf., Berlin 1937.
- RUCHIN, L. B.: Grundzüge der Lithologie. Lehre von den Sedimentgesteinen. 806 S., 304 Abb., 46 Taf., Berlin (Akademie Verl.) 1958.
- SOLLE, G.: Felsgleitungen in Oberägypten. Ein Beitrag zum Ablauf großer Gleitungssysteme. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 117—147, 8 Abb., 1 Tab., Taf. 5—9, Wiesbaden 1967.
- VOLLRATH, A.: Beiträge zur Paläogeographie des Trochitenkalkes in Baden-Württemberg. — Jh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **3**, S. 181—194, Abb. 18—26, Freiburg/Brsg. 1958.



- WEBER, H. & KUBALD, P.: Der Mittlere Muschelkalk an der Reichsautobahn bei Eisenach.  
— Beitr. Geol. Thüringen, **8**, 4/5, S. 167—189, 3 Tab., Jena 1947.
- WENGER, R.: Die germanischen Ceratiten. — Palaeontographica, A, **108**, S. 57—129,  
44 Abb., Taf. 8—20, 17 Tab., Stuttgart 1957.
- WUNDERLICH, H. G.: Quellungsdruck bindiger Bodenarten als Schadensfaktor in der  
Bauwirtschaft und Agens der physikalischen Verwitterung. — Geol. Mitt., **6**, S. 15  
bis 28, 4 Abb., Aachen 1966.

Manuskript eingegangen am 28. 2. 1969

# Die Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke

Von

**DIETRICH RAMBOW**, Wiesbaden

Mit Tafel 7

**Kurzfassung:** Es wird eine neue Karte der Tertiärbasis der Niederhessischen Senke vorgelegt. In die Karte ist die Unterlage des Tertiärs eingetragen.

## Inhalt

1. Einführung . . . . .	226
2. Die vorliegenden Bohrungen und ihre Auswertung . . . . .	227
3. Die Tertiärbasis. . . . .	227
4. Ausblick . . . . .	228

## 1. Einführung

Diese Arbeit ist dem Andenken an HANS UDLUFT gewidmet.

UDLUFT & LANG haben 1956 eine Strukturkarte der Niederhessischen Senke, bezogen auf die Tertiärbasis, veröffentlicht. Die Karte gibt ein Bild der Höhenlage der Tertiärbasis und eine tektonische Deutung dieses Bildes. 1959 haben die gleichen Autoren, hierauf aufbauend, über die Niederhessischen Braunkohlen in ihrer Abhängigkeit von den faziellen Verhältnissen des tertiären Sedimentationsraumes berichtet. In der Zwischenzeit ist die Kenntnis des Tertiärs durch eine große Zahl von Neuaufschlüssen (Braunkohlenuntersuchungsbohrungen, Brunnenbohrungen, Baugrundbohrungen) wesentlich erweitert worden. RITZKOWSKI hat 1965 eine Arbeit über das marine Oligozän im nördlichen Hessen vorgelegt. Neuerdings hat der gleiche Autor in einer Arbeit über die Tektonik der Braunkohlenlagerstätte von Borken einen Tiefenlinienplan der Basis des Borkener Hauptflözes für den Bereich zwischen Fritzlar und Dillich veröffentlicht.

Da z. Z. die Untersuchungen der Braunkohlenindustrie einen gewissen Abschluß erreicht haben, erschien es gerechtfertigt, die seinerzeit von UDLUFT & LANG veröffentlichte Karte der Höhenlage der Tertiärbasis neu zu gestalten.

Die hier vorgelegte Karte stellt eine völlige Neubearbeitung dar, sie ist gegenüber der von UDLUFT & LANG nach N erweitert. Die Anregung zu dieser Neubearbeitung geht auf Herrn Prof. Dr. UDLUFT † zurück.

Auf die Stratigraphie des Tertiärs wird hier nicht eingegangen, es wird auf RITZKOWSKI 1965 verwiesen. Den Bergbaugesellschaften gebührt Dank, daß sie ihre Unterlagen für die Bearbeitung der Karte zur Verfügung stellten. Der Autor dankt außerdem den Herren Dr. HORN und Dr. RÖSING, die Einsicht in ihre unveröffentlichten Kartierungen gewährten.

Die Karte ist eine Anlage zum Gutachten des Hess. Landesamtes für Bodenforschung über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Gebiet des Sonderplanes Wasserversorgung Nordhessen (Auftraggeber: Hess. Landesamt für Gewässerkunde und wasserwirtschaftliche Planung, Wiesbaden).

## 2. Die vorliegenden Bohrungen und ihre Auswertung

Die für die Bearbeitung der Karte zur Verfügung stehenden Bohrungen sind sehr ungleichmäßig über das dargestellte Gebiet verteilt. Im Bereich bauwürdiger oder höffiger Braunkohlenlagerstätten liegen relativ viele Bohrungen vor, in anderen Gebieten nur sehr wenige. Die Braunkohlenbohrungen, die zahlenmäßig alle anderen Bohrungen weit überwiegen, haben jedoch meist die Tertiärbasis nicht erreicht, so daß von der Endteufe aus extrapoliert werden mußte. Hinzu kommt, daß die vorliegenden Schichtenverzeichnisse häufig keine genaue stratigraphische Ansprache zuließen. In neuerer Zeit haben eine Reihe von Wasserbohrungen das Tertiär der Niederhessischen Senke durchörtert, diese Bohrungen gaben einen sehr guten Aufschluß über die Unterlage des Tertiärs. In einigen Gebieten mit geringer Tertiärbedeckung konnten außerdem Baugrundbohrungen mitverwandt werden.

Trotz der zahlreichen Bohrungen ist es immer noch nicht möglich, die Höhenlage der Tertiärbasis für alle Gebiete anzugeben. Im Gebiet des Homberger Hochlandes mußten noch zwei Gebiete „weiß“ bleiben. Aber auch in den nichtweißen Gebieten ist der Genauigkeitsgrad der Karte, je nach den vorliegenden Bohrungen, unterschiedlich. Unsicherheiten bestehen insbesondere im Gebiet zwischen Frielendorf, Homberg und Leuderode und im Habichtswald; in beiden Gebieten dürften neue Aufschlüsse die Darstellung weiter differenzieren.

Inwieweit das auf der Karte als isoliertes Vorkommen dargestellte Tertiär südlich Fritzlar tatsächlich vom übrigen Tertiär getrennt ist, ist bisher gleichfalls unsicher. Auch der Rand des Tertiärs läßt sich in vielen Fällen nur angenähert darstellen. Bei der vorliegenden Karte wurde in der Regel so verfahren (z. T. anders als UDLUFT & LANG), daß bei nicht sicher einzustufenden Sedimenten oder bei nur sehr geringmächtigem Tertiär kein Tertiär dargestellt wurde. So ist es z. B. möglich, daß die Tertiärverbreitung nördlich Fritzlar, wie auch in anderen Gebieten größer als hier dargestellt ist.

Auf die Darstellung von Störungen wurde bewußt verzichtet. In gut erschlossenen Gebieten wäre diese durchaus möglich (RITZKOWSKI 1968), in anderen Gebieten dagegen würden Störungen wegen der geringen Aufschlußdichte z. T. äußerst hypothetischen Charakter besitzen.

## 3. Die Tertiärbasis

Die hier durch Höhenlinien dargestellte Fläche gibt die Höhenlage der Basis der tertiären Sedimente wieder. Sie stellt den derzeitigen Zustand dar und nicht die Konfiguration des Sedimentationsraumes. Die vorliegende Tertiärbasisfläche hat folgende Entstehungsursachen: das präsedimentäre Relief, die syndimentäre Tektonik und die postsedimentäre Tektonik. Das präsedimentäre Relief ist seinerseits durch eine präsedimentäre Tektonik mitgeprägt. Die tertiären Sedimente liegen

unterschiedlich alten Gesteinen auf, neben dem Röt und älteren Folgen des Buntsandsteins dem Muschelkalk und im Homberg-Mardorf-Lendorfer Graben wohl auch jüngeren Gesteinen. Die Darstellung der Unterlage des Tertiärs ist naturgemäß auch mit Unsicherheiten belastet, da die Zahl der Bohrungen, die eine eindeutige Ansprache der Unterlage erlauben, in einzelnen Gebieten gering ist.

#### 4. Ausblick

Die hier vorgelegte Karte stellt die z. Z. bekannte Situation dar. Es ist beabsichtigt, die Bearbeitung in Richtung auf eine tektonische Deutung weiterzuführen. Hierzu wird das hier vorgelegte Bild unter Einbeziehung der umgebenden Grabenstrukturen und des Reinhardswaldes in einen weiteren tektonischen Rahmen gestellt werden. Auch ist beabsichtigt, soweit dies möglich ist, durch die Darstellung der Höhenlage anderer Bezugshorizonte, z. B. Rötbasis, das Bild zu ergänzen, um zu weiteren Aussagen über die Entstehungsgeschichte der Niederhessischen Senke zu gelangen.

#### Schriftenverzeichnis

- RITZKOWSKI, S.: Das marine Oligozän im nördlichen Hessen Stratigraphie und Paläogeographie. Diss. (Dissertationsdruck 195 S.) Marburg 1965.  
 — Die Tektonik der Braunkohlenlagerstätte von Borken (Tertiär, nördliches Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 273—280, 3 Abb., Taf. 9, Wiesbaden 1968.  
 UDLUFT, H. & LANG, H. D.: Der Untergrund der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**, S. 184—203, 1 Abb., Taf. 15, Wiesbaden 1956.  
 — Die Niederhessischen Braunkohlen in ihrer Abhängigkeit von den faziellen Verhältnissen des tertiären Sedimentationsraumes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 333—336, 14 Prof. u. Tab., Taf. 20, Wiesbaden 1959.

Die ältere Literatur kann den angeführten Schriften entnommen werden.

Manuskript eingegangen am 9. 4. 1969

# Mikrofaunistische Untersuchungen zur Stratigrafie und Ökologie der Hydrobienschichten (Aquitän, Untermiozän) im Gebiet der Stadt Mainz am Rhein

Von

ELISABETH KUSTER-WENDENBURG, Mainz

Mit 2 Abbildungen, 2 Tabellen und den Tafeln 8-10

**Kurzfassung:** Die Hydrobienschichten im Stadtgebiet von Mainz wurden auf ihre Fossilführung hin untersucht. Die Mikrofossilien werden als Milieuindikatoren benutzt. Es ergibt sich innerhalb der gesamten Schichtenfolge ein wechselnder Salinitätsgrad. Mit Hilfe der Foraminiferen wurde der Versuch unternommen, die Unteren Hydrobienschichten gegenüber den Oberen abzugrenzen.

**Abstract:** In the township of Mainz (Rhine-Main area) the fossil-content in the "Hydrobienschichten" (Aquitanian, Lower Miocene) has been investigated. Microfossils were used for environment indicators. In the complete series of strata changes in salinity was been observed. Based on foraminiferes it was tried to draw the line between the lower and upper "Hydrobienschichten".

**Résumé:** Les fossiles des «Hydrobienschichten» (Aquitaniens, Miocène inférieur) au territoire de la ville de Mayence (sur Rhin) ont été explorées. Comme indicateurs de milieu les microfossiles sont utilisées. En dedans de la suite de couches le degré de salinité est changeant. Au moyen de foraminifères il est essayé de séparer les «Hydrobienschichten» inférieures vers les supérieures.

## Inhalt

1. Einleitung — Allgemeiner geologischer Überblick . . . . .	230
2. Die Mikrofauna in den Hydrobienschichten im bearbeiteten Gebiet . . . . .	231
2.1. Die Foraminiferen . . . . .	231
2.2. Milieudeutung mit Hilfe der Foraminiferen . . . . .	234
2.3. Die Ostracoden . . . . .	334
2.4. Milieudeutung mit Hilfe der Ostracoden . . . . .	235
3. Lithologischer Aufbau und Fossilinhalt der Hydrobienschichten . . . . .	236
3.1. Untere Hydrobienschichten . . . . .	236
3.2. Obere Hydrobienschichten . . . . .	237
3.3. Bemerkungen zur Stratigrafie. . . . .	238
4. Schlußfolgerungen . . . . .	238
5. Zusammenfassung. . . . .	240
6. Anhang . . . . .	240
Schriftenverzeichnis . . . . .	241

### I. Einleitung – Allgemeiner geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt im Mainzer Becken. Seine besondere Situation ergibt sich durch die Rheingrabendepression, welche dieses Gebiet im Osten und Nordosten tangiert. Infolge größerer Senkungsbeträge im Graben wurden die Hydrobienschichten in beiden Sedimentationszonen in unterschiedlicher Mächtigkeit und Faziesausbildung abgelagert. Sie sind außerhalb des Grabens ca. 20 m, in Teilgebieten maximal 50 m mächtig und kalkig-mergelig ausgebildet. Die Grabensedimente dagegen sind bis zu 600 m mächtig und bestehen vorwiegend aus bituminösen Mergeln (FALKE 1960: 69–72).

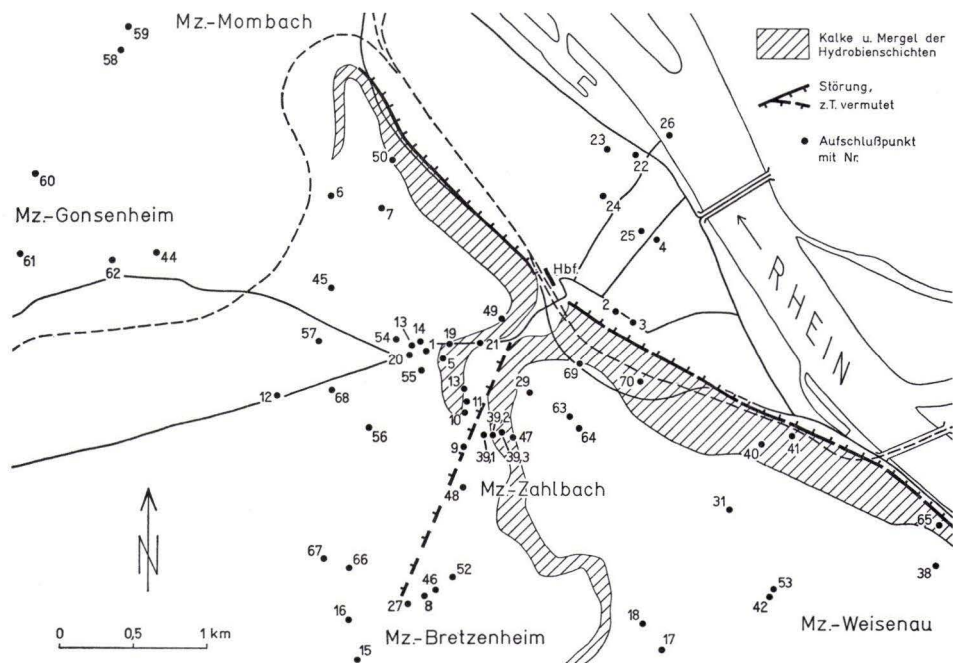


Abb. 1. Lageplan der Aufschlüsse im Stadtgebiet von Mainz.

Die Hydrobienschichten werden in eine untere und in eine obere Schichtenfolge gegliedert. Nach WENZ (1911: 152) gelten als Untere Hydrobienschichten „jene Schichten . . . , die nach dem völligen Erlöschen des *Potamides plicatus* var. *pustulata* durch das plötzliche und massenhafte Auftreten der *Melanopsis fritzei* THOM. (= *callosa* SANDBERGER) charakterisiert sind“. Weiterhin bezeichnet WENZ (1911: 162) auch das Vorkommen der Schnecke *Neritina gregaria* THOM. als typisch für die Unteren Hydrobienschichten. Da diese Leitfossilien jedoch im Mainzer Becken nur stellenweise massenhaft auftreten, ist die Abgrenzung zum Liegenden, den *inflata*-Schichten und zum Hangenden, den Oberen Hydrobienschichten, oft erschwert. Erleichtert wird die Erkennung der Unteren Hydrobienschichten durch zwei weitere

Charakteristika (FALKE 1960: 69, 70), nämlich durch einen Foraminiferenhorizont nahe der Basis (BOZORGNIA 1958: 276, 277) und durch ein *Mytilus*-Pflaster in der Mitte der Schichtfolge.

Die Oberen Hydrobienschichten sind nach WENZ (1911: 179) durch die Leitformen: *Eualopia bulimoides*, *Glandina inflata* et var. *cancellata*, *Archaeozonites increscens*, *Helix moguntina*, *Klikia osculum* var. *depressa* und *Klikia jungi* gekennzeichnet.

Die Probennahme zu dieser Arbeit wurde in den Jahren 1963 bis 1965 durchgeführt<sup>1)</sup>. Gerade in dieser Zeit war die Bautätigkeit in Mainz außerordentlich rege, so konnten insgesamt 85 Aufschlüsse aufgenommen und die Fauna aus ca. 200 Proben untersucht werden.

In dem bearbeiteten Gebiet waren mit Ausnahme der *inflata*-Schichten (in einem einzigen Aufschluß) nur die Hydrobienschichten unter jüngeren Deckschichten (= Flußschotter, Löß und Flugsand) der Bearbeitung zugänglich. Ihre nahezu horizontale Lagerung ermöglichte eine annähernd lückenlose Beobachtung des Fossilinhalts sowohl in seiner vertikalen wie auch in seiner horizontalen Verbreitung. Somit waren besonders günstige Bedingungen für eine Milieubestimmung des Sediments gegeben.

## 2. Die Mikrofauna in den Hydrobienschichten im bearbeiteten Gebiet

Bei der Kartierung der Hydrobienschichten im Stadtgebiet von Mainz war eine stratigrafische Gliederung mit Hilfe der Makrofauna allein im Sinne von WENZ schwer durchzuführen. Die Leitfossilien, *Melanopsis fritzei* und *Neritina gregaria* wurden lediglich an zwei Stellen gefunden, und auch da traten sie nur in äußerst geringer Anzahl auf. Von den Leitformen für die Oberen Hydrobienschichten wurde nicht ein einziges Exemplar gefunden. Es erschien daher angebracht, das Augenmerk auf die Mikrofauna, insbesondere die Foraminiferen und die Ostracoden zu richten. Die Foraminiferen boten sich an durch ihre Vorrangstellung, die sie in der Tertiärstratigrafie einnehmen, und weil sie darüber hinaus als sichere Milieuindikatoren gelten. Die Ostracoden, „ubiquist in Gewässern aller Art, vom hochmarinen Bereich über Lagunen bis zum Süßwassermilieu“ (OERTLI 1963: 54) sind besonders gut geeignet für detaillierte Milieubestimmungen.

### 2.1. Die Foraminiferen

In den Hydrobienschichten im Stadtgebiet von Mainz wurden nur in den stratigrafisch tieferen Lagen Foraminiferen gefunden. Es sind folgende Arten:

Familie:	Milionidae
Gattung:	<i>Quinqueloculina</i> D'ORBIGNY 1826
	<i>Quinqueloculina seminulum</i> (LINNAEUS 1758)
Familie:	Ophthalmidiidae
U.-Familie:	Cornuspirinae
Gattung:	<i>Cornuspira</i> SCHULTZE 1854
	<i>Cornuspira</i> sp.

<sup>1)</sup> Die vorliegende Arbeit ist ein Auszug aus der unveröffentlichten Diplomarbeit mit dem Thema: „Geologische Kartierung (= Baugrubenkartierung) des Stadtgebietes von Mainz unter besonderer Berücksichtigung der Mikro- und Makrofauna“.

Tab. 1. Häufigkeitsverteilung der Ostracoden und Foraminiferen

		UNTERE HYDROBIENSCHICHTEN																															
AUFSCHLUSS PROBE	NUMMER NUMMER	47				27				65				21-20				45															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Eucypris agglutinans</i>	LIENENKLAUS	■																															
<i>Stenocypris</i> sp.																																	
<i>Candona recta</i>	LIENENKLAUS	■																															
<i>Candona rhenana</i>	LIENENKLAUS																																
<i>Candona praecox</i>	STRAUB																																
<i>Cypridopsis kinkelini</i>	LIENENKLAUS																																
<i>Cypridopsis</i> (?) sp.		■																															
<i>Cypretta</i> sp.																																	
<i>Ilyocypris tribulata</i>	LIENENKLAUS																																
<i>Ilyocypris tuberculata</i>	LIENENKLAUS																																
<i>Cyclocypris</i> (?) <i>similis</i>	LIENENKLAUS	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cypria</i> (?) <i>curvata</i>	LIENENKLAUS	■	■																														
<i>Cyprinotus parvus</i>	LIENENKLAUS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cyprideis</i> cf. <i>rhenana</i>	LIENENKLAUS																																
<i>Cytheromorpha zinddorfi</i>	LIENENKLAUS																																
<i>Cytheromorpha</i> cf. <i>zinddorfi</i>	LIENENKLAUS																																
<i>Quelobolusina seminulum</i>	LINNAEUS	■																															
<i>Balvina moguntiaci</i>	BARTENSTEIN & HEINEMANN	■																															
<i>Bulimina elongata</i>	D'ORBIGNY																																
<i>Buliminella elegantissima</i>	D'ORBIGNY																																
<i>Nonion demens</i>	BIK	■																															
<i>Nonion granosum</i>	D'ORBIGNY																																
<i>Nonion nonioninoides</i>	ANDREAE																																
<i>Elphidium</i> sp.																																	
<i>Cornuspira</i> sp.																																	
<i>Rosalina globularis</i>	D'ORBIGNY																																

In Tab. 1 wurden die Arten *Cytheromorpha zinddorfi* u. *Cytheromorpha* cf. *zinddorfi* wesentlich vertauscht, die Mengenangaben von *C. zinddorfi* gelten für *C. cf. zinddorfi* und umgekehrt.

Familie: Nonionidae

Gattung: *Nonion* MONTFORT 1808

*Nonion granosum* (D'ORBIGNY 1846)

*Nonion demens* BIK 1965

*Nonion ? nonioninoides* (ANDREAE 1884)

Familie: Elphidiidae

Gattung: *Elphidium* MONTFORT 1808

*Elphidium* sp.

Familie: Rotaliidae

Gattung: *Rosalina* D'ORBIGNY 1826

*Rosalina globularis* D'ORBIGNY 1826

Familie: Buliminidae

U.-Familie: Bulimininae

Gattung: *Bulimina* D'ORBIGNY 1846

*Bulimina elongata* D'ORBIGNY 1846





## 2.2. Milieudeutung mit Hilfe der Foraminiferen

Aus Beobachtungen an rezenten Faunen ist bekannt, daß Foraminiferen gute Milieuanzeiger sind (BARTENSTEIN 1938, BARTENSTEIN & BRAND 1938, BRAND 1941, CUSHMAN 1949, HAAKE 1962, G. RICHTER 1962, 1964a, 1964b, 1967 und VANGEROW 1965). Es darf angenommen werden, daß die ökologischen Eigenheiten der rezenten Formen auch für die Milieubestimmung känozoischer und sogar mesozoischer Sedimente gelten (HILTERMANN 1963: 49). Neben den rein marinen Foraminiferen gibt es bestimmte Brackwasserbewohner, zu denen die Elphidien, Nonioniden und die Milioliden gehören (HILTERMANN 1963: 50). Vertreter dieser Familien bilden die Mehrzahl der in den Hydrobienschichten gefundenen Foraminiferen. Sie zeigen für diese Schichten damit ein Brackwassermilieu an. Die Vertreter der Buliminidae, in marin-brackischem Milieu lebensfähig, deuten eine zunehmende Aussüßung durch Krüppelbildung an (BARTENSTEIN & HEINEMANN 1954: 29–34). Demnach sind für die foraminiferenführenden Schichten marin-brackische bis brackische Umweltbedingungen anzunehmen.

## 2.3. Die Ostracoden

Im Gegensatz zu den Foraminiferen, die nur in bestimmten Horizonten gefunden wurden, waren Ostracoden in der gesamten Schichtenfolge zu finden. Es sind nachstehend aufgeführte Arten:

- Familie: Cyprididae  
 U.-Familie: Cypridinae  
 Gattung: *Cyprinotus* BRADY 1886  
*Cyprinotus parvus* (LIENENKLAUS 1905), s. Taf. 8 Fig. 4, 4a, 4b
- Tribus: Cypridopsini  
 Gattung: *Cypridopsis* BRADY 1868  
*Cypridopsis kinkelini* LIENENKLAUS 1905  
*Cypridopsis* (?)<sup>1</sup> *similis* (LIENENKLAUS 1905), s. Taf. 8 Fig. 1, 1a  
*Cypridopsis* (?) n. sp., s. Taf. 8 Fig. 3, 3a
- Tribus: Erpetocyprini  
 Gattung: *Stenocypris* SARS 1889  
*Stenocypris* sp.
- Tribus: Cypridini  
 Gattung: *Eucypris* VAVRA 1892  
*Eucypris agglutinans* (LIENENKLAUS 1905)  
 Gattung: *Cypria* ZENKER 1854  
*Cypria* (?)<sup>2</sup> *curvata* (LIENENKLAUS 1905), s. Taf. 8 Fig. 1, 1a
- U.-Familie: Candoninae  
 Gattung: *Candona* BAIRD 1845  
*Candona recta* LIENENKLAUS 1905  
*Candona rhenana* LIENENKLAUS 1905

<sup>1</sup>) u. <sup>2</sup>) Nach TRIEBEL, Frankfurt, (freundliche mündl. Mitteilung) sind diese Gattungsnamen noch nicht endgültig festgelegt.

- U.-Familie: Ilyocypridinae  
 Gattung: *Ilyocypris* BRADY & NORMAN 1889  
*Ilyocypris tribullata* LIENENKLAUS 1905  
*Ilyocypris tuberculata* LIENENKLAUS 1905  
 Familie: Cytheridae  
 U.-Familie: Loxoconchinae  
 Gattung: *Cytheromorpha* HIRSCHMANN 1909  
*Cytheromorpha zinndorfi* (LIENENKLAUS 1905)  
*Cytheromorpha cf. zinndorfi* (LIENENKLAUS 1905), s. Taf. 19 Fig. 1, 1a—1g  
 U.-Familie: Cytherideinae  
 Tribus: (Cytherideinae)  
 Gattung: *Cyprideis* JONES 1857  
*Cyprideis cf. rhenana* LIENENKLAUS 1905, s. Taf. 10 Fig. 1, 1a—1g

Auch die Ostracoden sind in Tab. 1 eingetragen. Es fällt auf, daß *Cypridopsis* (?) *similis*, *Cyprinotus parvus* und *Cypria* (?) *curvata* die häufigst vorkommenden Ostracoden sind, und daß die beiden ersteren fast gleichmäßig in allen Horizonten auftreten. *Cyprideis cf. rhenana* und *Cytheromorpha cf. zinndorfi* dagegen haben ihre Hauptverbreitung in den unteren Partien und erscheinen nach einer Lücke erst in den oberen Lagen der höheren Schichten wieder.

#### 2.4. Milieudeutung mit Hilfe der Ostracoden

Für die Milieuindikation gelten, wie bei den Foraminiferen, die an der rezenten Fauna beobachteten Eigenheiten, zumindest für die Gattungen, deren Vertreter bis ins Tertiär zurückzuverfolgen sind (OERTLI 1963: 53). Es gibt bei den Ostracoden zwei sozusagen gegenpolige Überfamilien, einmal die Cypridacea, deren Hauptverbreitung im limnischen Milieu liegt und zum anderen die Cytheracea, die überwiegend im marinen Bereich leben. Beide Milieugruppen haben ihre Vertreter im Brackwasser. OERTLI (1963: 58) stellte diese „Brackwassergattungen“ in einer Tabelle (Tab. 2) in Abhängigkeit von ihrer Salzverträglichkeit zusammen. Ein Auszug aus dieser Tabelle bringt die für diese Ausführung wichtigen Gattungen:

Tab. 2. Ostracodengattungen in Abhängigkeit von ihrer Salzverträglichkeit (8 nach OERTLI 1963: 58)

Gattung	ungefähres Milieu				
	limnisch	brackisch			marin
NaCl ‰	0,0	0,5	5	18	30
<i>Ilyocypris</i>	—————		-----		
<i>Candona</i>	—————		-----		
<i>Cypridopsis</i>			—————	-----	
<i>Cytheromorpha</i>	—	—————	-----	-----	-----
<i>Cyprideis</i>	—	—————	-----		

In den bearbeiteten Proben aus den Hydrobienschichten im Mainzer Stadtgebiet sind sowohl limnische als auch marine Ostracoden und ihre brackischen Zwischenformen vertreten. In der Übersichtstabelle (Tab. 1) ist gut zu erkennen, daß die marin-brackischen Gattungen (bzw. ihre Arten) in den unteren Schichten überwiegen. Die limnisch-brackischen Gattungen sind z. T. mit ihnen vergesellschaftet. In den oberen Schichten überwiegen jedoch die limnischen Gattungen. Nur in dem höheren Teil der oberen Lagen treten die marin-brackischen Arten noch einmal kurzfristig auf. Daraus geht hervor, daß in den unteren Lagen marin-brackische Bedingungen herrschten, in den höheren limnische und im höchsten Teil der oberen Lagen kurzfristig wieder brackische.

### 3. Lithologischer Aufbau und Fossilinhalt der Hydrobienschichten

Ordnet man die in Tab. 1 nebeneinandergestellten Einzelaufschlüsse stratigrafisch, so ergibt sich für den lithologischen Aufbau und für die Faunenassoziation der Hydrobienschichten vom Liegenden zum Hangenden folgendes Bild:

#### 3.1. Untere Hydrobienschichten

Über den *inflata*-Schichten setzen die Unteren Hydrobienschichten mit dunkelbraunen, leicht sandigen Mergeln ein, die von rötlichgrauen Sanden überlagert werden. Mergel und Sande zusammen erreichen eine Mächtigkeit von 0,30 m (s. Abb. 2, Horizont 1). Die Fossilien (*Limnaea* sp., *Planorbis* sp., *Candona recta* und *Candona rhenana*, s. Probe 47/1, Tab. 1) weisen sie als limnische Sedimente aus. *Ophisaurus*-Reste, die wiederholt in diesen Schichten vorkommen, zeigen an, daß dieser Sedimentationsbereich landnah gelegen war. Unmittelbar über den rötlich-grauen Sanden liegen mittelbraune Mergel, 0,90 m mächtig (s. Abb. 2, Horizont 2), die u. a. Foraminiferen (*Nonion demens*, *Bolivina moguntiacae*, *Quinqueloculina seminulum*) und Ostracoden (*Cytheromorpha* cf. *zinddorfi*) führen, wodurch sie als marin-brackische Sedimente gekennzeichnet sind. Der Wechsel von limnischem zu marin-brackischem Milieu erfolgte unvermittelt. Bei Aufschluß 45 sind diese Mergel unmittelbar über den Sanden schwarzbraun gefärbt. Sie führen hier Pollen von Nadelhölzern, Laubhölzern u. a. (detaillierte Angaben hierüber s. Diplomarbeit Kuster-Wendenburg, 1965, Geol. Inst. Mainz)<sup>1</sup>).

Die Mergel werden von ca. 1,50 m mächtigen Schichten überlagert, die aus feinsplattigen oder grobgebankten gelblich-weißen Kalken und geringmächtigen Mergelzwischenlagen bestehen (s. Abb. 2, Horizont 3). An der Basis der obersten Kalkbank ist in den Aufschlüssen mit den Nummern 65, 21–20, 45 und 50 (im letztgenannten wegen der schlechten Aufschlußverhältnisse nur andeutungsweise erkennbar) ein *Mytilus*-Pflaster eingelagert. Die Kalke sind im Vergleich mit den Mergeln in ihrem Liegenden fossilarm. Vereinzelt kommen Hydrobien und limnische Ostracoden wie *Cyprinotus parvus* u. a. vor. Die Foraminiferen sind äußerst selten.

<sup>1</sup>) Das Probenmaterial für die Pollenuntersuchungen wurde freundlicherweise von Herrn Dr. v. D. BRELIE im Geologischen Landesamt in Krefeld bearbeitet. Ihm sei an dieser Stelle nochmals herzlichst gedankt.

Im Hangenden der Kalke wechsellagern gelbbraune Kalkmergel mit hellbraunen und dunkelbraunen Mergeln. Kalkmergel und Mergel erreichen eine Gesamtmächtigkeit von 7,00 m (s. Abb. 2, Horizont 4). Auch in diesen Schichten wechselt die Faunenzusammensetzung wiederholt, die Übergänge erfolgen jedoch allmählicher. Die Mergel unmittelbar über den Kalken enthalten Ostracoden, die limnisches Milieu bevorzugen, jedoch in brackischem noch lebensfähig sind (s. hierzu in Tab. 1 die Proben 65/4–7, 21–20/1,45/3,4 und 50/1–5). Vereinzelt tritt in diesem Horizont auch *Melanopsis fritzei* auf, das eigentliche Leitfossil für die Unteren Hydrobienschichten. Darüber zeigt das allmählich verstärkte Auftreten von *Cytheromorpha* cf. *zinnendorfi* und *Cyprideis* cf. *rhenana* und weniger Exemplare von *Quinqueloculina seminulum* eine erneute Zunahme des Salzgehaltes in diesem Sedimentationsbereich an. Wie am häufigeren Vorkommen der Foraminiferen (*Bolivina moguntiacae*, *Bulimina elongata*, *Nonion demens* und anderer *Nonion*-Arten, *Rosalina globularis* und *Cornuspira* sp.) im mittleren Teil der Mergelschichten zu beobachten ist, verstärkt sich dieser marine Einfluß noch. In den oberen Mergeln sind nur noch vereinzelt Foraminiferen zu finden. In den Oberen Hydrobienschichten fehlen sie vollkommen. Auch die Ostracodenfauna paßt sich diesem Wechsel von marin-brackisch zu limnisch an.

### 3.2. Obere Hydrobienschichten

Die Oberen Hydrobienschichten setzen mit einem 1,00 m mächtigen Schillhorizont ein, der vorwiegend aus den Gehäusen der Schnecke *Hydrobia elongata* aufgebaut ist (s. Probe 21–20/9 in Tab. 1 und in Abb. 2 Horizont 5). Darüber folgen in Wechsellagerung bröckelige hellgelbe Mergelkalke, feste gelbbraune Kalkmergel und mittelbraune und graue Mergel. Die Gesamtmächtigkeit dieses Schichtpaketes beträgt ca. 7,00 m; die einzelnen Lagen erreichen eine Mächtigkeit von 0,50 m (s. Abb. 2, Horizont 6). Sie zeichnen sich durch 2–3 cm dünne Horizonte aus, die braun-schwarz gefärbt sind und vermutlich organischen Ursprungs sind. Pollenuntersuchungen, die an Proben aus den Aufschlüssen 21–20, 56 und 42 durchgeführt wurden, hatten allerdings nur negative Ergebnisse.

Die über diesen Lagen folgenden Schichten sind nur noch lokal vertreten. Sie bestehen fast ausschließlich aus hellbraunen Mergeln, die überaus reich an Hydrobiengehäusen und Dreissenien sind. Lagenweise treten die Mergel zugunsten der Hydrobiengehäuse vollkommen zurück. Die Gehäuse sind stellenweise durch Kalk fest verkittet. Diese Schichten sind örtlich von Algenstotzen durchwachsen, die mitunter beträchtliche Ausmaße (50,00 × 80,00 m an der Saarstraße) erreichen, (s. Abb. 2, Horizont 7). Ein weiterer Schillhorizont folgt im Hangenden dieser Schichten. Er ist jedoch nur noch in Nähe der Goldgrube erhalten (Tab. 1, Proben 31/1, 2). Hier fehlen die Hydrobien völlig. Dagegen treten in großer Menge Dreissenien auf, die mit *Viviparus pachystoma*, *Potamides* sp. und *Cepaea* sp. vergesellschaftet sind. Dieser Schillhorizont wird überlagert von Mergelkalken, Kalkmergeln und Mergeln, die Fischotolithen in großer Menge führen und in denen nach zeitweiligem Aussetzen noch einmal die Ostracoden *Cytheromorpha zinnendorfi* und *Cyprideis* cf. *rhenana* auftreten (s. Tab. 1, Probe 31/3–5 und Abb. 2, Horizonte 8 u. 9). An dieser

Stelle werden ausnahmsweise einige Bemerkungen zur Makrofauna, speziell zu den Gastropoden eingefügt:

Das Vorkommen von *Potamides* sp. in den Oberen Hydrobienschichten erscheint ungewöhnlich — läßt doch WENZ (1911: 152, s. auch S. 230) die Hydrobienschichten da beginnen, wo *Potamides plicatus* var. *pustulata* völlig erlischt.

Jedoch sind schon des längeren „Cerithien“-Vorkommen in den Oberen Hydrobienschichten von anderen Stellen bekannt. So berichteten DOEBL & MALZ 1962 und WELLER 1963 von Vorkommen im Rheingraben und BEST & WIESNER 1966 aus dem Raum von Frankfurt. Eine Besonderheit des *Potamides*-Vorkommens in den Oberen Hydrobienschichten im Gebiet von Mainz ist die Assoziierung der marinen Potamiden mit limnischen Vivipariden. Für dieses Phänomen bieten sich folgende Deutungsversuche an:

1. *Viviparus* ist autochthon — die Schnecken lebten in einer Flußmündung, durch eine Meeresüberflutung wurde *Potamides* herangeschwemmt.
2. *Potamides* ist autochthon und *Viviparus* wurde aus einem Flußmündungsbereich ins Becken gedriftet. Diese zweite Möglichkeit bietet sich als die wahrscheinlichere an, da an rezenten Viviparen postmortale Verdriftungen über mehrere Kilometer Entfernung von einem Süßwasserstrom beobachtet wurden (REMANE 1963: 12). Auch die Mikrofauna, *Cytheromorpha* und *Cyprideis* in den überlagernden Schichten sprechen für die Wahrscheinlichkeit des zweiten Deutungsversuches.

### 3.3. Bemerkungen zur Stratigrafie

Das Normalprofil für die Unteren und Oberen Hydrobienschichten im Gebiet der Stadt Mainz ist in Abb. 2 dargestellt. Hierbei ist das lithologische Profil mit dem Milieucharakter, der sich aus den Faunenuntersuchungen ergeben hat, in Verbindung gesetzt. Das Bild zeigt grundsätzlich einen mehrfachen Wechsel des Milieucharakters innerhalb der gesamten Schichtenfolge. In den tieferen Lagen herrscht ein brackisches bis marin-brackisches Milieu vor, während die höheren Schichten vorwiegend limnisch sind und nur zwei brackische Einschaltungen aufweisen. Der entscheidende Milieuwechsel ist in der Mitte des Profils angezeigt und wird durch das Fehlen der Foraminiferen markiert. Es wird vorgeschlagen, das Erlöschen der Foraminiferen als Kriterium bei der Grenzziehung zwischen Unteren und Oberen Hydrobienschichten gelten zu lassen. Die Foraminiferen bieten sich vor allem an, weil sich mit ihrer Hilfe eventuell Parallelen zu den Hydrobienschichten in der Budenheimer Scholle (s. hierzu FALKE 1965: 79–82) und sogar vielleicht zur eigentlichen Grabenfazies des Rheintales (s. BARTENSTEIN & HEINEMANN 1954) ergeben könnten.

### 4. Schlußfolgerungen

Für die Unteren Hydrobienschichten im Stadtgebiet von Mainz ergibt sich eine Gesamtmächtigkeit von ca. 10,00 m. Der untere Teil besteht vorwiegend aus Kalken, während im oberen Teil Mergel vorherrschen. Innerhalb der gesamten Schichtenfolge

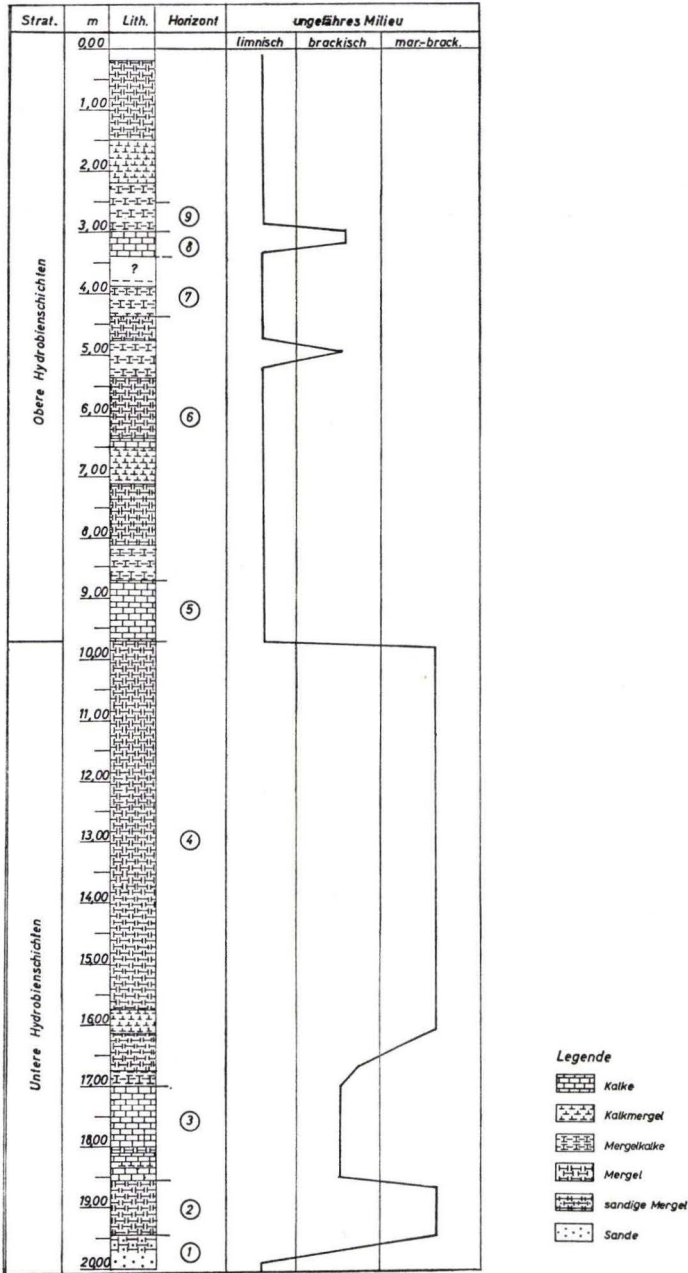


Abb. 2. Lithologie und Milieu der Hydrobienschichten im Stadtgebiet von Mainz.

gibt es Anzeichen für zwei marine Ingressionen. Die erste und kürzere liegt nahe der Basis (s. a. BOZORGNIA 1960: 276 u. 277), die zweite und längere setzte in der Mitte ein und hielt bis gegen Ende der Unteren Hydrobienschichten an.

Die Abgrenzung zu den Oberen Hydrobienschichten kann nach den obigen Befunden nur mit Hilfe der Foraminiferenführung vorgenommen werden, da *Melanopsis fritzei*, das Leitfossil, nur in einem einzigen Horizont vorkommt. Sollte die Foraminiferenführung auch außerhalb des bearbeiteten Gebietes als charakteristisches Merkmal der Unteren Hydrobienschichten angesehen werden können, so ließe sich sagen, daß unmittelbar über dem zweiten Foraminiferenhorizont die Grenze zwischen den Unteren und Oberen Hydrobienschichten liegen sollte. In den überlagernden Schichten wurden in keinem Aufschluß innerhalb des Gebietes Foraminiferen gefunden.

Das Bild der Oberen Hydrobienschichten läßt erkennen, daß der überwiegende Teil der Fauna einen limnischen Charakter hat. In den höheren Lagen gibt es zwei Horizonte leichter Verbrackung, die durch *Cytheromorpha* und *Cyprideis* sowie durch *Potamides* gekennzeichnet sind.

### 5. Zusammenfassung

Im Stadtgebiet von Mainz werden die Mikrofossilien, insbesondere die Foraminiferen und Ostracoden der Hydrobienschichten untersucht.

Die Foraminiferen kommen nur in den Unteren Hydrobienschichten vor. Zusammen mit den ihnen assoziierten typischen Ostracoden ergab sich folgender Wechsel des Milieucharakters der Sedimente der Unteren Hydrobienschichten: limnisch-brackisch — marin-brackisch — brackisch — marin-brackisch.

Die Unteren Hydrobienschichten enden mit dem letzten Foraminiferenvorkommen.

Die Sedimente der Oberen Hydrobienschichten haben nach der Ostracodenfauna vorwiegend limnischen Charakter. Nur in den oberen Partien sind leichte Schwankungen zum brackischen hin angezeigt. Das wird u. a. durch das Vorkommen von Potamiden in dem obersten Horizont bestätigt.

Typisch für die gesamten Hydrobienschichten ist eine Wechsellagerung von Mergeln, Kalken, Kalkmergeln und Mergelkalken.

### 6. Anhang

Herrn Professor FALKE bin ich zu großem Dank verpflichtet für die verständnisvolle Unterstützung während der Durchführung der Diplom-Arbeit und für die Erlaubnis zur Veröffentlichung.

Herrn Professor TOBIEN sei an dieser Stelle für sein reges Interesse an dieser Arbeit und für wertvolle Hinweise besonders gedankt. Für die freundliche Anleitung und seine unentbehrliche Hilfe bei der Bestimmung der Ostracoden und für wichtige phototechnische Ratschläge bedanke ich mich herzlich bei Herrn Dr. TRIEBEL, Frankfurt. Auch Herrn Dr. DOEBL, Landau, schulde ich für die Beratung bei der Bestimmung der übrigen Mikrofossilien großen Dank.

Nicht unerwähnt bleiben darf die von der Stadtverwaltung und den Baubehörden in dankenswerter und verpflichtender Weise gewährte finanzielle und technische Unterstützung.



## Aufschlußverzeichnis

Aufschluß-Nr.	Baugrube
47	Universitätskliniken oberhalb der Unteren Zahlbacher Straße, r 34 46 710, h 55 39 770
27	Bretzenheim, Mühlbach, Hausnr. 19, r 34 46 020, h 55 38 590
65	Rheinstraße, Hausnr. 7, r 34 49 602, h 55 39 170
20—21	Saarstraße, Straßenbaustelle, r 34 46 480, h 55 40 380
45	Am Fort Gonsenheim, Ketteler Kolleg, r 34 45 800, h 55 40 780
50	Wallstraße, Böschunganschnitt, r 34 45 860, h 55 41 645
56	Universitätsgelände, Joachim-Becher-Weg, r 34 45 730, h 55 39 820
31	Goldgrube, Hausnr. 40, r 34 48 190, h 55 39 250

Daten der übrigen Aufschlußpunkte sind in der unveröffentlichten Diplomarbeit im Geologischen Institut der Universität Mainz einzusehen.

## Schriftenverzeichnis

- BARTENSTEIN, H. & HEINEMANN, W.: Brackwasser-Foraminiferen im oberen Aquitan des Mittelrhein-Gebietes. Ein Beitrag zur Grenzziehung zwischen den Corbicula- und Hydrobienschichten innerhalb der Beckenfazies. — *Senck. leth.*, **35**, S. 23—25, Frankfurt a. M. 1954.
- BASSIOUNI, M. A.: Untersuchungen an den Miozän-Ostracoden. — *Meyniana*, **10**, S. 37, Kiel 1961.
- BEST, G. & WIESNER, E.: „Cerithien“ aus den Hydrobienschichten von Frankfurt am Main und Umgebung. — *Jb. Nass. Ver. Naturk.*, **98**, S. 55—63, Wiesbaden 1966.
- BOETTGER, O.: Die fossilen Mollusken der Hydrobienkalk von Budenheim bei Mainz. — *Nachr.-Bl. dt. malakozool. Ges.*, **40**, S. 145—157, 1908.
- Nachtrag zu „Die fossilen Mollusken der Hydrobienschichten von Budenheim bei Mainz“. — *Nachr.-Bl. dt. malakozool. Ges.*, **41**, S. 19—25, 1909.
- BOZORGNIA, F.: Das Tertiär zwischen Weisenau und Gau-Bischofsheim mit besonderer Berücksichtigung der mikropaläontologischen Untersuchungen im Steinbruch Weisenau. Diss., Mainz 1958.
- CUSHMAN, J. A.: Foraminifera, their classification and economic use. 4. edition, Cambridge/Massachusetts (Harvard University Press) 1950.
- DOEBL, F.: Fazies und Mikropaläontologie des Miozän im Rheintalgraben und seine Verbindung zu den benachbarten Tertiärgebieten. — *Meyniana*, **10**, S. 89—93, Kiel 1961.
- DOEBL, F. & MALZ, H.: Tertiär des Rheintal-Grabens. In: Leitfossilien der Mikropaläontologie, S. 379—389, Berlin-Nikolassee (Bornträger) 1962.
- DROOGER, C. W. & BATJES, D. A. J.: Miozäne planktonische Foraminiferen und Globigerinen des Nordseebeckens. — *Meyniana*, **10**, S. 18—20, Kiel 1961.
- FALKE, H.: Rheinhessen und die Umgebung von Mainz. — Sammlung Geologischer Führer, **38**, Berlin-Nikolassee (Bornträger) 1960.
- Das Aquitan im Ostplateau des nördlichen Rheinhessens. — *Senck. leth.*, **46a** (Weiler-Festschrift), S. 61—84, Frankfurt a. M. 1965.
- HAAKE, F.: Untersuchungen an der Foraminiferen-Fauna im Wattgebiet zwischen Langeoog und dem Festland. — *Meyniana*, **12**, S. 25—64, Kiel 1962.
- HILTERMANN, H.: Klassifikation der natürlichen Brackwässer. — *Erdöl u. Kohle*, **2**, S. 4—8, Hamburg 1949.

- Erkennung fossiler Brackwassersedimente unter besonderer Berücksichtigung der Foraminiferen. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **10**, S. 49—52, Krefeld 1963.
- KLIE, W.: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise. 34. Tl.: Krebstiere oder Crustacea, III Ostracoda, Muschelkrebse. Jena (Fischer) 1938.
- LIENENKLAUS, E.: Die Ostracoden des Mainzer Tertiär-Beckens. — Ber. senck. naturf. Ges., 1905, S. 3—67, Frankfurt a. M. 1905.
- MORKHOVEN, F. P. C. M. VAN: Post-Palaeozoic Ostracoda. Amsterdam (Elsevier Publishing Company) 1962.
- OERTLI, H. J.: Fossile Ostracoden als Milieuindikatoren. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **10**, S. 53—66, Krefeld 1963.
- POKORNY, V.: Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. **1** u. **2**, Berlin (VEB-Verlag) 1958.
- REMANE, A.: Biologische Kriterien zur Unterscheidung von Süß- und Salzwassersedimenten. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **10**, S. 9—34, Krefeld 1963
- RICHTER, G.: Faziesbereiche rezenter und subrezenter Wattsedimente nach ihren Foraminiferen-Gemeinschaften. — Senck. leth., **48**, S. 291—335, Frankfurt a. M. 1967.
- SANDBERGER, F.: Die Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens. Wiesbaden 1863.
- SONNE, V.: Die Ablagerungen des Aquitans in der Umgebung von Mainz. — Senck. leth., **46a** (Weiler-Festschrift), S. 377—388, Frankfurt a. M. 1965.
- STEUER, A.: Die Hydrobienschichten. In: Erl. geol. Spec.-Kte. Preußen u. benachb. B.-St., Bl. Wiesbaden-Kastel, S. 18—20, Berlin 1922.
- TRIEBEL, E.: Mikrofossilien aus dem Untergrund der Stadt Frankfurt a. M. — Natur u. Museum, **93**, S. 209—221, Frankfurt a. M. 1963.
- Zur Morphologie und Ökologie der fossilen Ostracoden. — Senckenbergiana, **23**, S. 294—400, Frankfurt a. M. 1941.
- VANGEROW, E. F.: Salzgehalt- und Temperaturschwankungen im Lebensraum der Wattforaminiferen. — Natur u. Museum, **95**, S. 63—66, Frankfurt a. M. 1965.
- WENZ, W.: Die Unteren Hydrobienschichten des Mainzer Beckens, ihre Fauna und ihre stratigraphische Bedeutung. — Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-A. Darmstadt, (VI) **32**, S. 150—184, Darmstadt 1911.

Manuskript eingegangen am 18. 2. 1969

## Korrosionserscheinungen in tertiären Karbonatgesteinen im Untermaingebiet

Von

ARTHUR GOLWER und HELMUT PRINZ, Wiesbaden

Mit 5 Abbildungen und Tafel 11

**Kurzfassung:** Im Untermaingebiet treten in tertiären Karbonatgesteinen Korrosionserscheinungen in Form von Erdfällen, Bodensenkungen und Hohlräumen sowie als eine Zersetzung von festen Gesteinen zu mürben Mergeln oder Tonmergelschlamm auf. Die Korrosion ist vorwiegend auf tektonischen Hochschollen verbreitet. Sie tritt besonders intensiv in grusig-mergeligen Kalkgesteinen zwischen Frankfurt/M.-Sachsenhausen und dem Rodautal auf. Im Rodautal bei Lämmerspiel ist das zeitweise Ausströmen von Gas aus verkarsteten Grundwasserleitern bei Hochwasser bemerkenswert.

Die Korrosionserscheinungen werden beschrieben und ihre Bedeutung für die Bau- praxis und für die Grundwassergewinnung herausgestellt.

**Abstract:** In the lower Main region in calcareous sediments of tertiary age phenomena of corrosion can be found. These phenomena occur as sinks and swallow holes, as cavities and as depressions on the surface. Hard rock very often is decomposed and alteration to friable marl and/or marly mud can be observed.

In marly carbonaceous rocks between Frankfurt/M.-Sachsenhausen and the Rodau- valley corrosion is extremely strong. Near the village of Lämmerspiel during high-water- time gas can be observed coming out of the aquifer, that shows karst-phenomena.

The different forms of corrosion are described, their influences on practical construction and on ground-water-extraction are pointed out.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	243
2. Geologische Übersicht . . . . .	244
3. Korrosionserscheinungen . . . . .	245
3.1. Hanauer Becken . . . . .	246
3.2. Mainzer Becken . . . . .	253
4. Wirtschaftliche Auswirkungen . . . . .	255
Schriftenverzeichnis . . . . .	256

### 1. Einleitung

Im Untermaingebiet sind seit rund 80 Jahren Korrosionserscheinungen in tertiären Karbonatgesteinen beschrieben worden. In den letzten Jahren ist durch Erdfälle bei

Lämmerspiel, Landkreis Offenbach, und durch ergiebige Brunnen der Stadt Mühlheim a. M. die Korrosion von tertiären Karbonatgesteinen für praktische Belange (Gründung von Bauwerken, Wassererschließung) von Bedeutung geworden. Über die dort gemachten Beobachtungen sowie über Korrosionserscheinungen in Frankfurt a. M., Bauschheim, Flörsheim, Hochheim a. M. und Wiesbaden wird in der vorliegenden Arbeit berichtet.

## 2. Geologische Übersicht

Das Untermaingebiet befindet sich in einem tertiären Senkungsraum, der paläogeographisch in das Mainzer Becken, den nördlichen Oberrheingraben und das Hanauer Becken gegliedert wird (GOLWER 1968, S. 159). Durch tektonische Bewegungen während und nach der Sedimentation der tertiären Schichten sind diese paläogeographischen Einheiten in große Hoch- und Tiefschollen und zahlreiche Einzelschollen zerlegt worden. Die größten Tiefschollen des Untermaingebietes sind der nördliche Oberrheingraben und die Hanau-Seligenstädter Senke. Zwischen diesen rheinisch streichenden Grabenzonen erstreckt sich als Hochscholle der Sprendlinger Horst und seine nördliche Fortsetzung.

Im Untermaingebiet treten vom Mitteloligozän bis zum Untermiozän in allen Schichten Karbonatgesteine auf. Die Verbreitung der Karbonatgesteine und ihr Anteil an der Mächtigkeit der einzelnen Schichten ist jedoch sehr unterschiedlich. Zur Zeit des mittleren und oberen Oligozäns war die Kalksedimentation wesentlich geringer als zur Zeit des Untermiozäns. Die mitteloligozänen Mergeltonne, Schluffe und feinkörnigen Sande (Meeressand, Rupelton, Schleichsand) enthalten nur an wenigen Stellen geringmächtige Kalksteine und Kalkmergelsteine (BÖHL 1928, S. 76, MICHELS 1930, S. 20, GOLWER 1968, S. 162). Aus den tonig-mergeligen und schluffig-feinsandigen oberoligozänen Schichten (Cyrenenmergel, Süßwasserschichten) sind Kalksteine und Kalkmergelsteine bei Flörsheim (WENZ 1921, S. 138), Frankfurt/M.-Ostpark (SOLLE 1951, S. 130) und Obertshausen (SCHOTTLER 1922, S. 15) bekannt. Die größte flächenhafte Verbreitung besitzen die oberoligozänen Kalksteine als „Landschneckenkalke“ zwischen Hochheim a. M. und Flörsheim.

Im Untermiozän (Cerithien-, *Corbicula-(inflata-)*, Hydrobien-Schichten und Landschneckenmergel) nahm die Kalksedimentation deutlich zu. Der Kalk wurde überwiegend auf untermeerischen Schwellen (z. B. Frankfurter Schwelle) ausgefällt, während zwischen den Schwellen Mergeltonne mit wenig Kalksteinlagen entstanden und an den Rändern des Sedimentationsraumes (z. B. am Ostrand der Hanau-Seligenstädter Senke und am Nordrand des nördlichen Oberrheingrabens) vorwiegend Tone, Schluffe und Sande abgelagert wurden. Untermiozäne Karbonatgesteine streichen flächenhaft in großen Teilen des Stadtgebietes von Frankfurt a. M., im südlichen Stadtteil von Bad Soden a. Ts., im Gebiet von Bergen-Enkheim und zwischen Offenbach-Bieber, Mühlheim a. M., Lämmerspiel und Hausen unter geringmächtigen Deckschichten aus. Kleinere Vorkommen auf Randschollen sind bei Hochstadt, Langen und Bauschheim erhalten. Das untermiozäne Kalksteinvorkommen im südlichen Stadtgebiet von Wiesbaden befindet sich außerhalb des Untermaingebietes.

### 3. Korrosionserscheinungen

Die primäre Ursache aller Korrosionserscheinungen ist die lösende Wirkung von reinem Wasser oder von Wasser mit freiem Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) auf lösungsfähige Gesteine. Der Lösungsprozeß bei Karbonatgesteinen ist eine durch zahlreiche Gleichgewichte gesteuerte chemische Reaktion, bei der dem freien Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) im Wasser große Bedeutung zukommt. Die früher gebräuchlichen Begriffe der Kalklösung, worunter der chemische Vorgang verstanden wurde, und der Auslaugung, die auch die Hohlraumbildung einschloß, werden seit etwa zwei Jahrzehnten in zunehmendem Maße durch den Begriff der Korrosion abgelöst. BÖGLI (1956, S. 16) versteht unter Korrosion reine Lösungserosion, die durch Lösung abtragend wirkt. Ihr stellt er die mechanische Erosion gegenüber, die durch die kinetische Energie des bewegten Wassers wirksam ist.

Die meisten der mit dem Karstphänomen zusammenhängenden Begriffe stammen aus der jugoslawischen Landschaft Karst. Dort treten Karsterscheinungen besonders typisch auf und sind frühzeitig untersucht worden. Der übergeordnete Begriff für zahlreiche Karsterscheinungen ist die „Doline“. CRAMER (1941, S. 302) versteht darunter eine in sich geschlossene, oberflächlich abflußlose Bodensenke. Je nach Genese werden Einsturzdolinen, Erdfälle, Bodensenkungs-, Schwund-, Nachsackungs- oder Schwemmlanddolinen, Lösungsdolinen u. a. m. unterschieden (CRAMER 1941, S. 327; GEYER 1957, S. 261). Erdfälle sind nach CRAMER (1941, S. 331) Durchbrüche von tiefer liegenden Hohlräumen durch unverkarstete Deckschichten. Analog dazu wird der Begriff „Bodensenkung“ für flache Bodensenkungs-, Schwund- oder Nachsackungsdolinen verwendet.

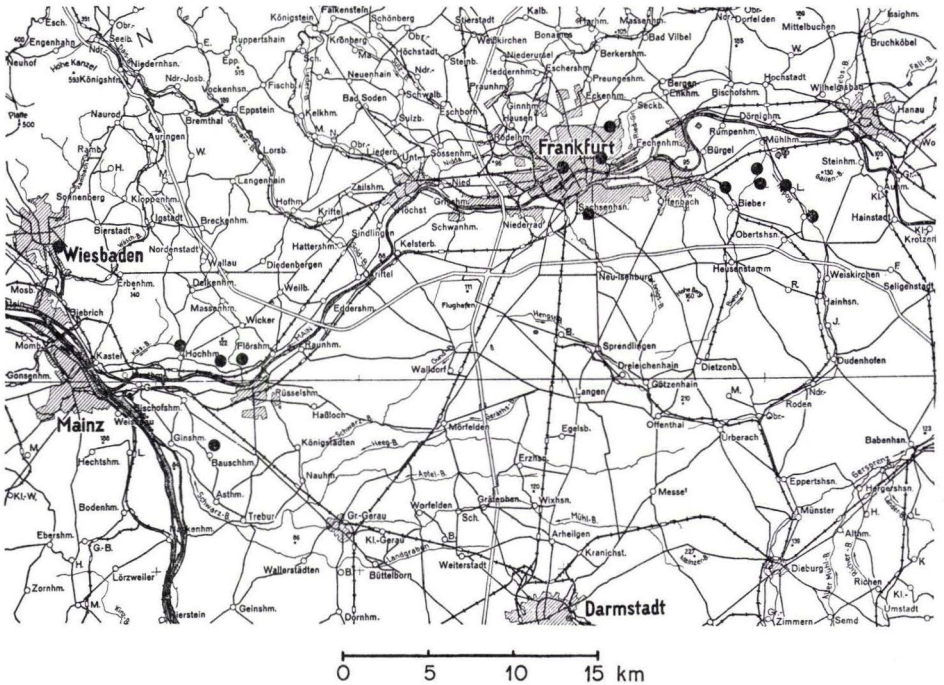
Für das Ausmaß der Korrosion sind die chemische und physikalische Beschaffenheit der Gesteine, die hydrogeologischen und klimatischen Verhältnisse, die Vegetation und die Zeit von Bedeutung. Die Korrosion beginnt immer an Gesteinsflächen, vor allem an wasserwegsamem Klüften, Schichtfugen (BÖGLI 1969) und primären Kavernen (z. B. bei Algenkalken), und führt zur Entstehung oft weit verzweigter Hohlräume, die das Gestein unregelmäßig durchsetzen. Die weitere Entwicklung dieser Hohlformen hängt sehr stark von der Gesteinsbeschaffenheit ab (LEHMANN, H. 1968)<sup>1</sup>).

Im Untermaingebiet begann die Korrosion der tertiären Karbonatgesteine vermutlich im oberen Untermiozän und ist auch heute noch nicht abgeschlossen. Der von BARTZ (1950, S. 223–224) für das rheinhessische Plateau auf Grund der Absenkung der Grundwasseroberfläche angenommene Schwerpunkt der Korrosion im Pleistozän ist nicht zwingend. Nach den Untersuchungen von BÖGLI (1964) werden Karbonatgesteine nicht nur durch biogene Kohlensäure im Sickerwasserbereich, sondern auch unter der Grundwasseroberfläche durch überschüssige freie aggressive Kohlensäure korrodiert, die aus der Mischung von zwei Wässern verschiedenen Kalkgehaltes entsteht. Kohlensäure anderer Entstehung, z. B.  $\text{CO}_2$  vulkanischer Herkunft, spielt im Untermaingebiet bei der Korrosion von Karbonatgesteinen praktisch keine Rolle.

<sup>1</sup>) LEHMANN, H.: Klimavarianz und Petrovarianz des Karstphänomens. Vortrag auf der 58. Jahresversammlung der Geologischen Vereinigung in Göttingen 1968.

## 3.1. Hanauer Becken

Im Hanauer Becken wurden korrodierte tertiäre Karbonatgesteine in Frankfurt a. M., im Gebiet zwischen Offenbach-Bieber und Mühlheim a. M. sowie im Rodautal in Hausen und Lämmerspiel nachgewiesen (Abb. 1). Es sind vorwiegend Karbonatgesteine der *Corbicula-(inflata)-* und Hydrobien-Schichten.



H.L.F.B. / KL 225

Abb. 1. Verbreitung der beschriebenen Korrosionserscheinungen im Untermaingebiet.

## 3.1.1. Frankfurt a. M.

In Frankfurt a. M. streichen auf Grund der tektonischen Verhältnisse südlich des Mains (Frankfurt/M.-Sachsenhausen) Mergeltone und Kalksteine der Cerithien- und *Corbicula-(inflata)-* Schichten, im Stadtzentrum überwiegend Mergeltone und Kalksteine der Hydrobien-Schichten und in den nördlichen Stadtteilen (Frankfurt/M.-Preungesheim, -Eckenheim, -Berkersheim, -Eschersheim, -Ginnheim) zum größten Teil Mergeltone und Kalksteine der Landschneckenmergel unter weniger als 10 m mächtigen quartären Deckschichten aus (WIESNER 1967, S. 6). In den westlichen Stadtteilen Frankfurt/M.-Heddernheim, -Praunheim, -Hausen, -Rödelheim, -Griesheim, -Niederrad und -Schwanheim sind die untermiozänen Schichten, die dort auf Grund der paläogeographischen Lage weniger Kalksteine enthalten, an Störungen des nördlichen Oberrheingrabens abgesunken und an zahlreichen Stellen von über 30 m mächtigen oberpliozänen und quartären Schichten verhüllt. In den Stadtteilen Frankfurt a. M.-Höchst, -Unterliederbach, -Sossenheim und -Nied treten unter weni-

ger als 10 m mächtigen quartären Deckschichten wieder kalksteinreichere untermiozäne Schichten auf. In der Mainniederung im östlichen Stadtgebiet (Frankfurt/M.-Fechenheim) fehlen dagegen untermiozäne Schichten, da sie dort durch tektonische Vorgänge herausgehoben und vom Main abgetragen wurden.

Die Karbonatgesteine im Frankfurter Stadtgebiet bestehen aus dichten Kalksteinen, Dolomitsteinen, Kalkmergelsteinen, Calcareniten und aus porösen Algenkalksteinen. Diese Karbonatgesteine zeigen örtlich deutliche Korrosionserscheinungen. KINKELIN (1900, S. 145—151) beschreibt mehrere gewölbeartige Hohlräume in untermiozänen Kalkgesteinen, die in der Baugrube des Hochbehälters an der Sachsenhäuser Warte zu sehen waren. In dieser 10000 m<sup>2</sup> großen Baugrube wurden mehr als 30 Hohlräume gezählt (KINKELIN 1900, S. 148). Der Grundriß der Hohlräume war meist kreisrund. Die Gewölbe erreichen 2,5 m Höhe und sind bis 3 m breit. Die von KINKELIN (1892, S. 47—49) beschriebenen, mit pleistozänem Sand gefüllten keilförmigen Spalten an der Friedberger Warte und westlich der Friedberger Landstraße werden dagegen von WIESNER (1963, S. 77) als Frostspalten gedeutet. Auch die von FISCHER (1904, S. 53) beobachteten sanderfüllten Spalten an der Eschersheimer Landstraße und in der Hynspergstraße sind vermutlich Eiskeile. Zwischen dem Frankfurter Hauptbahnhof und dem Opernplatz wurden in 30 m tiefen Kernbohrungen kavernöse Karbonatgesteine der Hydrobien-Schichten angetroffen, wobei die Innenwände der nur mehrere cm großen Hohlräume teilweise mit einem Kristallrasen aus spätigem Dolomit überzogen sind (FRIEDRICH & KÜMMERLE 1967\*)<sup>2)</sup>. Korrosionserscheinungen, die durch kleine Hohlräume in Karbonatgesteinen und durch Zersetzung von Kalkmergeln zu mürben Mergeln oder zu weichen Tonmergeln in Erscheinung treten, wurden auch in 30 m tiefen Kernbohrungen in der Neuen Mainzer Straße an den Städtischen Bühnen<sup>3)</sup>, östlich vom Günthersburg-Park und in der Berger Straße nachgewiesen.

In Frankfurt a. M. treten die größten und die zahlreichsten Hohlräume auf dem Sachsenhäuser Berg auf. KINKELIN (1900, S. 150—151) führt diese intensive Korrosion der untermiozänen Kalkgesteine auf dem Sachsenhäuser Berg auf einen besonders großen Gehalt an Kohlensäure im Sickerwasser zurück. Nach KINKELIN war das Gebiet zwischen Frankfurt/M.-Sachsenhausen und Steinheim a. M. seit dem oberen Untermiozän ein vorwiegend mit Wald bedecktes Hochgebiet. Das im Waldboden bei der mikrobiellen Zersetzung organischer Substanzen entstehende Kohlendioxid konnte mit dem Sickerwasser in den Untergrund eindringen und als freie gelöste Kohlensäure untermiozäne Kalkgesteine über einen langen Zeitraum ständig korrodieren.

### 3.1.2. Mühlheim a. M.

Beweise für eine örtlich besonders intensive Korrosion der untermiozänen Kalkgesteine zwischen Frankfurt/M.-Sachsenhausen und dem Rodautal bieten nicht nur die gewölbeartigen Hohlräume auf dem Sachsenhäuser Berg, sondern auch kleinere sackartige Hohlräume, die im Einschnitt der Bahnlinie Offenbach—Dieburg

<sup>2)</sup> Die mit \* versehenen Arbeiten sind unveröffentlichte Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, Wiesbaden.

<sup>3)</sup> Freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Schulz, TH Darmstadt.

in Offenbach-Bieber zu sehen waren (KINKELIN 1900, S. 140—142), ein als Dolinenfüllung gedeutetes Vorkommen von oberpliozänen Sanden zwischen Offenbach-Bieber und Lämmerspiel und stark angelöste Kalkgesteine, die in den Talauen der unteren Bieber und Rodau durch Brunnenbohrungen nachgewiesen wurden.

Im Jahre 1964 sind im unteren Biebertal rund 1,9 km südsüdwestlich vom Stadtkern Mühlheim a. M. zwei Brunnen gebaut worden. In der 54 m tiefen Brunnenbohrung A (Bl. 5818 Frankfurt a. M.-Ost, R 34 87 84, H 55 52 47) wurden unter 5,80 m mächtigen quartären Schluffen, Sanden und Kiesen bis 21,60 m Tiefe oberpliozäne Tone, Schluffe und feinkörnige Sande und darunter bis zur Endteufe untermiozäne Kalksteine, Kalkmergelsteine und Tonmergel angetroffen. Die Kalkgesteine bestehen zu einem großen Teil aus Hydrobien-Schalen und Bruchschill, sind deutlich angelöst und die Innenwandungen der Hohlräume sind teilweise mit Sinterkalkkrusten überzogen. Die in der Brunnenbohrung A durchteuften untermiozänen Ablagerungen bestehen zu 83% aus Kalksteinen und zu 17% aus Mergeln und Tonmergeln. In der 80 m tiefen Brunnenbohrung B, die rund 80 m westlich vom Brunnen A niedergebracht wurde, reichen die quartären Schichten bis 4,40 m unter Flur, die oberpliozänen Sedimente bis 17,60 m unter Flur und die Wechselfolge von untermiozänen Kalkgesteinen, Mergeln und Tonmergeln bis zur Endteufe. Der Anteil der Kalkgesteine an der untermiozänen Schichtenfolge beträgt bei der Brunnenbohrung B rund 55%.

In den untermiozänen Kalkgesteinen trat gespanntes Grundwasser auf. Vom 16.—20. November 1964 wurde aus beiden Brunnen gleichzeitig gepumpt. Nach Erreichen der Spiegelkonstanz betrug die Leistung beim Brunnen A 40 l/s bei Absenkung des Brunnenwasserspiegels von 9,85 m auf 12,35 m unter Flur und beim Brunnen B 55,8 l/s bei Absenkung von 9,30 m auf 12,55 m unter Flur. Diese technischen Leistungen der Brunnen sind unter Berücksichtigung der geringen Absenkung von 2,50 m bzw. 3,25 m als sehr hoch zu bezeichnen.

Eine sehr hohe Leistung erbrachte auch eine Brunnenbohrung für einen Industriebetrieb im Rodautal in Hausen. Aus dem 36 m tiefen Brunnen in Hausen, dem nur Grundwasser aus untermiozänen Kalkgesteinen zufließt, wurde beim Pumpversuch vom 24.—26. August 1964 nach Erreichen der Spiegelkonstanz (16 Stunden) eine Wassermenge von 64,1 l/s bei Absenkung des Brunnenwasserspiegels von 15,15 m auf 24,70 m unter Flur gefördert.

Die technischen Leistungen der erwähnten Brunnen bestätigten die aus den Bohrspalten gezogene Annahme, daß im unteren Biebertal und im Rodautal bei Hausen verkarstete Kluftgrundwasserleiter auftreten. In anderen Teilen des Untermaingebietes ergaben sich bisher aus den technischen Leistungen von Brunnenbohrungen keine sicheren Hinweise auf verkarstete untermiozäne Kalkgesteine. Bei 100 m tiefen Brunnenbohrungen, die im Untermaingebiet in untermiozänen Karbonatgesteinen stehen, wird die technische Leistung von 10 l/s nur selten überschritten (s. a. NÖRING, SCHENK & UDLUFT 1957, S. 64).

### 3.1.3. Lämmerspiel

Im Rodautal in Lämmerspiel stehen unter durchschnittlich 1—2 m mächtigem holozänem Auenlehm und pleistozänem Sand mit Kieszwischenlagen untermiozäne



Ablagerungen an. Sie bestehen aus einer Wechselfolge von Mergeltonen, Mergeln, Kalkmergelsteinen und Kalksteinen, die flach nach Südosten einfallen. Daher streichen in der Talaue der Rodau unter den quartären Deckschichten Tonmergel, Mergel und Kalkmergel aus, während östlich der Talaue Mergeltonen und westlich der Talaue vorwiegend Kalkmergelsteine und Kalksteine das Liegende der pleistozänen Ablagerungen bilden.

Seit 1959 sind in Lämmerspiel insgesamt 23 Erdfälle bekannt geworden<sup>4</sup>). Davon liegen 20 Erdfälle in der Talaue der Rodau nahe dem Brühgraben und 3 Erdfälle am westlichen Rande der Talaue (Abb. 2). Die Tiefe der Erdfälle beträgt in der Regel

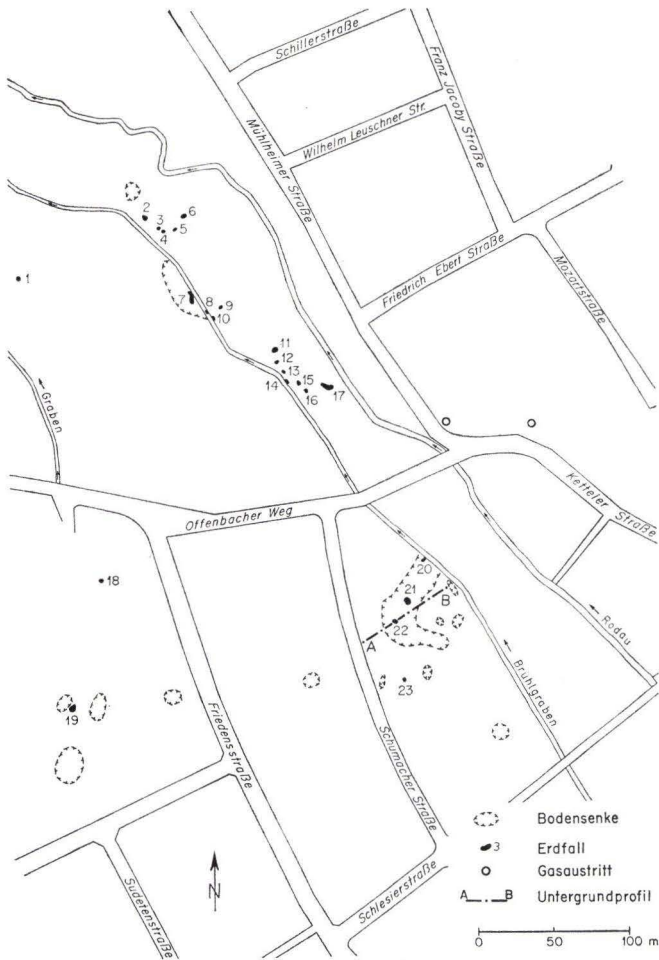


Abb. 2. Verbreitung der Bodensenkungen, Erdfälle und der Gasaustritte in Lämmerspiel.

<sup>4</sup>) Herrn Bürgermeister HÖLZER und Herrn Ersten Beigeordneten KRAFT, Lämmerspiel, danken die Verfasser für wertvolle Mitteilungen und für die Unterstützung bei den Geländearbeiten.

1—3 m und erreicht maximal 6 m, die Ausdehnung an der Erdoberfläche im allgemeinen 1—4 m, maximal 10 m. Nach Angaben der Einwohner von Lämmerspiel sind die Erdfälle in folgenden Jahren entstanden:

Jahr	Erdfall Nr.
1959	16
1960	8, 10
1962	4, 5, 6, 15
1963	14, 20, 21, 22
1965	4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 17
1966	18, 23
1967	1, 2, 3, 4, 5, 6, 19

Die Nummern der Erdfälle in dieser Zusammenstellung entsprechen den Nummern im Lageplan (Abb. 2).

Die Erdfälle wurden vorwiegend mit Bauschutt, Baugrubenaushub und Abfallstoffen aufgefüllt. Die im Jahre 1962 entstandenen Erdfälle Nr. 4, 5 und 6 sind in den Jahren 1965 und 1967 wieder nachgebrochen.

Der im Jahre 1960 an der Sohle des Brühlgrabens entstandene Erdfall (Abb. 2, Nr. 8) wirkte über mehrere Wochen als Schwinde, in der ein großer Teil des Grabenwassers versunken ist. Unmittelbar nordwestlich dieser Schwinde liegt eine max. etwa 1 m tiefe Bodensenke mit 45 m NW-SO-Erstreckung und max. 10 m Breite, in der sich im Jahre 1965 der Erdfall Nr. 7 gebildet hat. Die im Jahr 1963 aufgetretenen Erdfälle Nr. 20, 21 und 22 befinden sich in einem etwa 60 m vom Brühlgraben nach Westen reichenden flachen Senkungsgebiet (Abb. 2), in dessen Umgebung weitere kleine Bodensenken zu erkennen sind. Im Februar 1966 ist dort während eines Hochwassers auch der Erdfall Nr. 23 eingebrochen.

Die im Gebiet dieser Senke niedergebrachten 17 Sondierbohrungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zeigen, daß die Mächtigkeit der Korrosionszone zwischen wenigen Dezimetern und 6 m wechselt. Das mächtigste angetroffene Korrosionsprofil ist in einem geologischen Schnitt wiedergegeben (Abb. 3). Die Bg. 4 hat unter pleistozänen Sanden und einer geringmächtigen Tonschicht bis 5,8 m breiigen Kalkmergelschlamm durchteuft, der als Korrosionsrückstand von Kalkmergelsteinen anzusehen ist. Ähnliche Profile zeigen auch andere Sondierbohrungen, die in flachen Senken stehen. In Bg. 3 wurde von 2—3 m unter Flur ein Hohlraum durchfahren (Abb. 3). Die Bg. 1, die außerhalb der Senke liegt, hat unter einem im oberen Teil ungestörten Profil von 3,8—6,7 m Kalkmergelschlamm mit eingeschwemmtem humosem Schluff angetroffen. Trotz der nachgewiesenen Korrosion sind hier noch kein Erdfall und keine Bodensenkung aufgetreten. Durch Sondierbohrungen wurden zahlreiche Übergänge von der beginnenden Korrosion der Kalkmergelsteine (Bg. 2) über fortgeschrittene Korrosion (Bg. 1) bis zur Hohlraumbildung (Bg. 3) nachgewiesen.

Die im Rodautal bei Lämmerspiel aufgetretenen Bodensenkungen sind durch Korrosion von untermiozänen Mergeln und Kalkmergelsteinen entstanden, wobei besonders deren knollige und schluffig-grusige, mürbe Ausbildung korrosionsanfällig zu sein scheint. Die Korrosion ist besonders intensiv in den vom Grundwasser stark durchströmten Horizonten, vor allem, wo Verbindungen zwischen den grundwasser-

führenden pleistozänen Sanden und den untermiozänen Kalkmergelsteinen bestehen. Die durch Korrosion entstandenen Hohlräume sind zum großen Teil mit weichen bis breiigen, tonig-schluffigen Rückstandsbildungen gefüllt. Die unlöslichen Ton- und Schluffbestandteile setzen den löslichen Anteil der Karbonatgesteine und dadurch ihre Korrosionsanfälligkeit herab; die knollige und grusig-mergelige Ausbildung erhöht jedoch die Verwitterungsanfälligkeit. Die grusigen Mergel und knolligen Kalkmergelsteine brechen daher schon vielfach bei der Entstehung der Hohlformen ständig nach. Dadurch werden immer neue Gesteinspartien der Korrosion zugänglich. Bei fortschreitender Korrosion und Vergrößerung der unterirdischen Hohlräume gehen die Hangendschichten zu Bruch, und es entsteht ein Erdfall. Flache Korrosions-hohlräume in oberflächennahen Schichten oder das Ausschlämmen von Schluff, Sand und Kies aus den Deckschichten in tiefer liegende Hohlräume sind vielfach die Ursache für die Entstehung von flachen Bodensenkungen.

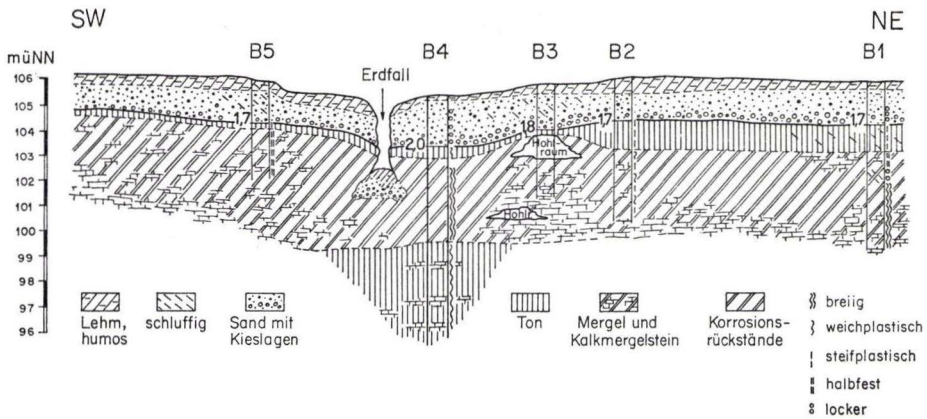


Abb. 3. Profil mit Korrosionserscheinungen im Rodautal in Lämmerspiel.

In Lämmerspiel ist die unmittelbar auslösende Wirkung von Erdfällen fast immer ein Hochwasser der Rodau, wobei die Erdfälle meist schon zu Beginn des Hochwassers auftreten.

Am 9. Juni 1965 entstand in einem seit dem Vortage von Hochwasser überfluteten Wiesengelände mit dumpfem Grollen ein Erdfall von etwa 1 m Durchmesser (Abb. 2, Nr. 17). In diesem Erdfall verschwand eine verhältnismäßig große Menge Oberflächenwasser. Der Einbruch im Auenlehm erweiterte sich in den folgenden 2 Tagen auf rund 4 m. Das weitere Nachbrechen der Deckschichten konnte beim Rückgang des Hochwassers am 11. Juni 1965 verfolgt werden. Um 9.30 Uhr war der Erdfall noch vollständig überflutet (Taf. 11, Fig. 1). Bis 14.00 Uhr hatte sich die Oberflächenform des Erdfalles in Richtung des Hochwasserzulaufes als Folge einer verstärkten erosiven Wirkung des Wassers auf etwa 10 m ausgeweitet (Taf. 11, Fig. 2). Nach völligem Abfließen des Hochwassers gegen 17.00 Uhr hörte die Vergrößerung des Erdfalles an der Erdoberfläche auf. Dieser Erdfall ist ein schlotartiger Einbruch von rd. 1 m Durchmesser, der sich 4 m unter Flur auf 3 m Durchmesser erweitert

(Abb. 4). Er war bis 6 m unter Flur mit Einsturzmassen aufgefüllt. Das Grundwasser war in dieser Tiefe noch nicht aufgedeckt. Der Erdfall zeigt, daß in der Talau der Rodau die Grundwasseroberfläche in den verkarsteten Karbonatgesteinen des Unter-miozäns in mehr als 6 m Tiefe liegt. An der westlichen Erdfallwand war die Füllung eines alten Einbruchs zu erkennen, die aus stark sandigem, schlickigem, grauschwarzem, humosem Schluff (alten Hochwasserabsätzen) besteht (Abb. 4).

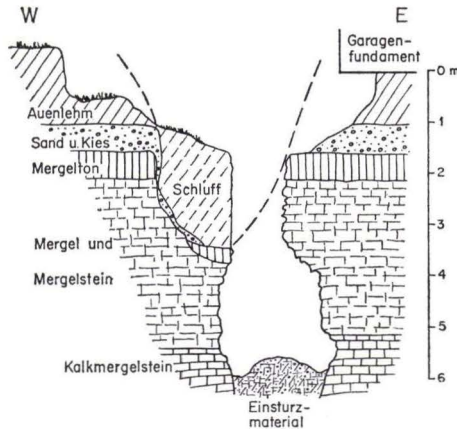


Abb. 4. Schnitt durch den Erdfall vom 11. Juni 1965 in Lämmerspiel.

Bemerkenswert ist, daß in Lämmerspiel bei Hochwasser nicht nur Erdfälle entstehen, sondern auch aus alten Brunnen Gas ausströmt. Bei dem Hochwasser vom 8.—11. Juni 1965 sind in der Mühlheimer Straße 3 und in der Ketteler Straße 4 Gasaustritte gemeldet worden (Abb. 2). In der Mühlheimer Straße 3 strömte das Gas aus dem Brunnenrohr unter einem zischenden Geräusch so stark aus, daß sich die Blätter eines Strauches kräftig bewegten. Der Brunnen soll rund 10 m tief sein. Der Brunnen in der Ketteler Straße 4 reicht von der Kellersohle 6—7 m in den Untergrund und wird als Schluckbrunnen für die Dräne benutzt. Am 24. April 1969 lag der Grundwasserspiegel in diesem Brunnen rund 7,50 m unter Hoffläche.

Bei den Gasaustritten hat es sich um ein nicht brennbares Gas, wahrscheinlich um  $\text{CO}_2$ -haltige,  $\text{O}_2$ -freie Bodenluft, gehandelt. Das im Keller der Ketteler Straße 4 aus dem Brunnenrohr austretende Gas führte dazu, daß ein Hausbewohner beim Betreten des Kellers die Besinnung verlor und nur durch das Hinzukommen eines Zweiten gerettet wurde. Das starke Ausströmen ist darauf zurückzuführen, daß viel Oberflächenwasser in kurzer Zeit in Schwinden versinkt, die Grundwasseroberfläche, die 7—8 m unter Flur liegt, rasch ansteigt und dadurch die Bodenluft aus den verkarsteten Grundwasserleitern herausdrückt.

Auf Grund der örtlichen Verhältnisse war es bisher nicht möglich, aus den vorhandenen Brunnen Bodenluft unmittelbar über dem Grundwasserspiegel zu entnehmen. Da seit 1965 auch kein weiteres Ausströmen von Bodenluft gemeldet worden ist, kann eine Gasanalyse erst bei nächster Gelegenheit durchgeführt werden.

### 3.2. Mainzer Becken

In den östlich und nördlich des Rheins gelegenen Teilen des Mainzer Beckens sind Korrosionserscheinungen in tertiären Karbonatgesteinen aus den Gebieten von Bauschheim, Flörsheim-Hochheim a. M. und Wiesbaden bekannt (Abb. 1).

#### 3.2.1. Bauschheim

Im Nordosten von Bauschheim in der Flur „Auf dem Steinmarkt“ treten auf einer schmalen westlichen Randscholle des Oberrheingrabens gebankte, weißgelbe und hellgraue Kalksteine mit grauen Mergellagen und Hydrobienschalensanden sowie Mergeltone des Untermiozäns auf. Die Kalksteinbänke sind teilweise bis 2 m mächtig. Sie wurden in einigen Steinbrüchen als Werksteine gewonnen. Im Jahre 1966 ist bei Bauarbeiten in der erwähnten Flur (Bl. 6016 Groß-Gerau, R 34 55 86, H 55 36 70) unter etwa 1 m mächtiger Überdeckung von rotbraunem lehmigem Sand und lehmigem Kalksteinschutt ein rd. 2,5 m × 5 m × 1 m großer Hohlraum angetroffen worden. Er lag an einer E-W streichenden Störungszone, in der die Schichten örtlich von beiden Seiten zur Störung hin einfallen. Die Nordscholle besteht aus mächtigen schluffigen Hydrobiensanden mit einer 0,15 m starken Kalksteinbank, die dicke Eisen-Manganoxidbeläge aufweist. Auf der Südscholle grenzen daran 1–1,5 m mächtige, knollige, mergelige Kalksteine, in denen sich durch Zusammentreffen ungünstiger Umstände — Störungszone, gegeneinander geneigte Schichten, wobei eine gut wasserwegsame Kalksteinbank gegen korrosionsanfällige Kalkmergelsteine grenzt — ein größerer Hohlraum gebildet hat. Dieser Korrosionshohlraum ist zu zwei Drittel mit Material aufgefüllt, das von der Firste abbrach. Mit seiner Sohle reicht er bis unter die Grundwasseroberfläche.

Vor 1966 sind in der Flur „Auf dem Steinmarkt“ zwei Hohlräume von etwa 1 m × 2 m Größe angetroffen worden, die ebenfalls rund 1 m unter Gelände lagen.

#### 3.2.2. Flörsheim-Hochheim a. M.

Die zwischen Flörsheim und Hochheim a. M. verbreiteten Landschneckenkalke und Cerithien-Schichten bestehen aus einer Wechsellagerung von Tonmergeln, Kalksteinbänken und Schillagen mit eingelagerten Riffkörpern aus porösem Algenkalkstein, Sinterkalkstein und dichtem Kalkstein (KÜMMERLE & SEMMEL 1969). In dem östlich vom Wickerbach liegenden Steinbruch der Fa. Dyckerhoff, Wiesbaden, sind in den ungeschichteten Riffkörpern bis 1 m große Korrosions Hohlräume zu beobachten (KÜMMERLE & SEMMEL 1969, Taf. 1). Sie sind wahrscheinlich auf die Erweiterung ursprünglich vorhandener, weitverzweigter kleiner Hohlräume der zelligen Struktur der Riffkörper zurückzuführen. Einsturzerscheinungen sind in diesen Hohlräumen nicht zu erkennen. Die Hohlräume enthalten teilweise eingeschlammten braunen Mergelton und weißgelben Mergelgrus.

Vom Falkenberg, westlich des Wickerbaches, beschreibt GALLADÉ (1925, S. 23) eine etwa 6,5 m tiefe, mit Sand und Kies gefüllte Auswaschungstasche in Kalksteinen der Cerithien-Schichten und BARTZ (1950, S. 229) aus dem nördlichen Teil eines Steinbruches eine Doline, die mit pleistozänen, gelb- und rotbraunen, groben Sanden und Kiesen gefüllt war. Diese Doline setzte sich nach unten in eine etwa 5 m tiefe Spalte fort.

Im Jahre 1964 ist am Südhang des Falkenberges auch in einer Baugrube (Bl. 5916 Hochheim a. Main, R 34 56 88, H 55 40 97) in kavernenösen Algenkalksteinen mit kreibigem Zwischenmittel ein 4,5 m langer und 1–1,5 m breiter Hohlraum unter 0,5 m Flugsand und 0,4 m stark angewittertem Algenkalkstein freigelegt worden (STEINHAUSEN 1964\*). Die Sohle war mit Lockermaterial bedeckt. Die Wände zeigten deutlich Anlösungsspuren.

Im nördlichen Stadtgebiet von Hochheim a. M. (Bl. 5916 Hochheim a. Main, R 34 53 31, H 55 42 20) treten in tertiären Kalkmergeln ähnliche Rückstands-bildungen wie in Lämmerspiel auf. Bei Baugrunduntersuchungen (MÜLLER 1964, 1965\*) ist hier ein rinnenartiges, mit pleistozänen Sanden und Kiesen erfülltes Relief in tertiären Kalk- und Tonmergeln angetroffen worden (Abb. 5). Die Oberfläche des Tertiärs liegt z. T. weniger als 1 m, z. T. 4–6 m unter Gelände. Der tiefere Untergrund besteht aus blaugrauen Mergeltonen. In den aus Kalkmergeln aufgebauten Tertiärrücken zwischen den Rinnen ist in mehreren Bohrungen weichplastischer bis breiiger Schluff und Ton mit Kalkmergelsteinbröckchen erbohrt worden, in dem das Bohrgestänge durchgesackt ist. Es handelt sich dabei um Rückstands-bildungen von korrodierten Kalkmergeln. Die weichen bis breiigen Schichten erreichen in den Bohrungen Mächtigkeiten von 1–2,5 m. Die Korrosion greift offensichtlich von den grundwasserdurchflossenen, sand- und kieserfüllten Rinnen seitlich in die Kalkmergel über.

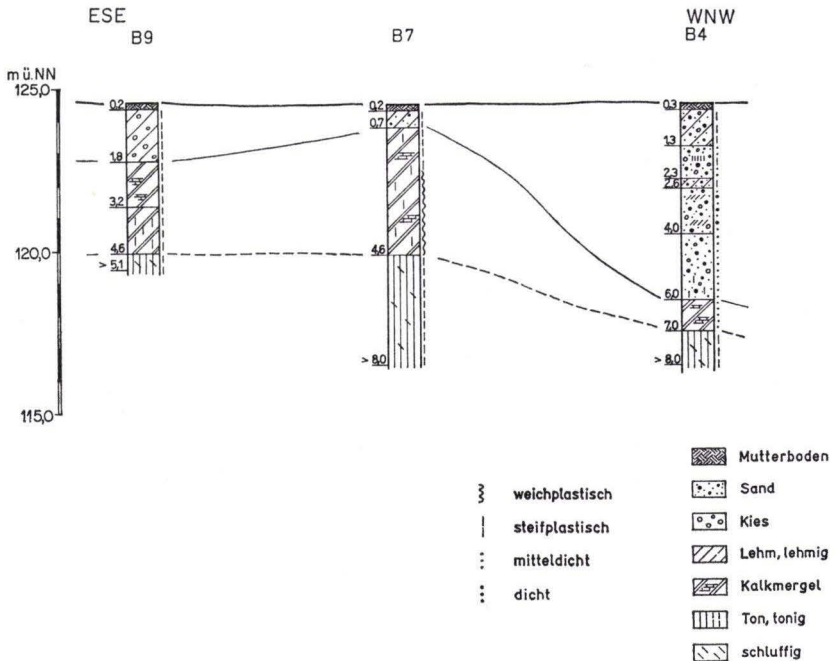


Abb. 5. Schnitt durch einen Tertiärrücken aus Kalkmergeln mit Korrosionserscheinungen in Hochheim a. M.

### 3.2.3. Wiesbaden

In Wiesbaden sind Korrosionserscheinungen in untermiozänen Kalkgesteinen bisher nur in einem Fall bekannt geworden. Bei einer Pfeilergründung für den Neubau der Zusatzversorgungskasse des Baugewerbes in Wiesbaden, Salier Straße, ist in etwa 10 m Tiefe in mürben Kalksteinen ein etwa 2 m langer, 2 m breiter und 0,5 m hoher Hohlraum angetroffen worden. Die Sohle des Hohlraumes war mit Nachsturzschutt bedeckt.

## 4. Wirtschaftliche Auswirkungen

Im Untermaingebiet treten tertiäre Karbonatgesteine auf Grund der paläogeographischen und tektonischen Verhältnisse nur in örtlich begrenzten Gebieten auf. Korrosionserscheinungen sind daher nur in diesen Gebieten zu erwarten und für die Baupraxis nur dann von Bedeutung, wenn sie in den oberflächennahen Schichten bis etwa 20 m Tiefe vorkommen.

Die in tertiären Karbonatgesteinen des Untermaingebietes angetroffenen Korrosionshöhlräume sollten für die Baupraxis nicht überbewertet werden. Schäden an Gebäuden sind den Verfassern bisher nicht bekannt geworden. Oberflächennahe Hohlräume werden meist in Baugruben angeschnitten und können verfüllt werden. Sofern ein begründeter Verdacht auf größere Hohlräume unter Fundamentsohle vorliegt, z. B. in Frankfurt a. M. auf dem Sachsenhäuser Berg, können Hohlräume unmittelbar unter Fundamentsohle gegebenenfalls durch Abrammen mit einer Fallbirne zum Einsturz gebracht und anschließend verfüllt werden. Dieses Verfahren wurde in Frankfurt/M.-Sachsenhausen schon vor 70 Jahren angewandt. KINKELIN (1900, S. 148) schreibt über den Bau des Wasserbehälters an der Sachsenhäuser Warte: „Durch Klopfen wurde ermittelt, ob unter der ursprünglich geplanten Baugrubensohle, die mit einer 0,5 m dicken Betonschicht bedeckt werden sollte, sich Hohlräume befinden. Wo solche sich fanden, wurde die Decke eingeschlagen und abgetragen, um vorerst diese Hohlräume mit Beton auszufüllen“.

Bei großen Einzellasten mit entsprechender Tiefenwirkung können nötigenfalls die obersten Meter durch Bodenaustausch ersetzt werden. Allgemein sollten Einzelfundamente vermieden, Streifenfundamente zusammenhängend bewehrt und gegebenenfalls als Stahlbetonbalken ausgebildet oder durch Wandscheiben verstärkt werden. Bei hochbelasteten Pfahl- und Pfeilergründungen ist Vorsicht geboten, da bei Einbrechen von Hohlräumen unmittelbar unter der Aufstandsfläche einzelne Tragkörper ausfallen können.

Im einzelnen sind die bautechnischen Sicherungsmaßnahmen sehr von der Untergrundbeschaffenheit und von der Konstruktion des Gebäudes abhängig, so daß hier nur einige allgemeine Hinweise gegeben werden können.

Die Korrosionserscheinungen in Lämmerspiel stellen für das Untermaingebiet einen Sonderfall dar, da dort auf einem eng begrenzten Gebiet zahlreiche Hohlräume im Untergrund auftreten und fast jährlich neue Erdfälle oder Bodensenkungen entstehen. Einzelnen Erdfällen mit Anfangsdurchmessern von 2—4 m kann im allgemeinen noch mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand durch konstruktive Maßnahmen begegnet werden. In den untersuchten Fällen zeichnen sich aber meist groß-

flächigere Korrosionsbereiche ab, so daß im Laufe von einigen Jahrzehnten im ungünstigsten Fall mit immer neuen Erdfällen auf verhältnismäßig kleiner Fläche zu rechnen ist. Gegen diese Häufung von Erdfällen und gegen großflächige Bodensenkungen bieten dagegen die obengenannten Maßnahmen keinen ausreichenden Schutz. Auch Tiefgründungen sind in diesem Gebiet problematisch, da Korrosionserscheinungen bis 6 m Tiefe angetroffen worden sind und auch darunter noch korrosionsfähige Kalkmergel und Kalksteine anstehen. Eine Bauplanung ist daher in der Talaue der Rodau in Lämmerspiel weitaus problematischer als in anderen Teilen des Untermaingebietes.

Im Untermaingebiet besitzen verkarstete tertiäre Karbonatgesteine nur im unteren Biebertal und im Rodautal bei Hausen für die Grundwassergewinnung eine größere Bedeutung. In anderen Teilen des Untermaingebietes sind die Karbonatgesteine nicht so intensiv korrodiert und führen vorwiegend Kluftgrundwasser (z. B. Bad Soden a. Ts., Frankfurt/M.-Höchst) oder sie liegen über dem Vorfluter und bilden nur ein schwebendes Grundwasserstockwerk (z. B. Sachsenhäuser Berg, Bieberer Berg und Bauschheim). Aus den Brunnen A und B der Stadtwerke Mühlheim a. M. und aus Brunnen eines Industriebetriebes in Hausen kann kurzzeitig eine größere Grundwassermenge zur Deckung des Spitzenbedarfes gefördert werden. Die unterirdischen Karstwasserspeicher ersetzen daher oberirdischen Speicherraum. Diesen wirtschaftlichen Vorteilen steht in vielen Karstgebieten ein hygienisches Risiko gegenüber. Die Gefahr einer Verunreinigung des Karstgrundwassers durch Oberflächenwasser ist jedoch nur in Lämmerspiel groß, da dort die Erdfälle, die eine direkte Verbindung zwischen der Oberfläche und dem Karstgrundwasserleiter darstellen, im Überschwemmungsgebiet der Rodau liegen und zu einem großen Teil mit Abfallstoffen und Bauschutt aufgefüllt sind. Im unteren Biebertal und in Hausen sind dagegen die Karstgrundwasserleiter flächenhaft von schluffigen und sandigen Ablagerungen bedeckt, die ein gutes Reinigungsvermögen besitzen.

#### Schriftenverzeichnis

- BARTZ, J.: Das Jungpliozän im nördlichen Rheinhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) 1, S. 201—243, 3 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1950.
- BÖGLI, A.: Der Chemismus der Lösungsprozesse und der Einfluß der Gesteinsbeschaffenheit auf die Entwicklung des Karstes. — Report of the Commission on Karst Phenomena, S. 7—17, 2 Tab., Frankfurt/Main (W. Kramer & Co.) 1956.
- Mischungskorrosion, ein Beitrag zum Verkarstungsproblem. — Erdkunde, 18, S. 83 bis 92, 2 Bild., 8 Tab., 3 Abb., Bonn 1964.
- Neue Anschauungen über die Rolle von Schichtfugen und Klüften in der karsthydrographischen Entwicklung. — Geol. Rdsch., 58, S. 395—408, 8 Abb., Stuttgart 1969.
- BÖHL, A.: Beitrag zur Stratigraphie und Paläontologie der tertiären Ablagerungen im östlichen Mainzer Becken. — Abh. senck. naturf. Ges., 41, (2), S. 65—113, 1 Taf., 4 Abb., 1 Prof., Frankfurt a. M. 1928.
- CRAMER, H.: Die Systematik der Karstdolinen. Unter Berücksichtigung der Erdfälle, Erzschlotten und verwandter Erscheinungen. — N. Jb. Mineral. Geol. Paläontol., Beil.-Bd. 85, S. 293—382, 4 Abb., 1 Beil., Stuttgart 1941.
- FISCHER, K.: Neue Aufschlüsse im Weichbild der Stadt Frankfurt am Main. — Ber. senck. naturf. Ges., 1904, S. 47—58, 1 Abb., Frankfurt a. M. 1904.



- GALLADÉ, M.: Zur Gliederung der jungtertiären Quarzschotter am Taunusabfall. — *Jb. nass. Ver. Naturk.*, **77**, S. 22—26, 1 Abb., Wiesbaden 1925.
- GEYER, O. F.: Über die Morphogenetik der Dolinen mit besonderer Berücksichtigung von Südwestdeutschland. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **108**, S. 260—261, Hannover 1957.
- GOLWER, A.: Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**, S. 157—184, 8 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1968.
- KINKELIN, F.: Die Tertiär- und Diluvial-Bildungen des Untermainthales, der Wetterau und des Südabhanges des Taunus. — *Abh. geol. Spec.-Kte. Preußen u. thür. St.*, **9**, (4), S. 1—302, 12 Abb., 2 Ktn., Berlin 1892.
- Beiträge zur Geologie der Umgegend von Frankfurt a. M. — *Ber. senck. naturf. Ges.*, 1900, S. 121—162, Taf. VIII u. IX, 6 Fig., Frankfurt a. M. 1900.
- KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Bl. Nr. 5916 Hochheim a. Main, m. Erl., 209 S., 19 Abb., 17 Tab., 2 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.
- MICHELS, F., WENZ, W. & ZÖLLER, A.: Erl. geol. Kte. Preußen u. deutsch. L., Lfg. **300**, Bl. Frankfurt/Main-Ost-Offenbach, 88 S., 2 Taf., 1 Abb., Berlin 1930.
- NÖRING, F., SCHENK, E. & UDLUFT, H.: Das Tertiär in der Niederhessischen Senke, im Vogelsberg und in seinen Randgebieten sowie im Untermaingebiet. — In: UDLUFT, H.: *Hydrogeol. Übersichtskte. 1:500 000*, Erl.Bl. Frankfurt, S. 60—65, 3 Tab., Remagen 1957.
- SCHOTTLE, W.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. Seligenstadt, 89 S., Darmstadt 1922.
- SOLLE, G.: Geologie, Paläomorphologie und Hydrologie der Main-Ebene östlich von Frankfurt am Main. — *Abh. senck. naturf. Ges.*, **485**, S. 121—220, Taf. 52, Kte. 1—3, Frankfurt a. M. 1951.
- WENZ, W.: Das Mainzer Becken und seine Randgebiete. 351 S., 41 Taf., 38 Abb., Heidelberg (W. Ehrig) 1921.
- WIESNER, E.: Geologische Untersuchungen im Horst der Hohen Straße. Dipl.-Arbeit, 178 S. (Maschinenschr.), 48 Abb., 4 Ktn., 2 Prof., Frankfurt a. M. 1963.
- Das Miozän im östlichen Mainzer Becken unter besonderer Berücksichtigung der Mikrofauna. Diss., 111 S. (Maschinenschr.), 14 Taf., 22 Abb., 5 Anl., Frankfurt a. M. 1967.
- Verwendete unveröffentlichte Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung:
- FRIEDRICH, K. & KÜMMERLE, E.: Ergebnisse der geologischen und hydrogeologischen Voruntersuchungen zum Bauvorhaben Frankfurter Verbindungsbahn Baulos 1—7, 1. Geologischer Teil. 20 S., 49 Schichtenverzeichnisse, 1 Lageplan, 1 Längsprofil, 49 Bohrprofilsäulen, Wiesbaden, 27. September 1967.
- MÜLLER, K. H.: Baugrunderkundung und allgemeine Gründungsberatung für den Neubau eines Hallenbades in Hochheim am Main. 5 S., 1 Lageplan, 1 Geländeschchnitt, 12 Schichtenverzeichnisse, Wiesbaden, 9. November 1964.
- Nachtrag zur Baugrunderkundung und Gründungsberatung für den Neubau eines Hallenbades in Hochheim am Main. 7 S., 1 Lageplan, 2 Geländeschnitte, 22 Schichtenverzeichnisse, Wiesbaden, 31. Januar 1966.
- STEINHAUSEN, W.: Gründungsberatung für das Siedlungsverfahren Fritz Stahl in Flörsheim, Kreis Main-Taunus. 2 S., 2 Abb., Wiesbaden, 15. Oktober 1964.

Manuskript eingegangen am 20. 5. 1969

## Untersuchungen der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen<sup>1)</sup>

Von

**HANS-JÜRGEN DÜRBAUM, Hannover, GEORG MATTHESS und DIETRICH RAMBOW, Wiesbaden**

Mit 10 Abbildungen und 4 Tabellen

**Kurzfassung:** Die Gesteinsdurchlässigkeit — gemessen an ca. 200 kleinen Kernproben aus 4 Brunnen — wird mit der Gebirgsdurchlässigkeit verglichen, die aus den Pumpversuchsergebnissen der zugehörigen Brunnen ermittelt wurde. Auf Gesteinsdurchlässigkeit beruht bis zu maximal 20% der gemessenen Brunnenleistungen. Die Gesteinsdurchlässigkeit beträgt zwischen 0 und 7120 Millidarey (md). Sie nimmt vom Beckenrand zum Beckeninneren entsprechend der petrofaziellen Entwicklung von groben, bindemittelarmen zu feinkörnigen, dichten Sandsteinen ab.

**Abstract:** Permeability of rocks obtained by measuring about 200 small core samples from 4 wells is compared with gross permeability derived from pumping test data of the respective wells. Up to 20% of well yields were found to be due to rock permeability. Rock permeability ranges between 0 and 7120 md, its value decreasing from the margin to the centre of the basin according to the development of the petrofacies from coarse poorly cemented to fine-grained dense sandstones.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	259
2. Die untersuchten Bohrungen . . . . .	259
3. Die Messungen zur Gesteinsdurchlässigkeit . . . . .	263
4. Zusammenhänge zwischen den stratigraphisch-petrofaziellen Verhältnissen und der Permeabilität . . . . .	271
4.1. Solling-Folge . . . . .	271
4.2. Hardeggen-Folge . . . . .	273
4.3. Detfurth-Folge . . . . .	273
5. Zusammenfassung . . . . .	274
Schriftenverzeichnis . . . . .	274

---

<sup>1)</sup> Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Zusammenhang mit der Bearbeitung des hydrogeologischen Gutachtens zum Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen ausgeführt. Der Auftraggeber, das Hessische Landesamt für Gewässerkunde und wasserwirtschaftliche Planung, Wiesbaden, übernahm die Kosten für die Fertigung der Probezyliner und stellte das Kernmaterial der Bohrung Beberbeck zu Verfügung.

## 1. Einleitung

Die Kenntnis der Grundwasserbewegung in den Gesteinen des Mittleren und Oberen Buntsandsteins gewann in den letzten 30 Jahren zunehmend an praktischer Bedeutung, seitdem immer mehr Brunnen in den verschiedensten stratigraphischen Einheiten dieser Schichten niedergebracht wurden und bemerkenswert leistungsfähige Wasserwerke entstanden. Die dabei festgestellten großen Unterschiede in den Leistungen der Brunnen sowohl in ihrer regionalen Verteilung als auch in Abhängigkeit von der jeweiligen Schichtenfolge stellte die Frage nach den Ursachen für diese Beobachtung, da nur deren Klärung Grundsätze für die Prospektion weiterer günstiger Gewinnungsstellen liefert. Die Durchlässigkeit derartiger Schichten wird insgesamt als Gebirgsdurchlässigkeit bezeichnet, die sich aus zwei Komponenten, der Gesteinsdurchlässigkeit und der Trennfugendurchlässigkeit, zusammensetzt. Die Trennfugendurchlässigkeit ist die Durchlässigkeit des Gebirges aufgrund seiner Zerlegung durch mechanisch verursachte Trennfugen wie Spalten, Klüfte, Schicht- und Schieferungsfugen. Die Gesteinsdurchlässigkeit dagegen ist die Durchlässigkeit, die durch die Porenräume der nicht von Trennfugen zerlegten Gesteinskörper bedingt ist.

Einen Fall reiner Porenwasserbewegung in tektonisch nicht beanspruchten, trennfugen-freien Festgesteinen beschreiben JOHNSON & GREENKORN (1960, 1962, 1963). In einem rd. 3,2 ha großen Gebiet im zentralen Oklahoma, USA, bestimmten sie die Durchlässigkeitsverhältnisse eines scheinbar homogenen oberkarbonischen Sandsteins. Rund 2000 Probezylinder aus 66 Brunnenbohrungen zeigten erhebliche Durchlässigkeitsunterschiede. Das arithmetische Mittel dieser Meßwerte stimmte jedoch gut mit der Durchlässigkeit überein, die bei einem Kontrollpumpversuch aus einem zentral gelegenen Brunnen ermittelt wurde. Ein Gegenbeispiel beschreibt HAUTHAL (1967) von Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins im Gebiet der Merseburger Buntsandsteinplatte (Thüringen), deren Gesteinsdurchlässigkeit nur 3–5% der Gebirgsdurchlässigkeit beträgt.

Als Maß für die Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit wurde bei unserer Untersuchung die Transmissivität  $T$  gewählt, die für eine homogene Schicht als Produkt aus Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  und Mächtigkeit und für ein geschichtetes Gestein als Summe der Transmissivitäten der Einzelschichten definiert ist. Dieses Maß dürfte der Inhomogenität der Durchlässigkeitsverhältnisse in Festgesteinen eher gerecht werden als das arithmetische Mittel von Durchlässigkeitsbeiwerten.

## 2. Die untersuchten Bohrungen

In Tab. 1 wurden Lage und geologische Daten der untersuchten Bohrungen zusammengestellt (vgl. Abb. 1).

Die Untersuchungsbohrung Elgershausen 1 wurde ab 213,70 m gekernt. Bis 274,60 m betrug der Kerndurchmesser 102 mm, darunter 90 mm.

Bohrdurchmesser:	bis 205 m	215 mm
	bis 213,70 m	153 mm
	bis Endteufe	112 mm

Tab. 1. Lage und Geologie der untersuchten Bohrungen

Name der Bohrung	Lage Top. Karte 1:25 000	Geologisches Profil	veröffentlicht in
Elgershausen I	4722 Kassel-Niederzwehren R 35 26 28 H 56 83 08	— 94,40 m Tertiär — 206,00 m Röt — 290,00 m Solling-Folge	RAMBOW 1967b
Beberbeck	4422 Trendelburg R 35 34 08 H 57 12 13	— 15,00 m Tertiär — 37,80 m Solling-Folge — 268,00 m Hardeggen-Folge — 275,00 m Detfurth-Folge	RAMBOW 1967a
Haarhausen VI	4921 Borken R 35 17 40 H 56 54 74	— 55,90 m Solling-Folge — 224,50 m Hardeggen-Folge — 231,50 m Detfurth-Folge	RAMBOW 1967a
Altenstädt	4721 Naumburg R 35 12 06 H 56 82 68	— 114,55 m Hardeggen-Folge — 201,45 m Detfurth-Folge — 208,70 m Volpriehausen-Folge	HORN 1967

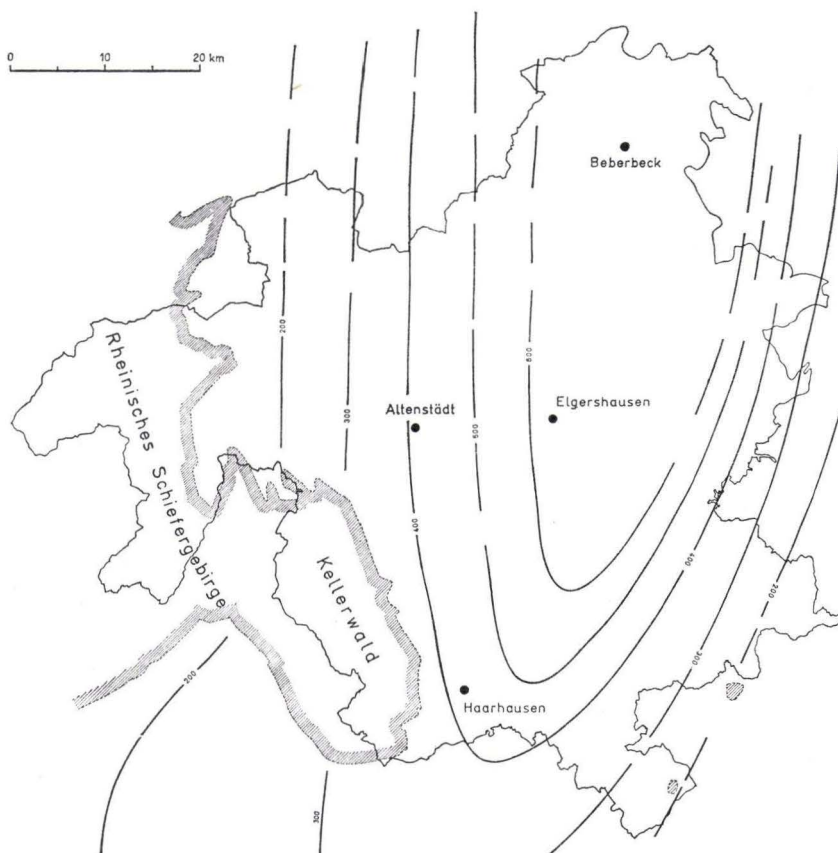


Abb. 1. Lage der untersuchten Bohrungen innerhalb des nordhessischen Buntsandsteinbeckens. Isopachen des Mittleren Buntsandsteins und der Solling-Folge des Oberen Buntsandsteins.

Bei Teufe 205 m trat ein etwa 90%iger Spülungsverlust ein, daraufhin wurde eine Hilfsverrohrung (168 mm  $\varnothing$ ) eingebaut und einzementiert. Bei 213 m trat erneut totaler Spülungsverlust ein.

Der Pumpversuch ergab folgende Werte:

Druckwasserspiegel in Ruhe: 161,70 m unter Gel.,

Entnahme: 3 l/s,

Absenkung: 18,30 m.

Näherungsweise kann die Transmissivität bei freiem Wasserspiegel ohne Beobachtungsbrunnen und mit nur einer einzigen Entnahmemenge ermittelt werden mit der Beziehung

$$T \approx \frac{q \cdot H}{h_m \cdot s} \quad (1)$$

$q$  = Entnahme [ $m^3/s$ ]

$H$  = ruhender Wasserstand über der Grundwassersohle [ $m$ ]

$h$  = abgesenkter Wasserstand über der Grundwassersohle [ $m$ ]

$$h_m = \frac{H + h}{2} [m]$$

$s$  = Absenkung [ $m$ ]

Im vorliegenden Falle betragen:

$$q = 0,003 \text{ m}^3/\text{s} \quad h = 110,00 \text{ m}$$

$$H = 128,30 \text{ m} \quad s = 18,30 \text{ m}$$

$$h_m = 119,15 \text{ m}$$

Hieraus errechnet sich  $T = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Wegen des geringen Durchmessers der Verrohrung konnte keine größere Leistung erzielt werden. Zum Vergleich sei daher der Pumpversuch des etwa 1 km westlich dieser Untersuchungsbohrung bei R 352 542 H 568 278 gebauten Brunnens von Elgershausen (End-Bohrdurchmesser 445 mm) angeführt. Der Brunnen durchteufte unter 121 m Tertiär und Röt (durch vollwandige Rohrtour abgedichtet) die Solling-Folge mit 121 m Mächtigkeit (die untersten 3 m stehen in der Hardegsen-Folge).

Der Pumpversuch ergab folgende Werte:

Druckwasserspiegel in Ruhe: 116 m unter Gel.

Entnahme:	Absenkung:
15,5 l/s	18,90 m
18,0 l/s	23,90 m
20,0 l/s	26,00 m

Bei der Berechnung der Transmissivität wird hier auf die Näherungsformel für einen teilweise gespannten, vollkommenen Brunnen ohne Beobachtungsbrunnen bei verschiedenen Leistungen zurückgegriffen (vgl. BRILLANT in DÜRBAUM 1957):

$$T = k_f \cdot m \approx 2 \text{ m} \cdot \frac{(q_1 - q_2)}{h_2^2 - h_1^2} \quad (2)$$

Im vorliegenden Falle betragen:

$$m = 121,00 \text{ m}$$

$$h_1 = 107,10 \text{ m}$$

$$h_2 = 100,00 \text{ m}$$

$$q_1 = 15,5 \text{ l/s}$$

$$q_2 = 20,0 \text{ l/s}$$

Daraus errechnet sich  $T = 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Die Untersuchungsbohrung Beberbeck wurde durchgehend gekernt. Streckenweise wurde sie nach dem Kern auf einen größeren Durchmesser aufgebohrt.

Bohrdurchmesser: bis 147,40 m 269,9 mm  
 bis 204,30 m 193,7 mm  
 bis Endtiefe 158,0 mm

#### 1. Pumpversuch bei Bohrtiefe 161,60 m

Ruhewasserspiegel: 23,40 m unter Gel.  
 Entnahme  $q = 8,33 \text{ l/s}$ , Absenkung  $s = 72,60 \text{ m}$   
 $H = 138,20 \text{ m}$ ;  $h = 65,60 \text{ m}$ ,  $h_m = 101,90 \text{ m}$

Hieraus errechnet sich nach Formel (1)  $T = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

#### 2. Pumpversuch bei Endtiefe

Ruhewasserspiegel: 27 m unter Gel.  
 Entnahme  $q = 9,17 \text{ l/s}$ , Absenkung  $s = 42 \text{ m}$   
 $H = 248 \text{ m}$ ,  $h = 206 \text{ m}$ ,  $h_m = 227 \text{ m}$

Nach Formel (1) errechnet sich  $T = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Die Untersuchungsbohrung Haarhausen VI wurde als Kernbohrung mit kleinem Durchmesser niedergebracht.

Bei einem Pumpversuch wurden 10 l/s gefördert (Pumpversuch mit Preßluftpumpe, daher keine exakten Wasserspiegelmessungen). Pumpversuche in einem unmittelbar neben der Untersuchungsbohrung gebauten Brunnen (End-Bohrdurchmesser 620 mm) hatten folgende Ergebnisse:

#### 1. Zwischenpumpversuch bei Bohrtiefe 95,50 m

Ruhewasserspiegel: 10,80 m unter Gel.

Entnahme:	Absenkung:
3,6 l/s	6 m
4,85 l/s	7,3 m
5,85 l/s	7,9 m

Mit Hilfe der mit gleicher Genauigkeit auch für freie Spiegel gültigen Formel (2) ergibt sich aus

$m = 84,70 \text{ m}$	
$h_1 = 78,70 \text{ m}$	$q_1 = 3,6 \text{ l/s}$
$h_2 = 76,80 \text{ m}$	$q_2 = 5,85 \text{ l/s}$

eine Transmissivität  $T = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

#### 2. Hauptpumpversuch bei Endtiefe (= 165,00 m)

Entnahme:	Absenkung:
5 l/s	4,3 m
10 l/s	7,3 m
20 l/s	11,33 m
30 l/s	17,20 m

Nach Formel (2) ergibt sich aus

$$\begin{array}{ll} m = 154,20 \text{ m} & \\ h_1 = 149,90 \text{ m} & q_1 = 5 \text{ l/s} \\ h_2 = 137,00 \text{ m} & q_2 = 30 \text{ l/s} \end{array}$$

eine Transmissivität  $T = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Die Untersuchungsbohrung Altenstädt hat einen Bohrdurchmesser von 114 mm; daher waren nur Pumpversuche mit kleiner Leistung möglich.

### 1. Pumpversuch (Bohrtiefe 208,70 m)

Ruhewasserspiegel: 50,10 m unter Gel.

Entnahme  $q$ :                      Absenkung  $s$ :  
0,63 l/s                                      1,10 m

$H = 158,60 \text{ m}$ ,  $h = 157,50 \text{ m}$ ,  $h_m = 158,05 \text{ m}$

Nach Formel (1) ergibt sich  $T = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

2. Pumpversuch (nachdem das Bohrloch von der Sohle bis 110 m unter Gel. zementiert, also die Detfurth-Folge abgesperrt war)

Ruhewasserspiegel: 50,10 m

Entnahme  $q = 0,61 \text{ l/s}$                       Absenkung  $s = 1,70 \text{ m}$

$H = 49,90 \text{ m}$ ;  $h = 48,20 \text{ m}$ ,  $h_m = 49,05 \text{ m}$

Nach Formel (1) ergibt sich  $T = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### 3. Die Messungen zur Gesteinsdurchlässigkeit

Die Gesteinsdurchlässigkeit wurde an 3 cm langen Probezylindern von 3 cm Durchmesser unter Verwendung von Luft als strömendem Medium gemessen; dabei wurde die hindurchströmende Luftmenge mit Rotametern, die Druckdifferenz mit einem Hottinger-Differenzdruckmesser PD1/01 und einer Philips-Trägerfrequenzmeßbrücke PR 9307 bestimmt. Zur Ermittlung der Flüssigkeitsdurchlässigkeit wurde die Luftdurchlässigkeit bei einer Reihe von mittleren Drücken  $\bar{p}$  gemessen und die Kurven gegen  $1/\bar{p} = 0$  extrapoliert (KLINKENBERG 1941). Höhere mittlere Drücke wurden durch Benutzung eines Nadelventils als zusätzlichem, in Reihe geschaltetem Strömungswiderstand erreicht. Durch Regulierung mit dem Nadelventil wurde sichergestellt, daß die Strömungsgeschwindigkeit bei allen Versuchen an einem Kern derselben Größenordnung war. Abb. 2 demonstriert an einigen Beispielen, daß gerade auch bei größeren Durchlässigkeiten die Klinkenberg-Korrektur erheblich sein kann (s. dagegen VON ENGELHARDT 1960, S. 127).

Entsprechend der sehr differenzierten petrofaziellen Verhältnisse des Buntsandsteins folgen in jedem Profil eine Vielzahl von Gesteinsvarietäten aufeinander. Es ist nicht nur der Wechsel von Ton-, Schluff- und Sandsteinen mit praktisch allen Über-

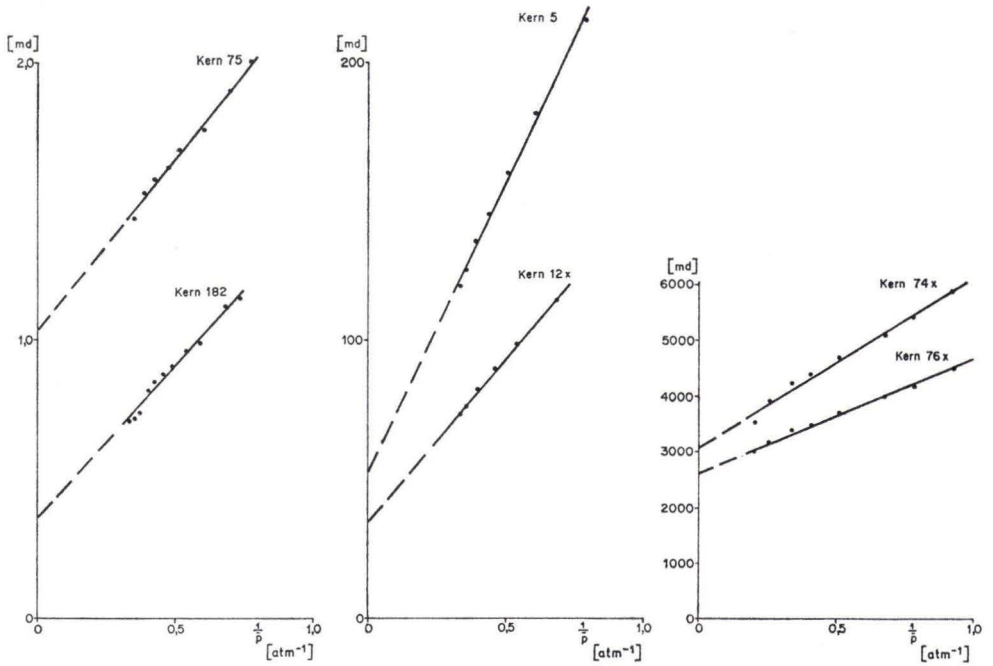


Abb. 2. KLIPPENBERG-Effekt bei der Bestimmung der Gesteinsdurchlässigkeit für Gase an Probezylindern ( $\bar{p}$  = mittlerer Druck des strömenden Mediums im Probezylinder).

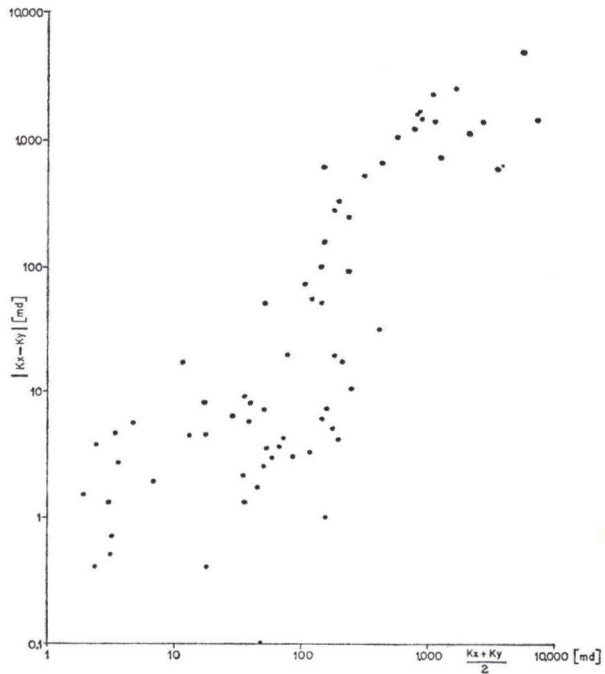


Abb. 3. Differenz der Gesteinsdurchlässigkeiten der  $x, y$ -Probezylinderpaare als Funktion ihrer mittleren Durchlässigkeit in doppelt-logarithmischer Darstellung (Bg. Haarhausen).



gängen und Mischungsverhältnissen, sondern auch die Sandsteine selbst unterliegen in sich in horizontaler und vertikaler Richtung ständigem Wechsel, so daß sich auch im kleinsten Bereich der petrographische Aufbau und damit die Permeabilität wesentlich ändert. Aus diesen Gründen wäre es nur mit einem sehr dichten, z. T. unter 10 cm liegenden Probenabstand möglich, ein genaues Bild von der Verteilung der Permeabilitäten in einem Buntsandsteinprofil zu erlangen. Da bei einem solchen Verfahren die Zahl der Proben und der damit verbundene Aufwand zu groß würden, wurden für diese Untersuchungen Proben ausgewählt, die jeweils bei makroskopi-

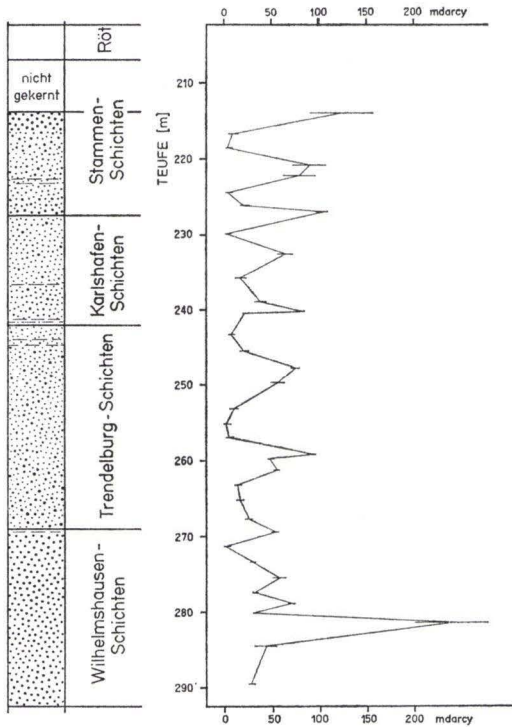


Abb. 4. Durchlässigkeit und petrographische Ausbildung der Solling-Folge in Bg. Elgershausen 1.

scher Betrachtung charakteristisch erschienen. Die durchschnittlichen Probenabstände betragen bei der Bg. Elgershausen 1 etwa 2 m, bei der Bg. Beberbeck etwa 5 m, bei der Bg. Haarhausen VI etwa 3 m und bei der Bg. Altenstädt etwa 4 m. Die Probenahme wurde zunächst auf Sandsteine beschränkt; Ton- und Schluffsteine blieben unberücksichtigt, da erwartet werden kann, daß in ihnen die Gesteinsdurchlässigkeit praktisch null ist. Wegen des stark wechselnden petrographischen Aufbaues der untersuchten Buntsandsteinprofile und wegen des Zustandes der Kerne (Klüftigkeit, zerbrochene Kerne, Kernverlust) war es auch nicht möglich, die Proben für die Permeabilitätsuntersuchungen in exakt gleichen Abständen zu nehmen.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß das beschriebene Verfahren der Probenahme Auswahleffekte enthält. Die Ergebnisse der Messungen zeigen jedoch, daß auch bei dieser Art der Probenahme und dem gewählten Probenabstand nicht nur eine Aussage über die Durchlässigkeit im Gesamtprofil, sondern auch über die Abhängigkeit der Durchlässigkeit von petrofaziellen Gliederungen innerhalb des Profils und im Vergleich verschiedener Profile zueinander möglich ist.

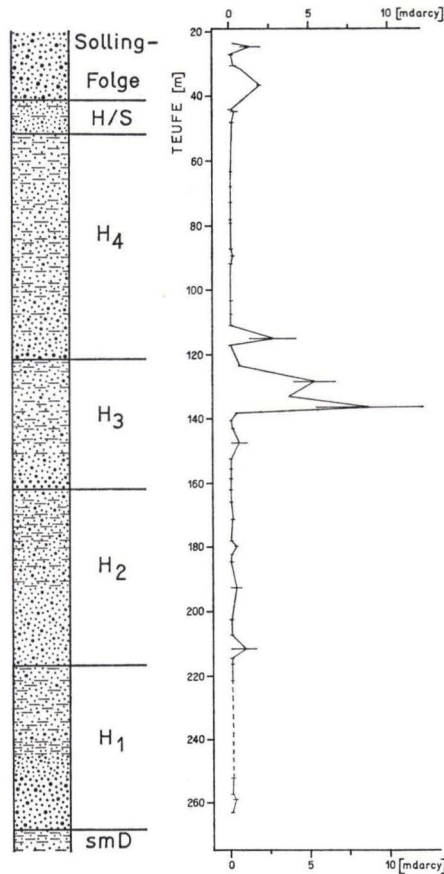


Abb. 5. Durchlässigkeit und petrographische Ausbildung der Solling- und Hardegsen-Folge in Bg. Beberbeck.

An jeder „Probenahmestelle“ wurden aus dem Bohrkern rechtwinklig zueinander zwei mit ihren Achsen in der Schichtung liegende Probezylinder herausgeschnitten (faßt man die senkrecht auf der Schichtung stehende Achse des Bohrkerns als  $z$ -Achse auf, so liegen die Achsen der Probezylinder in  $x$  und  $y$ ), wobei, da die Kerne nicht orientiert gezogen waren, die Achsenrichtungen für jedes Probezylinderpaar verschieden orientiert sein können. Aus technischen Gründen die beiden zueinander

der gehörenden Probezylinder allerdings nicht in einer Ebene, sondern sind gegeneinander etwas versetzt. Sie erfassen daher in strengem Sinne nicht die gleiche Schicht. Abb. 3 zeigt für die aus der Bg. Haarhausen stammenden  $x, y$ -Probezylinderpaare die Differenzen der gemessenen und nach KLINKENBERG korrigierten Gesteinsdurchlässigkeiten als Funktion des arithmetischen Mittels der beiden Durchlässigkeiten, in doppelt-logarithmischer Darstellung. In dieser Darstellung ist der

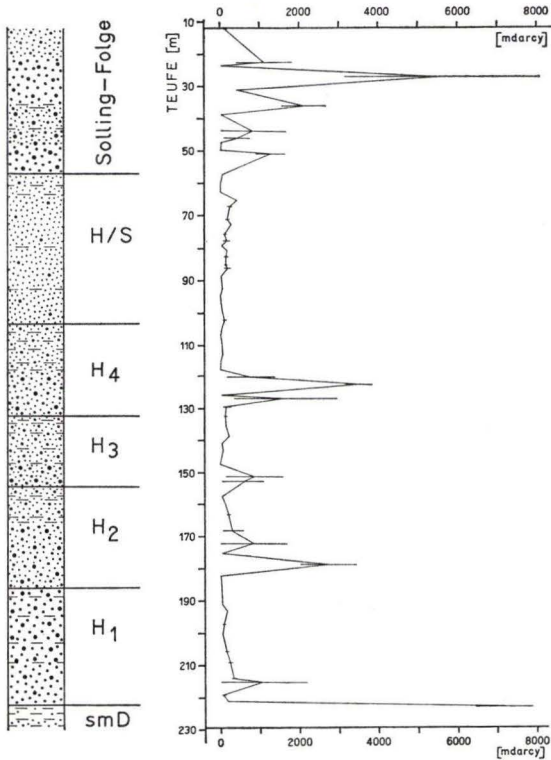


Abb. 6. Durchlässigkeit und petrographische Ausbildung der Solling- und Hardegsen-Folge in Bg. Haarhausen VI.

Zusammenhang in groben Zügen linear. Da hier nur die Durchlässigkeit parallel der Schichtung von praktischer Bedeutung war, wurde auf die Messung der Permeabilität senkrecht zur Schichtung verzichtet. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die Werte in dieser Richtung am niedrigsten sind. Die Gesteinsdurchlässigkeiten der zusammengehörigen in  $x$ - bzw.  $y$ -Richtung gebohrten Probezylinder wurden nach der Tiefe eingetragen und durch einen Balken verbunden (Abb. 4–7). Die Mittelpunkte der Balken wurden geradlinig verbunden und durch Planimetrierung der unter dieser Kurve liegenden Fläche ein angenäherter Wert für die Transmissivität  $T$  (Summe der Produkte Durchlässigkeit  $\times$  Mächtigkeit) der von der Brunnenbohrung durchteuften Schichten aufgrund ihrer Gesteinsdurchlässigkeit berechnet.

In Tab. 2 sind die so ermittelten Werte den nach Pumpversuchen errechneten Transmissivitätswerten gegenübergestellt. Die Werte nach Gleichgewichtsformeln sind im Abschnitt 2 (S. 261–263) errechnet. Die Werte nach Nichtgleichgewichtsformeln wurden nach THEIS (vgl. DÜRBAUM 1957) aus Wiederanstiegsmessungen ermittelt.

Tab. 2. Vergleich der Transmissivität nach Labor- und Feldmessungen

	Labormessung $T$ -Wert [m <sup>2</sup> /s]	Messung bei Pumpversuchen, berechnet nach	
		Gleichgewichts- formeln $T$ -Wert [m <sup>2</sup> /s]	Nichtgleichgewichts- formeln $T$ -Wert [m <sup>2</sup> /s]
Elgershausen 1	$6,4 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	—
Brunnen Elgershausen	—	$7,4 \cdot 10^{-4}$	—
Beberbeck			
161,60 m Tiefe	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	—
Endtiefe	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
Haarhausen VI			
95,5 m Tiefe	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	—
Endtiefe	$5 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$
Altenstädt			
110 m Tiefe	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	—
208,70 m Tiefe	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	—

Aus den Transmissivitätswerten  $T$  ergibt sich nach BENTALL (1963) angenähert die auf die Gesteinsdurchlässigkeit zurückzuführende Leistung  $L$ , die dann erlaubt, mit der im Pumpversuch gemessenen Leistung verglichen, die Bedeutung der Gesteinsdurchlässigkeit im Rahmen der Gesamtdurchlässigkeit der von dem Brunnen erfaßten Gesteinsschichten zu beurteilen. In Tab. 3 sind die so ermittelten  $L$ -Werte den bei den Pumpversuchen gefundenen Leistungen (Abb. 8) gegenübergestellt. (Die Werte bei 10 m Absenkung wurden graphisch aus den Leistungscharakteristiken ermittelt.)

Tab. 3. Leistung der Brunnen  
aufgrund von Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit

Brunnen	$L$ -Wert m <sup>3</sup> /h 10 m Absenkung	Leistung (Pumpversuch) m <sup>3</sup> /h 10 m Absenkung
Elgershausen	1	29
Beberbeck	0,02	8
Haarhausen	9,0	56
Altenstädt	4,5	20,5

Bestenfalls erreichen die hier berechneten, auf der Gesteinsdurchlässigkeit beruhenden Leistungen also 20% der tatsächlich gemessenen Leistungen. Bemerkenswert ist

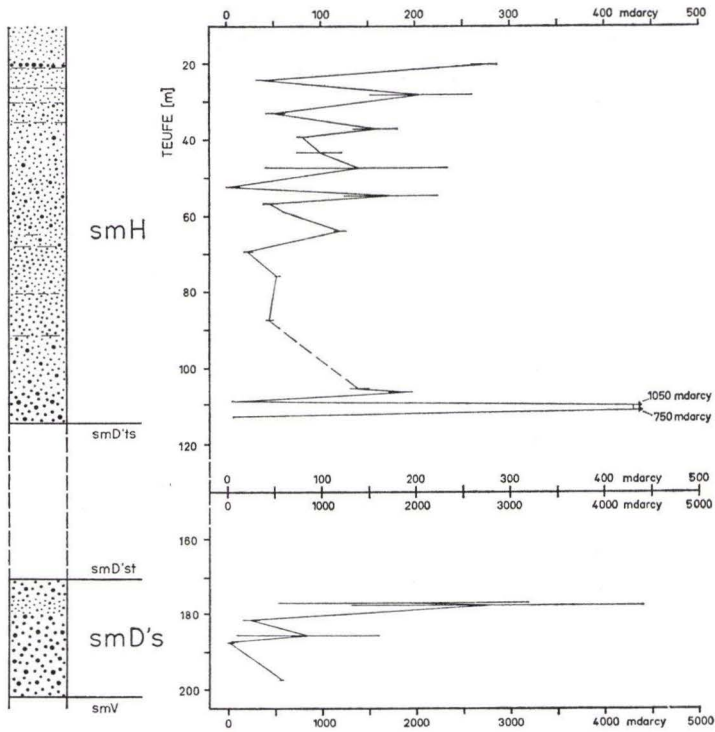


Abb. 7. Durchlässigkeit und petrographische Ausbildung der Hardeggen- und Detfurth-Folge in Bg. Altenstädt.

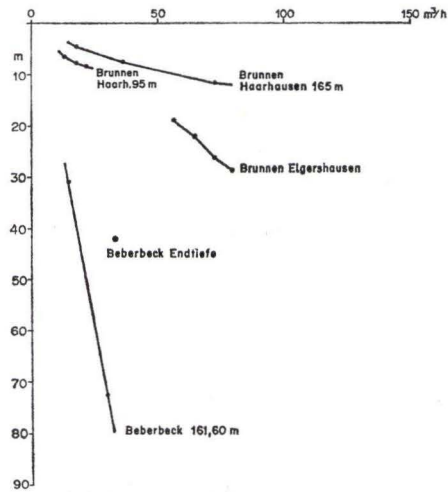


Abb. 8. Leistungscharakteristiken der untersuchten Brunnen.

der in der Bg. Haarhausen VI ermittelte  $L$ -Wert, der darauf hinweist, daß unter den dort vorliegenden petrofaziellen Bedingungen auch im trennfugenfreien Gebirge allein aufgrund der Gesteinsdurchlässigkeit wirtschaftlich zu betreibende Brunnen gebaut werden können.

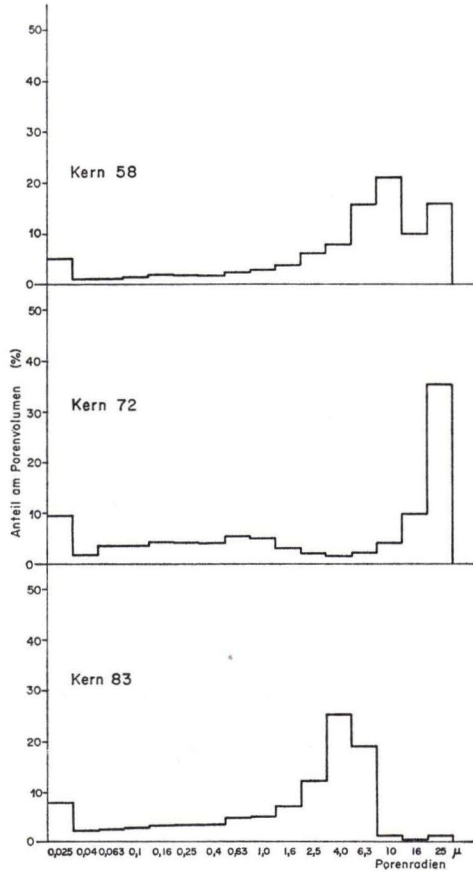


Abb. 9. Verteilung der Porenradien einiger Buntsandstein-Probezyliner.

In Abb. 9 sind drei Kurven der Porenradienverteilung dargestellt, die mit Hilfe einer RUSKA-Kapillardruckapparatur bestimmt wurden (s. Abb. 10 a und b) (DRAKE & RITTER 1945). Kern 58 entstammt der unteren Hälfte der Hardegsen-Folge in der Bg. Altenstädt, Kern 72 der Solling-Folge der Bg. Haarhausen, Kern 83 der obersten Partie der Hardegsen-Folge derselben Bohrung. Vor allem Partien, wie sie durch die Kerne 72 und auch 58 repräsentiert werden, tragen zu einem bedeutenden Anteil der Gesteinsdurchlässigkeit an der Gebirgsdurchlässigkeit bei.

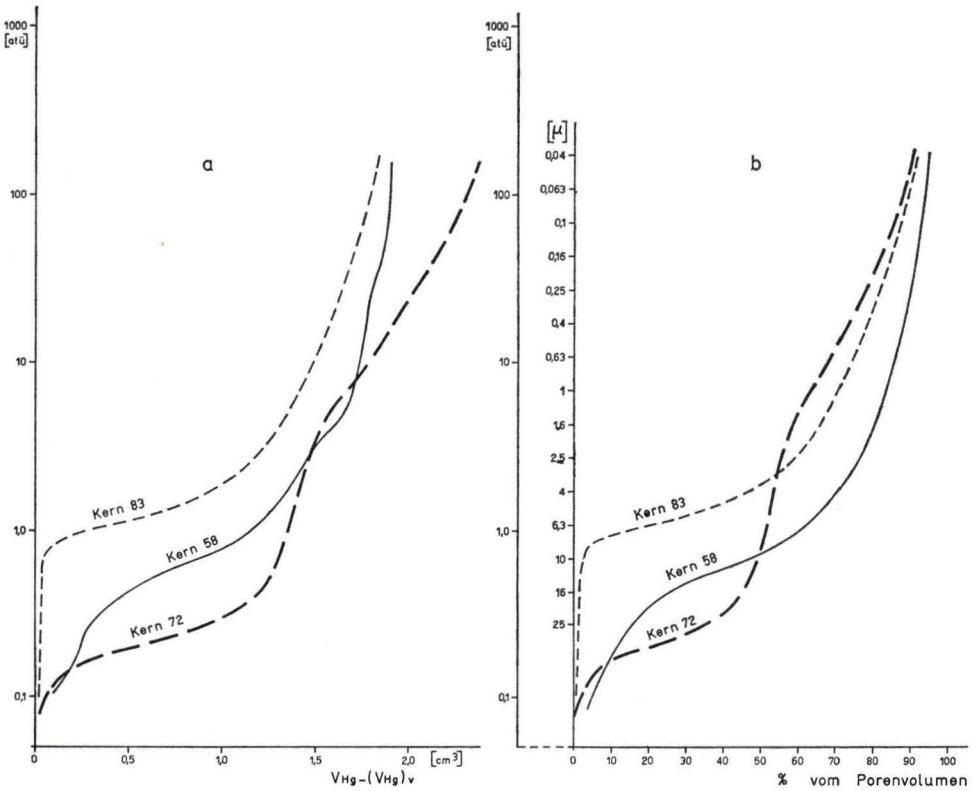


Abb. 10. Bestimmung der Porenradienverteilung der Probezylinder der Abb. 9 mit Hilfe einer RUSKA-Kapillardruckapparatur. a) eingepreßtes Quecksilbervolumen in  $cm^3$ , b) Darstellung in % des Porenvolumen.

#### 4. Zusammenhänge zwischen den stratigraphisch-petrofaziellen Verhältnissen und der Permeabilität

In Tab. 4 sind die Ergebnisse der Messungen der Gesteinsdurchlässigkeit in Abhängigkeit von den stratigraphischen Einheiten und der Lage der Bohrungen innerhalb des Buntsandsteinbeckens zusammengestellt.

##### 4.1. Solling-Folge

Die petrofazielle Gliederung der Solling-Folge spiegelt sich in den Meßwerten der Bg. Elgershausen 1 nicht wider (Abb. 4), wenn man nicht den über 200 md liegenden Meßwert der Probe 35 (281,50 m) als charakteristisch für die etwas größere Durchlässigkeit der Wilhelmshausen-Schichten ansehen will. Die Meßergebnisse am Profil der Bg. Elgershausen 1 sind insofern erstaunlich, als makroskopisch sehr bindemittelarm und porös wirkende weiße Sandsteine der Wilhelmshausen-Schichten einen deutlichen Gegensatz zwischen Karlshafen- und Wilhelmshausen-Schichten erwarten ließen.

Tab. 4. Petrofazielle und stratigraphische Verteilung der Gesteinsdurchlässigkeit

	Beckeninneres								Beckenrand							
	Beberbeck				Elgershausen I				Altenstädt				Haarhausen VI			
	Zahl der Proben- paare	min md	max md	Mittel md	Zahl der Proben- paare	min md	max md	Mittel md	Zahl der Proben- paare	min md	max md	Mittel md	Zahl der Proben- paare	min md	max md	Mittel md
Solling-Folge	6	0,1	2	0,7	37	0	240	45	—	—	—	—	12	0	5400	960
Hardeggen-Folge	45	0	8,7	0,5	—	—	—	—	22	5	1050	188	60	0	7120	407
Detfurth-Folge	—	—	—	—	—	—	—	—	7	30	2860	920	—	—	—	—



In den Bohrungen Beberbeck und Haarhausen liegen nur wenige Werte vor: in der Bg. Beberbeck nur aus den untersten 20 m der Solling-Folge, in der Bg. Haarhausen nur aus den untersten 50 m (Tab. 4). Der deutliche Unterschied in der Permeabilität in den Bohrungen Beberbeck (im Mittel 0,7 md) und Elgershausen I (im Mittel 45 md) gegenüber Bg. Haarhausen VI (im Mittel 960 md) legt nahe — obwohl z. T. unterschiedliche Teile der Solling-Folge erfaßt wurden — eine schlechter durchlässige „Becken“-Fazies von einer besser durchlässigen Randfazies zu unterscheiden.

#### 4.2. Hardeggen-Folge

Die stratigraphische Gliederung der Hardeggen-Folge in einzelne Abfolgen spiegelt sich in der Bg. Beberbeck nicht in den Meßwerten wider (Abb. 5) im Gegensatz zur Bg. Haarhausen VI (Abb. 6), in der die Gliederung der Hardeggen-Folge deutlich aus den Meßwerten ablesbar ist. Die Basissandsteine der Einzelabfolgen zeigen jeweils höhere Durchlässigkeiten, als die Sandsteine im höheren Teil einer Einzelabfolge. Die unter der Solling-Folge gelegene Übergangsfolge (H/S) ist, wie RAMBOW (1967 a) ausführt, petrofaziell den Sandsteinen der Solling-Folge ähnlich, unterscheidet sich aber durch das Fehlen der Gerölle und durch die allgemein geringere Korngröße von der Solling-Folge. Die Durchlässigkeitsmessungen geben diesen Unterschied, wie auch die Gliederung der Hardeggen-Folge in einzelne Abfolgen, klar wieder.

Die Meßwerte innerhalb der Hardeggen-Folge der Bg. Altenstädt liegen unterhalb 300 md. Nur zwei Werte im untersten Teil der Hardeggen-Folge, im etwa 14 m mächtigen Basis-Sandstein, weisen mit 1050 und 780 md deutlich höhere Permeabilität auf.

Der Vergleich der Durchlässigkeiten innerhalb der Hardeggen-Folge (Tab. 4) zwischen der im „Becken“ gelegenen Bg. Beberbeck (Mittel 0,5 md) und der etwa 60 km südlich gelegenen Bg. Haarhausen (Mittel 407 md) bestätigt den bereits bei der Solling-Folge vermuteten Zusammenhang zwischen der Gesteinsdurchlässigkeit und dem Wechsel der Petrofazies vom „Becken“ (geringere Korngröße, höherer Ton-Schluffanteil) zum „Beckenrand“ (gröberes Korn, bessere Sortierung).

Die an sich stark sandig ausgebildete und als Randfazies zu bezeichnende Hardeggen-Folge in der Bg. Altenstädt (Abb. 7) lieferte Durchlässigkeitswerte (Mittel 188 md), die deutlich über denen der Bg. Beberbeck liegen, jedoch nicht die Spitzenwerte der randnäheren Bg. Haarhausen erreichen. Das Profil der Bg. Haarhausen ist gegenüber dem von Altenstädt sowohl dem Augenschein nach, als auch nach den Durchlässigkeiten differenzierter.

#### 4.3. Detfurth-Folge

Für die Detfurth-Folge liegen bisher nur Durchlässigkeitsmessungen aus der Bg. Altenstädt aus dem Bereich des Detfurth-Sandsteins vor. Die gemessenen Durchlässigkeiten über 1000 md (Mittel 920 md) sind bemerkenswert. Eine Schwierigkeit für weitere Untersuchungen dieser Gesteinsserie besteht bei der Probenahme, da innerhalb dieses Sandsteins — wie auch beim Volpriehausen-Sandstein — häufig sehr bindemittelarme, stark absandende Partien vorkommen, die sicherlich für Durchlässigkeitsuntersuchungen von besonderem Interesse wären, die jedoch meist zu erheblichen Kernverlusten führen.

### 5. Zusammenfassung

Permeabilitätsuntersuchungen an Gesteinsproben der Solling-, der Hardeggen- und Detfurth-Folge ergaben erhebliche Durchlässigkeitsunterschiede aufgrund der petrographischen Ausbildung der Sandsteine in Abhängigkeit von ihrer Lage innerhalb des Buntsandsteinbeckens. Die zunehmende Feinkörnigkeit von den Rändern des „Beckens“ zu seinen zentralen Teilen hin sowie Unterschiede in der Porenfüllung (Matrix) spiegeln sich in den gemessenen Werten wider.

Die Permeabilitätsmessungen zeigen außerdem, daß die Ergiebigkeiten der Brunnen im Buntsandstein dieses Gebietes im wesentlichen auf der Gebirgsdurchlässigkeit, d. h. auf dem Vorhandensein wasserwegsamere Klüfte und Schichtfugen beruhen, wohingegen die Gesteinsdurchlässigkeit für die Wasserbewegung nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Es ist beabsichtigt, die Untersuchungen fortzusetzen und auf die Volpriehausen-Folge (Mittlerer Buntsandstein) und den Unteren Buntsandstein auszudehnen.

### Schriftenverzeichnis

- BENTALL, R.: Shortcuts and special problems in aquifer tests. — US Geol. Surv. Water Supply Pap., 1545 C, 9 + 117 S., 31 Abb., Washington 1963.
- DRAKE, L. C. & RITTER, H. L.: Pore-size distribution in porous materials. — Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., **17**, S. 782, 1945.
- DÜRBAUM, H.-J.: Über das Darcysche Gesetz. — Dtsch. gewässerkr. Mitt., **1**, S. 76—82, 3 Abb., 1957.
- ENGELHARDT, W. VON: Der Porenraum der Sedimente. 207 S., 83 Abb., Berlin-Göttingen-Heidelberg (Springer) 1960.
- HAUTHAL, U.: Zum Wasserleitvermögen von Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins. — Z. angew. Geol., **13**, 8, S. 405—407, 2 Tab., 1967.
- HORN, M.: Detfurth- und Hardeggen-Folge am Naumburger Graben (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 64—75, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1967.
- JOHNSON, C. R. & GREENKORN, R. A.: Comparison of core analysis and drawdown-test results from a water-bearing Upper Pennsylvanian sandstone of central Oklahoma. — Geol. Soc. America Bull., **71**, S. 1898, 1960; Bull. Int. Assoc. scientific Hydrol., **7**, 3, S. 46—52, 2 Abb., 2 Tab., Louvain (Belgien) 1962.
- Description of gross reservoir heterogeneity by correlation of lithologic and fluid properties from core samples. — Bull. Int. Assoc. scientific Hydrol., **8**, 3, S. 52—63, 5 Abb., Gentbrugge 1963.
- KLINKENBERG, L. J.: The permeability of porous media to liquids and gases. — Amer. Petroleum Inst. Drill. Prod. Pract., 200, 1941.
- RAMBOW, D.: Die Hardeggen-Folge (Buntsandstein) in den Bohrungen Beberbeck und Haarhausen (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 76—82, 1 Taf., Wiesbaden 1967 (1967a)
- Die Solling-Folge und der untere Röt (Buntsandstein) in der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 83—101, 2 Abb., Wiesbaden 1967. (1967b)

Manuskript eingegangen am 18. 4. 1969

## **Erfahrungsbericht über Korngrößenbestimmungen von Verwitterungsresiduen aus Karstgebieten**

Von

**KARL-HEINZ PFEFFER**, Frankfurt am Main

Mit 2 Abbildungen und 3 Tabellen

### **I. Einleitung**

Korngrößenanalysen werden im Labor des Geographischen Instituts der Universität Frankfurt/M. (Direktoren: Prof. Dr. H. LEHMANN, Prof. Dr. A. KRENZLIN) in einem kombinierten Sieb- und Sedimentationsverfahren ausgeführt. Das Probenmaterial ( $< 2$  mm) wird 2 Tage bei  $105^{\circ}\text{C}$  im Trockenschrank getrocknet. Humus- und Carbonatzerstörung erfolgen im allgemeinen nicht. Das Probenmaterial (Einwaage  $5 - 10$  g) wird mit  $250$  ml  $0,04$  n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -Lösung versetzt, 2 Std. gerührt und nach 4 Std. erfolgt das nasse Absieben der Fraktion  $> 0,1$  mm. Der Siebgehalt wird bei  $105^{\circ}\text{C}$  im Trockenschrank getrocknet. Weiteres Differenzieren der Siebfraction erfolgt im Trockensiebverfahren (Siebsatz  $0,6; 0,2; 0,1$  mm). Die Suspension mit Teilchen  $< 0,1$  mm wird über Nacht stehengelassen, auf  $1$  l aufgefüllt (Peptisator  $0,01$  n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) und der Pipettanalyse unterworfen. Die Proben ( $10$  ml) werden auf dem Wasserbad eingedampft, über Nacht im Trockenschrank ( $105^{\circ}\text{C}$ ) stehengelassen, ausgewogen, auf die Einwaage umgerechnet und in Prozent von dieser angegeben.

Analysen nach dieser Vorschrift, die sich nicht nur im Labor des Geographischen Instituts Frankfurt/M. bei Korngrößenbestimmungen der unterschiedlichsten Sedimente und Böden sehr gut bewährt hat, ergaben bei einer großen Zahl von Proben aus mediterranen und tropischen Karstgebieten unbrauchbare Ergebnisse, sei es, daß die Proben koagulierten; sei es, daß die Summe der einzelnen Fraktionen außerhalb der Fehlertoleranz von  $100 \pm 3\%$  lag.

Eine Überprüfung der Probenvorbereitungsmethode und des Peptisators wurde vorgenommen und daraus eine neue Arbeitsvorschrift für Proben aus Karstgebieten entwickelt.

### **2. Vorbehandlung des Probenmaterials**

Das Probenmaterial wurde lufttrocken eingewogen.

Es zeigte sich, daß in einem Großteil der tonreichen Proben (Schlottenfüllungen aus dem mediterranen Karst, Cockpitfüllungen und Böden aus den feuchten und wechselfeuchten Tropen) das Wasser sehr gut haftet, so daß es schwer zu entscheiden

ist, nach welchem Zeitraum eine Probe als „lufttrocken“ zu bezeichnen ist, zumal der — nie bekannte — Wert der Luftfeuchtigkeit der Laborluft schwankt, so daß Wägungen auf Gewichtskonstanz keine exakte Bestimmung „lufttrocken“ zuließen. Um diese Unsicherheit auszuschließen, und um ein baldiges Aufarbeiten des Probenmaterials zu ermöglichen, wurden alle Proben 48 Std. im Trockenschrank bei 105 °C aufbewahrt.

Versuche, dieses Material sofort einzuwägen, scheiterten, da sich viele der Proben als äußerst hygroskopisch erwiesen. Bereits während des Einwägvorgangs konnte an der Analysenwaage eine stete Gewichtszunahme beobachtet werden. Kontrollwägungen an Schlottenfüllungen aus dem dinarischen Karst (Tongehalte 60–98%) ergaben Gewichtszunahmen von 8–15%.

Die Proben wurden nach der Trocknung im Trockenschrank mindestens 2 Tage offen an der Laborluft stehengelassen und dann erst weiterverarbeitet.

Auf Humuszerstörung wurde aus zwei Gründen verzichtet. Erstens enthalten sehr viele Proben aus Karstgebieten (Schlottenfüllungen, Cockpitfüllungen, Dolineneinschwemmungen) nur geringe Mengen an organischer Substanz, und zweitens ergaben Kontrolluntersuchungen, daß durch die  $H_2O_2$ -Behandlung des Probenmaterials (Arb.-Gemeinsch. Bodenkunde, 1965, S. 116) eine Verschiebung der Korngrößenverteilung eintreten kann. Dieses wurde bei Verwendung von 0,01 n  $Na_4P_2O_7$  Peptisator fast nie beobachtet, bei Verwendung des später noch eingehend diskutierten 0,001 n  $Na_4P_2O_7$  Peptisators traten Unterschiede auf, wofür Tab. 1 Beispiele zeigt. Bei diesem Peptisator zeigte Probenmaterial, das mit  $H_2O_2$  behandelt worden war, entgegen dem sonstigen normalen Analysenverlauf eine größere Anfälligkeit zur Koagulation.

Tab. 1. Korngrößenverteilung von Proben ohne und mit  $H_2O_2$ -Behandlung

Frakt. in mm	a)		b)		c)	
	ohne $H_2O_2$	mit $H_2O_2$	ohne $H_2O_2$	mit $H_2O_2$	ohne $H_2O_2$	mit $H_2O_2$
2 — 0,6						
0,6 — 0,2	44,2	48,8	5,6	7,6	0,8	1,2
0,2 — 0,1						
0,1 — 0,06	10,8	8,0	2,8	2,0	0,4	4,8
0,06 — 0,02	14,8	16,0	5,2	0,0	19,6	12,4
0,02 — 0,006	12,0	10,4	0,0	9,6	24,4	19,6
0,006 — 0,002	3,2	0,4	10,8	7,6	8,4	8,0
< 0,002	15,6	18,8	72,4	72,8	47,6	56,0
Summe	100,6	102,4	96,8	99,6	101,2	102,0

Peptisator: 0,001 n  $Na_4P_2O_7$ .

Auf Carbonatzerstörung wurde verzichtet, da die meisten Proben nur geringe Mengen an Carbonat enthalten. Ein weiterer Grund hierfür war, daß viele Kalksteineroterden und -rotlehme einen hohen Prozentsatz an pedogenem Eisen und Aluminium enthalten, das von den verdünnten Säuren, die zur Carbonatzerstörung Anwendung finden, z. T. aufgelöst wird.

### 3. Dispergierung der Proben

5 g Probenmaterial wurde eingewogen, mit 250 ml 0,04 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  versetzt, 2 Std. gerührt und nach weiteren 2 Std. mit einem 0,1 mm Sieb abgeseibt.

Die Verwendung eines Siebes von 0,063 mm empfahl sich nur bei Proben mit großem Feinstsandgehalt und bei Proben mit eingewehten schweren vulkanischen Aschen, da diese durch extrem rasches Sedimentieren in der Pipettanalyse nicht vollständig erfaßt wurden und außerdem mitunter feineres Material mitrissen. Ansonsten ist das 0,063 mm Sieb schlecht geeignet, da tonreiche Proben aus tropischen Gebieten sich beim Absieben oft zu kleinen wurmförmlichen Gebilden zusammenklumpen, die schon bei Verwendung des 0,1 mm Siebes den Siebvorgang erschweren, bei Verwendung des 0,063 mm Siebes diesen aber unnötig in die Länge zogen.

Die Siebfraction wurde bei 105 °C getrocknet und trocken gesiebt (Siebsatz 0,6; 0,2; 0,1 mm).

Die Suspension mit den Fraktionen < 0,1 mm wurde über Nacht stehengelassen, auf 1000 ml aufgefüllt (Dispergierung 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) und der Pipettanalyse unterworfen.

Eine Reihe von Proben koagulierte, wobei eine so große Flockung eintrat, daß sie an „Fällungsreaktionen“ erinnerte. Innerhalb von ca. 30 Minuten sedimentierte die gesamte Einwaage, und im Schlämmzylinder war nur noch eine klare Flüssigkeit. Von Proben, die nicht koagulierten, erbrachten einige eine Summe der einzelnen Fraktionen, die weit über 100% lag. Tab. 2 zeigt solche unbrauchbaren Analyseergebnisse.

Da 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator heute in vielen Laboratorien benutzt wird (und Versuche mit anderen Chemikalien kein universelles, für alle Verwitterungsresiduen aus Karstgebieten brauchbares Dispersionsmittel lieferten) und um möglichst die Vergleichsfähigkeit der Ergebnisse zu wahren, wurde versucht, die Ursache der Störungen zu finden und diese zu beseitigen. Eine Verfolgung der Phänomene Koagulation und zu hohe prozentuale Analyseergebnisse ließ zwei große Gruppen erkennen.

Tab. 2. Beispiele mißlungener Korngrößenbestimmungen

Frakt. in mm	M 7	M 4	M 5	M 14	B 2	N 11	N 74	N 76
2 — 0,6								
0,6 — 0,2	0,2	0,6	0,8	0,2	0,4	4,4	33,6	36,0
0,2 — 0,1								
0,1 — 0,06	0,2	3,6	3,0	1,0	*)	*)	0	6,8
0,06 — 0,02	3,6	2,6	6,8	0,4	a)	b)	26,4	22,8
0,02 — 0,006	3,4	11,6	8,8	3,4			27,6	13,6
0,006 — 0,002	1,6	6,6	7,6	2,4			8,8	5,2
< 0,002	97,0	79,2	79,6	98,8			14,4	21,5
Summe	106,0	104,2	106,6	106,2			110,8	106,0

Peptisator: 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

\*) Koagulation ges. Feinmaterial sedimentierte in a) 29 b) 22 Minuten

M7 Schlottenfüllung Campo di Rovere/Italien; M4, M5 Schlottenfüllungen Udbina/Jugoslawien; M14 Schlottenfüllung Plitvice Jezera/Jugoslawien; B2 foss. Rotlehm Rock Hall/Jamaica; N11 Cockpitfüllung Pepper Area/Jamaica; N74, N76 Schlottenfüllung Southampton/Jamaica.

A. Allitische Verwitterungsresiduen; Geologisch alte Verwitterungsresiduen, die unter tropischen oder subtropischen Klimabedingungen entstanden sind und sich heute noch in ähnlichen Klimabereichen befinden.

Der größte Teil solcher Proben (Bauxite, allitische Roterden, mediterrane Karstschlotten, tropische Karstschlotten- und Cockpitfüllungen) koagulierte sehr leicht oder lieferte zu hohe Werte ( $> 103\%$ , im Durchschnitt  $106-109\%$ ).

B. Geologisch junge tropische und subtropische Verwitterungsresiduen; fossile quartäre Böden; Reliktböden Mitteleuropas; rezente und fossile mitteleuropäische Böden; siallitische Residuen.

Dieses Probenmaterial koagulierte im allgemeinen nicht, und die Ergebnisse lagen innerhalb der Fehlertoleranz von  $100 \pm 3\%$ .

Die Literatur (Arb.-Gemeinsch. Bodenkunde, 1965, S. 116, 117; BENITZ, A. 1961; KÖSTER, E. 1964; MÜLLER, G. 1964; PFEFFER, P. 1952; SCHLICHTING, E. & BLUME, H. P. 1966; VINTHER, E. H. & LASSON, M. L. 1933) zeigt, daß die Autoren, die 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator erprobt und als idealen Peptisator empfohlen haben, keine Proben aus der oben genannten Gruppe A analysierten. Die Proben der Gruppe A zeichnete ein hoher Gehalt an salzsäurelöslichem Eisen und Aluminium aus, während die Kieselsäuregehalte von  $50\% - \text{ca. } 1\%$  schwankten. Einige der Proben erwiesen sich als reine Allite, nur gebildet von Gibbsit und Böhmit (bei fossilen mediterranen Bauxiten aus Diaspor), während in anderen Kaolinit und Halloysit dominierte (PFEFFER, K.-H. 1969).

Zwischen den Proben der Gruppe A und 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator kam es zu chemischen Umsetzungen. Eisen- und Aluminiumionen reagierten – wie an Versuchsreihen kontrolliert wurde – mit Pyrophosphat, und zwar derart, daß es entweder zu Fällungen kam oder daß Eisen und Aluminium in der Lösung analytisch nicht mehr nachweisbar waren. In beiden Fällen ergab das Eindampfen der Lösung ( $105^\circ\text{C}$ ) höhere Werte als die angesetzte 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Menge + Eisen- und Aluminiumzusatz. Die entstandenen Verbindungen lagerten also Wasser an, das bei  $105^\circ\text{C}$  nicht entfernt werden konnte.

Nach der chemischen Literatur (Gmelins Handbuch d. anorganischen Chemie, 8. Aufl., Band Al, Teil B, 1934, S. 426; Band Fe, Teil B, 1932, S. 777, S. 911; Band P, Teil C, 1965, S. 237) treten folgende Reaktionen ein:

In Lösungen, die Fe und Al Ionen enthalten, kommt es bei Anwesenheit von  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  zur Fällung von Fe- und Al-Pyrophosphat.  $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ . Das Kristallwasser bleibt auch nach Trocknung bei  $110^\circ\text{C}$  erhalten. Ist Pyrophosphat im Überschuß vorhanden, so lösen sich die Fe- und Al-Pyrophosphate unter Komplexbildung wieder auf, wobei die Einzelreaktionen noch nicht erforscht sind. Für Al-Verbindungen wird folgende Formel angegeben:  $2 \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot \text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3 \cdot 3 \text{OH}_2\text{O}$ . Auch die Komplexe enthalten eine große Menge Kristallwasser.

Für die Korngrößenanalyse bedeuteten diese Ausführungen: 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  wirkte nicht nur als Peptisator (d. h. Zusetzen einer Ionenart, die von den in der Suspension

vorhandenen Teilchen adsorbiert wurde und durch die damit entstehende gleichsinnige Aufladung ein Zusammentreten der Teilchen zu größeren Verbänden verhinderte), sondern es kam zu einer chemischen Reaktion zwischen dem Probematerial und dem Peptisator.

Diese zeigte dreierlei Auswirkungen:

1. Bei hohem Elektrolytgehalt und wenn sehr viele mobile Metallionen vorhanden waren, kam es zu Flockungen, zur Fällung von Metallpyrophosphaten; die Probe koagulierte so stark, daß in weniger als 30 Minuten im Schlämmszylinder nur eine klare Flüssigkeit vorhanden war.  
Ein Fall, der bei Bauxiten und allitischen Roterden zu beobachten war.
2. Wenn nur geringe Mengen an Kationen vorhanden waren, die mit Pyrophosphat reagieren konnten, so trat keine Koagulation ein, aber (Ton-)partikel, die durch ausgeflockte Eisen- und Aluminiumgele sekundär zu größeren Partikeln verkittet waren, wurden durch Auflösung der Verkittung wieder zu Primärpartikeln. Es kam zu einer Verschiebung der Korngrößenverteilung zu kleineren Fraktionen hin (geringerer Schluffanteil – höherer Tonanteil als wirklich vorliegt).  
Dieses Phänomen konnte bei Proben aus Gebieten mit einer mehr oder minder deutlich ausgeprägten Trockenzeit (wechselfeuchte Tropen, sommer- und winterfeuchte Gebiete) beobachtet werden, wobei es gleich war, ob es sich um allitische oder siallitisch-allitische Kalksteinroterden oder Kalksteinrotlehme handelte.
3. Die im Falle 2 entstandenen Metallpyrophosphate und komplexen Metallpyrophosphate lagerten Wasser an, das bei der Trocknung von 105 °C nicht entfernt werden konnte. Die Folge war, daß das Gewicht der einzelnen abpipettierten Fraktion höher wurde als das theoretisch geforderte Gewicht Fraktion + Peptisator. Daraus resultierten zu hohe Analysenwerte, und wenn – wie bei vielen Proben der Gruppe A – eine relativ große Anzahl an Metallpyrophosphaten und an Komplexverbindungen entstand, dann wurde der Toleranzwert von  $100 \pm 3\%$  überschritten. Eine Korrektur war nicht möglich, da man nicht feststellen konnte, ob die Gewichtszunahme alle Fraktionen gleich betraf, oder ob nur einzelne Fraktionen davon betroffen waren.

Es stellte sich nun die Frage, ob es möglich sei, durch Veränderung der Relation Probenmenge-Peptisator die chemischen Reaktionen und ihre Nebenwirkungen auf ein Minimum herabzudrücken und trotzdem noch eine gute Dispergierung des Probenmaterials zu erreichen.

Es wurde Probenmaterial verwendet, das sich den bisherigen Untersuchungsmethoden (5–10 g Einwaage – 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator) widersetzte.

- a) 2,5 g Einwaage – 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator
- b) 1 g Einwaage – 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator
- c) 10 g Einwaage – 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator
- d) 5 g Einwaage – 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator
- e) 2,5 g Einwaage – 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator
- f) 1 g Einwaage – 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator

Die Relationen Probe – Peptisator a) b) c) brachten keine brauchbaren Ergebnisse.

0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator erbrachte bei 2,5 g und 5 g Einwaage Ergebnisse, die innerhalb der Fehlertoleranz von  $100 \pm 3\%$  lagen, auch konnten nur vereinzelt Koagulationen beobachtet werden; es empfiehlt sich jedoch, bei ton- und schluffreichen Proben mit 2,5 g Einwaage zu arbeiten. Bei einer Einwaage von 1 g wird der Wägefehler zu groß.

(Bei über 400 Proben, die bisher mit 2,5 g Einwaage – 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator analysiert wurden, betrug die Anzahl der mißglückten Analysen 1–2%.)

Zu beweisen war jetzt, ob mit der 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Lösung eine ausreichende Peptisierung zu erzielen ist, oder ob alle Proben nach dieser Methode sich als schluffreich und tonarm erweisen sollten.

Es wurden Proben mit 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator aufbereitet, die auch mit 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator brauchbare Ergebnisse lieferten.

Typische Ergebnisse dieser vergleichenden Untersuchung sind in Abb. 1 und 2 dargestellt. Die Kurven sind ohne Fehlerkorrektur dargestellt.

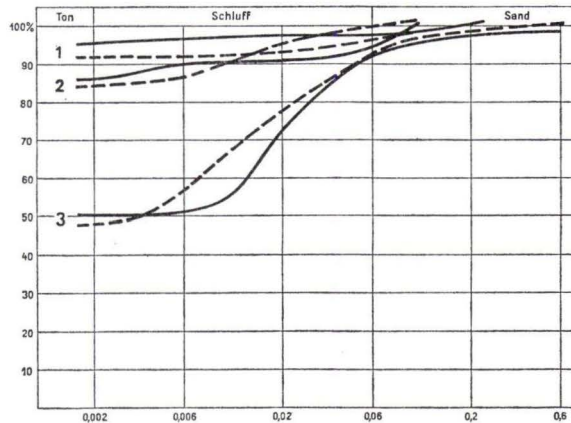


Abb. 1. Korngrößensummenkurven

— 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator  
 - - - - 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator

1 Cockpitfüllung Puerto Rico, 2 Schlottenfüllung Jugoslawien, 3 Schlottenfüllung Portugal.

Abb. 1 läßt erkennen, daß mit 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator eine gute Dispergierung erreicht wurde. Selbst Tone (wie die Probe 1) zeigten nur geringe Unterschiede bei Aufbereitung mit 0,001 n gegenüber 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .

Es gab aber auch Proben, die mit 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator sich als reine Tone oder als tonreich erwiesen, während mit 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator erheblich weniger hohe Tongehalte erreicht wurden. Beispiele hierfür sind der Abb. 2 zu entnehmen. Erklärbar ist dies nur so, daß die Tonsubstanz dieser Proben nicht als Partikel  $< 0,002$  mm vorlag, sondern verkittet war, und daß diese Verkittung durch 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator beseitigt wurde. Mit 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  wurden sicher auch einige Verkittungen beseitigt, aber mit diesem Peptisator wurden die effektiv vorliegenden Korngrößen der Proben deutlicher. Daher ist es möglich, mit 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator eine feinere Differenzierung vorzunehmen als mit 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .



Dies sei abschließend an einem Beispiel erläutert (Tab. 3). Mit 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator bestanden in der Korngröße zwischen einer Karstschlottenfüllung aus dem Hochapennin, einer Rendzina aus dem Hochland von Chiapas (Mexico) und einer Cockpitfüllung aus dem Kegelkarst Puerto Ricos kaum Unterschiede. Mit 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator wurde deutlich, daß sich diese Proben auch in der Korngrößenverteilung unterscheiden.

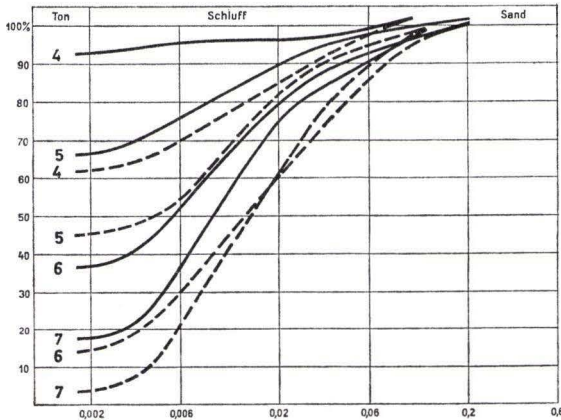


Abb. 2. Korngrößensummenkurven

— 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator  
 - - - - 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator

4 Schlottenfüllung Hochapennin, 5 Schlottenfüllung Jamaica, 6 fossiler Interglazialboden Hochapennin, 7 Rendzina Hochapennin.

Tab. 3. Korngrößen von Proben mit 0,01 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  und 0,001 n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  Peptisator

Peptisator	0,01 n $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$			0,001 n $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$		
	Italien	Mexico	Puerto Rico	Italien	Mexico	Puerto Rico
Herkunft	Schlottenfüllung	Rendzina	Cockpitfüllung	Schlottenfüllung	Rendzina	Cockpitfüllung
Frakt. in mm						
2 — 0,6						
0,6 — 0,2	0,8	2,1	0,4	0,8	2,4	0,4
0,2 — 0,1						
0,1 — 0,06	2,6	0,0	0,0	2,0	13,2	0,0
0,06 — 0,02	1,8	4,4	0,0	15,2	5,6	4,8
0,02 — 0,006	1,6	5,5	4,0	14,4	6,8	0,4
0,006 — 0,002	3,2	1,0	2,4	9,2	1,6	1,2
< 0,002	92,6	86,8	95,6	61,2	68,8	91,6
Summe	102,6	99,8	102,4	102,8	98,4	98,4

#### 4. Zusammenfassung

Es ergab sich für Korngrößenanalysen von Verwitterungsresiduen aus Karstgebieten folgende Arbeitsvorschrift:

Probenmaterial < 2 mm 2 Tage bei 105° C im Trockenschrank lagern; mindestens 2 Tage an der Laborluft stehenlassen; keine Humus- und keine Carbonatzerstörung.

2,5 g (bei Proben mit hohem Sandgehalt 5 g) Einwaage; 250 ml 0,004 n Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Peptisator zugeben; 2 Std. rühren, 2 Std. stehenlassen.

0,1 mm Sieb, nasses Absieben (bei hohem Feinstsandgehalt 0,063 mm Sieb); Siebrückstand bei 105° C trocknen, trocken sieben (Siebsatz 0,6; 0,2; 0,1 mm).

Suspension (Fraktionen < 0,1 mm) über Nacht stehenlassen, auf 1 l auffüllen (0,001 n Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Peptisator); Pipettanalyse.

Schälchen mit den einzelnen Fraktionen auf dem Wasserbad trocknen; über Nacht im Trockenschrank (105° C) stehenlassen; auswiegen, Peptisatorabzug 0,67 mg = 0,7 mg.

#### 5. Anhang

Probenmaterial wurde vom Verfasser auf Forschungsreisen in Italien, Jugoslawien und Jamaica (mit großzügiger Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft) gesammelt. Das Probenmaterial aus Mexico und Puerto Rico stellte Prof. Dr. A. GERSTENHAUER (Düsseldorf), die Proben aus Portugal Frl. Dr. F. FUCHS.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. LEHMANN sei für die zahlreichen Unterstützungen herzlichst gedankt. Meinen Dank auch an Frau H. GRAPS, Frau R. KULLMANN und Herrn H. D. SCHEER, die einen Teil der Analysen ausführten.

#### Schriftenverzeichnis

- BENTZ, A.: Lehrbuch der angewandten Geologie. I, Allgemeine Methoden. 1071 S., 468 Abb., 75 Taf., Stuttgart 1961.
- KÖSTER, E.: Granulometrische und morphometrische Meßmethoden. 336 S., 109 Abb., 68 Tab., Stuttgart 1964.
- MÜLLER, G.: Methoden der Sedimentuntersuchung. Teil I, Sediment-Petrologie. 303 S., 91 Abb., 2 Taf., 30 Tab., 2 Beil., Stuttgart 1964.
- PFEFFER, P.: Vergleichende Untersuchungen über die Vorbehandlung von Böden. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) 3, S. 294—306, 4 Tab., Wiesbaden 1952.
- PFEFFER, K.-H.: Charakter der Verwitterungsresiduen im tropischen Kegelkarst und ihre Beziehung zum Formenschatz. — Geol. Rdsch., 58 (2), S. 408—426, 10 Abb., 7 Tab., Stuttgart 1969.
- SCHLICHTING, E. & BLUME, H. P.: Bodenkundliches Praktikum. 209 S., 35 Abb., 1 Taf., 38 Tab., Hamburg, Berlin 1966.
- VINTHER, E. H. & LASSON, M. L.: Über Korngrößenmessungen von Kaolinen und Tonarten. — Ber. deutsch. keram. Ges., 14, S. 259—279, Berlin 1933.
- Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde: Die Bodenkarte 1:25000. 134 S., 14 Abb., 14 Tab., 2 Taf., Hannover 1965.
- Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie: Band Aluminium (Al), Teil B. 613 S., 43 Fig., Berlin 1934.
- Band Eisen (Fe), Teil B. 1166 S., 62 Fig., Berlin 1932.
- Band Phosphor (P), Teil C. 642 S., 158 Fig., Weinheim 1965.

Manuskript eingegangen am 31. I. 1969

## Beschreibung einiger tertiärer Alkali-Basalte im nördlichen Oberrheingraben

Von

**JÖRG NEGENDANK, Mainz**

Mit 1 Tabelle und den Tafeln 12–13

### Inhalt

I. Einleitung . . . . .	283
II. Arbeitsmethoden . . . . .	283
III. Tertiäre Alkali-Basalte . . . . .	283
IV. Zur Nomenklatur der Vulkanite . . . . .	293
V. Geologische Position . . . . .	293
Schriftenverzeichnis . . . . .	294

### I. Einleitung

Die bei der Untersuchung der Bohrung Olm 1 gefundenen Alkali-Basalte, die aufgrund mehrerer Argumente ins Alttertiär gestellt worden sind, wurden mit ähnlichen Gesteinen aus dem Bereich des Oberrheingrabens verglichen. Ihre gemeinsame Zugehörigkeit zu den Alkali-Basalten – neben den geologischen Belegen – veranlaßte mich zu der schon von anderen Autoren vermuteten Einstufung aller alkali-basaltischen Gesteine des nördlichen Oberrheingrabens ins Alttertiär (Geol. Rdsch., **58**, S. 504 und Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 236).

### II. Arbeitsmethoden

Die Arbeitsmethoden wurden schon im Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 237 erläutert und erübrigen sich an dieser Stelle. Zu den mikroskopischen Untersuchungen wurden bei den permischen Magmatiten fünf neue Vollanalysen durchgeführt, die zusammen in der Geol. Rdsch., **58**, S. 510 veröffentlicht sind.

### III. Tertiäre Alkali-Basalte

#### 1. Die Limburgite in der Bohrung Olm 1

(Bl. Mainz r. 3442040 h. 5532790) Intrusive Limburgite treten in der Bohrung Olm 1, also im Zentrum des Mainzer Schwerehochs im Unter- und Oberrotliegenden

von 704–2428 m Teufe auf (s. auch Geol. Rdsch., 58, S. 505–506). Kernproben sind aus folgenden Teufen vorhanden und wurden untersucht:

- a. 701,2–704,8 m
- b. 1021,7–1024,9 m
- c. 1077,4–1082,6 m
- d. 1415,3–1420,5 m
- e. 2420,2–2422,8 m

a. Limburgit (701,2–704,8 m)

Farbe: grünlichgrau-dunkelgrau

Gefüge: hemikristallin-vitrophyrisch-porphyrisch

Mineralverband: Olivin, Pyroxen, Erz, Glas (z. T. rekristallisiert) Olivinpseudomorphosen und Pyroxene bilden z. T. große Einsprenglinge in einer aus Pyroxenen, Erz und einer braunen, verfilzten Matrix bestehenden Grundmasse.

Olivinpseudomorphosen: z. T. noch idiomorphe Gestalt;

- bestehend aus: 1. Calcit  
 2. Serpentin i. w. S.  
 3. Viridit  
 4. Magnetit (als sekundäres Produkt? )  
 5. Quarz

Klinopyroxene: 2 Generationen, als Einsprenglinge und Grundmasseaugite, Idiomorphe Gestalten;

Basaltische Augite (farblos) mit titanaugitischem Anteil (bräunlich getönte äußere Ränder). Z. T. grüne Kerne, die als ägirinaugitischer Anteil gedeutet werden. Zonarbau mit Sanduhrstrukturen

$2V_z - K$  68 64 48 54 60 44 60 70 50 60

$2V_z - R$  54 50 55 58

$Z^c$  45 43 58 41 46 43 42 52

(K und R bedeuten im Kern bzw. am Rand gemessen)

Z. T. Magnetit in den Säumen eingewachsen. Vereinzelt beginnende Zersetzung in Viridit und Calcit zu beobachten.

Erz: Magnetit, z. T. einzelne Rutilnadelchen um Magnetit angeordnet.

Grundmasse: schmutzig-braun, isotrop, z. T. anisotrop (verfilzt), Röntgendiffraktometeraufnahmen erbrachten andeutungsweise Reflexe von Plagioklas und Nephelin. Ursprünglich Glasbasis, die später z. T. kristallisierte.

Es lassen sich ferner Augit, Hornblendenadeln, Biotitschüppchen, Calcit, Apatit und vereinzelt Hauyn erkennen.

Mandeln: Vom Gestein durch schmale Zone mit nadelig-buschigen, verfilzten Hornblenden getrennt. Es folgt Natrolith (blumenkohlformig), aus kleinen Individuen bestehender Calcit, dann grobes Calcitpflaster; z. T. im Kern Viridit.

Modaler Mineralbestand:

Augite	Olv.	Erz	Matrix	Farbzahl	Vol.-%
36,6	15,5	5,2	43,6	58	
35,6	13,1	6,6	44,7	55	„

b. Limburgit (1021,7–1024,9 m)

Gesteinsfarbe, Gefüge, Mineralverband siehe vorhergehende Beschreibung. Spärlich Olivinseudomorphosen. Die Pyroxene sind gleich groß und bilden keine großen Einsprenglinge.

Erz: Magnetit

Biotit: hexagonale Umrisse, rötlich-braun; kein merklicher Pleochroismus; bei Schnitten  $\perp$  (001) tafelig, Pleochroismus: farblos-gelblich-tiefrotbraun, Auslöschung gerade, z. T. mit Winkel bis  $3^\circ$ , (= titanhaltiger Biotit)

Apatit:  $X \parallel c, l = (-), lx-$ , kantenabstumpfende Flächen (10 $\bar{1}$ 1), Ribbildung nach der Basis, hexagonale Querschnitte (Taf. 12, Fig. 1)

Hauyn: bläulichgrau mit feinem Pigment; tafelig entwickelt, bzw. hexagonale Umrisse; isotrop; Zwillingbau, geringe Lichtbrechung;

Mandeln: Calcit, Viridit und Analcim

„Schlierenzonen“: In diesen auf S. 287 beschriebenen Zonen sind hier stark pleochroitische Hornblenden, feinste Erznadeln und Calcit zu beobachten.

Modaler Mineralbestand:

Augite	Olv.	Erz	Bio + Hbl.	Hauyn	Apatit	Matrix	FZ	Vol.-%
36,7	<1	7,7	4,6	<1	3,4	47,6	51	
39,3	<1	7,5	4,5	5,5	1,8	44,3	53	„

c. Limburgit (1077,4–1082,6 m)

siehe Beschreibung bei a.

Olivinseudomorphosen- und Pyroxeneinsprenglinge schwimmen als große Einsprenglinge in einer rötlichbraunen,  $\pm$  isotropen Glasbasis.

Olivinseudomorphosen: als Einsprenglinge und in Grundmasse

Klinopyroxene: Basaltische Augite mit titanaugitischem Anteil

$2V_z$  56 42 44 57 58 60

$Z^c$  41 45  $r < v$

z. T. Zersetzung an den Rändern.

Erze: Magnetit, a. d. Rändern Umwandlung in Titanit.

Grundmasse: rostig-braunes Glas, z. T. anisotrop; in ihr sind weiter zu beobachten:

Analcim, Apatit, (Nephelin) sowie Mikrolithe aus Augit und Hornblende.

Mandeln: Calcit, Analcim, Viridit.

Modaler Mineralbestand:

Augite	Olv.	Erz	Bio + Hbl.	Analcim	Matrix	FZ	Vol.-%
32,2	10,6	6,8	<1	2	48,3	50	

d. Limburgit (1415,3–1420,5 m)

Farbe: dunkelgraublau

Gefüge: mandelsteinartig; hemi-kryptokristallin-porphyrisch; (stark klüftiges Gestein)

Mineralverband: Olivine, Klinopyroxene, Erze, ursprünglich glasige (später rekristallisierte) Matrix

Olivinseudomorphosen und Pyroxene bilden große Einsprenglinge.

Olivinseudomorphosen: noch idiomorphe Gestalt

Klinopyroxene: Basaltische Augite mit titanaugitischem Anteil, Zonarbau

$2V_z$  56 44 52 55 58 56 56 62 51 50 61 54 66 53 57 57 64 58 62 69

$Z^c$  45 60 40 49 42 39 32 40 50 40 41 44 55

Erz: Magnetit (besitzt Größe der Grundmasseaugite)

Matrix: rostbraun, ursprünglich glasig, meist anisotrop;

in ihr sind enthalten: Biotite

Apatit

Analcim

Calcit

z. T. Hauyn und Plagioklasleistchen

Mandeln: Calcit, Viridit

„Schlierenzonen“: (Taf. 12 Fig. 2)

braune-tiefrotbraune Hornblenden mit starkem Pleochroismus (= Titanhornblende ?)

Biotit

sternförmige Erzskelette

braune Matrix

Kluftfüllung: Analcim

Modaler Mineralbestand:

Augite	Olv.	Erz	Bio + Hbl.	Hauyn	Matrix	FZ	Vol.-%
42,6	8,4	6,4	3	—	40	60	„
37	12,6	6	3,4	< 1	42	58	„
41	15,4	6,2	2	—	35,6	64	„

e. Hauynlimburgit (2420,2–2422,8 m)

Farbe: grüngrau

Gefüge: mandelsteinartig; mikro-kryptokristallin-porphyrisch;

Mineralverband: Olivine, Klinopyroxene, Erze, Minerale der Sodalithgruppe, braune, anisotrope Matrix;

Olivinseudomorphosen: als große-riesige Einsprenglinge, umsäumt von Pyroxenen, Erz und Biotit;

Klinopyroxene: ± gleich groß, idiomorphe Gestalt;

bräunliche, basaltische Augite mit titanaugitischen Säumen,

$2V_z$  68 52 62 60 48 72

$Z^c$  62 60

Erz: Magnetit, z. T. Rutilnadelchen;

Hornblende: braun, zonarer Farbwechsel; ist innig mit Augit verwachsen (scheint sich auf Kosten des Augites gebildet zu haben);

Biotit: z. T. lebhaftes Interferenzfarbenmuster; in Biotiten Erzaggregate;

Mineral der Sodalithgruppe: (Taf. 12, Fig. 3) isotrop, geringe Lichtbrechung, bläulichgrau mit starkem Pigment (Entmischung), tafelig entwickelt bzw. hexagonale Umrisse; = Hauyn

Apatit

Matrix: hellgrau-braun, fasrig,  $\pm$  anisotrop, (= Spreustein)  
in Matrix: Calcit, Prehnit;

Mandeln: Calcit, Analcim, Prehnit; Quarz.

Kluftfüllung: Natrolith, Karbonat, Erz, Prehnit, wobei Natrolith und Prehnit die jüngsten Minerale sind.

Schlierenzonen: mit Mandeln vergesellschaftet;

bestehen aus: Hornblende

Biotit

Apatit

Matrix

es fehlen:

Olivin

Pyroxen

Hauyn

= Hornblende-Biotit-Apatit-Zonen

Modaler Mineralbestand:

Augit	Olv.	Erz	Bio + Hbl.	Hauyn	Apatit	Matrix	FZ	Vol.-%
40	8	5,6	6	8	4	28,2	60	

Paläomagnetische Messungen und radiometrische Altersbestimmung

Von den hier untersuchten Limburgiten wurden von Herrn Prof. NAIRN (Cleveland/Ohio) freundlicherweise paläomagnetische Messungen durchgeführt, wofür ich ihm herzlich danke. Sie ergaben ein tertiäres-kretazisches (-jurassisches) Alter (s. Tab. 1), was durch die radiometrische Altersbestimmung an einem dieser Gesteine bestätigt wurde. „Conclusion, . . . . . that of the samples 1, 2, 3 and 4 none can possibly be Permian, and that a jurassic age is equally improbable. The inclinations are consistent with a Tertiary age although 1 cannot rule out an earlier age (Cretaceous or even Jurassic)“.

Den Herren Prof. LEUTWEIN und Dr. ZIMMERMANN (Nancy) sei für die Durchführung der K/Ar-Bestimmung herzlich gedankt. Die folgende Tabelle gibt die gemessenen Werte und das radiometrische Alter wieder.

Tab. 1. Meßdaten an Gesteinen aus der Bohrung Olm 1 (Limburgite)

		Wechselstromfeld	8501	17001	25501	34001	51001
1.	1415,3—1420,5 m	Inklination -47,5	-61	-62	-61	-60,5	-60
2.	1415,3—1420,5 m	Inklination -16	-64	-63,5	-60	-34	-
		-26	-54	-57	-54	-43	-32
3.	1415,3—1420,5 m	Inklination -43	-61	-60,5	-56	-56,5	-36
4.	1079,4 m	Inklination +51	+58,5	+54	+55,5	+62,5	-

Die positiven Werte können auf umgekehrtem Kernmaterial beruhen.

Zu 1.: K/Ar-Bestimmung

$$1,38\% \text{ K } 0,0867 \cdot 10^{15} \text{ At. Ar}^{40}/\text{g Alter: } 58 \pm 8 \cdot 10^6 \text{ a} = \text{Paleozän-Eozän} \\ [\lambda_k = 0,585 \cdot 10^{-10} \text{ a}^{-1}; \lambda_\beta = 4,72 \cdot 10^{-1} \text{ a}^{-1}.]$$

Zum petrographischen und geologischen Vergleich wurden einige links- und rechtsrheinische Vorkommen herangezogen.

## 2. Olivinnephelinit von Forst

Der Olivinnephelinit von Forst wurde untersucht; da er schon bei STELLRECHT (1964, S. 103) beschrieben worden ist, soll er hier nicht weiter behandelt werden.

## 3. Nephelinbasanit von Hillesheim

(Taf. 12 Fig. 4; Bl. Gau-Odernheim r. 4 67 00 h. 1 58 50)

Das Vorkommen liegt in Form von Geröllen im Meeressand vor und wurde von DOEBL (1964) deshalb als prämitteloligozän eingestuft.

Blaugraues, dichtes Gestein;

Gefüge: holokristallin-porphyrisch.

Mineralverband: Olivine, Augite, Erz, Nephelin, Plagioklas.

Olivine: korrodiert, a. d. Rändern z. T. Iddingsitisierung;

Klinopyroxene: Basaltische Augite mit titanaugitischen Rändern;

Zonarbau; die Grundmasseaugite sind als Titanaugite anzusprechen.

$$2V_z \ 50 \ 53 \ 64 \ 53 \ 58 \ 50 \ 54 \\ Z^c \ 57 \ 40 \ 35 \ 46 \ 58 \ 54 \quad r < v$$

Erz: Magnetit

Mesostasis: Nephelin, (z. T. Analcim), Plagioklasleisten

Modaler Mineralbestand: <sup>1)</sup>	Augit	E 10.5	}	59.1	Vol.-%
		G 48.6			
	Olivin	E 11.3	}	13.4	„
		G 2.1			
	Erz			8.4	„
	Nephelin			10.4	„
	Plagioklas			8.6	„

## 4. Limburgit von Nierstein

Im Bereich des Alzey-Niersteiner Horstes, im sog. Rehbacher Steig, tritt ein von ROSENBUSCH als Limburgit beschriebenes Gestein auf, das von Dr. SONNE (Mainz) bei der Neukartierung wieder entdeckt wurde (s. ROSENBUSCH 1923, S. 493, Zeile 16).

<sup>1)</sup> E: Einsprenglinge; G: Grundmasse



## 5. „Basalte“ von Sarmsheim und Bingen

(Blatt Bingen-Rüdesheim)

Sie werden in den Erläuterungen petrographisch nicht genauer bestimmt, da schon zu dieser Zeit die Vorkommen restlos ausgeräumt waren (s. Erl. geol. Kte. Hessen, Bl. Bingen-Rüdesheim, 1930, S. 16). Ein Vorkommen bei Sarmsheim wurde bei der Weinbergskartierung aufgeschürft (mündliche Mitteilung Dr. GEIB, Mainz). Der Fundort ist aber nicht identisch mit dem auf Bl. Bingen-Rüdesheim angegebenen, so daß es sich um ein neuentdecktes Vorkommen handeln könnte. (Proben lagen mir bei der Untersuchung leider nicht vor.)

## 6. Schlot bei Bad Kreuznach

Der im Weingut Annhäuser auf Grund des Anratens von Herrn Dr. GEIB (Mainz) erhalten gebliebene Aufschluß des tertiären Schlotes ergab nur wenige stark zersetzte Eruptivgesteinslapilli, die lediglich als zersetzte Alkali-Basalte bestimmt werden konnten.

## 7. Limburgit von Schweppenhausen

(Bl. Stromberg r. 3 41 32 40 h. 5 53 43 60)

(Das Vorkommen wurde auf einem Kartierungskurs des Geologischen Institutes der Universität Mainz entdeckt.)

Der etwas außerhalb des Mainzer Beckens liegende Schlot bei Schweppenhausen besteht aus einem blaugrauen Eruptivgestein und einem Pyroklastit, der dieses Gestein z. T. aufgearbeitet hat. Die Lapilli des Pyroklastits setzen sich überwiegend aus eckigen bis gerundeten Eruptivgesteinskörnern neben Nebengesteinsbruchstücken (Tonschiefer, Phyllit usw.) zusammen. Die Matrix wird von Calcit, Quarz und Analcim gebildet.

Der Limburgit besitzt hemikristallin-vitrophyrisches-porphyrisches Gefüge; Olivin-pseudomorphosen, Orthopyroxene und basaltische Augite bilden die Einsprenglinge. Nebengesteinseinschlüsse, etwa in gleicher Größe wie die Einsprenglinge sind vorhanden. Die basaltischen Augite sind zonar gebaut und besitzen deutlich pleochroitische Ränder, die auf die titanaugitische Phase hinweisen. Interessant ist ein Augit, der im Kern einen Orthopyroxen (gerade Auslöschung, keine Eigenfarbe, kein Pleochroismus) führt. Um diesen orthopyroxenitischen Kern ist bräunlich gefärbter basaltischer Augit gewachsen. Daneben ist aber auch noch Orthopyroxen vertreten, der deutliche Reaktionsäume mit der Grundmasse zeigt. Die Grundmasse selbst besteht aus den stärker titanhaltigen, basaltischen Augiten, Magnetit und einem dunkelbraunen, verfilzten Glas. Vereinzelt ist Nephelin anzutreffen.

## 8. Olivinnephelinit und Nephelin-Basanit von Roßdorf

(Taf. 13 Fig. 5; Bl. Roßdorf r. 3 48 36 40 h. 5 52 39 00)

Dieses Gestein wurde in der Literatur häufig behandelt, so von BECKER (1904), KLEMM (1910, 1938), ROSENBUSCH (1923) und BEISLER (1955). Das Gestein besteht aus einem Olivinnephelinit-Nephelinit, das zu den Rändern hin in Nephelin-Basanit übergeht. In diesem Alkali-Basaltstock sitzt ein Pyroklastit.

Das Gestein ist blaugrau gefärbt, hat holokristallin-porphyrisches Gefüge und bricht splittrig.

Mineralverband: Olivin, Klinopyroxene, Erz, Nephelin.

(Olivine und Klinopyroxene bilden Einsprenglinge)

Olivine:  $\pm$  frisch, idiomorph, z. T. Korrosionsbuchten

Klinopyroxene: Basaltische Augite bis Titanaugite

$2V_z$  54 74 66 54 58 55 56 66 60

$Z^c$  53 60 68 50 50

Die Grundmasseaugite sind Titanaugite.

Erz: Magnetit

Mesostasis: Nephelin, z. T. in Natrolith übergehend, z. T. Analcim.

Hauyn

Apatit

Modaler Mineralbestand:

Augit	Oliv. + Olvp.	Erz	Nephelin	Hauyn	Vol.-%
58,5	14,6	6,5	18,9	1,26	

Chem. Analyse und Niggli-Werte s. Geol. Rdsch. 58 (S. 510).

Zum Rande hin tritt im Stock Nephelin zugunsten von dünnen Plagiklasleisten zurück. Nephelinbasanit.

### 9. Olivinnephelinit vom Stetteritz

(Bl. Roßdorf r. 8 54 20 h. 2 51 00)

Das Vorkommen vom Stetteritz ist mit dem vorher beschriebenen Gestein identisch, und es erübrigt sich eine gesonderte Behandlung.

### 10. Nephelinbasanite vom Hellaspitz und Steinbuckel

(Bl. Roßdorf r. 7 96 20 h. 2 33 00 r. 75 40 0 h. 2 33 60)

Zwei weitere, heute schlecht aufgeschlossene Vorkommen von sog. Feldspatbasalten (nach KLEMM, CHELIUS u.a.) liegen nordöstlich von Traisa auf dem Steinbuckel und dem Hellaspitz. Letzteres ist völlig verschüttet, der Alkali-Basalt vom Steinbuckel noch zugänglich. Im Bruch befindet sich ein Kontakt Basalt-Nebengesteinsscholle mit randlicher Frittung des Nebengesteins (Arkose-Sandstein). U. d. M.: Olivine: als riesige Einsprenglinge, 2 Generationen, durch Korrosionsbuchten in bizarre Gebilde verwandelt (Taf. 13 Fig. 6); auf Maschen Chrysotilfasern; iddingsitähnliche Bildungen in Zusammenhang mit Erzen;

große Olivine:  $2V_x = 86 - 88^\circ$  (8 Mess.) }  
 kleine „ :  $2V = 90^\circ$  } Chrysolith

Klinopyroxene: xenomorph, länglich-leistenförmig, Zonarbau, bräunlich; basaltische Augite

Erz: Magnetit und selten Chromit

Plagioklase: nadel-leistenförmig, basisch;

Zwickelfüllung: Nephelin, (z. T. Analcim)

Apatit

11. Limburgite bei Langen, Götzenhain und auf dem Stücksbühl  
(Bl. Messel)

- a. Langen r. 77 640 h. 36 560 aus Wingerten  
r. 78 000 h. 36 350 west. Ende der Langer Steinkaut-Schneise
- b. Götzenhain r. 80 800 h. 39 680 Ringwäldchen
- c. Stücksbühl r. 83 510 h. 32 480

a. Das nächste Vorkommen liegt in unmittelbarer Nähe der Westrandverwerfung des Sprendlinger Horstes (s. Bl. Messel, KLEMM), südöstlich von Egelsbach und wird von KLEMM (1910, S. 68) zitiert: „Als Limburgite sind zu bezeichnen die Vorkommen bei Langen, . . . vom Egelsbacher Walde, Götzenhain und Stücksbühl . . .“

Blaugraues Gestein

Gefüge: mikrokristallin-vitrophyrisch-porphyrisch

Olivine: als große Einsprenglinge, a. d. Rändern Iddingsit; meist korrodiert;

$2V_x$   $92^\circ - 96^\circ =$  Forsterit

Klinopyroxene: z. T. als große Einsprenglinge, meist basaltische Augite mit titanaugitischem Anteil; Zonarbau (Taf. 13 Fig. 7); teils extrem grüne Kerne, die auf Ägirinaugit deuten;

$2V_z$  70 65 55 76 61 70 55 62

$Z^c$  43 43 58 35

Grundmasseaugite meist Titanaugite (leistenförmiger Wuchs)

Erz: Magnetit, z. T. Titanit

Rhönit ?

Nephelin, Natrolith, Calcit

Matrix: isotrop, teils anisotrop mit Mikrolithen

Mandelfüllung: Nephelin, Natrolith, Analcim, Calcit

Mandelsaum ist augitfrei, dafür treten nadelige Hornblenden und Apatit auf.

Modaler Mineralbestand:

Augit	Olv.	Erz	Nephelin	Matrix	Vol.-%
49,9	9,1	5,5	10,3	25,2	

Chem. Analyse siehe Geol. Rdsch., 58, S. 510.

b) In dem oben von KLEMM aufgeführten Zitat werden als Limburgite auch die Vorkommen vom Bahnhof Götzenhain und vom Stücksbühl genannt, die Verf. nun in der gleichen Reihenfolge beschreiben möchte.

Der „Basalt“ im Ringwäldchen von Götzenhain ist nur noch im Zentrum eines Walles anstehend. Er zeigt deutlich säulige Absonderung mit einer Säulenrichtung senkrecht zur Erdoberfläche. Es handelt sich um ein blaues, dichtes, splittriges Gestein, das u. d. M. wie folgt aussieht:

In einer ± feinkörnigen Grundmasse, die aus Augiten und Nephelin sowie Glas besteht, schwimmen Einsprenglinge von korrodiertem Olivin und zonar gebautem Augit. Das Gefüge ist mikrokristallin-vitrophyrisch-porphyrisch mit Mandelsteintextur.

Die Olivine sind meist korrodiert; selten ist idiomorphe Gestalt zu beobachten. Die Kerne der sonst in Karbonat und Serpentin (Chrysotil) zersetzten Olivine sind z. T. noch

frisch und lassen Axenwinkelmessungen zu, die für  $2V_z = 88-90^\circ$  ergeben haben. Es ist Forsterit-Chrysolith.

Die Klinopyroxene zeigen Zonarbau, wobei die großen Einsprenglinge im Kern grau, an den Rändern stärker bräunlich gefärbt sind und entsprechenden Pleochroismus von braun-bläulichbraun aufweisen. Es handelt sich um basaltische Augite mit titanaugitischen Rändern. Die Grundmasseaugite sind überwiegend bräunlich gefärbt, entsprechen also den Rändern der Einsprenglingsaugite. Sie sind meist länglich-leistenförmig ausgebildet und setzen ihre Eigengestalt selten durch. Die Axenwinkel und Auslöschungsschiefen betragen:

$2V_z$	66	64	55	48k	56
				38r	
$Z^c$	33	41	42	39	48

Außer den titanhaltigen Augiten bis Titanaugiten sind in der Grundmasse Erze, Nephelin, Glas, Apatit und Rhönit vorhanden.

Die Erze sind z. T. Magnetite, z. T. scheinen sie sich in Titanitaggregate umgewandelt zu haben. Der Nephelin und das ± farblose Glas bilden die Intergranularsubstanz. Apatitnadeln großen Ausmaßes, wie sie in den Gesteinen des Egelsbacher Waldes beobachtet wurden, sind wohl vorhanden, aber in weit geringerem Maße. Der Rhönit tritt selten, aber mit seiner charakteristischen dunkelrotbraunen Farbe mit Pleochroismus von Rotbraun zu Opak auf. In einzelnen Nestern ist Hauyn zu finden. Auch Calcit, der vor allem die Blasen Hohlräume des Gesteins ausfüllt, ist häufig anzutreffen.

#### c) Nephelin-Basanit (nicht Limburgit)

Die Probe vom Stücksbühl, nördlich Messel, läßt riesige Olivineinsprenglinge in einer feinkörnigen Grundmasse erkennen, die aus feinen, nadeligen, titanhaltigen basaltischen Augiten, Erzen sowie Nephelin und Feldspatsubstanz als Mesostasis besteht. Z. T. sind nadelige basische Plagioklase deutlich an ihrer Zwillingslamellierung zu bestimmen. Das Gestein kann als dichter, sehr feinkörniger Nephelinbasanit beschrieben werden.

### 12. Olivinnephelinit von Dieburg

(Bl. Messel r. 8 50 00 h. 2 99 80)

Das Gestein an der Straße von Dieburg nach Messel, westl. Dieburg, ist blaugrau gefärbt und mit dem Olivinnephelinit von Roßdorf zu vergleichen, wenn auch als etwas feinkörnigere Variante. Olivin- und Augiteinsprenglinge schwimmen, z. T. glomeroporphyrisch angeordnet, in einer aus bräunlichen basaltischen Augiten bis Titanaugiten, Erz, Biotit und Nephelin bestehenden Grundmasse.

Olivine: meist randlich korrodiert, z. T. idiomorph, serpentinisiert

$2V_x = 84-88^\circ$ , Chrysolith, im Olivin Picotit.

Klinopyroxene: Basaltische Augite-Titanaugite, Zonarbau, idiomorph,

$2V_z$	54	52-54	60-62	58	60-62
$Z^c$		46-48	49	52	41

Erz: Magnetit

Biotit: z. T. amöboide Umrißformen

Zwickelfüllung: Nephelin, selten Glas

Apatit

## Modaler Mineralbestand:

Augit	Olv.	Erz	Nephelin	Biotit	FZ	Vol.-%
56,3	11,5	9,5	20,5	2,2	79,3	

Es wurden weitere Vorkommen aus dem Sprendlinger Horst, so z. B. der Nephelinbasanit mit Sodalith vom Dolmesberg und der Nephelinit von der Thomasütte herangezogen, die hier nicht weiter beschrieben werden sollen. Ebenso erübrigt sich die Beschreibung der Trachyte.

Neben den Vorkommen (z. B. Naurod), die schon im Rhein. Schiefergebirge liegen, wurden stark zersetzte Alkali-Basalte in der Bohrung Darmstadt 2A, Darmstadt 2 und Stockstadt N1 entdeckt.

#### IV. Zur Nomenklatur der Vulkanite

Die hier beschriebenen Gesteine sind Alkali-Basalte, die nach YODER & TILLEY (1962) normativen ol und ne führen und zur „Alkali-Basalt Group“ gehören. Sie fallen in das Feld der Basanite. Nach den modalen und chemischen Analysen und den daraus berechneten Normen wurden sie als Olivinnephelinite, Nephelin-Basanite (Basanit = Olivintephrit) und Limburgite bezeichnet. Die Limburgite sind z. T. als Hyalo-Nephelin-Basanite aufzufassen, wie sich aus den Analysen errechnen läßt. Sie sind danach mit den im südlichen Oberrheingraben auftretenden Alkali-Basalten zu vergleichen und werden zu den Grabenvulkaniten gerechnet.

#### V. Geologische Position

Die in der Bohrung Olm 1 durchbohrten intrusiven Limburgite sind in diesem Gebiet eine Seltenheit, obwohl links- als auch rechtsrheinisch lokal tertiäre Nephelinite und Limburgite vorhanden und z. T. in der Literatur beschrieben worden sind. Betrachtet man die regionale Verbreitung dieser Vorkommen im Verhältnis zum geologischen Untergrund, so fällt deutlich auf, daß diese Magmatite nur im Bereich von Rotliegend- bzw. Grundgebirgshochgebieten auftreten, also im Gebiet starker tektonischer Zerblockung (ohne tertiäres Deckgebirge).

Die linksrheinischen Vorkommen liegen, ähnlich wie in der Bohrung Olm 1, alle im Bereich von Verwerfungen. Der bekannte und von STELLRECHT (1964) beschriebene Forster Olivinnephelinit hält sich an das rheinisch verlaufende Weststrandstörungssystem des Oberrheingrabens, das dort nach ILLIES (1962) sogar eine typische Vergitterung syn- und antithetischer Verwerfungen zeigt.

Das weiter nördlich gelegene Auftreten von Alkali-Basalt wurde bei Hillesheim, einem Rotliegendhorst, beobachtet. Nach DOEBL (1964), ANDRES (1958) und GUNAWARDENA (1965) sitzen die Alkali-Basalte am Friedhof in Hillesheim und am Steinig der den Horst begrenzenden Verwerfung auf.

ANDRES (1958) deutet in seiner Rekonstruktion der Tertiärbasis weitere — wahrscheinlich geophysikalisch ermittelte — Magmatite an.

Im Bereich von Nierstein, dem Schnittpunkt von vorwiegend erzgebirgischen und hercynischen Linien, treten abermals, gekoppelt mit einem Rotliegendhochgebiet, Alkali-Basalte auf.

Auch das abgebaute Vorkommen bei Sarmsheim ist auf der Geologischen Karte einer Störung bzw. einer Brekzienzone zugeordnet; und der „Basalt“ südlich Bingen sitzt der großen „Saar-Saale-Störung“ auf. Die schon im Rheinischen Schiefergebirge bei Stromberg und Naurod anstehenden Alkali-Basalte und Pyroklastite sind ebenso an tektonische Linien gebunden.

Die Alkali-Basalt-Stöcke und Trachyte des Sprendlinger Horstes kommen auch im Bereich von Störungszonen vor. Ihre Zuordnung zu Verwerfungen ist wegen der schlechten Aufschlußverhältnisse nicht immer möglich, jedoch zeigen die Vorkommen bei Egelsbach-Langen in frappierender Weise — sie liegen in der Nähe der W-Randstörung des Sprendlinger Horstes — ihre Zugehörigkeit zu tektonischen Linien. Die Vorkommen des mainischen Odenwaldes (REIS 1927) und die von WEINELT u. a. (1965) im kristallinen Vorspessart bearbeiteten Phonolithe, Olivinnephelinite und Nephelin-Basanite sitzen ebenso auf Störungen.

Diese Beobachtungen sind schon in der alten Literatur beschrieben. So KLEMM (1910, S. 25): „... bilden in der Hauptsache die Ausfüllung von Eruptionskanälen und Gangspalten, die durch starke Erosion schon in recht tiefen Lagen bloßgelegt sind. Decken und primäre Kuppen von Basalt kommen im Odenwald nirgends vor. ... Die Anzahl der Basaltschlote und -gänge ist im Süden des Odenwaldes nur gering, dagegen beträchtlich in dem Gebiet, das im Saar-Saale-Graben liegt, oder seiner Nachbarschaft.“

Die in den Bohrungen Darmstadt 2A, Darmstadt 2 und Stockstadt N1 beobachteten Alkali-Basalte liegen z. T. im Bereich der östlichen Staffelbrüche des Oberrheingrabens.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Alle im Bereich des Mainzer Beckens und seiner Randgebiete sowie im Sprendlinger Horst lokal auftretenden stockförmigen Vulkanite (tertiären Alters) sind an Verwerfungen gebunden, die auf Grund ihrer entgegengesetzten Richtungen (erzgebirgisch-hercynisch-rheinisch) das Gebiet vor der Intrusion in ein Schollenmosaik zerlegt hatten.

Da diese auf Verwerfungen sitzenden Alkali-Basalte nach radiometrischen und anderen Argumenten als oberkretazisch-alttertiär aufzufassen sind, und nach YODER & TILLEY (1962) die Herkunft solcher Gesteine auf Grund experimenteller Daten in größeren Teufen als die der Tholeiite zu suchen ist, könnte dies als ein direkter Hinweis auf die schon recht tiefgehende Tektonik zu dieser Zeit gewertet werden. Daraus kann auf eine schon kretazische Anlage des Oberrheingrabens — jedenfalls im nördlichen Teil — geschlossen werden.

#### Schriftenverzeichnis

- ANDRES, J.: Geologische und geophysikalische Untersuchungen im Saar-Nahe-Trog. — Erdöl u. Kohle, 11. Jg., 7, S. 441—450, Hamburg 1958.
- BECKER, E.: Der Roßbergbasalt bei Darmstadt . . . Diss., Halle 1904.
- BEISLER, W.: Der Roßbergbasalt und seine Minerale. — Aufschluß, Sonderheft „Neue Beiträge zur Kenntnis der Mineral- und Gesteinswelt des Odenwaldes“, S. 57—61, Heidelberg 1958.
- CHELIUS, C.: Nephelinitadern im Basalt des Rossbergs bei Darmstadt. — Notizbl. Ver. Erdkde. Darmstadt, (IV) 17, S. 3—8, Darmstadt 1896.

- DOEBL, F.: Ein Beitrag zur Frage der Altersstellung des Basaltes von Hillesheim (Rhein-hessen). — *Oberrhein. geol. Abh.*, **13**, S. 123—129, 3 Abb., Karlsruhe 1964.
- GUNAWARDENA, A.: Das Tertiär zwischen Hillesheim und Gauodernheim (südl. Rhein-hessen) mit besonderer Berücksichtigung der Mikrofauna des Schleichsand. Unveröff. Diss., Mainz 1965.
- ILLIES, H.: Prinzipien der Entwicklung des Rheingrabens, dargestellt am Grabenschnitt von Karlsruhe. — *Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg*, **31**, S. 58—121, Hamburg 1962.
- KLEMM, G.: *Erl. geol. Kte. Großherzogtum Hessen 1:25 000, Bl. Messel*. 2. Aufl., 46 S., Darmstadt 1910.
- Führer zu den Exkursionen in den kristallinen Odenwald und die Umgebung von Darmstadt. — *Notizbl. Ver. Erdkde. u. großh. geol. L.-A. (IV)* **31**, S. 17—33, Darmstadt 1910.
- Führer bei geologischen Exkursionen im Odenwald. — *Sammlg. geol. Führer*, **15**, Berlin 1910.
- *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. Roßdorf (Darmstadt-Ost)*. 3. Aufl., 112 S., Darmstadt 1938.
- MORDZIOL, C.: *Geologischer Führer durch das Mainzer Tertiärbecken*. — *Sammlg. geol. Führer* **16**, Berlin 1911.
- NEGENDANK, J.: Über permische und tertiäre Magmatite im Untergrund des Mainzer Beckens. — *Geol. Rdsch.*, **58**, S. 502—512, 5 Abb., Stuttgart 1968.
- Zur Petrographie permischer Magmatite im Bereich des nördlichen Oberrheingrabens. *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**, S. 236—249, 3 Tab., Wiesbaden 1968.
- REIS, O. M.: Über Einzelheiten und Allgemeinheiten in vulkanischen Durchbrüchen und Mineralbildungen im Spessart und in der Rhön. — *Geogn. Jh.*, **40**, S. 109—132, München 1927.
- RITTMANN, A.: *Nomenclature of Volcanic Rocks*. — *Bull. volcanol.*, **12**, S. 75—102, Napoli 1952.
- ROSENBUSCH, H.: *Elemente der Gesteinslehre*. Herausg. von A. OSANN, Stuttgart 1923.
- STELLRECHT, R.: Der tertiäre Vulkanismus bei Forst am Pfälzer Rand des Oberrheingrabens. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, N.F. **46**, S. 97—128, Stuttgart 1964.
- STRECKEISEN, A.: Zur Klassifikation der Eruptivgesteine. — *N. Jb. Mineral., Abh.*, **107**, 2 u. 3, S. 144—240, Stuttgart 1967.
- TRÖGER, W. E.: *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*. Berlin 1935.
- Optische Bestimmungen der gesteinsbildenden Minerale. 1. Teil: Bestimmungstabellen, 3. Aufl., Stuttgart 1959; 2. Teil: Textband, hrsg. von O. BRAITSCH, Stuttgart 1967.
- WAGNER, W. & MICHELS, F.: *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. Bingen-Rüdesheim*. 160 S., Darmstadt 1930.
- WEINELT, W., SCHMEER, D., WILD, A.: Durchbrüche jungtertiärer Vulkanite im westlichen kristallinen Vorpessart. — *Geol. Bavarica*, **55**, S. 317—340, München 1965.
- YODER, H. S. & TILLEY, C. E.: Origin of basalt magmas: An experimental study of natural and synthetic rock systems. — *J. Petrol.*, **3**, S. 342—532, 1962.

## Geologische Untersuchungen zur Struktur der Otzberg-Zone im Odenwald

Von

WOLFGANG SCHÄLICHE, Göttingen

Mit 8 Abbildungen und 20 Diagrammen

**Kurzfassung:** Die Otzbergspalte = Otzberg-Zone im Odenwald (SW-Deutschland) war bisher als bedeutende Störungszone, verbunden mit großen „linkshändigen“ Horizontalverschiebungen, interpretiert worden. Die Kriterien für diese Interpretation wurden überprüft. Die Analyse der Tektonik führte zu folgenden Ergebnissen:

Die bisher angenommene Schleppung der metamorphen Schiefer in der Nachbarschaft der Otzberg-Zone zwischen Lindenfels und Brensbach konnte nicht bewiesen werden. Das „Schollenagglomerat“ metamorpher Schiefervorkommen im Granit wurde von S. v. BUBNOFF (1922) als eine große tektonische Breccie aufgefaßt, die durch Bewegungen an der Otzberg-Zone entstanden sein sollte. Die schollenartige Lage dieser Meta-Gesteine kann besser durch Bewegungsvorgänge erklärt werden, die mit dem Aufstieg des Trommgranites in Zusammenhang stehen. Die kleinen Störungen im Bereich der Otzberg-Zone gehören weder einem einheitlichen tektonischen Baustil an, noch sprechen sie für eine Großstörung mit einheitlichem „linkshändigen“ Verwerfungssinn. Die NNE-streichenden Mylonite am Westrand des Böllsteiner Odenwaldes sind Blastomylonite, die sich zwanglos dem Aufwölbungsakt der Böllsteiner Gneiskuppel zuordnen lassen. Die NNE-streichenden Störungen folgen im Nordteil der Otzberg-Zone dem NNE-streichenden Westrand des Böllsteiner Odenwaldes. Im Südteil der Otzberg-Zone, wo diese Vorzeichnung durch die Trommgranit-Intrusion verwischt wurde, dominieren E-W-streichende Störungen. Die Otzberg-Zone kann demnach nicht mit Sicherheit als prävaristische Scherzone angesprochen werden; vielmehr haben zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche Teilbewegungen (Abschiebungen, schräge Abschiebungen, Horizontalverschiebungen, Aufschiebungen) stattgefunden. Eine enge Beziehung zwischen der Tektonik der östlichen Randstörung des Rheingrabens und den tektonischen Verhältnissen der Otzberg-Zone kann nicht nachgewiesen werden.

**Summary:** The “Otzbergspalte = Otzberg-Zone” in the “Odenwald” (SW-Germany) was formerly interpreted as an important fault zone with large horizontal sinistral displacement. The criteria for this interpretation were investigated. The tectonic analysis gave the following results:

The assumed dragging of the metamorphic schists in the neighbourhood of the supposed fault between Lindenfels and Brensbach could not be proved. The “Schollenagglomerat” (rafts of metarocks in granite) was interpreted by S. v. BUBNOFF (1922) as a large tectonic breccia associated with movements along the “Otzberg-Zone”. The irregular twisting of these schists can be better understood as caused by the intrusion of the Tromm-granite. The smaller faults in the region of the “Otzberg-Zone” do not conform to a uniform tectonic style. The “Otzberg-Zone” is not a system of faults with uniform



sinistrial displacement. The NNE-striking mylonites in the western part of the Böllsteiner Odenwald are blastomylonites. These blastomylonites are structurally related to the uparching of the gneisses of the Böllsteiner Odenwald. The NNE-striking faults in the northern part of the "Otzberg-Zone" follow the NNE-striking western border of the Böllstein-gneiss-dome. In the southern part of the "Otzberg-Zone", where these older gneissic structures are cut off by the Tromm-granite, E-W-striking faults dominate. It seems therefore, that the "Otzberg-Zone" can not be regarded as a shear zone of pre-variscean or variscean age. This zone is a composite feature along which variable displacements have taken place at different times. There is no close relationship between the tectonics of the eastern boundary fault of the "Rhinegraben" and that of the "Otzberg-Zone".

**Inhalt**

- I. Einführung . . . . . 297
  - A. Erforschungsgeschichte . . . . . 297
  - B. Arbeitsmethode . . . . . 299
- II. Die Tektonik im Bereich der Otzberg-Zone . . . . . 300
  - A. Die Tektonik des Nordastes der Otzberg-Zone zwischen Otzberg und Reichelsheim . . . . . 300
    - 1. Definition des Nordastes . . . . . 300
    - 2. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse . . . . . 300
    - 3. Zusammenfassung . . . . . 305
  - B. Die Tektonik des Westastes der Otzberg-Zone zwischen Reichelsheim und Birkenau . . . . . 305
    - 1. Definition des Westastes . . . . . 305
    - 2. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse . . . . . 306
    - 3. Zusammenfassung . . . . . 311
  - C. Die Tektonik des Ostastes der Otzberg-Zone zwischen Reichelsheim, Frohnhofen und Heiligkreuzsteinach . . . . . 311
    - 1. Definition des Ostastes . . . . . 311
    - 2. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse . . . . . 312
    - 3. Zusammenfassung . . . . . 314
  - D. Die Tektonik im Gebiet zwischen dem Ost- und Westast der Otzberg-Zone . . . . . 314
    - 1. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse . . . . . 314
    - 2. Zusammenfassung . . . . . 319
- III. Die tektonische Stellung der metamorphen Schiefer westlich der Otzberg-Zone zwischen Lindenfels und Groß-Bieberau . . . . . 319
- IV. Vergleichende Untersuchungen zur Tektonik in anderen Teilen des Odenwaldes 320
- V. Petrographische Charakteristik der Gesteine, die an die Störungen gebunden sind 321
- VI. Ergebnisse und Schlußfolgerungen . . . . . 323
- Anhang: Diagramme . . . . . 325
- Schriftenverzeichnis . . . . . 329

**I. Einführung**

**A. Erforschungsgeschichte**

Als großes Strukturelement durchschneidet die Mittelmeer-Mjösen-Zone die geologischen Strukturen Mitteleuropas. Ein Teilstück dieser Zone ist der Oberrheintalgraben.

Im Rahmen des zur Zeit laufenden DFG-Schwerpunktprogrammes „Oberrheintalgraben“ wird unter anderem die Geologie der Grabenränder (varistische Horste: Schwarzwald, Odenwald, Vogesen, Hardt) untersucht und dabei auch der Frage einer prätertiären Anlage des Oberrheintalgrabens nachgegangen.

Eine bedeutende Rolle wird in diesem Zusammenhang von jeher der sogenannten Otzbergspalte, einer mutmaßlichen Trennlinie zwischen Bergsträßer- und Böllsteiner-Odenwald, zugeschrieben. Schon frühzeitig nahm man als Grenzlinie zwischen beiden Kristallinkomplexen eine Störung an, die sogenannte Otzbergspalte (Abb. 1).

Über das Alter dieser Störung wurden von zahlreichen Bearbeitern verschiedene Vermutungen geäußert. Exakte Beweise für ein bestimmtes Alter konnten nicht erbracht werden. C. CHELIUS (1897, S. 5) gebraucht als einer der ersten den Begriff Otzbergverwerfung. An dieser Verwerfung sollte nach seiner Meinung das östliche Gebiet (= Böllsteiner Odenwald) an dem westlichen (= Bergsträßer Odenwald) abgesunken sein. Die Störung hatte die Funktion einer Abschiebung. In der gleichen Arbeit wandelt er den Begriff Otzbergverwerfung in Otzbergspalte um. Dieser Ausdruck fand seither Eingang in fast alle Abhandlungen und wurde zu einem feststehenden Terminus, der jedoch wegen der Gleichsetzung der Begriffe Spalte und Verwerfung irreführend ist.

C. CHELIUS (1897, S. 5) beschreibt den Verlauf der Otzbergspalte: „Diese Otzbergspalte beginnt außerhalb des Blattgebietes an der Ostseite der Tromm und läuft vom Pfeiffersberg am Osterner Kirchhof der Gersprenz entlang nach Brensbach, von da zum Otzberg, . . .“

G. KLEMM (1924, S. 36) faßt den Bereich dieser Verwerfung weiter: „Bei Brensbach gabelt sich die Verwerfung. Der eine Zweig geht westlich, der andere östlich vom Reichenberg bei Reichelsheim vorbei. Diese beiden Zweige gehen westlich und östlich von der Tromm nach Süden. Der östliche Zweig läßt sich bis in die Waldmichelbacher Gegend verfolgen. Der westliche bedingt den Steilabsturz der Tromm gegen Westen.“

1922 und 1926 nimmt S. v. BUBNOFF Stellung zur tektonischen Bedeutung der Otzbergspalte und vertritt die Ansicht, daß an ihr eine große Horizontalverschiebung stattgefunden habe. Die östliche Scholle soll nach Norden bewegt worden sein, das Entstehungsalter dieser Zone sei varistisch. Den Verlauf der Otzberg-Zone übernimmt er von G. KLEMM.

H. CLOOS (1922, S. 14–16) stützt sich auf S. v. BUBNOFF's Untersuchungen und schreibt dementsprechend von einer großen rheinischen Transversalflexur, verbunden mit einer Verschiebung des Ostflügels: „Am vollständigsten ist diese Transversalflexur im Odenwald aufgeschlossen, da die Hauptspalte – gemeint ist die Otzbergspalte – hier nicht am Rande, sondern im Inneren des Gebirges verläuft.“

In neuerer Zeit hat vor allem E. NICKEL in einer Reihe von Veröffentlichungen zu dem Problem der Otzberg-Zone Stellung genommen. Auch er spricht (1953, S. 430) von einem N-S angelegten, zum Teil gegabelten tektonischen System, das etwa im Zug der sogenannten Otzbergspalte zu finden ist. Aus seinen Arbeiten und aus denen seiner Schülerin J.-M. DÖNHOF (1956) geht hervor, daß die „vertikale Otzbergmylonitisierung“, also eine durch die tektonischen Bewegungen an dieser Zone bedingte Mylonitisierung, die jüngste Gefügeprägung im Bereich des Störungs-

systems bewirkt hat. J.-M. DÖNHOF stellt in ihrer Dissertation (1965, S. 23) die Entstehung der „Otzbergmylonitisierung“ ins Tertiär.

Auch H. ILLIES (1965, S. 4–6) nimmt in mehreren Publikationen Bezug auf die Otzberg-Zone. Für ihn ist diese Zone ein Glied zahlreicher schon im Paläozoikum angelegter Mobilzonen, an denen „linkshändige“ Blattverschiebungen stattgefunden haben.

Da keiner der erwähnten Autoren — abgesehen von E. NICKEL — seine Ausführungen mit detaillierten Strukturaufnahmen der tektonischen Verhältnisse belegt hat, habe ich auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. E. BIEDERKE und unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. H. MARTIN im Rahmen meiner Dissertation eine tektonische Gesamtaufnahme im Bereich der Otzberg-Zone durchgeführt.

Ein Dissertationsstipendium der Stiftung Volkswagenwerk e. V. ermöglichte dankenswerterweise meine Geländeuntersuchungen in den Sommermonaten der Jahre 1966 und 1967 und die anschließende Promotion.

### B. Arbeitsmethode

Im Gebiet der als „Otzbergspalte“ definierten Zone (Abb. 1) wurden so weit wie möglich sämtliche zur Zeit auffindbaren Störungen, Bewegungsflächen, Ruschelzonen und Mylonite systematisch eingemessen und ihre tektonische Funktion festgestellt.

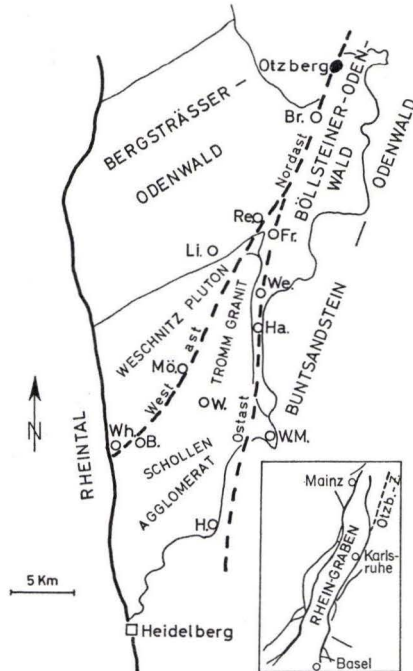


Abb. 1. Übersichtskarte des Arbeitsgebietes (B. = Birkenau, Br. = Brensbach, Fr. = Frohnhofen, H. = Heiligkreuzsteinach, Ha. = Hammelbach, Li. = Lindenfels, Mö. = Mörlenbach, Re. = Reichelsheim, W. = Weiher, We. = Weschnitz, Wh. = Weinheim, W.M. = Wald Michelbach). Die kleine Karte stellt die regionale Situation dar.

Die Aufschlußverhältnisse im Gebiet der Otzberg-Zone sind relativ schlecht. Die Hauptstörungen sind nirgends direkt aufgeschlossen. Es wird deshalb in der vorliegenden Arbeit der Versuch unternommen, an Hand der erwähnten Detailaufnahmen in Einzelaufschlüssen, Hinweise auf das Bewegungsbild der Großstörungen zu gewinnen. Die dabei gefundenen Ergebnisse werden mit der bisherigen Definition und den vorliegenden Deutungsversuchen der Otzberg-Zone verglichen und zu einem neuen Gesamtbild kombiniert. Die Meßwerte wurden nach der üblichen Methode ins Schmidtsche Netz eingetragen (stereographische Projektion der unteren Lagenkugelhälfte) und je nach Bedeutung durch bestimmte Symbole dargestellt. Die beschriebenen Aufschlüsse sind im Verlauf der Geländearbeiten chronologisch mit Nummern versehen worden, die auch in der vorliegenden Arbeit Verwendung finden. Die entsprechenden Rechts- und Hochwerte geben die genaue Ortslage an. Die erste Zahl gibt den Rechtswert, die zweite Zahl den Hochwert an. Die erwähnten Ortsnamen und Flurbezeichnungen beziehen sich auf die neuen topographischen 1:25.000 -Blätter, da auf den alten geologischen Karten zum Teil andere, heute nicht mehr gebräuchliche Namen eingetragen sind. Eine eingehende Beschreibung aller genannten Punkte ist in diesem Rahmen nicht möglich. Die wichtigsten Strukturen sind in der tektonischen Karte Abb. 2 dargestellt, ansonsten wird auf die Originalfassung der Dissertation hingewiesen.

## II. Die Tektonik im Bereich der Otzberg-Zone

Zur besseren Übersicht untergliedere ich die Zone in folgende Teilbereiche: (Abb. 1)

- A. Nordast zwischen Otzberg und Reichelsheim
- B. Westast zwischen Reichelsheim und Birkenau
- C. Ostast zwischen Reichelsheim und Heiligkreuzsteinach
- D. das Gebiet zwischen dem West- und Ostast.

### A. Die Tektonik des Nordastes der Otzberg-Zone zwischen Otzberg und Reichelsheim

#### 1. Definition des Nordastes

Für diesen Abschnitt gibt G. KLEMM (1924, S. 36) folgenden Verlauf: „... Sie (gemeint ist die Otzberg-Zone, insbesondere der nördliche Teil) geht dann etwas östlich vom Otzberg vorbei... bei Brensbach gabelt sich die Verwerfung... Der eine Zweig geht westlich, der andere östlich vom Reichenberg bei Reichelsheim vorbei.“ Da eine direkte Trennung in zwei sich gabelnde Störungsäste erst bei Reichelsheim nachzuweisen ist, fasse ich den Nordast als eine sich nach Süden etwas verbreiternde Störungszone auf.

#### 2. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse

P 565 (34 93 267/55 18 830)

Im oberen Teil der dortigen Steinbruchwand stehen dunkle, grobkörnige, stellenweise schon stark vergruste Glimmerschiefer an, deren Paralleltexur den Wert  $25^{\circ}/68^{\circ}$  W hat. Diese Gesteine werden von einem helleren, massiven Gneis unterlagert,

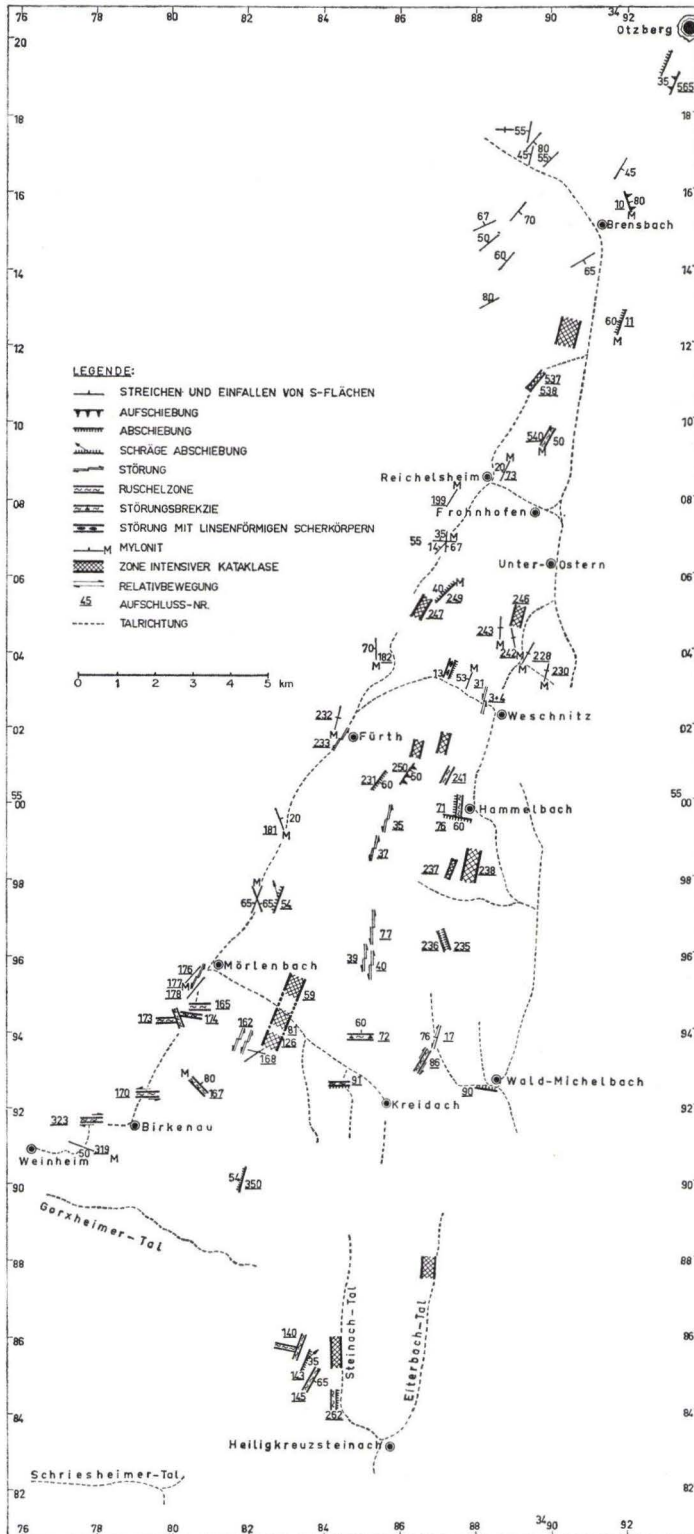


Abb. 2. Schematische Darstellung der wichtigsten tektonischen Strukturen im Bereich der Otzberg-Zone.

der manchmal migmatitähnliches Aussehen hat. Dessen Foliation ist ungefähr parallel zu der des hangenden Gesteins. Zwei Kluftsysteme  $a = 100^\circ/85^\circ S$ ,  $b = 10^\circ/50^\circ E$  dominieren und werden in Übereinstimmung zu N. D. CHATTERJEE (1960) und C. KRAWAS (1966) als Quer- und Längsklüfte gedeutet. Interessant sind die Bewegungsflächen und die Gesteinskörper, welche von ihnen begrenzt werden.

Es herrschen Bewegungsflächen mit den Streich- und Fallwerten  $25^\circ/65^\circ W$  (= c genannt) vor. Die Flächen sind stark gewellt und umschließen linsenförmige Körper. Die Rutschstreifen verlaufen auf ihnen ungefähr parallel zur Einfallrichtung. Der Relativsinn der Bewegung konnte nirgends festgestellt werden.

Die eben genannten Flächen werden von einer Anzahl  $25^\circ/30^\circ W$  liegender Flächen (= d genannt) durchschlagen und in sich versetzt. Die Rutschstreifen verlaufen auch hier parallel zur Richtung des Einfallens (Abb. 3, A).

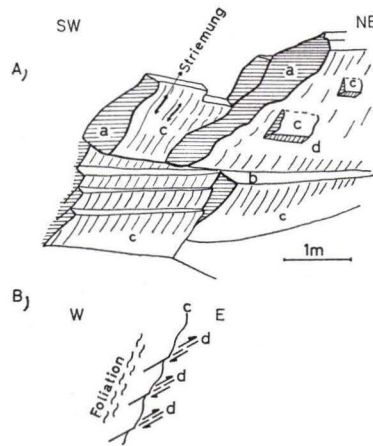


Abb. 3. P565, A = Aufschlußskizze, linsenförmige Körper werden von den Flächen a, b und c begrenzt; a = Querklüfte, b = Längsklüfte, c = erste Bewegungsflächenchar, d = zweite Bewegungsflächenchar. B = schematische Darstellung der Zerschering an den d-Flächen.

Die linsenförmigen Körper werden als „Druckkörper“ gedeutet. Während der Beanspruchung kam es zu Ausweichbewegungen an den c-Flächen. Weitere Beanspruchung führte zur Zerschering an den d-Flächen. Diese Beanspruchung muß ebenfalls einengenden Charakter besessen haben, da, wie Abb. 3, B zeigt, kleine Aufschiebungen stattgefunden haben. Jene Beanspruchung kann eventuell bei der Anlage der Böllsteiner Kuppel erfolgt sein. Dann wäre hier eine „alte Tektonik“ erhalten geblieben.

P 10 (34 91 980/55 15 850)

Nach C. KRAWAS (1966, S. 23) steht chloritführender, granodioritischer Gneis an, der von dünnen Quarz- und Pegmatitgängen durchschwärmt wird. Die Foliation hat die Streich- und Fallwerte  $25^\circ/55^\circ W$ . Von Interesse ist der in Abb. 4 dargestellte Teilbereich. Zwei  $30^\circ/71^\circ W$  streichende und einfallende Gänge durchschlagen das Gestein. Der westliche Gang gabelt sich und wird von einem bis zu 15 cm dicken,

160° streichenden, 80° E einfallenden Mylonit abgeschnitten. Schleppungserscheinungen an der Foliation ermöglichen die Feststellung des Relativsinns der Bewegung.

Am P 10 und in einem benachbarten neuen Böschungsanschnitt läßt sich beobachten, daß auch die s-Flächen des Gneises als Bewegungsflächen fungiert haben. Die Rutschstreifen auf ihnen verlaufen parallel zur Richtung des Einfallens. Die Abrisse auf den Flächen weisen auf Abschiebungen hin (Abb. 4) und nicht auf eine Art schichtparallelen Gleitens, wie es von der Biegefaltung bekannt ist.

Sowohl auf den Schieferungsflächen als auch an der Störung, die durch den Mylonit gekennzeichnet ist, fanden demnach Bewegungen statt, welche zur Abschiebung der westlichen „Schollen“ führten. Jüngere Bewegungsflächen, welche überwiegend NW-SE streichen und steil nach SW einfallen, sind durch Hämatitvererzung charakterisiert. Diese Beobachtung kann man auch an P 566 (34 93 174/55 17 828) machen, wo entsprechend streichende Flächen ebenfalls einen Hämatitbelag tragen.

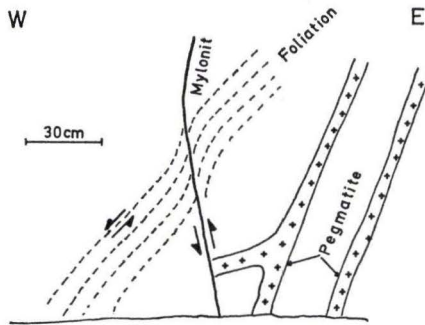


Abb. 4. P10, Aufschlußskizze; 2 Pegmatite (Streichen = 30°/Einfallen = 71°) werden von einem Mylonit (Streichen = 160°/Einfallen = 80° E) abgeschnitten. Die Foliation (Streichen = 25°/Einfallen = 55° W) wird an der Störung geschleppt. Die Pfeile deuten die Relativbewegungen an.

#### P 11 (34 91 780/55 12 665)

In diesem kleinen aufgelassenen Steinbruch südlich von Niederkainsbach stehen die sogenannten Schiefer von Niederkainsbach (S. XIDAS 1966, S. 14–16) an. Die Schiefer werden von zwei Störungen durchschlagen. In Abb. 5, A ist eine der beiden Störungen dargestellt. Eine ähnliche Darstellung findet man bei XIDAS (S. 61, 62). Die markanteste Struktur ist ein Mylonitkörper von maximal 1,20 m Mächtigkeit. Er streicht 25° bei einem Einfallen von ungefähr 65° NW. Westlich dieses Mylonits ist die Foliation des Schiefers durch die Streich- und Fallwerte 30°/50° NW bestimmt, östlich davon liegen die Schiefer annähernd horizontal.

Diesen Unterschied erklärt XIDAS als Schleppungserscheinung an einer Störung, die durch den Mylonitkörper sichtbar gemacht ist. Eine weitere Erläuterung fehlt jedoch zu diesem Punkt.

Nach meiner Aufnahme (Abb. 5, A) kann man nicht einfach nur von einer Schlepplung sprechen. Dagegen spricht das Umbiegen der Foliation bei a und b (Abb. 5, A) und die Tatsache, daß die Foliation östlich der Störung völlig ungestört horizontal liegt. Die Beobachtungen der Details bei a und b widersprechen dem theoretisch zu erwartenden Modell einer Schlepplung (Abb. 5, B<sub>1</sub>).

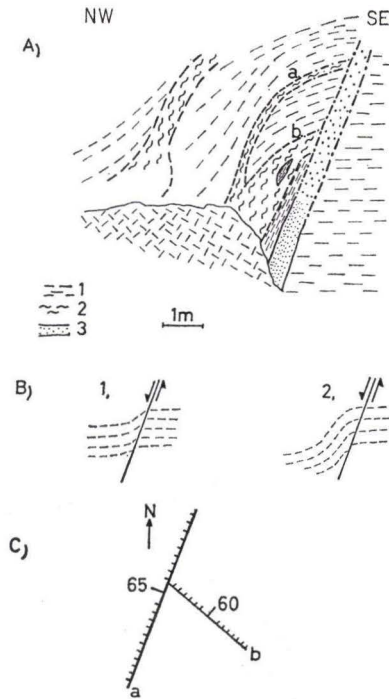


Abb. 5. P11, A = Aufschlußskizze; 1 = Schiefer von Niederkainsbach, 2 = melanokrate Einschaltungen, 3 = Mylonit. B<sub>1</sub> = Modellvorstellung für eine Abschiebung mit Schleppung; B<sub>2</sub> = Modellvorstellung für Flexur mit sekundärer Störung; C = Darstellung der Störungen in schematischem Grundriß.

Wahrscheinlicher ist die in Abb. 5, B<sub>2</sub> dargestellte Möglichkeit. In diesem Fall wird eine Flexur angenommen, die schließlich an der eingezeichneten Fläche zerreißt (Abb. 5, B<sub>2</sub>). Infolge dieser Bewegung wurde ein Mylonit ausgebildet.

Für die Annahme einer Flexur spricht auch die Angleichung der Foliation an die normale Lagerung im weiter nordwestlich anschließenden Teilbereich (Abb. 5, A).

Neben dieser Hauptstörung existiert noch eine weitere, jedoch kleinere Störung, die zwei Pegmatoid-Lagen versetzt. Auch diese 130°/60° NE verlaufende Abschiebung wurde von XIDAS nur ungenau gekennzeichnet.

Die Lage der beiden Störungen wurde schematisch in einer Grundrißskizze eingetragen (Abb. 5, C). Wichtiges Ergebnis dieser Detailaufnahme: Die Westscholle ist – wahrscheinlich an einer sekundär zerrissenen Flexur – nach Westen abgeschoben worden. Die kleinere Nebenstörung wird von der Hauptstörung abgeschnitten. Erstere ist also älter.

P 537 (34 89 560/55 11 140) und P 538 (34 89 540/55 11 000)

Nach der alten geologischen Spezialkarte sollen sich beide Aufschlüsse im Gebiet metamorpher Schiefer befinden. Die derzeitigen Aufschlußverhältnisse lassen eine solche Einstufung nicht zu. Vielmehr hat man den Eindruck, im Bereich einer intensiv beanspruchten, kataklastischen und mylonitischen Zone zu sein. An P 537 stehen in



einem kleinen Vorkommen in der Hangböschung dunkelgrüne, feinkörnige, dichte Gesteine an, die Serpentinegesteinen ähnlich sehen. Ihre Foliation läßt sich nicht genau einmessen. Nach Süden zu schließt sich bei P 538 eine Zone an, die durch makroskopisch schon sichtbare Brecciierung auffällt.

#### P 540 (34 89 790/55 09 760)

Auch in diesem alten kleinen Steinbruch sollen nach der Karte metamorphe Schiefer anstehen, umgeben von Hornblendegranit. Man kann heute nur noch ein stark zerrüttetes dunkel- bis hellgrünes Gestein ausmachen, in dem manchmal größere Blöcke eines intensiv brekzierten rötlichen Granits „schwimmen“.

Das dunkelgrüne Gestein besteht überwiegend aus Chloriten, wenig Calcit und zersetzten Amphibolen, wie Dünnschliffuntersuchungen ergaben (Schliff-Nr. 540/1/4305; 540/2/4306). Der Hornblendegranit der Umgebung zeigt Merkmale einer Katakklase.

Bemerkenswert ist die intensive Zerschierung des Chlorit-Gesteins in linsen- bis rhomboederförmige Körper „erster“ und „zweiter“ Ordnung. Die Körper erster Ordnung haben längste Diagonalen von 50–80 cm und sind von größeren Scherflächen begrenzt. In sich zerfallen diese Scherkörper in kleinere bis 10 cm große Scherkörper „zweiter“ Ordnung (vgl. Diss. W. SCHÄLICHE, S. 18).

Das Diagr. D 1 zeigt die räumliche Lage dieser Scherflächen (Polpunkte sind eingezeichnet). Die meisten Flächen streichen zwischen NNE und ENE und fallen nach SE ein. Fast alle Rutschstreifen streichen E bis NE und fallen mittelsteil in diese Richtung ein. Dieses Resultat ist ungewöhnlich, da andererseits nach NW einfallende Bewegungsflächen vorherrschen.

Es ist deshalb die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß ein mafischer Gang, der vielleicht NNE-Streichen und SE-Einfallen besaß, bei einer sekundären tektonischen Beanspruchung mylonitisiert und zerschert wurde. Die Zerschierungsflächen sind dann vielleicht subparallel zu den ehemaligen Salbändern angelegt worden.

### 3. Zusammenfassung

Mit Ausnahme der Ergebnisse von P 565 sprechen alle anderen Beobachtungen für eine breite Störungszone, die durch Mylonite, Katakklasite und kleinere Störungen gekennzeichnet ist. Abgesehen von P 540 dominieren W-fallende Störungszone, die häufig Abschiebungen der W-Schollen zeigen.

Da, wie weiter unten noch ausgeführt wird (s. S. 321/22), die Mylonite an P 10 und 11 als Blastomylonite angesprochen werden können, sind sie mit Sicherheit älter als die Tertiärtektonik. Mir ist bisher nicht bekannt, daß Blastomylonite mit einer tertiären Bruchtektonik in Zusammenhang gebracht wurden. Ich vermute, daß sie während der Prägung der Böllsteiner Kuppel entstanden sind.

## B. Die Tektonik des Westastes der Otzberg-Zone zwischen Reichelsheim und Birkenau

### 1. Definition des Westastes

Der westliche Zug der Otzberg-Zone soll nach G. KLEMM's (1924, S. 37) Ansicht „westlich vom Reichenberg bei Reichelsheim vorbeigehen . . . und den Steilabsturz

der Tromm nach Westen bedingen.“ Topographische Gesichtspunkte haben bei dieser Definition offensichtlich eine Rolle gespielt.

Ich bezeichne als westlichen Teilabschnitt den Bereich der gedachten Verbindungslinie zwischen Reichelsheim und Birkenau (Abb. 1).

## 2. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse

Schon E. NICKEL (1955, S. 119) schreibt von „... guten Aufschlüssen längs der ganzen Otzbergzone, z. B. am Schloßberg bei Reichelsheim ...“ Da diese Ortsangabe leider etwas ungenau ist, möchte ich ergänzen, daß die besten Aufschlüsse in diesem Gebiet östlich des Reichelsheimer Schwimmbades sind (P 73, 74, 75).

Der größte Aufschluß ist bei P 73 (34 88 660/55 08 860) ein aufgelassener Steinbruch im „Hornblendegranit“. Leider ist die Zahl der einmeßbaren tektonischen Elemente recht klein, so daß das Diagramm nur bedingt aussagekräftig ist, auch wenn die Meßergebnisse von P 74 (34 88 570/55 08 895) und P 75 (34 88 570/55 08 970) einbezogen wurden.

Trotzdem konnten gewisse Regelmäßigkeiten festgestellt werden (Diagr. D 2).

Die Mehrzahl der Flächenpole gruppiert sich im Bereich zwischen NW und WSW sowie zwischen ENE und SE. Somit können zwei Harnischflächenscharen unterschieden werden, die beide  $20^{\circ}$ – $40^{\circ}$  streichen und einmal steil nach Westen und zum anderen steil nach Osten einfallen. Die größere Zahl der Flächen fällt nach Westen ein. Vielleicht spielen Anschnitteffekte bei dieser „Westbetonung“ eine Rolle.

Mylonite sind selten, die vorhandenen haben ähnliche Werte wie die „einfachen“ Harnischflächen. Ein entsprechender Wert konnte für die Granodiorittexur ermittelt werden. Die Lineare streichen überwiegend  $110^{\circ}$ , ihr Einfallen ist sehr variabel.

Die Relativbewegungen der jeweiligen Hangendschollen sind zu 50% nach Osten gerichtet. Das aber heißt, die Störungen haben meist den Charakter flacher bis mittelsteiler, schräger Abschiebungen. Die genauen Aufnahmen zeigten, daß die meisten ungefähr N-S streichenden Harnischflächen die anderen abschneiden und damit relativ jünger sind. Die Harnischflächen sind oft schwach vergrünt, wenige haben einen dünnen Calcitbelag. Die Mylonitbänder sind nicht dicker als 1 cm.

Weiter nach SW im Verlauf der oben angenommenen Linie Reichelsheim–Birkenau stellt man an folgenden Punkten jeweils mylonitische Zonen und Bewegungsbahnen fest: P 199, 55, 182, 232, 233, 181 (Abb. 2).

Klarer ist die Tektonik bei P 249 (34 87 013/55 05 445). Dort blieb im Zentrum einer kleinen Granodiorit-Grusgrube wenig verwitterter Granodiorit erhalten. Er wird von zwei Mylonit-Systemen durchschnitten. Mehrere ungefähr horizontal liegende, bis zu 5 mm dicke Mylonite bilden das eine System, das von NE-SW-streichenden und NW-einfallenden Myloniten eines zweiten Systems zerlegt wird. Die Rutschstreifen auf letzteren verlaufen parallel zur Einfallsrichtung.

In anderer Form äußert sich eine tektonische Beanspruchung an P 247 (34 86 515/55 05 200). Dort ist der Granodiorit über einen mehrere Meter breiten Bereich intensiv zerrüttet und linsig zerschert. Die größten Achsenebenen dieser linsenförmigen

Körper streichen ungefähr  $30^\circ$  und fallen sehr steil nach Osten oder Westen ein. Das Gestein ist auffallend dunkel-rotbraun gefärbt.

Neben diesen kleinen nur zur Ergänzung angeführten Aufschlüssen muß auf P 54 (34 82 170/54 97 510) ausführlich eingegangen werden.

Dieser zur Zeit beste Aufschluß am Westrand der Otzberg-Zone befindet sich ungefähr 1 km südlich Rimbach an der Kurve der Bundesstraße 38. Die alten, von M. PFANNENSTIEL (1927, S. 236) beschriebenen Aufschlüsse sind heute völlig verfallen. Beim Ausbau der B 38 vor einigen Jahren wurde ein Teil der Bergnase des Kreuzberges weggesprengt und damit eine große Zahl tektonischer Elemente im anstehenden Granodiorit freigelegt.

Ungefähr 200 große Harnischflächen mit Rutschstreifen und einige Harnischmylonite sind eingemessen worden. Die Symbole der tektonischen Elemente sind der besseren Übersicht wegen auf zwei Diagramme verteilt (D 3 und D 4).

Die Mehrzahl der Harnischflächen streicht  $160^\circ - 180^\circ$  und fällt zu  $45\%$  mittelsteil bis steil nach Westen und zu  $55\%$  mehr oder weniger steil nach Osten ein.

Die Mylonite haben ähnliche Streich- und Fallwerte wie die Harnischflächen, jedoch fällt die Mehrzahl der Mylonite verhältnismäßig steil nach Osten ein.

Die Paralleltextur des Granodiorits hat folgenden Durchschnittswert: Streichen  $20^\circ$ , Fallen  $60^\circ$  E.

Die dargestellten Blattverschiebungen haben vorwiegend den Charakter von „Linksverwerfern“.

Das Diagr. D4 läßt erkennen, daß die meisten Lineare mit Winkeln zwischen  $40^\circ$  und  $50^\circ$  nach Norden einfallen. Die wahren Streichwerte der Lineare variieren zwischen NW und NE, je nach ihrer Lage auf W- oder E-fallenden Harnischen. Eine genaue zahlenmäßige Analyse der Bewegungsrichtungen der einzelnen Hangendschollen ergibt, daß zwei Drittel der Bewegungstendenzen relativ nach Norden und ein Drittel nach Süden gerichtet sind. Eine Bevorzugung der einen oder anderen Flächenschar ist nicht abzuleiten.

Das Diagr. D3 zeigt, wie schon oben ausgeführt, eine ähnliche räumliche Lage aller nach Osten einfallenden flächigen Elemente. Deshalb kann ein genetischer Zusammenhang gefordert werden. Als Folge der tektonischen Beanspruchung entstanden Flächen, die der primären Paralleltextur des Granodiorits ungefähr parallel laufen. Außerdem wurde eine zweite Harnischflächenschar angelegt, die spitzwinkelig zur E-fallenden nach Westen einfällt. Beide Scharen sind sicherlich gleich alt, da auf beiden die Bewegungen gleichsinnig verliefen und kein gegenseitiger Versatz nachzuweisen ist. Durch die Vorzeichnung einer nach Osten fallenden Paralleltextur überwiegt natürlich die Zahl der E-fallenden Harnischflächen und Mylonite.

Da die Harnischflächen und Mylonite gleiche räumliche Lagen haben, könnte auch für sie gleiches Alter angenommen werden. Nur der Grad der Beanspruchung war verschieden und führte einmal zu Myloniten und zum anderen zu Harnischen. Vielleicht sind jedoch die Mylonite unter anderen Druck- und Temperaturbedingungen in größerer Tiefe entstanden, während in einem späteren Stadium, in einem höherem Niveau, die Harnischflächen angelegt wurden.

Die Harnischflächen sind meist von Braun- und Roteisenfilmen bedeckt, die Zentimeterdicke erreichen können. Einige der Flächen weisen über dem Roteisen-

belag noch eine Calcitschicht auf. In solchen Fällen variieren die Rutschstreifen auf dem Roteisenfilm und diejenigen auf der Calcitschicht nur wenig.

Einzelne der Bewegungszonen sind so stark zerruschelt und dann wieder aufgeklafft, daß lokal 5–10 cm mächtige Calcitdrusen auskristallisieren konnten.

Aus diesen Beobachtungen kann folgendes Altersverhältnis rekonstruiert werden:

1. Anlage der Paralleltextrur im Granodiorit
2. Anlage der Harnischflächen und Mylonite
3. Auseinanderklaffen der Bewegungszonen, Calcitkristallisation
4. Zerreißen der Calcitschichten, wiederholte Bewegungen an den Flächen.

Die Striemung ist meist grob ausgebildet, der Abstand der einzelnen Rutschstreifen beträgt ungefähr 1 cm. An einer Stelle deuten zerrissene und zerbrochene Hornblendekristalle eine Striemung an.

Nur an wenigen Stellen sind absolute Versetzungsbeträge abzulesen. Aus der Richtung der Harnischstreifen und den Verschiebungsbeträgen von mehreren dm lassen sich die tektonischen Bewegungen als schräge Abschiebungen kleinen Ausmaßes erklären.

Weitere Aussagen über die Mechanik der nach Norden gerichteten schrägen Abschiebungen lassen sich mittels einiger Hilfskonstruktionen machen.

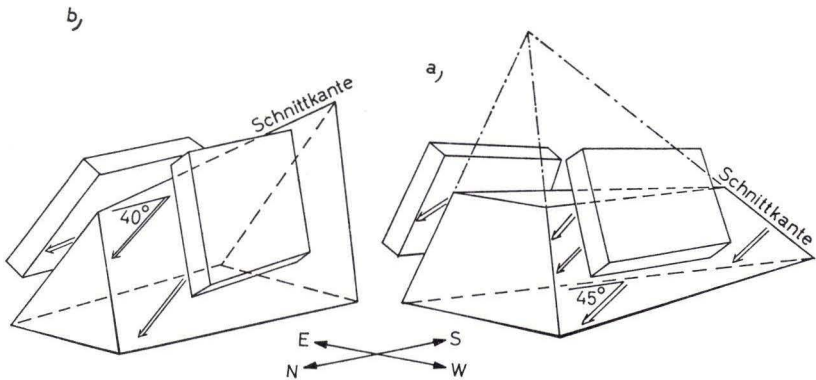


Abb. 6. a und b = Darstellung der aus den Meßergebnissen rekonstruierbaren Bewegungen in einem Blockbild.

Aus zwei Teilbereichen der Aufschlußwand (P 54) stammen repräsentative Streich- und Fallwerte für Harnischflächen, und zwar für E- und W-einfallende Flächen in ungefähr gleicher Zahl. Die Werte wurden ins Schmidt'sche Netz eingetragen.

Aus den Diagrammen lassen sich folgende Einzelheiten ablesen: Zu Diagr. D 5: Die Harnischflächen streichen ungefähr  $140^{\circ}$ – $180^{\circ}$  und  $0^{\circ}$ – $30^{\circ}$  und fallen  $60^{\circ}$ – $80^{\circ}$  nach E oder W ein.

Die überwiegende Zahl der konstruktiv gewonnenen Durchstoßpunkte der Schnittkanten fällt in einen Sektor zwischen SSW und SSE, d. h. die Schnittkanten streichen  $0^{\circ}$ – $30^{\circ}$  bzw.  $150^{\circ}$ – $180^{\circ}$  und fallen hauptsächlich  $45^{\circ}$  nach S ein.

Das Streichen der Rutschstreifen variiert zwischen NW und NE, ihr durchschnittliches Einfallen beträgt ungefähr  $50^\circ$  nach N. Beide Lineare (Schnittkanten, Rutschstreifen) stehen also ungefähr senkrecht aufeinander.

Außerdem lassen sich nach NW gerichtete schräge Abschiebungen auf den W-fallenden Flächen, entsprechend nach NE gerichtete schräge Abschiebungen auf den E-fallenden Flächen, ablesen.

Ein Blockbild (Abb. 6a) zeigt, wie man sich die Bewegungen vorzustellen hat. Die Darstellung ist schematisiert, der keilförmige Grundkörper nur ein Modell. Wahrscheinlich handelt es sich um linsenförmige Bewegungskörper.

Im zweiten Diagr. (D 6) sind die tektonischen Elemente mit den gleichen Symbolen wie in D 5 dargestellt. Das Streichen und Fallen der Harnischflächen ähnelt den oben angegebenen Werten. Die Lage der Durchstoßpunkte der Lineare (Rutschstreifen, Schnittkanten) zeigt, daß beide Lineare nach N abtauchen. Die Schnittkanten streichen  $160^\circ - 180^\circ$  und fallen  $10^\circ - 30^\circ$  nach N ein, die Rutschstreifen haben folgenden Durchschnittswert: NW- bis NE-Streichen, Einfallen  $50^\circ$  N, sie fallen also steiler ein als die Schnittkanten. Der relative Bewegungssinn entspricht dem oben beschriebenen. Ein Blockbild (Abb. 6b) ist ebenfalls eine Modellvorstellung, mit der versucht wird, den Bewegungsmechanismus zu erklären. Kombiniert man die Diagramme beider Teilbereiche und kombiniert somit auch beide resultierenden Blockbilder, so ist man versucht zu sagen, daß Abb. 6, a das Südende, Abb. 6, b das nördliche Ende eines linsenförmigen Bewegungskörpers darstellt.

Dieser vermutete linsenförmige Körper zerfällt in kleinere linsige Körper. Alle diese Körper werden von zahlreichen E-W-streichenden und steil nach N oder S einfallenden, meist rauhen Flächen zerlegt, die keinerlei Bewegungsspuren tragen. Sie werden von mir als Querklüfte, bezogen auf das Streichen der linsigen Körper, gedeutet.

Der Ablauf des gesamten tektonischen Geschehens kann folgendermaßen beschrieben werden:

Als Begleiterscheinung zu einer vermuteten größeren Störung im Weschnitztal wurde der anstehende Granodiorit mehrfach beansprucht und dabei in linsenförmige Körper zerschert. Dabei entstanden dünne Mylonitbänder und zahlreiche, wahrscheinlich jüngere, Bewegungsflächen. An letzteren fanden schräge Abschiebungen statt. Querklüfte zerlegen im Rahmen dieser Dehnungsvorgänge die linsenförmigen Körper.

Ergänzende Untersuchungen an P 180 (34 82 122/54 97 090) führten zu übereinstimmenden Ergebnissen.

Südlich von Mörlenbach existieren nur wenige kleine aufgelassene Steinbrüche. Damit ist eine Aussage über die dortige Tektonik wesentlich schwerer zu machen als im zuvor besprochenen Teilabschnitt.

An den Punkten 176 (34 80 450/54 95 470), 177 (34 80 475/54 95 435) und 178 (34 80 450/54 95 340) sind als markante tektonische Elemente nur einige NNE-streichende und steil nach E oder W einfallende Bewegungsflächen zu nennen. Auf ihnen haben — wie Rutschstreifen, Escarpements usw. anzeigen — nach Norden gerichtete schräge Abschiebungen der E-Schollen stattgefunden.

Ähnliche Bewegungsvorgänge sind an  $40^\circ$ -streichenden und  $70 - 90^\circ$  E-einfallenden Myloniten festgestellt worden. Die detaillierten Aufnahmen an P 164 (34 80 650/54 94

630) und P 165 (34 80 650/54 94 585) östlich der „Bremen-Mühle“ lieferten die Grundlagen für das Sammeldiagramm D 7.

Wie man sieht, dominieren zwei Scharen von Bewegungsflächen: a,  $160-180^\circ$ - und b,  $0-25^\circ$ -streichende, deren jeweiliges Einfallen zwischen  $75^\circ$  und  $90^\circ$  nach E oder W variiert. Die Rutschstreifen weichen nur wenig von der Horizontalen ab. Teilweise konnte der Nachweis (Calcit-Kristallisation im Druckschatten) von Blattverschiebungen erbracht werden, wobei die E-Schollen nach Norden bewegt wurden.

Neben diesen Störungen fallen nun zum erstenmal mehrere E-W-streichende Strukturen auf. Besonders in dem kleinen Steinbruch an P 165 durchschlagen  $90-110^\circ$ -streichende und steil nach Norden oder Süden einfallende Ruschelzonen als jüngste Strukturen das Gestein. Auch an P 166 (34 79 985/54 94 070), nördlich der „Gölzenmühle“, durchsetzt ein E-W-streichender 2 cm dünner, blaßgrüner Mylonit eine Reihe älterer NNE-streichender Bewegungsflächen, die steil nach E oder W einfallen.

Ein wichtiger Aufschluß liegt bei P 174 (34 80 273/54 94 470). Im SW-Teil des aufgelassenen Steinbruches bildet eine  $100^\circ/80^\circ$  S verlaufende Mylonitzone die Hauptstruktur. Ein dunkelgrüner Mylonit wurde zerschert und zerruschelt. Stellenweise kristallisierte Hämatit und Calcit in den Rupturen. Parallel zu dieser Zone existieren zahlreiche kleinere Bewegungsflächen.

Diese gesamte  $100^\circ/80^\circ$  S-Struktur durchschlägt alle anderen benachbarten NNE-streichenden Bewegungsflächen. Sie ist also jünger als letztere, auf denen Seitenverschiebungen mit Nordbewegung der E-Scholle stattgefunden haben. Auch an den Punkten 172 (34 80 013/54 94 405) und 173 (34 80 022/54 94 305) beobachtet man N-S- und E-W-streichende Ruschelzonen, Bewegungsflächen und Mylonite. Dort ist jedoch das Altersverhältnis nicht klar.

Das beste Beispiel für ein plötzliches Dominieren ungefähr E-W-streichender Bewegungsflächen ist P 169 (34 79 323/54 92 595) und vor allem P 170 (34 79 285/54 92 508). Diagr. D 8 spiegelt diese Verhältnisse deutlich wieder.

Die horizontalen Rutschstreifen sprechen für Blattverschiebungen. In einem Falle konnte nachgewiesen werden, daß die Nordscholle relativ nach Westen verschoben worden ist.

Von besonderem Interesse ist die Tektonik im Bereich zwischen Birkenau und Weinheim, da dort der westliche Zweig der Otzberg-Zone den Rheintalgraben erreichen und der Porphyr des Wachenberges dem SW-Ende dieser Zone aufsitzen soll.

Trotz zahlreicher Aufschlüsse ergab die Auswertung der Meßdaten keine Klärung. Die Mehrzahl der Klüfte weist keinerlei Merkmale auf, die als Nachweise tektonischer Bewegungen gelten können. Die Bewegungsflächen haben — vgl. D 9 — ebenfalls keine bevorzugte Streichrichtung. Auch die Art der jeweiligen Teilbewegungen und deren Relativsinn wechselt von Mal so Mal so stark, daß keine Regelmäßigkeit festgestellt werden konnte. Nur die räumliche Lage der Ruschelzonen und Mylonite ist relativ konstant. Es kann also kein einheitlicher Baustil abgeleitet werden. Wahrscheinlich ist dieses unklare Bild der Tektonik das Resultat einer Überlagerung von Otzberg-Zonen-Elementen mit Rheintalgraben-Elementen. Da die Otzberg-Zone hier nicht exakt nachweisbar ist, liegt die Vermutung nahe, daß sie am SW-Ende

wesentlich an Bedeutung verloren hat und wahrscheinlich nie den Rheintalgraben erreicht hat. Hätte sie den Rheintalgraben erreicht, so wäre sie sicherlich bei den verhältnismäßig guten Aufschlüssen nachweisbar. Die Weschnitz hätte dann einen anderen Verlauf.

Auffallend ist in diesem Zusammenhang der Verlauf des Weschnitzbaches zwischen Birkenau und Weinheim. Mehrmals ändert sich die Talrichtung jeweils um ungefähr  $90^\circ$ . Wie F. HAUCK (1910) vermutete, könnten Störungszonen den Lauf der Weschnitz beeinflußt haben. In einem Fall glaube ich, für diese Anschauung Beweise erbringen zu können. Bei P 323 (34 77 952/54 91 715), im Bahneinschnitt W Birkenau werden mehrere ältere Bewegungsflächen von einer großen  $110^\circ$ -streichenden und steil nach Norden einfallenden Störung durchschnitten. An dieser großen Fläche ist die hangende Nordscholle nach E bewegt worden. Wahrscheinlich ist diese Störung eine Parallelstörung zu einer größeren Störung, die im heutigen Weschnitztal entlangzieht und die den Bachlauf in diese E-W-Richtung gelenkt hat.

### 3. Zusammenfassung

Im nördlichen Teil des Westastes der Otzberg-Zone bestimmen vor allem ungefähr N-S und NNE-streichende Strukturen das tektonische Bild. Es ließen sich in diesem Teilabschnitt vor allem Abschiebungen der jeweiligen W-Schollen nachweisen oder vermuten.

Anders liegen die Verhältnisse im südlichen Teilabschnitt zwischen Mörlenbach und Birkenau. Dort wurden zwar auch zahlreiche N-S-streichende Strukturen beobachtet, jedoch dominieren ungefähr E-W-streichende Bewegungs- und Störungszonen, die einwandfrei jünger als die N-S-Elemente sind. An diesen E-W-streichenden Bewegungsflächen haben überwiegend Blattverschiebungen stattgefunden.

Im Bereich zwischen Birkenau und Weinheim komplizieren sich die Verhältnisse insofern, als offensichtlich eine Überlagerung NW-SE-, NE-SW- und N-S-streichender Strukturen zu einem unklaren Bild führen und somit kein einheitlicher Baustil ableitbar ist. Auch morphologisch zeichnet sich das Ende des Westastes ab.

Ich vermute, daß die E-W-streichenden Strukturen im Zusammenhang stehen mit der tertiären Aufwölbung und Emporbewegung des Odenwaldes. Sicherlich sind einige dieser E-W-Strukturen schon alt angelegt (vgl. Mylonitbildung) und bei dem Rheingraben-Einbruch erneut wirksam geworden.

## C. Die Tektonik des Ostastes der Otzberg-Zone zwischen Reichelsheim, Frohnhofen und Heiligkreuzsteinach

### 1. Definition des Ostastes

G. KLEMM (1924, S. 26) beschreibt den Verlauf dieses östlichen Störungszweiges wie folgt: „... Der östliche Zweig läßt sich bis in die Waldmichelbacher Gegend verfolgen, wo er, wie man aus den geringen Verschiebungen der Buntsandsteinstufen ersehen kann, auskeilt.“ Etwas genauer gibt G. KLEMM (1928, S. 5) einen Teilabschnitt dieser Störung an: „Das kristalline Grundgebirge wird durch eine große

Verwerfung durchsetzt, die aus der Gegend von Hammelbach über Weschnitz in nordwestlicher Richtung am Ostabfall des Dachsberges hin nach Frohnhofen (Blatt Brensbach) zieht . . .“

Auch S. v. BUBNOFF (1926, S. 471 und 477) vermutet, daß „etwas westlich der Linie Weschnitz-Ober-Ostern die Otzbergspalte durchgehen muß.“

Meiner Ansicht nach muß der Ostast südlich Wald Michelbach seine Fortsetzung im Bereich der Täler des Eiterbaches und der Steinach finden. Die starke Zerrüttung des dort anstehenden Granits macht diese Annahme wahrscheinlich.

## 2. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse

Es werden Aufschlüsse besprochen, die in einer etwa 1 km breiten Zone liegen. Jene erstreckt sich von Frohnhofen bis Heiligkreuzsteinach. Wichtige Aufschlüsse findet man erst südlich Unter-Ostern.

Vorher sollen jedoch diejenigen Lokalitäten erwähnt werden, an denen kleine Mylonite, Ruschelzonen und Bereiche intensiv linsig zerscherten Granits zu erkennen sind: P 246, 242, 243, 230, 228, 241 (Abb. 2).

Die besten Aufschlüsse aber in diesem Teilabschnitt liegen in zwei alten Steinbrüchen am westlichen Ortsrand von Hammelbach. Sie wurden schon von G. KLEMM (1925, S. 14 und 1924, S. 37) erwähnt. In dem ungefähr 50 m breiten, aufgelassenen Steinbruch hinter der Kartonagen-Fabrik (P 71, 34 87 425/54 99 890) ist das Gestein intensiv brekziiert worden. Nur an wenigen Stellen läßt sich die ehemalige Foliation rekonstruieren. Sie hat folgende Streich- und Fallwerte: NNE/10–20° W. Sekundär ist das Gestein an zahlreichen Bewegungsflächen zerschert worden. In D 10 sind die Werte dargestellt. Man erkennt sehr deutlich ein Vorherrschen 160°–180°- und 0°–20°-streichender Bewegungsflächen, die fast ausnahmslos nach W einfallen. Die Rutschstreifen verlaufen meist parallel zur Einfallsrichtung. Mehrfach konnte der Relativsinn der Bewegung eindeutig festgestellt werden. Die westlichen hangenden Schollen erscheinen nach W abgeschoben. Die Bewegungsflächen sind nicht eben, sondern sehr oft konvex gekrümmt.

Wenige E-W-streichende Bewegungsflächen, die steil nach Süden einfallen, müssen ebenfalls genannt werden. Auf ihnen haben nach SW gerichtete, schräge Abschiebungen der südlichen hangenden Schollen stattgefunden. Diese Strukturen sind jünger als die NNE- und NNW-streichenden Bewegungsflächen.

Diese Feststellung wird durch eine Beobachtung an P 76 (34 87 300/54 99 800) noch unterstrichen. An dem erwähnten Punkt werden ungefähr N-S-streichende Bewegungsflächen von einer großen 100°/60° S-liegenden Störung durchschnitten. Der Charakter dieser Störung konnte nicht exakt bestimmt werden. In Analogie zu den Beobachtungen an P 71 halte ich eine Einstufung als Abschiebungsfläche für möglich. Auf der Störungsfläche ist stellenweise ein 2–3 cm dicker Hämatit-Baryt-Belag zu erkennen, manchmal aber auch nur 2–3 cm dicke Kluffletten.

Zwischen Hammelbach und Scharbach waren die Gesteine offensichtlich ebenfalls einer starken tektonischen Beanspruchung unterworfen. Bei P 237 (34 87 218/54 98 410) ist der anstehende „Trommgranit“ intensiv zerbrochen und sekundär durch Quarz verheilt. Daneben fällt auch die deutliche linsenförmige Zerschierung des Gesteins ins Auge. Die größten Achsenebenen dieser linsenförmigen Körper streichen



regelmäßig  $20^\circ$  und fallen steil nach E ein. Ebenso liegen zahlreiche Bewegungsflächen, auf welchen die Rutschstreifen flach nach Norden einfallen. Eine 200 bis 300 m breite Zerrüttungszone erstreckt sich zwischen P 238 (34 87 935/54 98 588) und der Höhe 397,0. An P 238 ist das Gestein in einen rotbraunen bis violettbraunen Mulm umgewandelt worden, in dem zahlreiche Quarz-Knauern eine Foliation andeuten. Diese streicht ungefähr N-S und fällt flach nach E ein. Eine jüngere  $30^\circ/80^\circ$  E-ziehende Ruschelzone durchschlägt diese Zone.

Im alten Schotterbruch an der Höhe 397,0 ist der Trommgranit ebenfalls extrem zerrüttet und verwittert. Nach Wald Michelbach zu werden die Aufschlüsse spärlicher. Nur an den Punkten 236, 235 und 17 kann man einige tektonische Bewegungen rekonstruieren (Abb. 2).

Erst im Gadener Tal bei Wald Michelbach werden die Aufschlußverhältnisse wieder besser.

Interessant ist vor allem der Aufschluß im teilweise dioritisierten bis granitisierten Amphibolit nördlich des Storr buckels an P 86 (34 86 490/54 93 375). In der NW-Wand dieses aufgelassenen Steinbruchs ist eine große Störung angefahren worden. Die Störungsfläche ist grob gewellt und stellenweise stark zerruschelt. Ihre durchschnittlichen Streich- und Einfallwerte sind  $40^\circ/65^\circ$  W. Die Rutschstreifen sind sehr grob und fallen flach nach NW ein. Im Hangenden und Liegenden konnten mehrere Bewegungsflächen eingemessen werden, die der Hauptstörung zugeordnet sind. Aus ihrer gegenseitigen Beziehung geht mit großer Wahrscheinlichkeit hervor, daß an dieser Störung eine Seitenverschiebung stattgefunden hat, durch welche die E-Scholle relativ nach Süden bewegt wurde. Die Werte aller im Aufschluß 86 eingemessenen Bewegungsflächen und die der benachbarten Punkte 87 (34 86 376/54 93 370), P 88 (34 86 345/54 93 380) und P 89 (34 86 415/54 93 395) sind in D II eingetragen. Wie man sieht, dominieren NNE- und NE-streichende Bewegungsflächen, die überwiegend nach NW einfallen. Damit besteht eine deutliche Übereinstimmung mit der Lage der Hauptstörung. Diese Tatsache spricht für eine in diesem Raum einheitliche tektonische Beanspruchung.

In der südlichen Fortsetzung des östlichen Astes der Otzberg-Zone liegen die Täler der Steinach und des Eiterbaches. Beide erstrecken sich annähernd in N-S-Richtung. Nach den Erläuterungen zur geologischen Karte Heidelberg soll das Eiterbach-Tal auf einer Störung angelegt sein, da die östliche Scholle um 20 m an der westlichen abgesunken sein soll (H. THÜRACH 1909, S. 72).

Diese exakte Angabe ist mit Vorsicht aufzunehmen, da die Granitoberfläche, die als Bezugshorizont zur Berechnung verwendet wurde, sehr unregelmäßig ist (s. Geol. Karte Heidelberg). Dennoch möchte auch ich beide Täler als „Störungstäler“ deuten. Für diese Meinung spricht die Tatsache, daß der auf den Talflanken anstehende Granit sehr stark zerrüttet ist. Die Zerrüttung äußert sich einmal in einer intensiven Zerklüftung und Zerschering und hebt sich zum anderen durch eine auffallende dunkelrotbraune Färbung von den benachbarten, nicht beanspruchten Graniten ab. Wie Abb. 2 erkennen läßt, treten auch hier neben NE- und NNE-streichenden wieder markante E-W-streichende Bewegungsflächen auf (z. B. an P 263 (34 84 180/54 84 080), die jünger sind als die anderen Flächen. Wie das Diagr. (D 12) zeigt, variiert die Lage der Rutschstreifen so beträchtlich, daß keine Regel-

mäßigkeit festgestellt werden kann. Nur selten konnte der Relativsinn von Bewegungen ermittelt werden. Nur an P 262 (34 84 140/54 84 310) war eine sichere Aussage möglich. An einer großen NNE-streichenden Ruschelzone sind zwei kleine Pegmatitgänge versetzt worden. Die E-Scholle erscheint dort relativ abgesunken.

Im Bereich des Ostzweiges der Otzberg-Zone liegt das Verbreitungsgebiet des „Granites von Waldmichelbach“ (G. KLEMM 1900, S. 4–7). Seine Petrographie wurde von G. KLEMM (1900, S. 4–7 und 1923, S. 13–16) und später von E. NICKEL (1953, S. 70–88) bearbeitet. M. PFANNENSTIEL (1927, S. 43–50) ging zum erstenmal auf die Tektonik ein. Da die Aufschlüsse zur Zeit äußerst schlecht sind, muß auf die Untersuchungen M. PFANNENSTIEL's verwiesen werden. Er konnte im Gebiet zwischen Unter-Waldmichelbach und Aschbach zwei Kluftsysteme beobachten: ein annähernd E-W-120° streichendes System ohne Rutschstreifen und ungefähr NNE-streichende Klüfte mit Rutschstreifen oder Pegmatitbelag. Ihr Altersverhältnis ist unklar. Wichtig ist jedoch die Tatsache, daß zwei derart streichende Hauptssysteme dominieren.

### 3. Zusammenfassung

Der tektonische Baustil im Bereich des Ostastes der Otzberg-Zone ist wesentlich variabler als derjenige des Westastes. Im Norden zwischen Ober-Ostern und Hammelbach herrschen NNE-streichende Strukturen vor; der Relativsinn der jeweiligen Bewegungen ist uneinheitlich.

Im Süden wird das Bild unklar, da nur im Bereich der Täler des Eiterbaches und der Steinach Zerrüttungserscheinungen im Granit Hinweise auf Störungen geben. Die Ausrichtung der Täler und der Grad der Beanspruchung des Gesteins machen es immerhin wahrscheinlich, daß hier der Ostast der Otzberg-Zone seine südliche Fortsetzung hat.

E-W-Strukturen sind jünger als alle anderen Elemente. Teilweise besteht die Möglichkeit, den E-W-streichenden Störungen ein Mindestalter zuzusprechen. Die an P 76 beobachtete E-W-Struktur ist im benachbarten Buntsandstein nicht wiedergefunden worden. Damit ist die Möglichkeit einer prätriassischen Anlage der Störung nicht auszuschließen. In anderen Fällen ist das Alter der Strukturen jedoch eindeutig posttriassisch, da der Buntsandstein gegenüber Granit verworfen wurde. Darauf wiesen auch schon G. KLEMM (1928, S. 5) und C. CHELIUS & CHR. VOGEL (1894, S. 3) hin.

#### D. Die Tektonik im Gebiet zwischen dem Ost- und Westast der Otzberg-Zone

##### 1. Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse

Schon in frühen Arbeiten (C. CHELIUS 1909, S. 22; M. PFANNENSTIEL 1927, S. 36, 42; E. NICKEL 1953, S. 48, 66; 1955, S. 119) wird immer wieder auf den Bereich des Weschnitzdurchbruches zwischen Brombach und Weschnitz hingewiesen als das klassische Gebiet der Otzberg-Mylonitisation. Besonders der Steinbruch „In der Klemm“ wird wiederholt erwähnt. Eine genaue und ausführliche Aufnahme der „Makrotektonik“ ist bisher jedoch noch nicht erfolgt.

Nach meiner Ansicht sind die Aufschlüsse in dem kleinen Seitental zwischen Kohlwald und Leberbacher Wald weitaus instruktiver. Sie sollen daher ausführlicher beschrieben werden.

Von der Einmündung des Waldweges auf die Siegfried-Straße bis zum kleinen Steinbruch bei P 13 (34 87 200/55 03 500) sind zahlreiche Störungs- und Bewegungsflächen aufgeschlossen, die linsenförmige Körper umschließen. Auf den Flächen sind fast immer Rutschstreifen zu erkennen, welche parallel zur jeweiligen Einfallsrichtung der Flächen oder parallel zu deren Streichen verlaufen.

Auf einigen Flächen überlagern sich beide Systeme. Nur an einer einzigen Stelle ließ sich ihr Altersverhältnis bestimmen. Die feineren horizontalen Rutschstreifen überlagern eine ältere, gröbere Striemung, welche steil einfällt. In D 13 und D 14 sind die Meßwerte dargestellt. Da auch die Meßwerte von Aufnahmepunkten der näheren Umgebung gleiche Verhältnisse widerspiegeln, wurden sie in die Diagr. D 13 und D 14 übernommen.

An den beiden Flächenscharen, die überwiegend NNE-streichen, haben sowohl kleinere Horizontalverschiebungen als auch Abschiebungen stattgefunden. Der Relativsinn der Bewegungen konnte dahingehend bestimmt werden, daß die jeweilige E-Scholle nach Norden bewegt wurde (speziell: nach Norden gerichtete schräge Abschiebungen der E-Schollen, „linkshändige“ Blattverschiebungen an saigeren Bewegungsflächen und Nordbewegungen der E-Schollen an steil E-fallenden Verschiebungsflächen mit horizontaler Schubrichtung, vgl. D 13 und D 14).

Häufig ist auch ein System annähernd horizontal liegender Bewegungsflächen zu beobachten. Rutschstreifen auf diesen Flächen streichen  $110-120^\circ$ . Zusammen mit Escarpements zeugen sie für relativ westwärts gerichtete Bewegungen der jeweiligen Hangendschollen.

Aus dem Diagr. D 13 geht die Form der linsenförmigen Körper mittelbar hervor. Die beiden erwähnten Bewegungsflächen-Scharen umschließen linsige Körper, welche von „Querklüften“ (D 13) durchschnitten werden. Die Querflächen sind rauh und uneben. Es haben keine Bewegungen darauf stattgefunden. Da eine primäre Bildung linsenförmiger Körper im Trommgranit unwahrscheinlich ist, kommt für die Deutung nur eine tektonische Entstehung in Frage. Es wird dabei an Scher- und Druckkörper gedacht, wie sie von größeren Störungszonen bekannt sind. Ich deute deshalb diese Körper als Scherkörper, die an einer NNE-streichenden Störungszone entstanden sind, an welcher die E-Scholle (Groß-Scholle) relativ abgesunken ist. Daß bei einem solchen Vorgang auch Druckbeanspruchung eine Rolle spielt, ist selbstverständlich, wenn man an den Mechanismus während einer solchen tektonischen Bewegung denkt. Die jüngeren horizontalen Rutschstreifen sind meiner Ansicht nach bei einer sekundären, nunmehr horizontal gerichteten Scherbeanspruchung angelegt worden. In diesem Zusammenhang könnten die erwähnten Querklüfte als konjugierte Zugklüfte angesehen werden. Ungeklärt bleibt jedoch bei diesem Deutungsversuch die Stellung der horizontalen Scherflächen mit den  $110-120^\circ$ -streichenden Rutschstreifen.

Das Ergebnis der tektonischen Aufnahme des Steinbruches an P 12 (34 86 800/55 03 487) „In der Klemm“ liegt in D 15 vor. Die Rutschstreifen verlaufen meist horizontal auf den Bewegungsflächen. Da der Relativsinn der Bewegung ebenfalls

sehr variabel ist, kann ganz allgemein nur von Seitenverschiebungen gesprochen werden. Linsenförmige Körper fehlen.

Weniger groß, aber weitaus klarer, ist der Aufschluß P 31 (34 87 750/55 03 200). Dort durchschlägt ein 1,3 m dicker Mylonit den flach liegenden Hornblendegneis der „Bunten Gneis-Serie“ (I.-M. DÖNHOF-OBELODE). Der Mylonit hat folgende Streich- und Fallwerte:  $10^{\circ}/50^{\circ}$  W. Auf den begrenzenden Bewegungsflächen existieren horizontale Rutschstreifen, die jedoch keinerlei Rückschlüsse auf die Relativbewegung zulassen.

Weiter südlich wurden in kleineren Aufschlüssen folgende Beobachtungen zur Tektonik gemacht. Im aufgelassenen Steinbruch P 250 (34 86 135/55 01 065) ist der anstehende Trommgranit stark zerruschelt. Zahlreiche Bewegungsflächen, die durchschnittlich  $35^{\circ}/50^{\circ}$  E streichen und einfallen, durchschneiden das Gestein.

An P 231 (34 85 315/55 00 650), hinter einem Gehöft in Steinbach, wird der Trommgranit von zahlreichen vergrüneten Bewegungsflächen durchschlagen (D 16). Es handelt sich hierbei ausschließlich um Abschiebungsflächen. Die E-Schollen erscheinen relativ schräg nach Norden abgeschoben.

Vom Westhang des Trommrückens müssen nur wenige kleine aufgelassene Steinbrüche genannt werden. Am besten kommt die Tektonik an P 35 (34 85 685/54 99 630) zum Ausdruck. Dort wird Trommgranit – der übrigens keinerlei Zerruschelung oder Zerschering erfahren hat – von großen, NNE-streichenden Bewegungsflächen durchsetzt. An ihnen haben Horizontalverschiebungen stattgefunden. Die E-Schollen erscheinen relativ nach Norden bewegt.

Ähnlich sind die Verhältnisse an P 36 (34 85 670/54 99 650), P 37 (34 85 300/54 98 800), P 38 (34 84 980/54 98 125), P 39 (34 84 775/54 97 600) und P 40 (34 84 975/54 97 625) (Abb. 2). Die Tektonik im großen Steinbruch westlich des Ireneu-Turms (früher Stbr. Borstein genannt) ist schon von S. v. BUBNOFF (1922, S. 26, 27) und M. PFANNENSTIEL (1927, S. 36–38) beschrieben worden. Da die derzeitigen Aufschlußverhältnisse schlecht sind, kann nur das schon unter P 35 Gesagte auch für diesen Aufschluß angeführt werden.

Nördlich der Ortschaft Weiher kann am SW-Hang des Kisselberges ein Gebiet auskartiert werden, in dem, wie z. B. bei P 59 (34 83 100/54 95 185), ein rötlich-braunes, porphyrähnliches Gestein ansteht. Bei P 59 ist das Gestein stengelig geklüftet. Die stengeligen Körper fallen ungefähr mit  $70^{\circ}$  nach Westen ein. Senkrecht dazu existiert eine flach nach Osten einfallende, weitständige Klüftung. Nach mikroskopischen Untersuchungen handelt es sich um einen reinen Kataklastit.

Ähnliche Gesteine stehen östlich des Haltepunktes Weiher an der Bahnlinie Mörlenbach-Wald Michelbach an [P 81 (34 83 050/54 94 300)]. Auch bei Ober-Mumbach [P 126 (34 82 595/54 93 765)] fällt bei der Geländebegehung eine breite Zone stark zerrütteten und weiß gebleichten Granits auf. Die eben angeführten Zonen liegen auf einer NNE-streichenden Linie. Vielleicht haben wir damit einen Hinweis für eine Parallelzone zum Westast der Otzberg-Zone (Abb. 2).

Bei P 83 (34 82 940/54 94 305) sind zwei Aplitgänge treppenförmig an NNE-streichenden Störungen versetzt. Im Bahneinschnitt direkt östlich des Vöckelbacher Viaduktes werden zahlreiche NNE-streichende Aplitgänge an flach nach Westen einfallenden Störungen versetzt. Diese Störungen werden wiederum von E-fallenden Störungen abgeschnitten.

Zwischen Ober- und Nieder-Mumbach kann man im Trommgranit mehrere NNE-streichende Ruschelzonen und Bewegungsflächen ausmachen. Der Granit selbst ist zerrüttet und vergrünt. Am P 168 (34 82 260/54 93 480) werden kleinere Aplitgänge von zwei Störungssystemen verworfen. Die jüngeren  $106^{\circ}/70^{\circ}$  NE- und  $55^{\circ}/90^{\circ}$ -ziehenden Störungen schneiden die  $150^{\circ}/80^{\circ}$ -NE-Störungen ab. Damit kann auch hier wieder nachgewiesen werden, daß ungefähr E-W-streichende Strukturen zu den jüngsten tektonischen Vorgängen gerechnet werden müssen.

Stellt man sich in Gedanken die eben genannten Punkte miteinander verbunden vor, so fällt auf, daß sie alle ungefähr auf einer Linie liegen, die dem Weschnitztal und dem Westast parallel verläuft.

Wenn auch, wie der Beschreibung der Einzelaufschlüsse zu entnehmen ist, der Bewegungsmechanismus, der Grad der tektonischen Beanspruchung und der Baustil stark variieren, so ist doch die Lage auf einer Linie sicher nicht rein zufällig. Vielmehr liegt der Gedanke nahe, von einer Westrandparallelzone zu sprechen, die sich vom Weschnitzdurchbruch (P 12 und P 13) bis Birkenau erstreckt. Auch das Vöckelbacher Tal könnte einer weiteren kleinen Parallelzone folgen. Hinweise dafür bestehen in den kleinen aufgelassenen Steinbrüchen P 114 (34 83 360/54 93 580), P 115 (34 83 395/54 93 535) und P 116 (34 83 390/54 93 440) in Form mehrerer Bewegungsflächen, die NNE- und NNW-streichen und nach W oder E einfallen. An ihnen sind die E-Schollen relativ nach Norden bewegt worden.

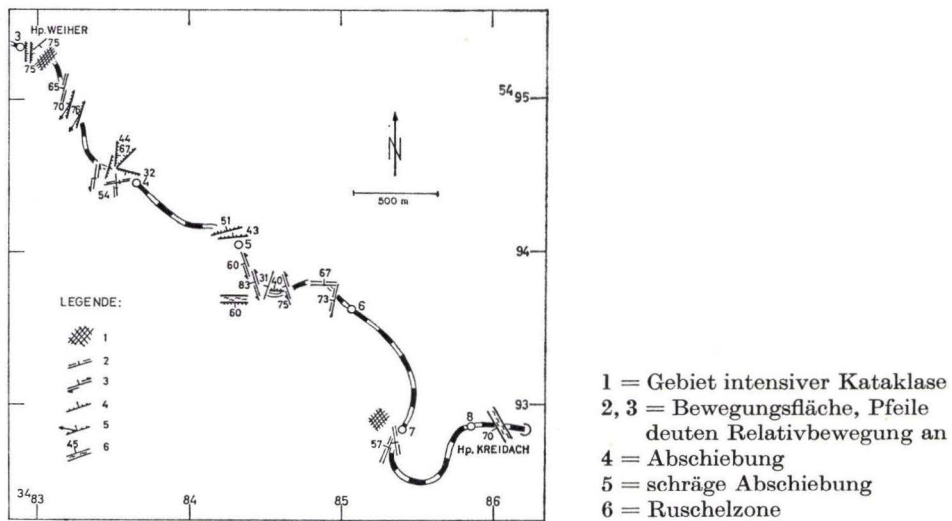


Abb. 7. Tektonische Strukturen an der Bahnlinie Weier-Kreidach.

An der Bahnlinie Mörlenbach bis zum Wald Michelbacher Tunnel sind an einigen Stellen recht gute Hinweise auf die Tektonik des Zwischenbereiches gegeben. Die wichtigsten Strukturen sind in der Abb. 7 eingezeichnet. Neben NNE- und NNW-streichenden Abschiebungen, Horizontalverschiebungen mit Nordbewegung der E-Schollen, treten auch E-W-streichende Störungszonen auf.

In diesem Zusammenhang muß die Tektonik des großen Steinbruches am Gärtnerkopf beschrieben werden [P 72 (34 84 930/54 93 900)]. Angaben zur Petrographie und Tektonik liegen durch die Arbeiten von M. PFANNENSTIEL (1927, S. 39–41) und E. NICKEL (1953, S. 112–113; 1954, S. 8–12) vor.

Ergänzend soll folgende Beobachtung beschrieben werden: Im NW-Teil des Steinbruches quert eine Breccien-Zone als jüngste Struktur sämtliche anderen tektonischen Elemente. Die Störungsbreccie wird bis 1,20 m mächtig, streicht E-W und fällt mit 50° nach N ein. Da eindeutige Beweise für den Bewegungscharakter an dieser Störung fehlen, bleibt nur die Vermutung, daß es sich auf Grund der eigentümlichen „Wicklung und Fältelung“ von Bewegungsflächen innerhalb der Breccie um eine Auf- oder Abschiebung handelt und nicht um eine Horizontalverschiebung.

Ungefähr parallel zum Steinach-Tal erstreckt sich zwischen Hilsenhain, Bärsbach und Lampenhain ebenfalls eine Zone stärkerer tektonischer Beanspruchung.

Der anstehende Trommgranit ist entweder intensiv zerrüttet und vergrust [(P 130 (34 83 723/54 86 395), P 140 (34 83 072/54 85 760)] oder er wird von zahlreichen Ruscheln und Bewegungsflächen durchzogen, wie an P 141 (34 83 136/54 85 690) und P 142 (34 83 305/54 85 800). Diese Störungen streichen überwiegend NNE, bei steilem Einfallen nach W oder E und tragen Rutschstreifen, die meist horizontal verlaufen. In wenigen Fällen war die Relativbewegung durch eine Nordwärtsbewegung der E-Schollen gekennzeichnet. Am südlichen Ortsausgang von Bärsbach [P 143 (34 83 400/54 85 330)] sind bei Ausschachtungsarbeiten vergrünte Bewegungsflächen im Granit freigelegt worden (D 17). Die Rutschstreifen liegen parallel zur Einfallrichtung. Die Relativbewegungen sind unbekannt. Symmetrisch zur Lage dieser Flächen treten im Granit selbst dünne, sich oft verästelnde grüne Mylonitbahnen in Erscheinung. Dieser Aufschluß findet 50 m weiter südlich seine Fortsetzung bei P 144 (34 83 428/54 85 295). Die Bewegungsflächen streichen dort allerdings mehr NE-SW. Die jeweiligen E-Schollen erscheinen schräg nach Norden abgeschoben. Diese Feststellung kann man auch an P 265 (34 83 095/54 84 385) treffen. Die tektonische Stellung der erwähnten flach einfallenden Flächen ist unklar. Entsprechend den Beobachtungen von H. CLOOS (1925) im Riesengebirgsgranit vermute ich, daß sie in einer späten Phase des Granitaufstieges im schon erkalteten Pluton-Dach angelegt wurden.

Der Aufschluß P 145 (34 83 520/54 84 815) zeichnet sich durch folgende Erscheinungen aus: Es sind 2 gut ausgebildete Kluftsysteme vorhanden. Annähernd parallel zu einem dieser Systeme verlaufen Bewegungsflächen und quarzgefüllte Ruschelzonen (D 18). Diese maximal 15 cm dicken Quarzruscheln sind oft deutlich gewellt, verwittern zum Teil cavernös und sind manchmal noch sekundär zerschert. Neben einer Verquarzung fällt eine Hämatitvererzung auf. Die Ruschelzonen sind sicherlich dem einen der beiden primären Kluftsysteme nachgefahren. Es kam zur Mineralisation von Quarz und Hämatit und später zu einer erneuten Zerschierung und Zerschelung.

Insgesamt gilt für den oben abgegrenzten Bereich folgendes: Es dominieren NNE- bis NE-streichende Strukturen, die mit meist horizontal gerichteten Bewegungen verbunden sind. Die Ostschollen sind in ihrer Mehrzahl relativ nach Norden bewegt worden.

2. Zusammenfassung

Hinweise auf NNE-streichende Störungen, die als Parallelstörungen zu den Haupt-ästen der Otzberg-Zone angesehen werden können, sind vorhanden. Jüngere E-W-streichende Strukturen durchsetzen die NNE-Störungen.

III. Die tektonische Stellung der metamorphen Schiefer westlich der Otzberg-Zone zwischen Lindenfels und Groß-Bieberau

S. v. BUBNOFF (1922, S. 30) stellt folgende Behauptung auf: „Die variscischen Züge des Bergsträßer Odenwaldes sind längs der Otzbergspalte in horizontaler Richtung gegen NO geschleppt und deuten somit klar die Transversalverschiebung längs dieser Spalte an.“ Er untermauert diese Vorstellung mit dem Satz (1922, S. 28): „Ein Blick auf die Karte zeigt, daß z. B. der Schieferzug Heppenheim-Lindenfels und der Dioritzug vom Buch, der im allgemeinen NO-ONO streicht, mit der Annäherung an die Otzbergspalte eine Drehung vollzieht und gegen NNO umschwenkt; die schmale Schieferscholle bei Gumpen zeigt das besonders deutlich. . . (S. 29): Auf der Übersichtskarte von KLEMM tritt es am Streichen des Marmors bei Bierbach deutlich hervor.“

Da diese Anschauung offensichtlich richtungsweisend für die Gedankengänge anderer Autoren war, sollen eingehende tektonische Untersuchungen in diesem Gebiet zur Klärung dieser Frage beitragen. Meine Untersuchungen beschränken sich auf die östlichen Enden der Schieferzüge. Die Ergebnisse sind in Abb. 2, in Abb. 8 und in D 19 zusammengestellt. Die Aufschlußverhältnisse zwischen Klein-Gumpen und Lindenfels ließen eine genaue Kartierung der Schiefervorkommen nicht zu. Deshalb wurden die Grenzen der metamorphen Schiefer gegen den Granit aus den alten geologischen Karten übernommen.

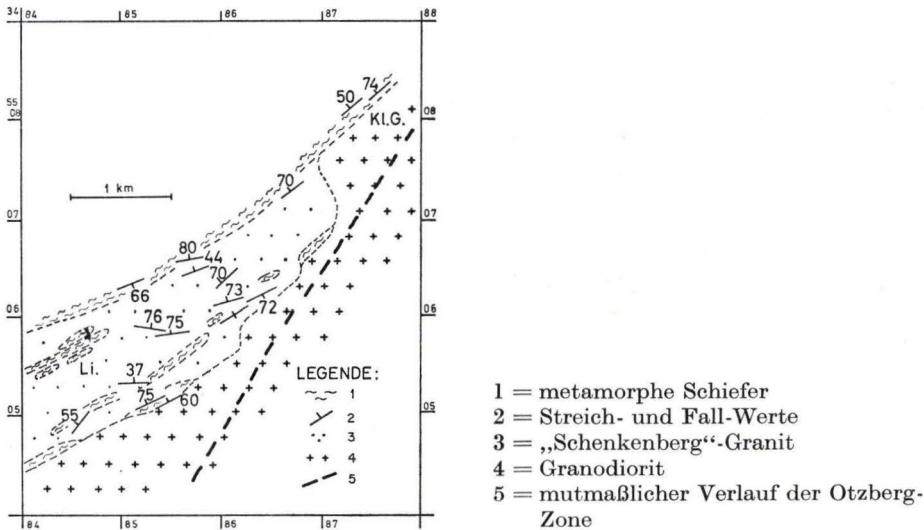


Abb. 8. Tektonische Karte der Schieferzüge zwischen Lindenfels und Kleingumpen.

Der Verlauf der Grenzen suggeriert eine Schleppung. Die objektiven Meßwerte aber geben keine beweiskräftigen Argumente für oder wider eine Schleppung der Schieferzüge. Gegen eine Schleppung an einer großen Horizontalverschiebung spricht die Richtung der Striung und Lineation auf den s-Flächen der Schiefer. Striung und Lineation verlaufen auf den s-Flächen parallel zur Einfallsrichtung und nicht, wie man bei einer Schleppung der geforderten Art erwarten müßte, annähernd horizontal.

Auch die Lage der s-Flächen der metamorphen Schiefer im Gebiet zwischen Reichelsheim und Groß-Bieberau ist nicht konstant. Wie die Darstellung der s-Flächenwerte auf Abb. 2 zeigt, kann ebensowenig wie bei Lindenfels ein Beweis für oder wider eine Schleppung erbracht werden.

Das Marmorvorkommen von Bierbach existiert nicht mehr, so daß dieser Beweispunkt S. v. BUBNOFF's nicht überprüft werden konnte. Zusammenfassend ist also festzustellen: Eine Schleppung an einer großen Horizontalverschiebung kann nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

In diesem Zusammenhang soll noch kurz auf die Bedeutung des Schollenagglomerates (S. v. BUBNOFF 1922, S. 30) eingegangen werden. Den Untersuchungen der tektonischen Verhältnisse (W. SCHÄLICHE 1968, S. 71–89) ist zu entnehmen, daß dort ein ursprünglich NE-streichender Zug metamorpher Schiefer vorlag, welcher durch den aufsteigenden Tromm-Granitpluton zerlegt und nicht durch eine große Horizontalverwerfung zerstückelt wurde.

Vorplutonische Tektonik blieb stellenweise erhalten, wurde beim Plutonaufstieg reaktiviert und erfuhr eine erneute Belebung im Tertiär beim Einbruch des Rheingrabens, bzw. Aufstieg des Odenwaldkomplexes.

#### IV. Vergleichende Untersuchungen zur Tektonik in anderen Teilen des Odenwaldes

Nach den vorangegangenen Untersuchungen erhebt sich zwangsläufig die Frage, ob die bisher beschriebenen Strukturen nur auf die Otzberg-Zone beschränkt oder auch im übrigen Odenwald vorhanden sind

Zur Beantwortung dieser Frage habe ich Vergleichsuntersuchungen in folgenden Gebieten des Odenwaldes durchgeführt:

1. Im Verbreitungsgebiet des „Weschnitz-Granodiorit-Plutons“ und im Granitgebiet östlich Schriesheim,
2. im Gebiet der metamorphen Schiefer zwischen Glattbach und Kolmbach,
3. im „Buntsandstein-Odenwald“ zwischen dem Dorf Weschnitz und Heiligkreuzsteinach.

Da meine Ergebnisse mit denen von M. PFANNENSTIEL (1927) und z. T. mit denen von W. FLECKENSTEIN (1967) sowie denen von L. BOLBACH (1926) übereinstimmen, kann ich zusammenfassend folgendes festhalten: In allen betrachteten Bereichen des Odenwaldes existieren N-S–NNE- und ungefähr E-W-streichende tektonische Strukturen. Das Alter dieser tektonischen Elemente läßt sich nicht in jedem Fall genau angeben.



In den genannten Bereichen treten alte (varistische) und junge (wahrscheinlich tertiäre) Elemente beider Streichrichtungen nebeneinander auf. Die Möglichkeit einer Reaktivierung alter Strukturen im Zusammenhang mit den tertiären Bewegungen (Rheingraben-Tektonik, Aufstieg des Odenwaldes) ist aus diesem Grunde nicht auszuschließen.

## V. Petrographische Charakteristik der Gesteine, die an die Störungen gebunden sind

Eine eingehende Wiedergabe der Resultate von mikroskopischen Untersuchungen verbietet sich in diesem Rahmen. Es können deshalb nur zusammenfassende Ergebnisse mitgeteilt werden.

Man kann zwei große Gruppen von Gesteinen unterscheiden, die den Störungen zugeordnet werden können: Kataklastite und Mylonite. Erstere treten in folgenden meist größeren Bereichen auf, so an P 538, P 73, P 54, P 55, P 143, P 237, P 238 und P 13 (Abb. 2). Diese Gesteine lassen noch ihren ursprünglichen Mineralbestand und Primärgefüge erkennen, jedoch sprechen deformierte Plagioklaslamellen, zerbrochene Quarzkörner und einfache Mineralumwandlungen und -neubildungen in den durch die Kataklaste entstandenen Räumen für eine manchmal doch intensive tektonische Beanspruchung. Oft beobachtet man die Paragenese der neugebildeten Minerale Chlorit, Quarz, Calcit, selten Epidot und immer Erz (meist Brauneisen-Verbindungen).

Stellenweise war die Kataklaste so intensiv, daß nur noch größere Quarzporphyroklasten in einer feinkörnigen Matrix, die ebenfalls aus eckigen Quarzkörnern besteht, erhalten geblieben sind (z. B. an P 59, P 81, P 126, P 199).

Als Mylonite bezeichne ich — in Anlehnung an die primäre Definition von C. LAPWORTH (1832) — kataklastische Gesteine mit einem ausgeprägten s-Gefüge.

Die Mylonite im Bereich der Otzberg-Zone sind im Gegensatz zu den oft 50 m und noch mächtigeren, oben beschriebenen Kataklastiten meist nur 20–30 cm dick und heben sich durch scharfe Bewegungsflächen vom Nebengestein ab. Typische Vorkommen: P 54, P 10, P 11 und P 55 (Abb. 2, Signatur M).

Im Handstück ist mehrfach schon makroskopisch ein Zonarbau zu erkennen, der auf einem Wechsel heller, grobkörniger, meist feldspatführender und feinkörniger, fast schwarzer Lagen beruht. Im Dünnschliff erscheint dieses Zonar- und s-Gefüge ebenfalls. Einzelne Mylonite werden von einer großen Zahl von s-Flächen durchzogen; die Zahl ist in den feinkörnigen, dunklen Lagen bedeutend größer als in den grobkörnigen. In fast allen Fällen wurden abgerundete Porphyroklasten — meist aus Quarz und Feldspäten bestehend — beobachtet, die von den s-Flächen scheinbar „umflossen“ werden. Dadurch entsteht der Eindruck eines Fluidalgefüges.

Allen gefundenen Myloniten gemeinsam ist ein Mineralabbau, der vielfach mit einer Rekristallisation und Blastese neuer Mineralien gekoppelt ist. Die dunklen Lagen bestehen meist aus einem feinkörnigen Rekristallisat aus Quarz und manchmal auch Biotit (z. B. P 10, P 11). In den helleren Lagen sind die Feldspäte serizitisiert, größere Biotite in Chlorit umgewandelt, Pyroxene und Amphibole zersetzt.

Wichtig ist die Beobachtung einer Biotit-Neubildung (P 10) und einer Umwandlung von aktinolithischer Hornblende zu Calcit, Erz, Biotit und barroisitischem Amphibol (P 11); (frdl. Hinweis von Dr. A. SCHMIDT, Göttingen).

Damit steht eindeutig fest, daß es sich um Blastomylonite handelt. Durch Vergleich mit dem von N. D. CHATTERJEE (1961, S. 169) beschriebenen Gestein konnte für den Mylonit von P 11 eine retrograde Metamorphose aus der Epidot-Amphibolit-Fazies (N. D. CHATTERJEE 1961, S. 169) in die Grünschiefer-Fazies nachgewiesen werden.

Zwischen den Gesteinstypen (Kataklasite-Mylonite) gibt es eine Reihe verbindender Glieder. Derartige Gesteine stehen an folgenden Punkten an: P 71, P 170, P 169, P 174, P 199 und P 238.

Aus dieser kurzen Beschreibung sollen folgende Ergebnisse festgehalten werden: Es kann eine schwache (z. B. Kataklasite) bis intensive Mineralumwandlung (vgl. Mylonite) beobachtet werden. Die neugebildeten Paragenesen sind in die niedrigste Subfazies der Metamorphosegliederung einzuordnen. Die Mineralumwandlungen sind demnach retrograder Natur.

Inwieweit nun aus diesen Tatsachen eine Alterseinstufung möglich ist, muß offen gelassen werden. Es ist mir nicht klar, ob solche Gesteine im Zusammenhang mit einer einfachen Bruch-Tektonik entstehen können. Für die Mylonite der Punkte 10 und 11, ebenso 31, 54 und 55 möchte ich eine solche Erklärung ablehnen. Die Mylonite am Westrand des Böllsteiner Odenwaldes (P 10, 57 und 11) möchte ich dem Plan- $b_2$  N. D. CHATTERJEE's (1961, S. 174) zurechnen, auf den er die Aufwölbung des heutigen Kuppelbaues zurückführt. Bei der Aufwölbung können tektonische Ausgleichsbewegungen zur Bildung dieser NNE-streichenden Mylonitzonen geführt haben. Der Habitus der Blastomylonite paßt gut in diese Vorstellung, denn eine retrograde Metamorphose ist am Rahmen einer solchen nach N. D. CHATTERJEE (1961, S. 174/75) letzten Prägung durchaus als wahrscheinlich anzunehmen. Jüngere Bewegungen können an diesen alt angelegten Strukturen erneut stattgefunden haben. Ob die Mylonite der Punkte 10 und 11 nun ebenfalls prävaristisch sind, entsprechend dem von N. D. CHATTERJEE angenommenen prävaristischen Bauplan  $b_2$ , kann nicht entschieden werden. Es ist aber eine solche Alterseinstufung nach dem oben Gesagten möglich. Die Mylonite und Kataklasite aus den anderen Gebieten sind vorwiegend an „varistische“ Gesteine gebunden. Ihr Metamorphosegrad läßt die Vermutung zu, daß sie im Spätstadium der varistischen Orogenese entstanden sind (vgl. P 54, Makrotektonik, Mylonite parallel zur Flaserung usw.). An P 54 konnte nachgewiesen werden, daß jüngere Bewegungsbahnen diesen älteren Strukturen gefolgt sind.

Ein junges Alter der Mylonite darf demnach nicht ausgeschlossen werden, wenn auch der Grad der retrograden Metamorphose (z. B. Biotit-Neubildung) für eine ältere Anlage spricht. Offen bleibt die Altersfrage bei der Deutung der Kataklasite, deren typische Quarzrekristallisation keine Alterseinstufung erlaubt. Sämtliche Altersangaben — sie reichen von „prävaristisch“ über „varistisch“ bis „tertiär“ — bleiben deshalb unsicher, solange keine absolute Altersbestimmungen möglich sind.

Nur die erwähnten größeren Kataklasit-Zonen weisen auf ausgedehnte, bedeutende Störungen hin, während die genannten Mylonite verschiedenen Bauplänen angehören und somit nicht als Beweis für eine tektonisch einheitliche Störungszone gewertet werden können.

## VI. Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Neuere makro-tektonische Untersuchungen aus dem Bereich der gesamten Otzberg-Zone fehlen. Gefügekundlich und petrographisch orientierte Arbeiten liegen vor (E. NICKEL 1953, 1961, 1962, 1963 und 1964).

Letztere Untersuchungen nehmen mehrfach Stellung zu der Frage: wie weit reichen die Gesteine des Böllsteiner Odenwaldes nach Westen? Diese Frage ist von großer Bedeutung für eine Lagebezeichnung der Otzberg-Zone zum Westrand des Böllsteiner Odenwaldes. Nach E. NICKEL (1963 und 1964) ist eine Beantwortung der Frage nur möglich, wenn die petrographische und tektonische Stellung der sogenannten Zwischenzone (sie wird vorwiegend von Hornblendegneisen aufgebaut und erstreckt sich zwischen Unter-Ostern und Hammelbach) klar erkannt ist.

Die von E. NICKEL veröffentlichten Gefügediagramme und die daraus entwickelten Gefügepläne erlauben bis heute noch keine eindeutige Lösung dieses wichtigen Problems. Der Habitus der Gneise und ihre tektonisch-geologische Lage sprechen für eine Zuordnung zum Böllsteiner Kristallin. Betrachtet man die Otzberg-Zone als relativ breites Störungssystem, so läßt sich für den Nord- und Ostast erkennen, daß sie dem Westrand des Böllsteiner Kristallins (die Zwischenzone mit hinzugezogen) ungefähr parallel verlaufen. Dabei wird offensichtlich eine Struktur nachgezeichnet, welche durch das Abtauchen der Böllsteiner Gneise nach Westen bedingt ist.

Es liegt also in Form der nach Westen abtauchenden, NNE-streichenden Böllsteiner Gesteine eine alte NNE-verlaufende Schwächezone vor, die bei einer erneuten tektonischen Beanspruchung wieder wirksam werden konnte, z. B. in Gestalt einer Störung, die Buntsandstein gegen Kristallin versetzt.

Die NNE-streichenden Mylonit- und Kataklasit-Zonen können mithin alt sein oder im Zuge einer Reaktivierung einer alten Schwächezone neu geprägt worden sein.

Die verschiedenen Arten retrograder Metamorphose (vgl. Kap. Petrographie) können vielleicht in diesem Sinne verstanden werden. Der westliche Ast der Otzberg-Zone ist zwar ebenfalls durch das Auftreten dünner, NNE-streichender Mylonite gekennzeichnet (vor allem im nördlichen Teil dieses Astes), jedoch ist eine enge Beziehung zur geforderten Otzberg-Zone nicht mit Sicherheit nachweisbar. Gerade die Verhältnisse an P 54 (vgl. S. 307 ff.) lassen eine deutliche Abhängigkeit von der lokalen „Granit“-Tektonik des anstehenden Granodiorites vermuten.

Im südlichen Teil des Westastes tritt die große Leitstruktur des NNE-streichenden und nach Westen abtauchenden Böllsteiner Kristallin-Komplexes nicht mehr in Erscheinung. Auch der Trommgranit, der vermutlich in eine an diese Leitstruktur gebundene Schwächezone intrudiert ist, fungiert im Bereich zwischen Birkenau und Weinheim nicht als Vorzeichnung für tektonische Strukturen. Es fehlt ihm dafür z. B. eine deutliche Flaserung mit entsprechender räumlicher Lage. Daher ist es nicht verwunderlich, daß im SW der Otzberg-Zone NNE-streichende Strukturen nur noch untergeordnet auftreten. Vielmehr dominieren ungefähr E-W- bis 100°-streichende Strukturen, an denen häufig Horizontalverschiebungen stattgefunden haben. Eine Erklärung für diese Strukturen kann ich zur Zeit nicht geben. Für den gesamten Westast kann demnach kein einheitlicher tektonischer Baustil zugrunde gelegt werden. Die aus der Topographie und Morphologie so deutlich hervortretende Linie

Klein-Gumpen–Fürth–Birkenau beruht also nicht mit Sicherheit auf einer einheitlichen tektonischen Struktur.

Die Ergebnisse der tektonischen Aufnahme im Gebiet der metamorphen Schiefer zwischen Lindenfels und Klein-Gumpen sind nicht so beweiskräftig, daß sie für oder gegen eine Horizontalverschiebung an der Otzberg-Zone herangezogen werden können. Gegen eine große Horizontalbewegung an der Otzberg-Zone in Verbindung mit einer früheren Anlage des Rheintalgrabens sprechen die Ergebnisse aus der Umgebung von Birkenau und Weinheim. Dort konnte trotz relativ guter Aufschlußverhältnisse eine Fortsetzung der Zone zum Rheintalgraben nicht nachgewiesen werden. Die tektonische Bedeutung der Zone nimmt demnach zum SW-Ende hin deutlich ab.

Damit muß aber auch die bisherige Deutung des sog. Schollenagglomerates, wie sie von S. v. BUBNOFF (1922, S. 30) und in jüngster Zeit von E. NICKEL (1963, S. 663) angeboten wurde, in Frage gestellt werden. Auf die Anschauung E. NICKEL's möchte ich hier näher eingehen. Er schreibt (1963, S. 663): „Der Trommgranit ist als spätes Intrusivgestein in eine rheinisch angelegte Schwächezone intrudiert. In der gleichen Richtung, also NNE, erfolgen im Mesozoikum Bewegungen (Mylonitisierungen, Verwerfungen, Effusiveinschaltungen). Die Schwächezone selber ist aber älter: Noch vor der Trommintrusion wurde zwischen Tromm und Heidelberg ein altes Schiefer- und Gneisgebirge zerstückelt.“

Meine Untersuchungen stimmen mit dem ersten Teil (Tromm-Intrusion auf einer Zone zwischen Böllsteiner und Bergsträßer Odenwald) überein, jedoch halte ich eine „ältere Zerstückelung des Schiefergebirges“ für unwahrscheinlich. Es gibt keine Beweise – auch im Schollenagglomerat nicht – für eine alte, prävaristische oder gar präkambrische Bewegung an der Otzberg-Zone, welche die Schollenzerlegung zur Folge hatte. Ich führe vielmehr die Schollenzerlegung auf die „Trommintrusion“ zurück (W. SCHÄLICHE 1968, S. 88). Viele Erscheinungen (vgl. W. SCHÄLICHE 1969, im Druck) sprechen für eine Schollenzerlegung im Dachbereich des aufsteigenden Tromm-Heidelberger-Granitplutons. Die in den Schollen gemessenen Strukturen passen nicht zu der Annahme einer großtektonischen Zerschering eines ehemaligen Schieferzuges.

Die Strukturen der Otzberg-Zone und des Schollenagglomerates sind also nicht auf eine einheitliche tektonische Beanspruchung zurückzuführen. Im Norden und Osten der Otzberg-Zone scheinen die NNE-streichenden Strukturen durch den westlichen Rand des Böllsteiner Odenwaldes bedingt zu sein. Im Süden treten entsprechende Strukturen untergeordnet auf. Die wichtigsten Strukturen sind hier vielmehr dem Pluton-Aufstieg zugeordnet und müssen zur varistischen Tektonik gerechnet werden. Jüngere Bewegungen, z. T. nachtriassisch, wahrscheinlich tertiären Alters, erfolgten im Zusammenhang mit dem Einbruch des Rheingrabens. Dabei kam es sicherlich zur Übernahme und Einbeziehung älterer tektonischer Strukturen in die Rheingrabentektonik.

Eine Definition der Otzberg-Zone als „linkshändige“ Blattverschiebung (H. ILLIES 1965, S. 6) kann auf Grund meiner Ergebnisse nicht bestätigt werden. Es fehlt ein eindeutiger Beweis für eine große Blattverschiebung. Zudem ist der Relativsinn der Bewegungen an den Einzelstörungen nicht konstant „linkshändig“.

Betrachtet man das Diagr. D 20, in dem alle Mylonite, Ruschelzonen und Störungen zusammenfassend dargestellt sind, so kann ebenfalls kein überzeugendes Bild einer einheitlichen Struktur abgelesen werden.

Die so deutlich aus der Topographie und Morphologie des Odenwaldes ableitbare Otzberg-Zone (Otzberg-Birkenau bzw. Wald Michelbach, Heiligkreuzsteinach) kann geologisch nur teilweise nachgewiesen werden.

Eine primäre, NNE-streichende Struktur in Form des W-Randes des Böllsteiner Kristallins war eine richtungsweisende Leitstruktur für alle späteren tektonischen Bewegungen.

**Anhang: Diagramme**

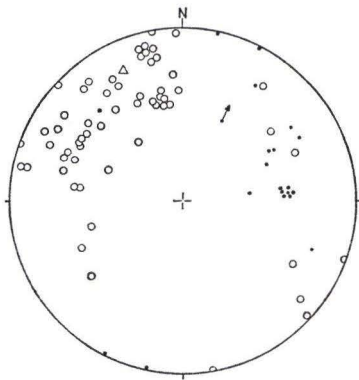
- |   |              |
|---|--------------|
| D 1 = P 540   | D 7 = P 165  |
| D 2 = P 73  | D 8 = P 170  |
| D 3 = P 54  | D 9          |
| D 4 = P 54  | D 10 = P 71  |
| D 5 = P 54, 1 = Großkreise der W-fallenden<br>Bewegungsflächen, 2 = Großkreise<br>der E-fallenden Bewegungsflächen, 3<br>= Durchstoßpunkte der Rutschstreifen<br>auf den jeweiligen Bewegungsflächen mit<br>Relativbewegung der Hangendscholle,<br>4 = Durchstoßpunkte der Schnittkante<br>von E- und W-fallenden Bewegungs-<br>flächen | D 11 = P 86  |
| D 6 = P 54, 1, 2, 3, 4 wie bei D 5  | D 12         |
|   | D 13 = P 13  |
|   | D 14 = P 13  |
|   | D 15 = P 12  |
|   | D 16 = P 231 |
|   | D 17 = P 143 |
|   | D 18 = P 145 |
|   | D 19         |
|   | D 20         |

Erläuterungen zu den Diagrammen: 1 = Bewegungsflächen; 2 = Rutschstreifen. Pfeil = Relativbewegung der Hangendscholle; Doppelpfeil = Relativbewegung an saigeren Bewegungsflächen; 3 = Ruschelzone; 4 = Mylonit; 5 = größere Störung; 6 = Foliation; 7 = Lineation; 8 = Gänge verschiedener Mineralisation; 9 = einfache Klüfte.

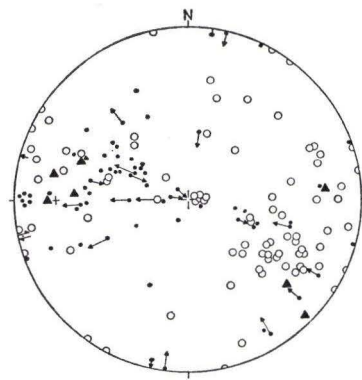
Alle Symbole stellen Pole der verschiedenen tektonischen Elemente in der stereographischen Projektion dar.

**Erläuterungen**

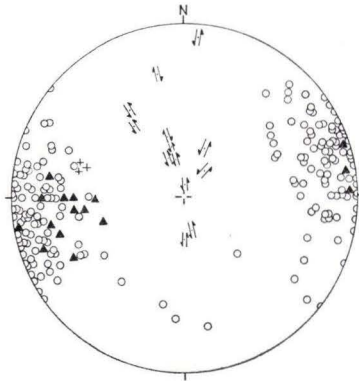
- =1, ◐=2, △=3, ▲=4, ■=5,  
+ =6, ○=7, ∇=8, □=9.



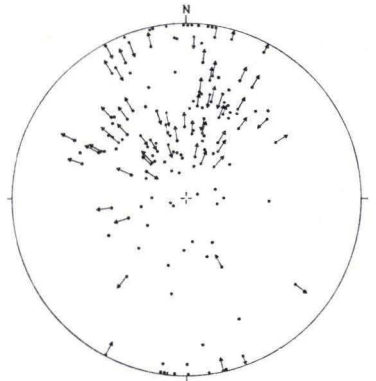
D 1



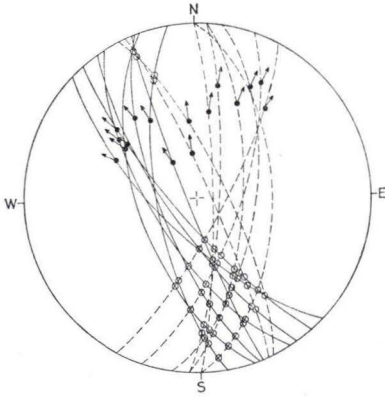
D 2



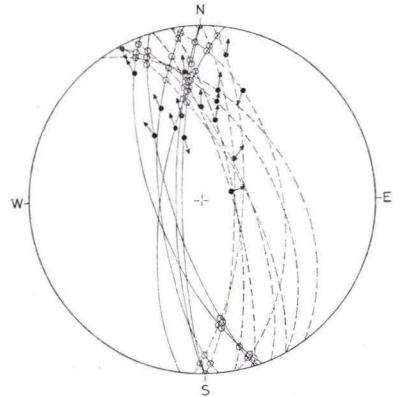
D 3



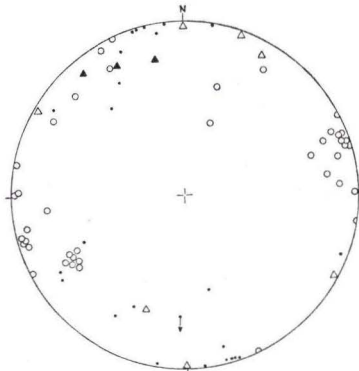
D 4



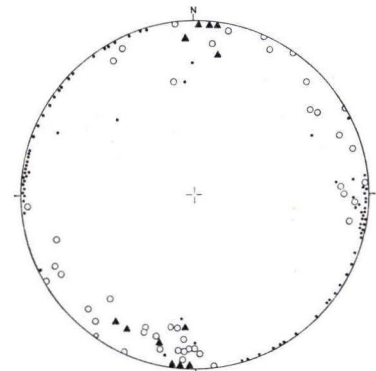
D 5



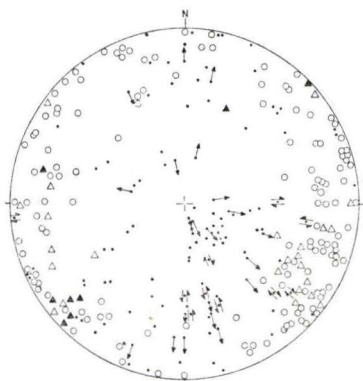
D 6



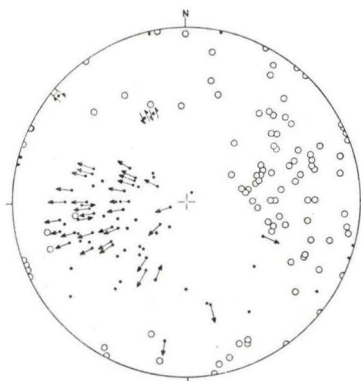
D 7



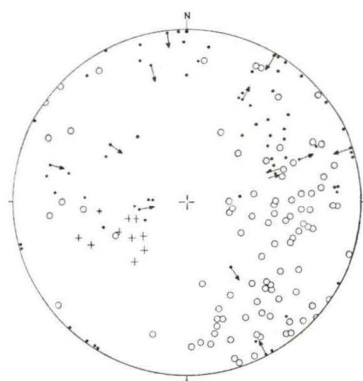
D 8



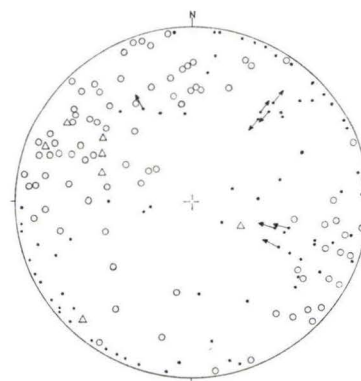
D 9



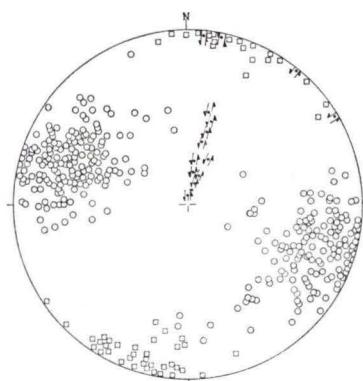
D 10



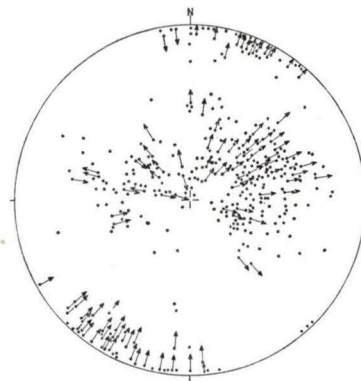
D 11



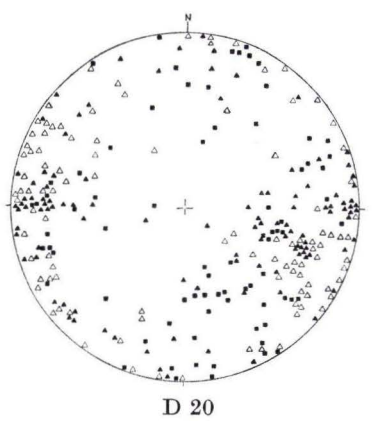
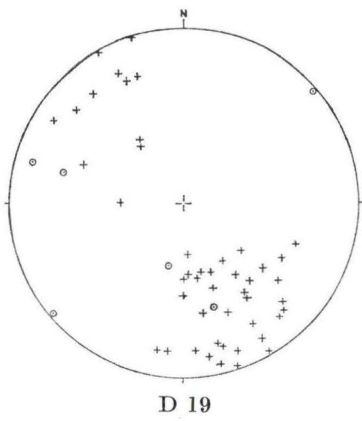
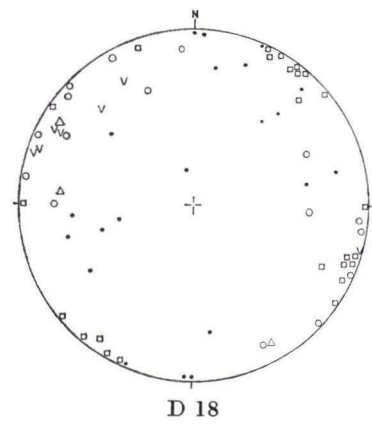
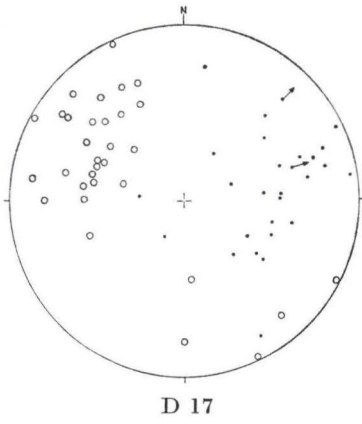
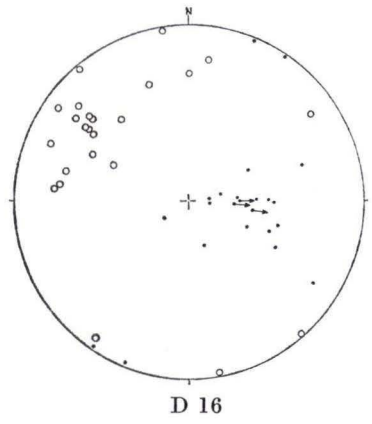
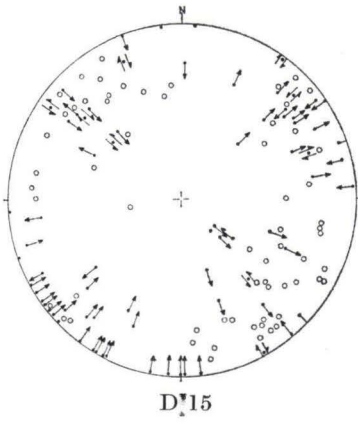
D 12



D 13



D 14





## Schriftenverzeichnis

- BENECKE, E. W. & COHEN, E.: Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg (I: Das Grundgebirge). 188 S., Straßburg 1879.
- BOLBACH, L.: Zur Tektonik des nördlichen Bergsträßer Odenwaldes. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **397**, S. 91—112, 6 Abb., 2 Taf., 1 Kte., Frankfurt a. M. 1926.
- BUBNOFF, S. v.: Tektonik und Intrusionsmechanismus im krystallinen Odenwald. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F. **89**, S. 19—38, 2 Abb., 1 Taf., Berlin 1922.
- Studien im Südwestdeutschen Grundgebirge. — II. Die tektonische Stellung des Böllsteiner Odenwaldes und des Vorspessarts. — N. Jb. Mineral. Geol. Paläontol., B, Beil.-Bd. **55**, S. 468—496, 8 Abb., Stuttgart 1926.
- CHATTERJEE, N. D.: Geologische Untersuchungen im Kristallin des Böllsteiner Odenwaldes. — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **111**, S. 137—180, 8 Abb., 16 Diagr., 10 Tab., 4 Taf., 2 Ktn., Stuttgart 1960.
- CHELIUS, C. & VOGEL, CHR.: Erl. geol. Kte. Großherzogtum Hessen, Bl. Groß-Umstadt. 52 S., Darmstadt 1894.
- CHELIUS, C.: Erl. geol. Kte. Großherzogtum Hessen, Bl. Brensbach-Böllstein. 76 S., 2 Taf., Darmstadt 1897.
- Erl. geol. Kte. Großherzogtum Hessen, Bl. Lindenfels. 41 S., Darmstadt 1901.
- CLOOS, H.: Geologie der Schollen in schlesischen Tiefengesteinen. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F. **81**, 123 S., 22 Abb., Berlin 1920.
- Tektonik und Magma I. I. Einleitung: Über Ausbau und Anwendung der granittektonischen Methode. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F. **89**, S. 1—18, 4 Abb., Berlin 1922.
- Tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik). I. Das Riesengebirge in Schlesien. 194 S., 76 Abb., 2 Taf., 2 Ktn. Berlin (Borntraeger) 1925.
- DÖNHOF, J.-M.: Das Verhältnis von Hornblendegranit zu Hornblendegneis im Grundgebirge des Odenwaldes. Diss., Münster 1956.
- EWALD, R.: Die geodynamischen Erscheinungen des krystallinen Odenwaldes als Beispiel einer geosostatischen Ausgleichsschwingung. — S.-Ber. Heidelb. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl. A., 9 Abh., 36 S., 8 Abb., Berlin und Leipzig 1924.
- Die Großarchitektur des kristallinen Odenwaldes. — Jber. Mitteil. oberrhein. geol. Ver., N.F. **14**, S. 306—313, Stuttgart 1925.
- FLECKENSTEIN, W.: Geologische Untersuchungen im Bergsträßer Odenwald westlich Lindenfels. Dipl.-Arbeit, München 1967.
- HAUCK, F.: Morphologie des kristallinen Odenwaldes. — Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N.F. **10**, S. 233—333, 1 Abb., 1 Taf., Heidelberg 1909/10.
- ILLIES, H.: Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. — Ein Beitrag zum „Upper Mantle Project“. — Oberrhein. geol. Abh., **14**, S. 1—55, 26 Abb., Karlsruhe 1965.
- KLEMM, G.: Erl. geol. Kte. Großherzogtum Hessen, Bl. Beerfelden. 23 S., Darmstadt 1900.
- Über den Quarzporphyr von Weinheim a. d. Bergstraße. — Z. deutsch. geol. Ges., **53**, 49—54, 1 Abb., Berlin 1901.
- , Erl. geol. Kte. Großherzogtum Hessen, Bl. Birkenau (Weinheim). 75 S., 1 Abb., Darmstadt 1905.
- Der Granit von Waldmichelbach. — Notizbl. Ver. Erdk., (V) **5**, S. 3—16, 1 Taf., Darmstadt 1923.
- Über die Beziehungen zwischen dem „Böllsteiner“ und dem „Bergsträßer“ Odenwald. — Notizbl. Ver. Erdk., (V) **6**, S. 28—39, Darmstadt 1924.
- Bemerkungen über die Tektonik des Odenwaldes. — Notizbl. Ver. Erdk., (V) **7**, S. 8 bis 22, Darmstadt 1925.
- Erl. geol. Kte. Hessen, Bl. Erbach und Waldmichelbach. 2. Aufl., 45 S., Darmstadt 1928.
- Erl. geol. Kte. von Hessen, Bl. Birkenau (Weinheim). 2. Aufl., 74 S., 1 Abb., Darmstadt 1929.
- KNETSCH, G.: Geologie von Deutschland und einigen Randgebieten. 386 S., 63 Abb., 28 Taf., 1 Kte., Stuttgart 1963.

- KORN, D.: Tektonische und gefügeanalytische Untersuchungen im Grundgebirge des Böllsteiner Odenwaldes. — N. Jb. Mineral. Geol. Paläontol., B, Beil.-Bd. **62**, S. 171 bis 234, 4 Abb., 16 Diagr., 1 Kte., Stuttgart 1929.
- KRAWAS, C.: Geologische Untersuchungen im nördlichen Böllsteiner Odenwald. Dipl.-Arbeit, München 1966.
- LEINZ, V.: Die Amphibolite des südlichen Odenwaldes und ihre Beziehungen zu Dioriten und Graniten. — Mineral. Petr. Mitt., N.F. **42**, S. 81—135, Wien 1932.
- NICKEL, E.: Zur Grenzziehung zwischen Bergsträßer und Böllsteiner Odenwald. — Fortschr. Mineral., **29/30**, S. 79—81, 1 Abb., Stuttgart 1950/51.
- Die petrogenetische Stellung der Tromm zwischen Bergsträßer und Böllsteiner Odenwald. — S.-Ber. Heidelb. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Jg. 1952, 3 Abh., S. 385—503, 33 Abb., 27 Gefügediagr., Heidelberg 1953.
- Grenzfazies und Angleichsgefüge der varistischen Elemente im kristallinen Odenwalde. — Opuscula Mineralogica et Geologica. II, 34 S., 20 Abb., Kettwig/Ruhr 1954.
- Die Otzberg-Zone. — Der Aufschluß, 2. Sonderheft, S. 118—122, 4 Abb., Roßdorf/Darmstadt 1955.
- Das Odenwälder Grundgebirge. — Der Aufschluß, 2. Sonderheft, S. 19—33, 10 Abb., Roßdorf/Darmstadt 1955.
- & OBELODE-DÖNHOF, J.-M.: Gesichtspunkte zu Gefügestudien in Odenwaldgneisen. I. Mehrphasigkeit im Hornblendegneis von Ostern-Weschnitz. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., S. 502—519, 12 Abb., Stuttgart 1961.
- & —: Der Hornblendegneis von Ostern-Weschnitz im Odenwald. — N. Jb. Mineral., Abh., **98**, S. 157—207, 20 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1962.
- Gesichtspunkte zu Gefügestudien in Odenwald-Gneisen. II. Vergleich von Phasenabfolgen im Kristallin des südlichen Bergsträßer Odenwaldes. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., S. 659—668, 2 Tab., 1 Kte., Stuttgart 1963.
- Gesichtspunkte zu Gefügestudien in Odenwald-Gneisen. III. Vergleich von Phasenabfolgen im Kristallin der Zwischenzone und des Böllstein. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., S. 30—39, 2 Tab., Stuttgart 1964.
- Das Intrusionsniveau des Odenwaldes (Beiträge zur Tektonik von Fließgefügen III). — N. Jb. Mineral., Mh., S. 43—53, Stuttgart 1965.
- PFANNENSTIEL, M.: Vergleichende Untersuchungen der Grund- und Deckgebirgsklüfte im südlichen Odenwald. I. Teil. Das Gebiet zwischen Schriesheim, Wald-Michelbach, Fürth und Heppenheim. — Ber. naturf. Ges. Freiburg, **27**, S. 181—278, 3 Taf., 2 Ktn., Naumburg 1927.
- PORTMANN, W.: Tektonische Untersuchungen im nördlichen Bergsträsser Odenwald. — Verh. naturhist. med. Ver. Heidelberg., N.F. **16**, S. 28—79, 12 Abb., 1 Taf., 13 Diagr., Heidelberg 1928.
- RÜGER, L.: Über Blastomylonite im Grundgebirge des Odenwaldes. — Notizbl. hess. geol. L.-A., (V) **10**, S. 219—231, 6 Abb., Darmstadt 1928.
- SCHÄLICKE, W.: Geologische Untersuchungen zur Struktur der Otzberg-Zone im Odenwald. Diss. Göttingen, 121 S., 41 Abb., 34 Diagr., Göttingen 1968.
- Zur Tektonik des Schollenagglomerates im südlichen Odenwald. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **134**, 2, S. 175—192, 8 Abb., 9 Diagr., Stuttgart 1969.
- THÜRACH, H.: Geol. Spez.-Kte. Großherzogtum Baden. Erl. zu Bl. Heidelberg, 2. Aufl., 95 S., 8 Abb., Heidelberg 1909.
- XIDAS, S.: Geologische Untersuchungen im mittleren „Böllsteiner Odenwald“. Dipl.-Arbeit, München 1966.

## Verwendete geologische Spezialkarten (1:25000):

Bl. 6419	Beerfelden	Bl. 6119	Groß-Umstadt
Bl. 6418	Birkenau (Weinheim)	Bl. 6318	Lindenfels
Bl. 6219	Brensbach/Böllstein	Bl. 6218	Neunkirchen
Bl. 6319/20	Erbach/Michelstadt	Bl. 6518	Heidelberg

Manuskript eingegangen am 4. 2. 1969

## **Notiz über eine Strukturkarte des zentralen Stadtgebietes der Stadt Kassel vor der ersten Besiedlung**

Von

**HANS-JÜRGEN PICKEL**, Darmstadt

Mit 1 Abbildung

Im Zuge der intensiven Bebauung nach dem 2. Weltkrieg konnte durch Baugrunduntersuchungen das Geländebild des zentralen Stadtgebietes vor der ersten Bebauung annähernd dargestellt werden. Die von PICKEL, W. & SANDER, H. 1958 veröffentlichten Ergebnisse werden durch Einbeziehung mehrerer hundert, in den letzten Jahren durchgeführten Baugrundbohrungen neu ausgewertet und in Beziehung zur Tektonik des Kasseler Grabens gesetzt.

Dabei ergibt sich ein im Detail recht interessantes Bild: der heute vom Fuldaufer nach NW zur Königsstraße relativ gleichmäßig ansteigende Hang war vor der ersten Bebauung intensiv zertalt. Im Laufe der Jahrhunderte wurden die Täler mit Kulturschutt gefüllt, um für die sich ausbreitende Ansiedlung ein einheitliches Relief zu schaffen. Die max. Auffüllung beträgt 18 m.

Der Verlauf der Täler lehnt sich eng an die vom Kasseler Graben vorgezeichnete Tektonik. Der Kasseler Graben bildet eine schmale, herzynisch streichende Dislokationszone, die sich von den Fuldaniederungen bis östlich des Habichtswalds verfolgen läßt. Im zentralen Stadtgebiet sind die Störungen jedoch durch Lößablagerungen wechselnder Mächtigkeit (1–25 m) überdeckt. Sie können daher nicht mehr nachgewiesen werden.

Die durch die Strukturkarte rekonstruierten Talbildungen weisen eine auffallende Übereinstimmung mit den herzynisch streichenden Störungen des Kasseler Grabens und den darauf annähernd senkrecht stehenden, eggisch und z. T. rheinisch streichenden Querstörungen auf. Die Täler verlaufen nahezu parallel zu diesen Störungssystemen. Es liegt die Vermutung nahe, daß der Verlauf der Täler identisch ist mit dem Verlauf nicht mehr nachweisbarer Störungen.

Die Wasserläufe in den Tälern entspringen im wesentlichen an einer Querstörung in Höhe Ständeplatz, wo Unterer Muschelkalk gegen Röt versetzt ist. Ein anderes Rinnsal wird mit Wasser aus einem Basalt- und Tuffvorkommen westlich des Rathauses gespeist.

Die Bedeutung der Strukturkarte liegt nicht nur darin, die überprägte Geologie und Morphologie wieder abzubilden. Auf Grund der daraus resultierenden Kenntnisse

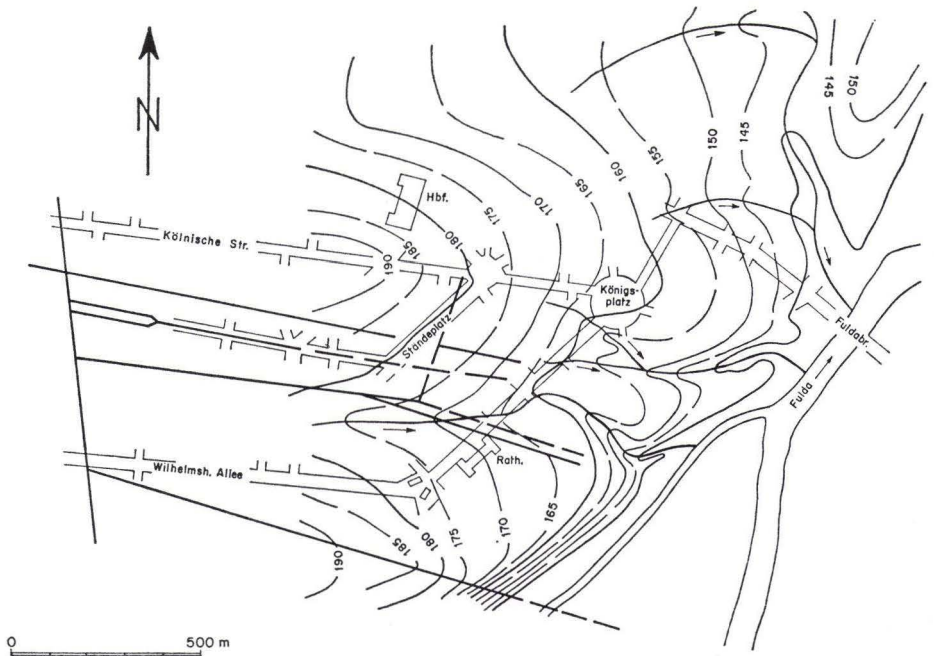


Abb. 1. Darstellung des Reliefs und der Wasserläufe im zentralen Stadtgebiet von Kassel vor der ersten Besiedlung. Die heutige Straßenführung und die wichtigsten Störungen sind im wesentlichen mit erfaßt.

werden insbesondere auch Rückschlüsse auf den Platz der ersten Ansiedlung und damit auf die Siedlungsgeschichte i. allg. gewonnen.

#### Schriftenverzeichnis

- BRUNNER, H.: Geschichte der Residenzstadt Cassel. Kassel (Pillardy & Augustin) 1913.
- BUSSE, E. & RÖSING, F.: Über Muschelkalk-, Keuper- und Liasschollen im Stadtgebiet von Kassel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, Wiesbaden 1955.
- FINDEISEN, H. K.: Ein bemerkenswerter Wellenkalkaufschluß im Stadtgebiet von Kassel — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**, Wiesbaden 1952.
- HOLTMEYER, A.: Die Bau- und Kunstdenkmäler im Regierungsbezirk Cassel, VI, Kreis Cassel-Stadt (1923).
- PICKEL, W. & SANDER, H.: Versuch einer Deutung der naturgeschichtlichen Grundlagen für die Entwicklung des Platzes Kassel. — Z. Ver. hess. Geschichte u. Landeskde., **69**, 1958.
- RÖSING, F.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4622 Kassel-West, 2. Aufl., Wiesbaden 1958.

Manuskript eingegangen am 6. 2. 1969

## Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens<sup>1)</sup>

Von

**BERNWARD HÖLTING**, Wiesbaden

Mit 12 Abbildungen

**Kurzfassung:** Die Äquivalentgewichte von Mineralwässern Hessens werden auf die Ionenverhältnisse 1)  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  (Alkali-Verhältnis), 2)  $\text{Ca}^{++}:\text{Mg}^{++}$  (Erdalkali-Verhältnis), 3)  $[\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}]:[\text{Na}^+ + \text{K}^+]$  (Erdalkali-Alkali-Verhältnis), 4)  $\text{HCO}_3^-:[\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}]$  (Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis) und 5)  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{--}$  (Salinar-Verhältnis) umgerechnet und die Verhältniszahlen innerhalb der Salinargebiete verglichen. Die daran anschließende regionale Übersicht ermöglicht einige allgemeine Folgerungen. Für eine regionale Abgrenzung der in Hessen vorkommenden Mineralwassertypen scheinen die Anionenverhältnisse geeignet. Die Änderungen der Ionenverhältnisse mit der Zeit sind, abgesehen von kurzfristigen Schwankungen, gering. Auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen wird hingewiesen.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	334
2. Untersuchungsmethode . . . . .	334
3. Die Ionenverhältnisse der Mineralwässer in den Salinaren Hessens und ihrer Randgebiete . . . . .	334
3.1. Zechsteinbecken . . . . .	334
3.2. Randgebiete des Zechsteinbeckens . . . . .	335
3.3. Nördlicher Oberrheingraben . . . . .	336
3.4. Rheinisches Schiefergebirge (östlicher Teil) . . . . .	338
3.5. Vergleich der Mittelwerte stratigraphisch verschiedener Salinare . . . . .	338
4. Regionale Verteilung . . . . .	339
4.1. Alkali-Verhältnisse . . . . .	340
4.2. Erdalkali-Verhältnisse . . . . .	341
4.3. Erdalkali-Alkali-Verhältnisse . . . . .	342
4.4. Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnisse . . . . .	343
4.5. Salinar-Verhältnisse und Konzentrationen . . . . .	345
5. Änderungen der Ionenverhältnisse mit der Zeit . . . . .	348
6. Schlußbemerkungen . . . . .	349
Schriftenverzeichnis . . . . .	350

<sup>1)</sup> Erweitertes Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden am 28. 3. 1968.

### 1. Einleitung

Nach den ersten Beschreibungen von TABERNAEMONTANUS im 16. Jahrhundert und schon genaueren Untersuchungen im 19. Jahrhundert, wie z. B. von STIFT (1831) oder JOCHHEIM (1858), wurden die Mineralquellen Hessens inzwischen hydrogeologisch eingehend erforscht. Dabei sei an die Arbeiten und Veröffentlichungen von BURRE, KOCH, LEPLA, MICHELS, NÖRING, SCHWILLE, STEUER, UDLUFT und WAGNER erinnert. Quellen nördlich benachbarter Gebiete wurden vor allem von DIENEMANN und FRICKE, die der südlichen von BECKSMANN und CARLÉ bearbeitet. An diese Untersuchungsergebnisse wird im folgenden angeschlossen und hydrochemisch auf eine überregionale, vergleichende Darstellung der Mineralwasservorkommen hingearbeitet.

Den Fachkollegen im Hessischen Landesamt für Bodenforschung (Wiesbaden), besonders den Herren Prof. Dr. NÖRING, Dr. THEWS und Dr. STENGEL-RUTKOWSKI, danke ich für zahlreiche Diskussionen und Hinweise.

### 2. Untersuchungsmethode

Bei der Bearbeitung der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern durch den Verfasser (1966) hatte sich das bei geochemischen Untersuchungen übliche Verfahren bewährt, Verhältnisse einzelner Ionen zueinander aufzustellen. Folgende Verhältnisse wurden nach Äquivalentgewichten (mval) errechnet:

1. das Alkali-Verhältnis (Textabkürzung: A-V)  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$ ;
2. das Erdalkali-Verhältnis (E-V)  $\text{Ca}^{++} : \text{Mg}^{++}$ ;
3. das Erdalkali-Alkali-Verhältnis (EA-V)  $[\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}] : [\text{Na}^+ + \text{K}^+]$ ;
4. das Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis (HS-V)  $\text{HCO}_3^- : [\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}]$ ;
5. das Salinar-Verhältnis (S-V)  $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{--}$ .

Auf diese Ionenverhältnisse wurden vom Verfasser in den letzten Jahren rund 450 Mineralwasseranalysen aus Hessen und benachbarten Gebieten umgerechnet, wovon etwa die Hälfte auf Mineralquellen im Lande Hessen entfällt. Der Vergleich älterer und jüngerer Analysenergebnisse ist bei der beabsichtigten Untersuchung gerechtfertigt, da Änderungen mit der Zeit (s. Kap. 5) in der Regel nur gering sind (abgesehen von den normalen, aber allgemein geringen Schwankungen des Mineralgehaltes). Die Umrechnung des Lösungsinhaltes auf mval und das Errechnen der Verhältniszahlen verringert darüber hinaus den Einfluß möglicher Analysenfehler. Trotzdem wurden ältere Analysen, wie sie im Deutschen Bäderbuch (1907) veröffentlicht wurden, bevorzugt, da es darauf ankam, die ursprünglichen und anthropogen möglichst unbeeinflussten Verhältnisse aufzuzeigen.

### 3. Die Ionenverhältnisse der Mineralwässer in den Salinaren Hessens und ihren Randgebieten

#### 3.1. Zechsteinbecken

(Abb. 1)

Die Mineralwässer im Zechsteinbecken (FINKENWIRTH 1964, RICHTER-BERNBURG 1955 und TRUSHEIM 1964) erweisen sich chemisch recht einheitlich. Die Ionen-

verhältnisse (Abb. 1) sind ziemlich homogen. Das Alkali-Verhältnis ( $\text{Na}:\text{K}$ ) wechselt zwischen 70 und fast 200 und bleibt nur in Gelnhausen etwas niedriger. Natrium überwiegt also stark gegenüber Kalium. Aus dem Erdalkali-Verhältnis, das zwischen 1 und 4 liegt, geht ein leichtes Überwiegen von Calcium hervor. Stärkeren Schwankungen unterliegt das Verhältnis der Erdalkalien zu den Alkalien, der Alkali-Anteil ist z. T. niedrig (Rothenkirchen, 0,8), z. T. aber auch ziemlich hoch (Karlshafen, 0,06).

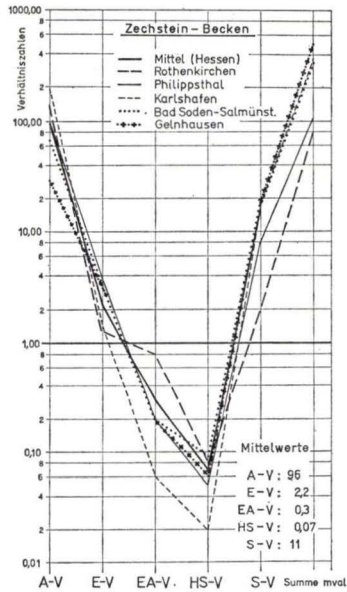


Abb. 1. Die Ionenverhältnisse einiger Mineralwässer aus dem Zechstein-Becken (A-V = Alkali-Verhältnis, E-V = Erdalkaliverhältnis, EA-V = Erdalkali-Alkali-Verhältnis, HS-V = Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis, S-V = Salinarverhältnis).

Allgemein sind bei den Anionen – wie im salinarreichen Zechsteinbecken nicht anders zu erwarten – die Anteile an Chloriden und Sulfaten deutlich erhöht. Die Hydrogenkarbonate treten zurück, wie sich aus dem niedrigen Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis ergibt (0,1 und weniger). Das Chlorid-Sulfat- oder Salinar-Verhältnis beträgt maximal 20. Obwohl sich die Chlorid-Vormacht in dieser Verhältniszahl recht deutlich ausdrückt, ist sie im Vergleich zu anderen Gebieten (Abschnitt 3.3.) noch gering. Der Gesamtlösungsinhalt (Summe mval) ist naturgemäß hoch. Die errechneten Mittelwerte der Verhältniszahlen von den vorliegenden Mineralwasseranalysen dieses Gebietes sind der Abb. 1 zu entnehmen.

### 3.2. Randgebiete des Zechsteinbeckens (Abb. 2)

Abb. 2 zeigt die im Gegensatz zum Becken andere, den wechselnden Faziesverhältnissen entsprechende inhomogene Verteilung in den Mineralwässern des Randgebietes. Alkali- und Erdalkali-Verhältnisse sind denen des Beckens zwar

ähnlich, wenn sich auch relativ geringere Natrium- und Calcium-Gehalte andeuten. Das Erdalkali-Alkali-Verhältnis ist jedoch überwiegend größer als 1,0. Die Erdalkalien (Ca und Mg) herrschen gegenüber den Alkalien (Na und K) vor. Die Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnisse streuen sehr weit, teils überwiegen die Hydrogenkarbonate (Zahlen größer als 1,0, z. B. in Geismar, Bad Wildungen), teils die Salinar-Anteile Chlorid und Sulfat. Bei den Salinaranteilen herrschen z. T. die Sulfate (Salinar-Verhältnis kleiner als 1,0, z. B. Volkmarsen, Bad Hersfeld, Schiffelbach), z. T. aber auch die Chloride vor. Im ganzen spiegelt sich in diesen Verhältniszahlen die beckenrandnahe Fazies wieder, d. h. im Verhältnis zu den Karbonatgesteinen ein geringerer Anteil an Salinargesteinen, und unter diesen überwiegen vielfach die Sulfate. Die Konzentrationen sind geringer als im Beckenbereich. Mittelwerte wurden nicht errechnet, da die Zahlenwerte zu stark wechseln.

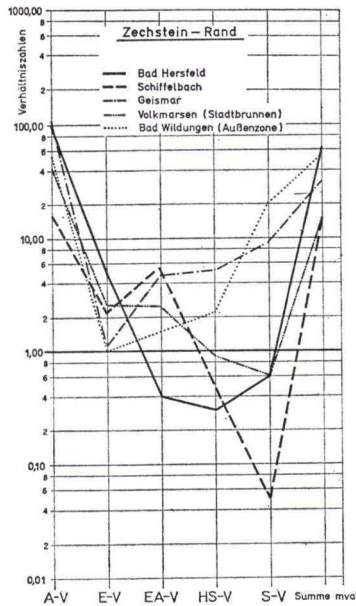


Abb. 2. Die Ionenverhältnisse einiger Mineralwässer aus dem Randgebiet des Zechsteins (Abkürzungen s. Abb. 1).

### 3.3. Nördlicher Oberrheingraben (Abb. 3)

Die Salzwässer im nördlichen Oberrheingraben, Lösungen der nach W. WAGNER (1947, 1955) miozänen Salzlager im Gebiet Bruchsal-Worms-Pfungstadt, sind chemisch wieder homogener. Mit den Zechsteinsalzwässern gemein sind Natrium- und Calcium-Vormacht, die Erdalkalien treten gegenüber den Alkalien zurück, ebenso die Hydrogenkarbonate. Die Salinaranteile Chlorid und Sulfat überwiegen weit mehr noch als im Zechsteinbecken. Der wesentliche Unterschied zu den Zechsteinsalinarwässern liegt im Zurücktreten der Sulfate und im Vorherrschen der



Chloride. Daraus ergeben sich hohe Salinar- (Chlorid-Sulfat) Verhältniszahlen.

Eine ähnliche Verteilung zeigt sich auch in den Mineralwässern von Bad Kreuznach und Bad Dürkheim.

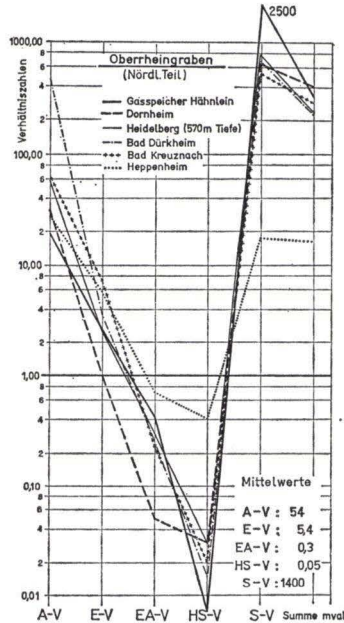


Abb. 3. Die Ionenverhältnisse einiger Mineralwässer aus dem nördlichen Oberrheingraben (Abkürzungen s. Abb. 1).

Die Sulfatarmut der Salzwässer des nördlichen Oberrheingrabens ist seit langem bekannt und hat verschiedene Ursachen. Erstens sind die Salzlager a priori verhältnismäßig sulfatarm. In den basalen Lagen des Salinars im nördlichen Oberrheingraben beträgt der Sulfatgehalt nach W. WAGNER (1955) nur 4,6%. Zweitens wurde die Sulfatarmut (zuerst durch den Chemiker SONNE in einem Gutachten aus dem Jahre 1885, später vor allem durch STEUER 1907 und W. WAGNER 1924) mit einer Reduktion der Sulfate durch Kohlenwasserstoffe erklärt. MATTHESS (1961) weist aber darauf hin, daß die Desulfurizierung weniger auf eine ausschließlich chemische Reduktion als vielmehr auf biogenen Abbau durch die im anaeroben Milieu lebenden Schwefelbakterien zurückzuführen ist.

Im Oberrheingrabengebiet selbst sind die chloridreichen Salinarwässer nur durch Bohrungen größerer Tiefe zu erschließen, z. B. bei Worms (nach STEUER 1929) in einer Tiefe von 540 m. Die oberflächennäheren Grundwasserleiter (etwa bis 100 m u. Gel.) sind selbst im Gebiet der größten Salzmächtigkeiten frei von Salzwässern (MATTHESS 1958). Auf dem Grabenrand oder in dessen Nähe steigen die Salzwässer jedoch vielfach auf und sind z. B. im Gebiet Astheim-Trebur (Kreis Groß-Gerau) schon in geringer Tiefe anzutreffen (STEUER 1907). Beim Aufstieg vermischen sie sich mit sulfatreichen Wässern höherer Grundwasserstockwerke. Dabei wird das aufsteigende Salzwasser verdünnt (geringere Konzentration), die Sulfatzufuhr mindert

das Salinar-Verhältnis. Eine solche Genese läßt sich aus den Ionen-Verhältnissen der Odenwald-Quelle in Heppenheim (Abb. 3) ableiten. Sulfatreiche Wässer sind verschiedentlich bekannt geworden, z. B. aus der Sirona-Quelle in Nierstein. Ihr Wasser wies nach einer Analyse von JOCHHEIM (1858) nur eine sehr schwache Chlorid-Vormacht aus (Chlorid-Sulfat-Verhältnis 1,7), ebenfalls in einer neueren Analyse (1955: 1,2–2,7). Schon etwas mehr rheinwärts gelegene Mineralquellen bei Nierstein haben wieder etwas höhere Cl-Gehalte (z. B. Salzquelle im Niersteiner Ried S-V: 13). – Die Mittelwerte der Verhältniszahlen von vorliegenden Mineralwasseranalysen des nördlichen Oberrheingrabens sind der Abb. 3 zu entnehmen.

### 3.4. Rheinisches Schiefergebirge (östlicher Teil) (Abb. 4)

Schließlich sollen noch einige Beispiele aus dem Rheinischen Schiefergebirge (östlicher Teil) angeführt werden. Dort treten salinarreichere (Nieder-Selters, Selters/Lahn, Eibach, s. auch Abschnitte 4.4. und 4.5.) und salinararme Hydrogenkarbonatwässer (Bad Schwalbach, Obershausen) auf.

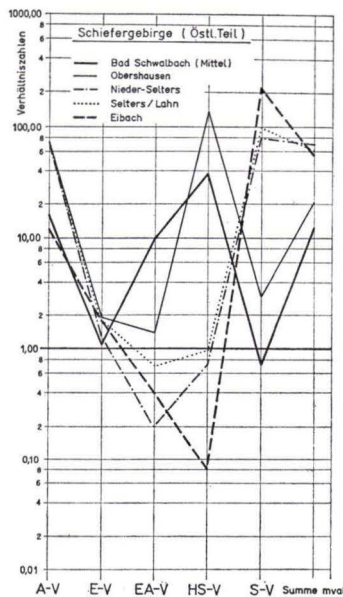


Abb. 4. Die Ionenverhältnisse einiger Mineralwässer aus dem Rheinischen Schiefergebirge (östlicher Teil)  
(Abkürzungen s. Abb. 1).

### 3.5. Vergleich der Mittelwerte stratigraphisch verschiedener Salinare (Abb. 5)

Aus Analysen von Salinarwässern des Zechsteinanteils im östlichen und südöstlichen Hessen, des Muschelkalkes Württembergs und des Tertiärs im südlichen

Oberrheinigraben wurden Mittelwerte der Ionenverhältnisse errechnet. Diese Mittelwerte der Salzwässer stratigraphisch verschiedener Salinare stimmen ziemlich gut überein. Geringfügig weichen nur die Salzwässer in Muschelkalkfolgen ab, deren relativ hohe Sulfatgehalte ein Chlorid-Sulfat-Verhältnis nahe 1,0 (Chlorid/ $\pm$  gleich Sulfatgehalt) verursachen. Auch die mittlere Zusammensetzung des Weltmeeres weicht im wesentlichen nicht von der der Salzwässer aus den Salinaren ab; nur im Erdalkali-Verhältnis ergibt sich im Weltmeer eine ausgesprochene Magnesium-Vormacht, in den Salzwässern des Festlandes eine Calcium-Vormacht.

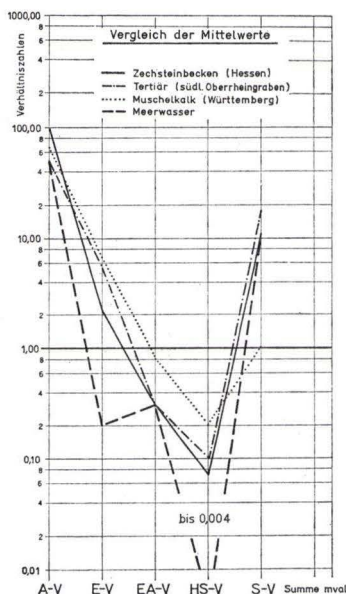


Abb. 5. Die Ionenverhältnisse stratigraphisch verschiedener Salinarwässer (Abkürzungen s. Abb. 1).

#### 4. Regionale Verteilung

Kationen unterliegen physikochemischen Vorgängen (wie z. B. Ionenaustausch, Dolomitierungsvorgänge, unterschiedliche Ionenbeweglichkeit) wesentlich stärker als die Anionen. Deshalb eignen sich die Kationen-Verhältnisse im allgemeinen mehr zur Untersuchung lokaler, die Anionen-Verhältnisse dagegen zum Verfolg regionaler Beziehungen der Mineralwässer auch über größere Entfernungen hinweg, sofern sich die Anionenverteilung nicht durch biogene Prozesse (wie z. B. Desulfurizierungen) ändert. Derartige Prozesse setzen jedoch an organische Ablagerungen gebundene, anaerobe Verhältnisse voraus, die in weiten Teilen Hessens nicht vorliegen.

Die regionale Auswertung der Kationen-Verhältnisse ist deshalb nur mit Vorbehalten möglich. Einige allgemeine Ergebnisse sollten jedoch auch in diesem Rahmen hervorgehoben werden. Eine vertikale Gliederung, wie sie verschiedentlich (Käss, MICHEL und PUCHELT u. a.) festgestellt wurde, konnte im überwiegenden Teil

Hessens nicht nachgewiesen werden. Eine der wesentlichen Ausnahmen zeigt sich im nördlichen Teil des Landes, wo nordwestlich Kassel Zechsteinwässer von stark sulfathaltigen Rötwassern überschichtet werden. Ein Beispiel ist das Rötwasser der 200 m tiefen Bohrung Westuffeln mit der Charakteristik (Analyse 1968): A-V: 11; E-V: 1,9; EA-V: 7,3; HS-V: 2,5; S-V: 0,5; T: 13 °C; Freies CO<sub>2</sub> 1916 mg/l; Summe mval: 35,3. In der regionalen Darstellung werden diese Mineralwässer des Röts (z. T. auch des Muschelkalks) nicht berücksichtigt.

#### 4.1. Alkali-Verhältnisse (Abb. 6)

Die Übersichtskarte der Alkali-Verhältnisse (Na:K) läßt erkennen, daß fast überall Natrium vorherrscht, die Verhältniszahlen sind größer als 1. Besonders ausgeprägt ist die Natrium-Vormacht in einigen Vorkommen Nordhessens. Die Na-Vormacht ist z. T. auf eine stärkere NaCl- (Steinsalzlösungen) Zufuhr aus den

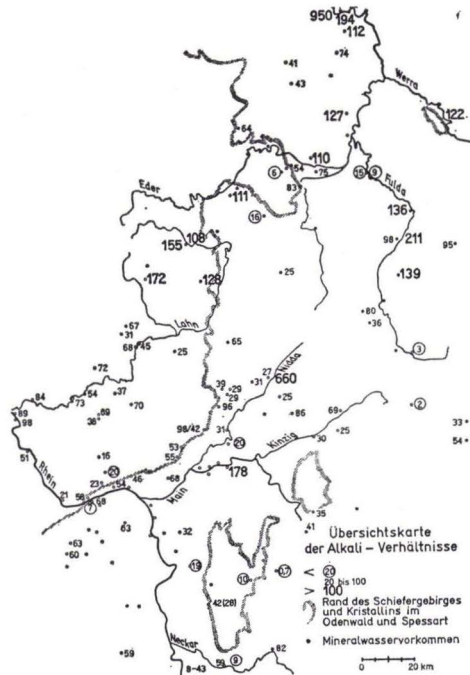


Abb. 6. Übersichtskarte der Alkali-Verhältnisse in den Mineralwässern Hessens.

Zechsteinsalinen zurückzuführen, besonders in den Mineralwässern des Fulda-, Werra- und Weser-Gebietes. Eine extrem hohe Natrium-Vormacht (Karlshafen und Würgassen/Weser mit einem Alkali-Verhältnis bis 950) wird wohl mehr durch Kaliumadsorptionen tonreicher (Röt-?) Gesteine verursacht. In anderen Mineralwässern, vor allem in Frankenberg/Eder (111), aber auch in der Donar-Quelle bei

Fritzlar (110), oder nahe dem Schiefergebirgsabbruch in Korbach (Kr. Biedenkopf, 108) wird die Natrium-Vormacht nicht durch eine höhere NaCl-Zufuhr verursacht. In Frankenberg/Eder (Zechstein) handelt es sich sicher um ein  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -reiches Wasser, das auch in Kulmschichten bei Buchenberg/Eder und neuerdings auch bei Korbach (Landkreis Waldeck) unter Zechsteinschichten erbohrt wurde. In den anderen Vorkommen, besonders am Schiefergebirgsrand, sind die Alkalien (vor allem Natrium) zum Teil an Sulfate, zum Teil an Hydrogenkarbonate valenzmäßig gebunden. Dabei handelt es sich um Natriumgehalte, die sehr wahrscheinlich aus Ionenaustausch hervorgegangen sind. Alkali-Sulfat-Wässer hat LÖHNERT (1967) in tieferen Grundwasserstockwerken Hamburgs festgestellt und sie als aus Ionenaustausch hervorgegangen deuten können. Woher die Natriumgehalte stammen, bleibt offen. Als wahrscheinliche Erklärung bietet sich an, daß die Belegung ionenaustauschfähiger (Ton-) Gesteine im Bereich des Schiefergebirges mit Natrium-Ionen während zeitweiliger Überdeckung durch Meerwässer während des Tertiärs erfolgte, ähnlich wie es SCHWILLE (1953) für die Rotliegendeschichten des westlichen Mainzer Beckens annimmt. Die andere Möglichkeit, die Na-Vormacht auf Feldspatzersetzung in den Grauwacken zurückzuführen, scheint weniger wahrscheinlich, da sonst (vor allem in weniger mineralisierten Wässern) dieser Typ häufiger auftreten müßte; das aber ist, wie die Durchsicht vieler Analysen ergab, nicht der Fall.

Auffallend gering sind die Natriumgehalte in der Umgebung des Odenwald-Spessart-Kristalins. In Bad König übersteigt sogar der Kalium- den Natriumgehalt. Als Ursache erscheint der Ionenaustausch Natrium gegen Kalium im Kristallin möglich. Andere niedrigere Alkali-Verhältnisse sind im Zusammenhang mit der Auflösung karbonatischer Nebengesteine (vor allem des Muschelkalkes) zu sehen (Weyhers, Bad Brückenau). In derartigen Gesteinen (Erdalkalikarbonate) ist der Natrium- gegenüber dem Kaliumanteil allgemein gering.

#### 4.2. Erdalkali-Verhältnisse (Abb. 7)

Bei den Erdalkalien herrscht meistens Calcium vor, wie sich aus den Verhältnis-zahlen größer als 1,0 ergibt. Eine höhere Calcium-Vormacht (Zahlen größer als 3,0) ist teils auf Lösung calciumreicher Gesteine (Karbonate oder Sulfate) durch (meist kohlenstoffhaltige) Wässer, wie z. B. am südlichen Taunusrand, zurückzuführen, teils aber auch auf Dolomitbildungen in den Salzwässern, wobei Magnesium als Karbonat ausscheidet. Solche Vorgänge spielen sich nach LINCK (1938) sowohl in der Salzlagerstätte selbst als auch während der Wanderung der Salzwässer ab. Dabei wird Calciumchlorid angereichert, wie z. B. in den Mineralwässern von Bad Soden-thal bei Aschaffenburg, vermutlich z. T. auch in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St.

Im Rheinischen Schiefergebirge sind die Calcium-Magnesium-Verhältnisse ziemlich ausgeglichen. Vielfach, z. B. in Korbach und Dautphe (Kr. Biedenkopf), stellt sich eine Magnesium-Vormacht ein. Diese zeigt sich auch in den Mineralwässern des Mittelrheins und wird von SCHWILLE (1961) mit Ionenaustauschvorgängen erklärt. Soweit die vorliegenden Analysen erkennen lassen, scheint die Mg-Vormacht in Gebieten mit Praezechstein-Gesteinen (vor allem des Devons und Unterkarbons)

häufiger aufzutreten, wenn nicht sogar kennzeichnend für diese zu sein. Auch weniger mineralisierte Wässer nicht oberflächennaher Grundwasserstockwerke in Praezechstein-Folgen zeigen häufig (oder sogar überwiegend) eine Mg-Vormacht. Ähnliche Beobachtungen teilte schon v. LINSTOW (1925) mit, als er ostpreußische Solquellen mit westrussischen verglich. Verf. wird sich später an anderer Stelle eingehender mit diesen Verhältnissen befassen.

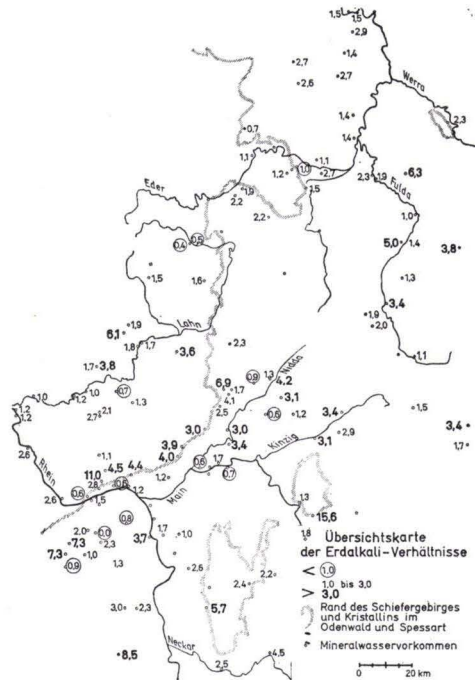


Abb. 7. Übersichtskarte der Erdalkali-Verhältnisse in den Mineralwässern Hessens.

Einzelne Mineralwässer mit Magnesium-Vormacht im Rheingau, Mainzer Becken und in der Wetterau dürften als Regenerationswässer zu erklären sein, wobei aus Ionenaustauschvorgängen (SCHWILLE 1953) hervorgegangene, enthärtete, also alkalisierte Wässer beim Wandern in erdalkalireichen Gesteinen wieder aufgehärtet wurden. Da Magnesium austauschfähiger als Calcium ist, kommt es zur Magnesium-Vormacht.

### 4.3. Erdalkali-Alkali-Verhältnisse

(Abb. 8)

Hinsichtlich der Erdalkali-Alkali-Verhältnisse zeichnet sich folgendes ab:

4.3.1. Eine höhere Alkali-Vormacht, wie sie sich in den Verhältniszahlen kleiner als 1,0 ausdrückt, ist meistens durch den NaCl-Gehalt verursacht. Sie ist aber auch charakteristisch für Alkali-Hydrogenkarbonatwässer, die aus Ionenaustausch

hervorgegangen sind (beschrieben von SCHWILLE 1953). In diesen Fällen unterschreitet die Verhältniszahl in der Regel den Wert 0,1.

4.3.2. In den Mineralwässern mit Hydrogenkarbonat-Vormacht, die aus der Auflösung karbonatischer Gesteine (vor allem des Muschelkalks und Tertiärs) durch kohlenensäurehaltige Wässer hervorgegangen sind, herrschen in der Regel die Erdalkalien vor (Verhältniszahlen größer als 1,0).

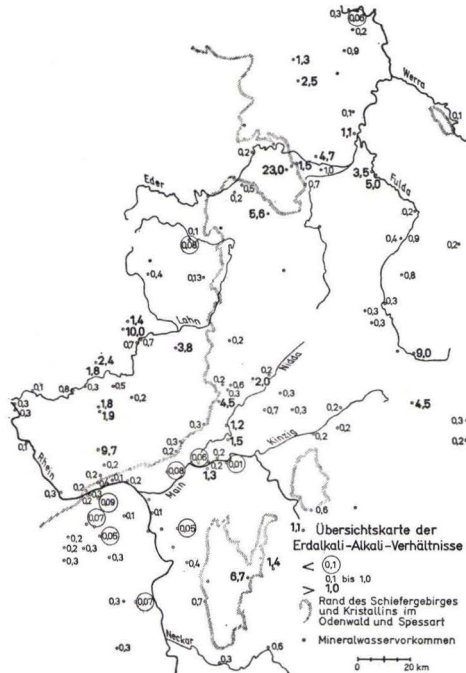


Abb. 8. Übersichtskarte der Erdalkali-Alkali-Verhältnisse in den Mineralwässern Hessens.

#### 4.4. Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnisse (Abb. 9)

Die einheitlichere Verteilung bei den Anionen-Verhältnissen ermöglicht es, Linien gleicher Ionenverhältnisse (Isolinien) über das Untersuchungsgebiet hinweg zu entwerfen. In den Verhältnissen der Hydrogenkarbonate zu den Salinaranteilen Chlorid und Sulfat zeichnet sich im östlichen Hessen das Zechsteinbecken deutlich ab. Nach TRUSHEIM (1964, Beilage 3) griff das Zechsteinsalinar primär in einer schmalen Ausbuchtung von Fulda-Neuhof her nach Südwesten unter abnehmender Salzmächtigkeit bis in das Gebiet Bad Orb/Wirtheim vor, südöstlich (auf der Linie Zeitlofs-Dalherda) und nordwestlich (Wirtheim – westlich Wernges) durch einen Sulfatsaum im Übergang zur karbonatreichen Marginalzone begrenzt. Dieser Ausbuchtung des Halitbeckens folgen auch die Isolinien des Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnisses, wobei in den Mineralwässern der Salinaranteil vom inneren Bereich

der Ausbuchtung nach außen (Nordwesten und Südosten) im Verhältnis zu den Hydrogenkarbonaten abnimmt. Die relative Zunahme der Hydrogenkarbonate (= höhere Verhältniszahlen) wird besonders deutlich im Gebiet zwischen Werra/Fulda und nördlich bis nordöstlich des Vogelsberges.

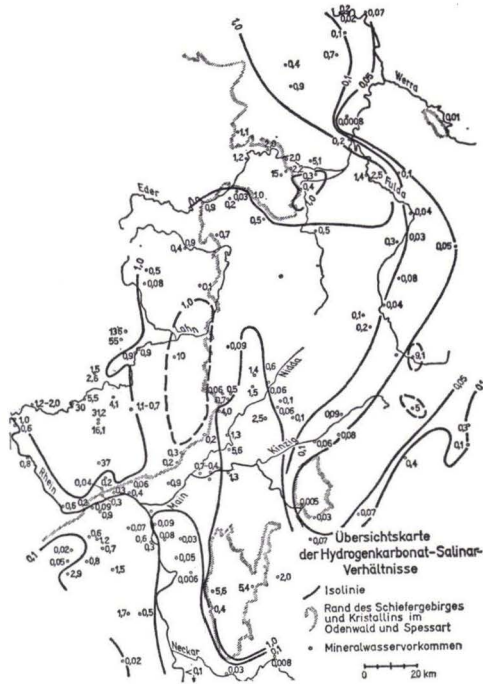


Abb. 9. Übersichtskarte der Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnisse in den Mineralwässern Hessens.

Die Ausbuchtung salinreicher Mineralwässer stößt nach Südwesten auf ein der Form nach als Sporn erscheinendes Verbreitungsgebiet salinar-(also chlorid- und sulfat-) armer, jedoch hydrogenkarbonatreicher Wässer. Der Hydrogenkarbonat-Anteil ist in diesen Wässern höher als die Summe an Chlorid und Sulfat, die Verhältniszahlen sind größer als 1,0. Das Verbreitungsgebiet der Hydrogenkarbonatwässer ist von Bad König aus nach Norden über die Altstadt-Erbstädter Rotliegendescholle und über die Wetterau bis nördlich Echzell zu verfolgen. In diesem Bereich treten die Mineralwässer dieses Typs nicht nur in Quellaustritten an der Oberfläche, sondern auch in tieferen, bis weit in das Rotliegende reichenden Bohrungen aus, wie in der Untersuchungsbohrung Altstadt westlich Büdingen (NÖRING 1951, Probe aus Tiefe 296 m), in der durch die Rotliegendeschichten bis ins Kulm niedergebrachten Bohrung des Hassia-Sprudels aus dem Jahre 1938 in Bad Vilbel (323 m tief, bis 120 m ausgebaut) oder der Kaiser-Friedrich-Quelle in Offenbach/Main (275 m tief). Die Abnahme der Salinaranteile in den Mineralwässern dieser Zone wird also nicht etwa durch Verdünnungen oberflächennaher, mineralärmerer Grundwässer verursacht, da auch in größerer Tiefe (mindestens bis zur Basis des Rot-



liegenden) keine Zunahme des Chlorid- und Sulfatgehaltes erfolgt. Ob in sehr großer Tiefe (tiefer als Kulm) Salzwässer vorhanden sind, konnte mangels Bohrungen bisher nicht geklärt werden. Wenn das aber der Fall ist, dann wird die Frage zu untersuchen sein, warum solche Salzwässer im Untergrund der Wetterau nicht durch die Kohlen-säureaufstiege mit an die Oberfläche getrieben werden, wie z. B. weiter westlich am Taunusrand.

Westlich schließt sich an die Zone hydrogenkarbonatreicher Wässer das Verbreitungsgebiet sehr salinarreicher, hydrogenkarbonatarmer Wässer im nördlichen Oberrheingraben an. Dieses setzt sich nach Norden in zwei Verlängerungen fort, einmal am östlichen Schiefergebirgsrand über Bad Homburg v. d. H., Bad Nauheim bis in die Gegend von Ober-Hörgern im Tal der Wetter, zum andern in einer annähernd N-Sgerichteten Linie (NIEDERMAYER 1939 und SCHENK 1954), die aus der Gegend Bad Homburg v. d. H./Bad Soden a. Ts. über Ober- und Nieder-Selters, über das Löhnberger Becken (Lahntal) bis in die Gegend Eibach/Eibelshausen (Dillkreis) zu verfolgen ist. Beide Fortsätze scheinen durch ein salinararmes Gebiet getrennt zu sein. Die Brunnenbohrungen im östlichen Schiefergebirge haben jedenfalls keine höheren Salargehalte der Wässer wie weiter westlich erkennen lassen. Darauf wies bereits STENGEL-RUTKOWSKI (1967) hin. Statt dessen stellt sich in Schwalbach bei Wetzlar ein hydrogenkarbonatreiches Mineralwasser ein. — Am südlichen Taunusrand und im Rheingau überwiegen ebenfalls die Salinaranteile.

Im nördlichen Hessen, zwischen Vogelsberg und Kellerwald, scheinen — soweit die verhältnismäßig wenigen Analysenergebnisse erkennen lassen — die Chloride und Sulfate gegenüber den Hydrogenkarbonaten leicht vorzuherrschen. In der weiteren Umgebung des Kellerwaldes kehrt sich das Verhältnis um, hier überwiegen die Hydrogenkarbonate. Nur unmittelbar südöstlich von Bad Wildungen stellt sich noch einmal eine geringe Salinar-Vormacht ein. Im nördlichsten Teil Hessens macht sich der Einfluß karbonatreicher Gesteine in der Randfazies des Zechsteins sowie des Muschelkalkes bemerkbar, ebenso wie in den Mineralquellen von Weyhers (Rhön) und Bad Brückenaau.

#### 4.5. Salinar-Verhältnisse und Konzentrationen (Abb. 10)

Das Verhältnis Chlorid:Sulfat ist in den Zechsteinbeckenwässern Ost- und Südosthessens bei leichter Chlorid-Vormacht ziemlich ausgeglichen. Im Zechsteinrandgebiet nimmt der Chloridanteil relativ ab, statt dessen stellt sich vielfach eine Sulfat-Vormacht ein, und zwar auch in tieferen Bohrungen. So hatte das in einer Tiefe von 467 m unter Gel. im unteren Teil der Zechsteinabfolge angetroffene Mineralwasser der Bohrung Retschenhäuser Hof bei Kirtorf (Landkreis Alsfeld) (KÖBRICH 1926) einen Chloridgehalt von 159 mg/l und einen Sulfatgehalt von 1785 mg/l (Wassertemperatur 20 °C). Noch geringer ist der Cl-Anteil in der wenig südwestlich des Werra-Grauwacken-Gebirges gelegenen 44,75 m tiefen Bohrung Nausis (Krs. Melsungen), deren Mineralwasser mit einem Salinar-Verhältnis von 0,009 aus dem Zechstein-salinar stammt. Die Isolinien passen sich i. a. der Hunsrück-Oberharz-Schwelle an. Lediglich in der Umrahmung des Kellerwaldes kommt es nochmals zu einer leichten



wässer Gehalte von 564–615 mval. Nördlich Gelnhausen, entlang der östlichen Grenze zur hydrogenkarbonatreichen Zone, sind die Mineralwässer schwächer konzentriert (120–200 mval). Auch im Mineralwasser der vor dem 1. Weltkrieg niedergebrachten 646,5 m tiefen, heute verfallenen Bohrung in Bad Salzhausen wurde mit 340 mval nicht die gleiche Konzentration wie in Gelnhausen erreicht, das Chlorid-Sulfat-Verhältnis war auch hier mit 20 gering. In der Zone hydrogenkarbonatreicher Wässer erreichen die Konzentrationen infolge Fehlens der Salinaranteile nur 45–65 mval; lediglich in Echzell werden Gehalte bis 90 mval festgestellt.

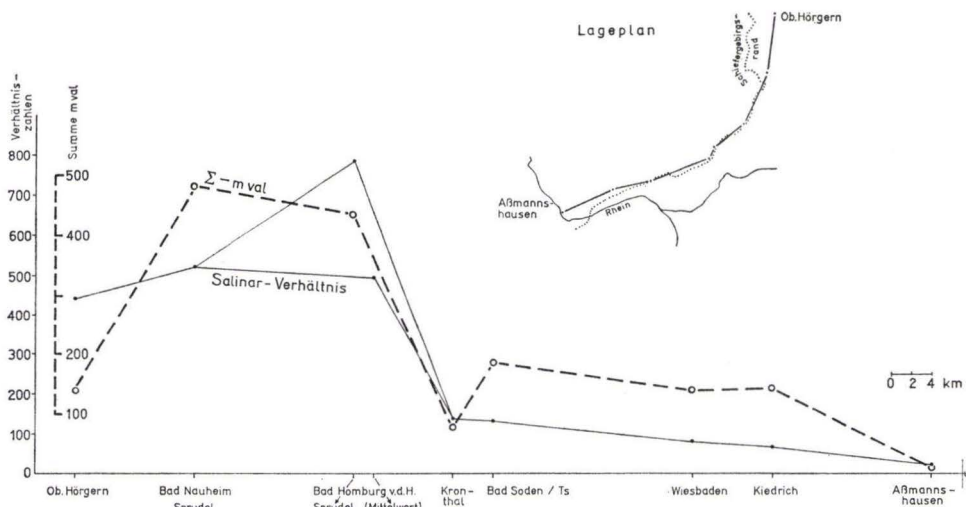


Abb. 11. Salinarverhältnis und Konzentration (Summe Millival) in den Mineralwässern am Taunusrand zwischen Ober-Hörgern und Aßmannshausen in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen den Vorkommen.

Im nördlichen Oberrheingraben stellt sich die schon erwähnte hohe Chlorid-Vormacht ein, z. T. fehlen die Sulfate sogar. Ähnlich wie bei den Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnissen läßt sich die Zone chloridreicher Wässer nach Norden in Fortsätzen verfolgen, nämlich am östlichen Schiefergebirgsrand, westlich davon bis nach Eibach/Eibelshausen und schließlich am Taunusrand nach Südwesten. In diesen Fortsätzen nimmt mit steigender Entfernung vom Oberrheingraben der Sulfatgehalt relativ und absolut zu, worauf WEITHOFER (1937) schon hinwies. Deutlich zeigt sich die Sulfatzunahme in den Mineralquellen am Taunusrand. In dem Profil der Abb. 11 sind auf der Abszisse die Mineralwasservorkommen ihrer Entfernung nach maßstabgerecht aufgetragen. Das höchste Salinar-Verhältnis und damit den geringsten relativen Sulfatanteil haben die Wässer in Bad Homburg v. d. H. (Solsprudel). Nach Nordosten wie nach Südwesten nimmt das Salinar-Verhältnis ab, der Sulfatgehalt also relativ zu, nach Nordosten (Ober-Hörgern) jedoch wesentlich geringer als nach Südwesten (Wiesbaden-Aßmannshausen). Zugleich mit der Zunahme der Sulfatanteile fällt die Konzentration ab, die Mineralwässer werden also verdünnt. Parallelen ergeben sich auch zu den Mineral-

wasservorkommen selbst. In Bad Nauheim und Bad Homburg v. d. H. sind die (relativ und absolut) sulfatärmsten zugleich auch die Wässer mit dem höchsten Lösungsinhalt. In Bad Nauheim haben die bis in den devonischen Massenkalk gebohrten Solsprudel (160–210 m tief) Konzentrationen von 400–480 mval (also ähnlich wie östlich der hydrogencarbonatreichen Zone der Wetterau) und Salinarverhältnisse von 500 bis 570. Mit zunehmender Entfernung von der Taunusrandverwerfung und damit einer Erschließung der Mineralwässer in den tertiären Schichten nimmt die Konzentration ab und der Sulfatgehalt zu (z. B. im Karlsbrunnen, Analyse 1903: 130 mval, Salinar-Verhältnis 120; Ludwigsbrunnen 19 mval, Salinar-Verhältnis 21). In Bad Homburg v. d. H. hat das Wasser des Solsprudels mit 439,7 mval den höchsten Lösungsinhalt und ist am sulfatärmsten (Salinar-Verhältnis 790), während die anderen Mineralquellen Bad Homburgs Gehalte zwischen 75 und 440 mval bei Salinar-Verhältnissen von 143–690 aufweisen.

Abnahme der Konzentrationen und Zunahme der Sulfatgehalte sind Folgen von Zuflüssen und Beimischungen sulfatreicher Wässer aus oberflächennahen Tertiärschichten, wie sie z. B. in der Gegend von Frankfurt/Main (Grindbrunnen) bekannt sind. Im Einklang damit steht bei den Erdalkalien die relative Zunahme von Calcium (Abb. 7), da es sich bei den Wässern aus den Tertiärschichten um Calciumsulfatlösungen handelt. Schließlich wird auch die Beziehung zwischen Wassertemperatur und Salinar-Verhältnis (Abb. 12) in Bad Nauheim verständlich. Die Wassertemperatur fällt mit zunehmendem Sulfatanteil (= geringerem Salinar-Verhältnis) und umgekehrt, da die sulfatreichen Wässer oberflächennäher und damit kühler sind. Ähnliches, wenn auch weniger deutlich, zeigt sich in Wiesbaden.

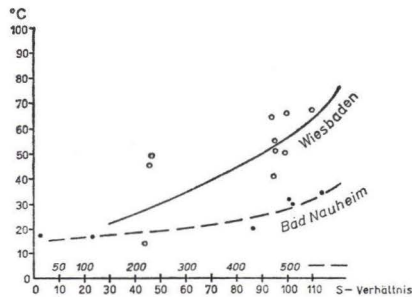


Abb. 12. Die Beziehung Temperatur:Salinar-Verhältnis in den Mineralwässern von Bad Nauheim und Wiesbaden.

## 5. Änderungen der Ionenverhältnisse mit der Zeit

Von vielen Mineralquellen Hessens gibt es Analysen über eine längere Zeit hinweg, z. T. über hundert Jahre und mehr. Ein Beispiel sind die Analysenreihen von Mineralwässern in Wiesbaden, die von verschiedenen Generationen der Familie FRESSENIUS regelmäßig in den Jahrbüchern des Nassauischen Vereins für Naturkunde (Wiesbaden) veröffentlicht werden. Bei der Untersuchung der Mineralquellen in Bad Wildungen (HÖLTING 1966) hatte sich gezeigt, daß die Änderungen der Ionenverhältnisse mit der Zeit, abgesehen von kurzfristigen periodischen Schwankungen des Mineralgehaltes, verhältnismäßig gering sind. Das vorhandene Analysenmaterial

gestattet es, diese Aussage auch für die meisten Mineralquellen Hessens zu machen. Änderungen mit der Zeit, sofern eingetreten, haben in erster Linie das Alkali-Verhältnis (Abnahme des relativen Natrium-Anteils) und das Salinar-Verhältnis (teils Zu-, teils Abnahme des relativen Chloridanteils), im kleineren Maße auch das Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis betroffen. In einigen stärker genutzten Mineralquellen hat die Konzentration jedoch abgenommen. Hand in Hand damit ist der Gehalt an freier Kohlensäure zurückgegangen (s. auch UDLUFT 1962). Alle genannten Änderungen der Ionen-Verhältnisse sind jedoch nicht so groß, daß sich ihr aus der ältesten Analyse erkennbarer Charakter so verändert hat, daß die älteren nicht mit den neueren Analysen zu vergleichen sind.

Eine bemerkenswerte Beobachtung verdient abschließend hervorgehoben zu werden. In größeren Bädern, wie z. B. Bad Nauheim, Bad Homburg v. d. H. oder Bad Salzhausen verliefen Änderungen einiger Ionen-Verhältnisse (und damit der chemischen Verteilung) in Richtung auf einen gemeinsamen Typ. So stieg in Bad Nauheim das Salinar-Verhältnis der Wässer aus den flacheren, in den Tertiärschichten stehenden Mineralwasserbrunnen in den letzten 50–60 Jahren an, ebenso das Alkali-Verhältnis (= Zunehmender Anteil von Natrium-Chlorid-Wässern). Die Ionen-Verhältnisse dieser flacheren Brunnen änderten sich damit in Richtung auf die chemische Beschaffenheit der Wässer aus den tieferen Brunnen.

## 6. Schlußbemerkungen

Die vorgetragenen Ausführungen sollten zur Diskussion um die Mineralwässer Hessens, deren Genese und Wanderung beitragen. Jedoch müßte das Analysennetz noch verdichtet werden, damit die durch die Übersichtskarten (vor allem der Anionen-Verhältnisse mit den Isolinien) angedeutete Gliederung der Mineralwassertypen Hessens und angrenzender Gebiete genauer durchgeführt werden kann. Die Abgrenzung von Mineralwasserprovinzen erscheint möglich. Zusätzliche Aufschlüsse sind bei der Auswertung der Verhältnisse von Elementen geringeren Gehaltes in den Mineralwässern (Spurenelementen i. w. S.) und der Isotopenmessungen sowie durch neue Kombinationen der Ionenverhältnisse zu erwarten. Dabei wird vermutlich auch die sich aus der regionalen Verteilung der Ionen-Verhältnisse erneut ergebende Frage nach der Herkunft der Mineralwässer am Taunusrand eindeutiger zu beantworten sein. Vor allem nach hydraulischen Überlegungen herrscht die Auffassung vor (hauptsächlich seit MICHELS 1926), daß der Mineralwasserzulauf zu den Mineralquellen am Taunusrand aus dem Zechsteingebiet Südosthessens, wo größere Salzlager (z. B. in der weiteren Umgebung von NeuhoF, Krs. Fulda) bekannt sind, erfolgt. Durch die Ionen-Verhältnisse wird diese Auffassung nicht bestätigt, vor allem nicht durch das Verhältnis Chlorid zu Sulfat (Salinarverhältnis). Im Zechsteingebiet ist die Cl-Vormacht klein, der Sulfatgehalt relativ hoch. Am Taunusrand dagegen sind die Sulfatgehalte der Mineralwässer sehr gering, die Cl-Vormacht dementsprechend hoch. Die bisherigen Versuche, geochemisch diese Frage zu klären (KÜHN 1965), können noch nicht befriedigen. KÜHN gibt z. B. den unteren Grenzwert des Verhältnisses Br/Cl für metamorphe Lösungen, die durch Auflösung carnallitischer Salze des Zechsteins (Staßfurt-Carnallite) entstanden sind, mit  $8,2 \cdot 10^{-4}$  an. Dieser

Wert wird in allen Mineralwässern West- und Nordhessens, von denen Br-Analysen vorliegen, z. T. sogar erheblich unterschritten und nur im Ludwigsbrunnen von Bad Nauheim erreicht. Dagegen wird dieser Grenzwert in Bad Dürkheim (außer Maxquelle) und Bad Kreuznach ( $10,8-25,6 \cdot 10^{-4}$ ) deutlich überschritten. Das Verhältnis Rb:K, das wegen fehlender Analysen in Hessen noch nicht näher untersucht werden konnte, ist in Bad Dürkheim (Maxquelle) mit  $11,5 \cdot 10^{-4}$  ähnlich dem des Kochbrunnens in Wiesbaden ( $18,2 \cdot 10^{-4}$ ). Die Diskussion der Salzgehalte in den Mineralwässern Wiesbadens und ihre Rückrechnung auf die Ausgangslösungen bedarf einer Korrektur, da die Zufuhr von  $\text{CaSO}_4$ -Lösungen aus dem Tertiär des Taunus-Vorlandes unberücksichtigt blieb. Schließlich fehlt auch die andere Möglichkeiten ausschließende Gegenrechnung (z. B. zu den Salinaren des Oberrheingrabens).

## Schriftenverzeichnis

- FINKENWIRTH, A.: Die Versenkung der Kaliabwässer im Hessischen Anteil des Werra-Kalireviers. — Z. deutsch. geol. Ges., 1964, **116** (1), S. 215–230, 6 Abb., 1 Taf., 1 Tab., Hannover, Dez. 1964.
- HÖLTING, B.: Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **53**, 59 S., 7 Abb., 9 Tab., Wiesbaden, 15. 12. 1966.
- JOCHHEIM, PH.: Die Mineralquellen des Großherzogthums Hessen, seiner Enclaven und der Landgrafschaft Hessen-Homburg. 138 S., 1 Abb., 1 Tab., Erlangen (Enke) 1858.
- KÖBRICH, C.: Die Tiefbohrungen nach Salz in Oberhessen in den Jahren 1905/07. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-A. Darmstadt, (V), **8**, S. 197–223, Darmstadt 1926.
- KÜHN, R.: Beitrag zur geochemischen Beurteilung der Wiesbadener Thermen nach den Gehalten an Br, Rb und Cs. — Kali u. Steinsalz, **4** (6), S. 204–207, Essen (Glückauf) 1965.
- KULICK, J.: Der Untere Buntsandstein am Südrande des Kellerwaldes (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, S. 182–200, 1 Abb., Taf. 14–16, Wiesbaden 1966.
- LINCK, G.: Bildung des Dolomits und Dolomitisierung. — Chemie d. Erde, **11** (2), S. 278 bis 286, Jena (G. Fischer) 1938.
- LINSTOW, O. v.: Über ostpreußische Solquellen. — Schr. physik.-ökonom. Ges. zu Königsberg i. Pr., **64**, 2, S. 1–16, Königsberg i. Pr. 1925.
- LÖHNERT, E.: Grundwasser-Typen tieferer Stockwerke in Hamburg. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **129** (2), S. 113–136, 9 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Stuttgart 1967.
- MATTHES, G.: Geologische und hydrochemische Untersuchungen in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speyer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 335 bis 378, 11 Abb., 5 Tab., Wiesbaden 1958.
- Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **35**, 85 S., 3 Abb., 31 Tab., Wiesbaden 1961.
- MICHELS, FR.: Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus. — Natur u. Museum, 56. Ber. senckenbg. naturf. Ges., **8**, S. 225–238, Frankfurt a. M. 1926.
- NIEDERMAYER, J.: Die Mineralquellen und Bleierzgänge im Taunus und ihr Zusammenhang mit dem Gebirgsbau. — Jb. preuß. geol. L.-A., **59**, S. 797–798, Berlin 1939.
- NÖRING, FR.: Die Fortsetzung der Saar-Senke in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**, S. 22–40, 1 Taf., Wiesbaden 1951.
- RICHTER-BERNBURG, G.: Der Zechstein zwischen Harz und Rheinischem Schiefergebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., 1953, **105** (4), S. 876–899, 8 Abb., Hannover 1955.
- SCHENK, E.: Geoelektrische Untersuchung des Mineralquellengebietes von Selters a. d. Lahn. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilkde., **26**, S. 51–69, 9 Abb., 3 Taf., Gießen 1954.

- SCHWILLE, F.: Natriumhydrogenkarbonat- und Natrium-Chlorid-Wässer im tieferen Untergrund des Mainzer Beckens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 314 bis 335, Wiesbaden 1953.
- Die Mineralquellen des Mittelrheingebietes. — Deutsch. gewässerkundl. Mitt., **5** (5), S. 110—117, 7 Abb., Koblenz 1961.
- SOBOTH, E.: Eine neu erbohrte Mineralquelle in Frankenberg/Eder. — Z. deutsch. geol. Ges., 1956, **108**, (1), S. 100—104, 3 Abb., Hannover 1956.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Einige neue Vorkommen von Natrium-Chlorid-Wasser im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 190—212, 6 Abb., Wiesbaden 1967.
- STEUER, A.: Bodenwasser und Diluvialablagerungen im hessischen Ried. — Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. geol. L.-A., (IV) **28**, S. 49—94, 4 Taf., Darmstadt 1907.
- Das Grundwasser im hessischen Ried. — Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-A., (V) **12**, S. 90—104, Darmstadt 1930.
- STIFT, C. E.: Geognostische Beschreibung des Herzogthums Nassau in besonderer Beziehung auf die Mineralquellen dieses Landes. 606 S., Wiesbaden (Schellenberg) 1831.
- TRUSHEIM, F.: Über den Untergrund Frankens. — Geologica Bavarica, **54**, S. 1—92, 11 Abb., 13 Beil., München 1964.
- UDLUFT, H.: Geologie und Geochemie als Grundlage des Quellenschutzes und der Quellenpflege. — Heilbad u. Kurort, **14** (2), S. 3—15, 10 Abb., Gütersloh 1962.
- WAGNER, W.: Die Lagerungsverhältnisse am Westufer des Mainzer Beckens bei Kreuznach und die Kochsalzquellen von Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-A. Darmstadt, (V) **6**, S. 76—163, 1 Kte., Darmstadt 1924.
- Miozänes Steinsalz im Hessischen Rheintalgraben. — Wiss. Veröff. Techn. Hochsch. Darmstadt, **1** (3), S. 93—97, Darmstadt 1947.
- Die tertiären Salzlagerstätten im Oberrheintal-Graben. — Z. deutsch. geol. Ges., 1953, **105**, S. 706—728, 8 Abb., 3 Taf., Hannover 1955.
- WEITHOFER, K. A.: Die Beziehungen von Mineralquellen zum Tiefenstandswasser. — Z. prakt. Geol., **45**, 5, S. 67—82, Berlin 1937.
- Deutsches Bäderbuch. 535 S., 15 Taf., 1 Übersichtskte., Leipzig (J. J. Weber) 1907.

Manuskript eingegangen am 14. 6. 1968

# S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer<sup>1)</sup>

Von

**HEIMO NIELSEN**, Göttingen, und **DIETRICH RAMBOW**, Wiesbaden

Mit 2 Abbildungen und den Tafeln 14—15

**Kurzfassung:** Die Untersuchung des  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ -Verhältnisses im Sulfat von Mineralwässern und schwach mineralisierten Grundwässern aus Hessen führte zu neuen Hinweisen über die Herkunft des Sulfat-Gehaltes dieser Wässer. Während in Nordhessen meist eine Deutung des gemessenen Wertes möglich war, ergaben sich in Südhessen, insbesondere in der Umrandung des Oberrheingrabens, Schwierigkeiten bei der Deutung der  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte.

## Inhalt

1. Problemstellung . . . . .	352
2. Methodische Grundlagen . . . . .	353
3. Probenahme und Meßtechnik . . . . .	357
4. Ergebnisse . . . . .	357
4.1. Gebiet nördlich des Kasseler Grabens . . . . .	357
4.2. Gebiet südlich des Kasseler Grabens (Niederhessische Senke) . . . . .	358
4.3. Gebiet Fritzlar, Bad Wildungen, Frankenberg . . . . .	359
4.4. Gebiet Hess. Lichtenau, Bebra, Bad Hersfeld, Hünfeld . . . . .	360
4.5. Werra-Kali-Gebiet . . . . .	361
4.6. Südlicher Vogelsberg und Kinzig-Gebiet . . . . .	362
4.7. Wetterau . . . . .	362
4.8. Taunusrand . . . . .	363
5. Zusammenfassung . . . . .	364
Schriftenverzeichnis . . . . .	365

## 1. Problemstellung

Aus früheren Untersuchungen (NIELSEN & RICKE 1964, NIELSEN 1965 u. a.) ist bekannt, daß sich die Isotopenverhältnisse im Sulfatschwefel von Evaporitsulfaten der verschiedenen geologischen Formationen erheblich voneinander unterscheiden,

<sup>1)</sup> Nach einem am 27. 3. 1969 in Wiesbaden gehaltenen Vortrag.



während die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte gleichaltriger Evaporitsulfate im allgemeinen weltweit recht einheitlich sind. Man kann deshalb mit Hilfe von S-Isotopenmessungen Evaporite zweifelhaften Alters „datieren“, und auch bei Ablaugungswässern kann man die Herkunft des Sulfats vielfach auf Grund der  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte ermitteln.

Am sichersten ist die Zuordnung, wenn als Lieferant nur Evaporite des Röts oder Zechsteins zur Diskussion stehen, da sich die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte in diesen beiden am stärksten voneinander unterscheiden.

Im nordhessischen Raum gibt es nun zahlreiche mineralisierte Wässer, bei denen die Herkunft der gelösten Sulfate vom Röt bzw. Zechstein erwartet wird, bei denen aber diese Zuordnung mit den konventionellen hydrogeologischen Methoden nicht immer sicher kontrolliert werden kann. Hier schien aus den oben skizzierten Überlegungen der Einsatz der S-Isotopenmethode zur Klärung der Genese besonders erfolgversprechend. Es wurde deshalb eine Reihe solcher Wässer mit zweifelhafter Herkunft des Sulfatgehaltes aus dem nordhessischen Raum untersucht. Zur Untermauerung der Ergebnisse wurde eine Reihe von Testmessungen an Vorkommen durchgeführt, bei denen die geologische Situation durch voraufgegangene geologische Bearbeitung einigermaßen gesichert ist. Im weiteren Verlauf der Arbeiten wurde das Meßprogramm auch auf Mineralwasservorkommen Südhessens ausgedehnt. Dort ist im allgemeinen die hydrogeologische Situation erheblich komplexer. Die vorliegende Arbeit berichtet über den Stand und die Ergebnisse dieses Untersuchungsprogramms.

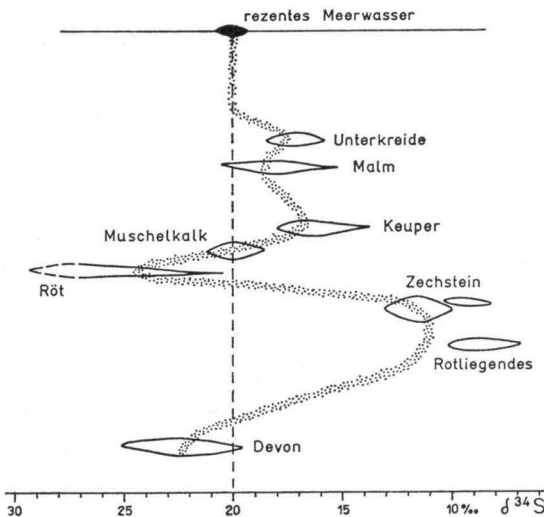


Abb. 1.  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte vom Sulfat des Meerwassers im Verlauf der Erdgeschichte (nach NIELSEN 1965 u. a.).

## 2. Methodische Grundlagen

Abb. 1 zeigt einen Überblick über die zeitliche Änderung der  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte in den Evaporitsulfaten der geologischen Vergangenheit. Als  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert wird hierbei die

Abweichung des Gehaltes am („schweren“)  $^{34}\text{S}$ -Isotop vom irdischen Mittelwert bezeichnet; die Meßwerte geben diese Abweichung in Promille nach der Gleichung

$$\delta^{34}\text{S} (‰) = 1000 \frac{{}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S} \text{ Probe} - {}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S} \text{ Standard}}{{}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S} \text{ Standard}}$$

wieder. Die Kurve von Abb. 1 spiegelt wahrscheinlich die zeitliche Entwicklung des  $\delta^{34}\text{S}$ -Wertes im marinen Sulfat wider. Die  $\delta$ -Werte sind hier stets positiv – d. h. der marine Sulfatschwefel enthält stets einen Überschuß an  $^{34}\text{S}$  gegenüber dem irdischen Mittelwert. In der geochemischen Gesamtbilanz wird dieser Überschuß kompensiert durch ein  $^{34}\text{S}$ -Defizit bei den sedimentären Sulfiden, deren  $\delta$ -Werte im Mittel bei  $-5$  bis  $-15‰$  liegen und im Extremfall  $-50‰$  erreichen können.

Für das Röt ist der Maximalwert der Kurve bei ca.  $28‰$  nur gestrichelt eingetragen. Werte dieser Höhe wurden bislang nur an Proben aus dem hochsalinaren Bereich des Röt-Salinars in Norddeutschland gemessen und spiegeln vermutlich eine fazielle Sonderentwicklung wider. Für das Untersuchungsgebiet dürfen wir wahrscheinlich nur mit Röt-Sulfatwerten um  $20$  bis  $24‰$  rechnen.

Auch der Minimalwert im Zechstein bei ca.  $8‰$  verdient eine besondere Erwähnung. Die Erfahrung hat gezeigt, daß Zechstein- $\delta$ -Werte unter etwa  $10‰$  nur bei Sulfaten der K-Mg-Fazies auftreten – also bei den „späten“ Sulfat-Ausscheidungen der Salzfolge (s. Abb. 2). Es handelt sich hier um das Ergebnis einer Isotopenfraktionierung zwischen gelöstem  $\text{SO}_4$ -Ion und ausgeschiedenem Gips, wobei das  $^{34}\text{S}$  etwas bevorzugt in das Gitter des ausgeschiedenen Kristalls eingebaut wird. Diese an der Grenze der Meßbarkeit liegende (und daher normalerweise auch nicht störende) Fraktionierung führt erst zum Schluß der Ausfällung zu der beobachteten Verarmung an  $^{34}\text{S}$ .

Auf diese besonderen Verhältnisse wird bei der Besprechung der Meßwerte aus dem Kali-Revier an der oberen Werra zurückgekommen. Im „Normalfall“ stehen für die Ablaugung im wesentlichen die mengenmäßig stark überwiegenden „frühen“ Sulfate (Basal-Anhydrit, Werra-Anhydrit usw.) zur Verfügung, und da bei diesem Lösungsprozeß die Fraktionierung ebenfalls an der Grenze der Meßbarkeit liegt, sollte der gelöste Sulfatschwefel in seinem  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert dem Ausgangs-Evaporit-Sulfat entsprechen. Eine Verfälschung der  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte im Grundwasser kann jedoch nachträglich auf folgende Weise eintreten:

- a Beimengung von Fremd-Sulfat,
  - a1 Zumischung von Wasser mit Sulfat anderer Herkunft,
  - a2 Sulfatzufuhr aus der Oxydation sedimentärer Sulfide,
- b bakterielle Sulfatreduktion.

Zu a1: Je nach dem Mischungsverhältnis sollte der  $\delta$ -Wert des Mischwassers zwischen den Werten der reinen Ausgangskomponenten liegen.

Zu a2: Wie bereits oben ausgeführt haben sedimentäre Sulfide im allgemeinen niedrigere  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte als die Evaporit-Sulfate; der  $\delta$ -Wert des gelösten Sulfats kann daher durch Zufuhr oxydierter Sulfide verschieden stark zur leichten Seite verschoben werden – im extremen Fall bis in den Bereich  $-30$  bis  $-40‰$ .

Besonders schwer überschaubar ist die Verfälschung der  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte durch anthropogenen Schwefel. Nach ERIKSSON und anderen (s. a. MATTHES 1961) stammt die Hauptmenge des anthropogenen in den Kreislauf gebrachten Schwefels aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, insbesondere Erdöl und Kohle. Die  $\delta$ -Werte dieses Schwefels sind im allgemeinen schwach negativ. Da das  $\text{SO}_2$  aus der Verbrennung in die Atmosphäre geht, verteilt sich der Anfall relativ gleichmäßig über große Gebiete und erreicht nur in der unmittelbaren Nachbarschaft von Städten und Industriegebieten höhere Konzentrationen. Ein merklicher Einfluß auf den  $\delta$ -Wert

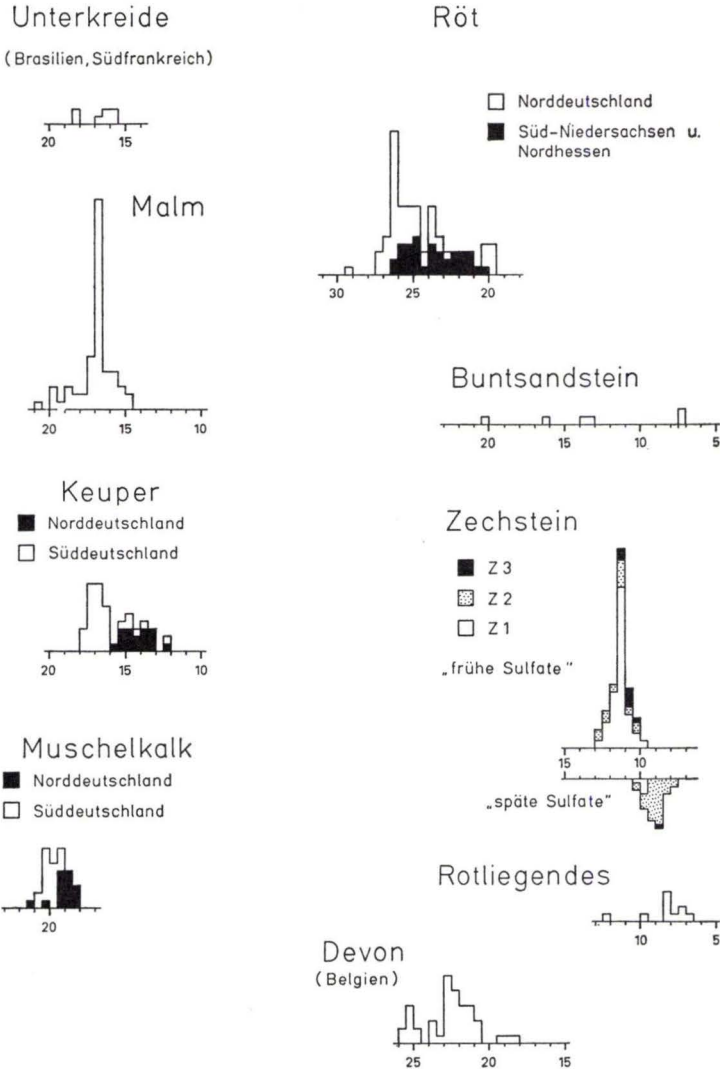


Abb. 2.  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte in Evaporiten der einzelnen Formationen (Meßwerte des Zentrallaboratoriums für die Geochemie der Isotope, Göttingen) 1 Kästchen = 1 Meßwert, beim Zechstein 1 Kästchen = 2 Meßwerte.

des Sulfats im Regenwasser ist bekannt (JENSEN & NAKAI 1961), aber auf das Sulfat des Grundwassers wird sich dieser Anteil nur dort entscheidend auswirken, wo die gesamten Sulfatgehalte niedrig sind.

Einen lokal wesentlich größeren Einfluß können dagegen Kunstdünger oder Industrieabwässer bewirken. Sofern der Sulfatschwefel hier aus technischer Schwefelsäure stammt, hat er das Isotopenverhältnis des Ausgangsmaterials für die Schwefelsäurefabrikation. Dies sind im wesentlichen Kiesabbrände, elementarer Schwefel und ähnliche Rohstoffe, deren  $\delta$ -Werte über weite Bereiche der Skala variieren können [Kies Meggen z. B.  $+18\text{‰}$  (BUSCHENDORF et al.),  $\text{H}_2\text{S}$  Lacq  $15,6\text{‰}$  (Zentrallabor. unveröffentlicht), Schwefel Sizilien  $+10$  bis  $-10\text{‰}$  (JENSEN und DESSAU et al.)]. Im Einzelfall kann also über die anthropogene Verfälschung der  $\delta$ -Werte im Grundwasser keine Voraussage gemacht werden, und es wäre auch wenig sinnvoll, zu diesem Zweck irgendwelche Proben von Düngern etc. auf ihr S-Isotopenverhältnis zu untersuchen.

Da nach Abb. 1 der leichteste Sulfatschwefel mariner Evaporite einen  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert um  $+8\text{‰}$  hat, ist in jedem Fall mit einer Beteiligung anderen Schwefels am Sulfat des Grundwassers zu rechnen, wenn dessen  $\delta$ -Wert merklich niedriger als  $8\text{‰}$  ist. Ob die Fremdkomponente aus der Verwitterung sedimentärer Sulfide stammt oder anthropogen zugeführt wurde, kann dann nur von Fall zu Fall aus der hydrogeologischen Situation des Grundwasservorkommens entschieden werden.

Zu b: Die bakterielle Sulfatreduktion ist mit einer starken kinetischen Isotopenfraktionierung verbunden, die das leichte Isotop bevorzugt und damit die Anreicherung des  $^{32}\text{S}$  in den biogenen Sulfiden der Sedimente erklärt. Auf der anderen Seite reichert sich durch die bakterielle Sulfatreduktion das  $^{34}\text{S}$  im restlichen Sulfat an, und diese  $\delta$ -Erhöhung hängt vom (prozentualen) Sulfatverbrauch ab und ist damit besonders wirkungsvoll, wenn von vornherein nur wenig gelöstes Sulfat vorhanden war.

Die Gefahr einer Verfälschung der S-Isotopen-Werte besteht daher am ehesten bei Wässern mit sehr kleiner Sulfatkonzentration, während sulfatreiche Wässer durch die Bakterientätigkeit weniger in ihren  $\delta^{34}\text{S}$ -Werten beeinflusst werden.

Zusammenfassend ist also festzustellen, daß bei den Meßwerten einer einzelnen Probe recht erhebliche Verfälschungen auftreten können, die bei unkritischer Auswertung zu einer Fehlinterpretation führen müssen. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß bei Beachtung aller bekannten geologischen und hydrochemischen Voraussetzungen meist eine vernünftige Sicherheit der Aussage zu erreichen ist. Besonders wirkungsvoll ist hierbei die Mittlung über eine größere Zahl von Einzelmessungen, wenn durch geeignete Probenauswahl dafür gesorgt wird, daß sich die einzelnen Fehler in der Mittelwertbildung annähernd aufheben. Ein anthropogener Einfluß sollte z. B. durch Wiederholungsmessungen über längere Zeiträume hinweg erkennbar werden. Bei Wässern aus tieferen Grundwasserstockwerken kann man allerdings nicht damit rechnen, daß sich Änderungen — z. B. in der prozentualen Beteiligung verschiedener Lieferhorizonte — innerhalb einer für die Laufzeit des Untersuchungsprogramms „vernünftigen“ Zeitspanne genügend stark auswirken. Hier kann deshalb die Probenzahl nur durch eine möglichst systematische Erfassung aller Grundwasserquellen und -Brunnen des Untersuchungsgebietes bewerkstelligt werden.

### 3. Probenahme und Meßtechnik

Die Wasserproben wurden größtenteils im Rahmen der hydrogeologischen Untersuchungstätigkeit des einen von uns (D. RAMBOW) gesammelt. Von den meisten Vorkommen existieren bereits Wasseranalysen, so daß die Wassermenge bei der Probenahme auf den benötigten Sulfatbedarf (etwa 200 mg  $\text{SO}_4$ ) abgestimmt werden konnte. Wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt, wurde das Wasser aus der normalen Förderung der Brunnen entnommen und in Plastikflaschen aufbewahrt.

Je nach Sulfatkonzentration wurde das Sulfat entweder direkt oder nach vorheriger teilweiser Eindampfung nach konventioneller Analysenvorschrift durch Zusatz von  $\text{BaCl}_2$  gefällt. Das Bariumsulfat wurde abfiltriert und durch Erhitzen mit Fe-Pulver und etwas Zn im Muffelofen unter Schutzgas zu BaS reduziert. Das BaS wurde zu CdS umgefällt und dieses im abgeschmolzenen, evakuierten Quarzglasröhrchen mit  $\text{V}_2\text{O}_5$  zu  $\text{SO}_2$  oxydiert. Bei allen Reaktionen ist auf eine quantitative Umsetzung zu achten. Die Arbeitsweise ist im einzelnen beschrieben bei RICKE (1964).

Die Messung erfolgte an einem Atlas CH-4-Massenspektrometer; zur Auswertung diente eine Digital-Meßanordnung nach NIELSEN (1968). Der Gesamtfehler der einzelnen Messung (im wesentlichen bedingt durch Verfälschung der Probe bei der Präparation) liegt innerhalb  $\pm 0,3\text{‰}$ .

### 4. Ergebnisse

Die Probenahmepunkte sind in Taf. 14 dargestellt. Die im Text aufgeführten chemischen Analysendaten stammen im allgemeinen aus älteren Analysen verschiedener chemischer Untersuchungsanstalten. Die Werte sind damit für die Proben zur S-Isotopenbestimmung nicht unbedingt verbindlich, aber da die chemische Zusammensetzung der Wässer meist recht konstant ist, können diese Daten zumindest als Richtwerte benutzt werden.

Die Mineralwasseranalysen aus Nordhessen sind auf Taf. 15 in Form der bekannten UDLUFF-Kreise dargestellt. Auf eine Darstellung der Mineralwässer von Bad Wildungen wurde verzichtet, es wird auf HÖLTING 1966 verwiesen.

Die Diskussion der Einzelmeßwerte (etwa 120 Messungen) gliedert sich gebietsweise von Norden nach Süden.

#### 4.1. Gebiet nördlich des Kasseler Grabens

In Karlshafen wurde aus dem 36 m tiefen, in Sandsteinen des sm stehenden Brunnens der Kindersolbad GmbH eine Probe entnommen, die – wie erwartet – mit  $10,6\text{‰}$  einen typischen Zechsteinwert ergab.

Proben aus Trendelburg (Quellen am Gehöft Abgunst) und Hofgeismar (Gesundbrunnen) ergaben mit  $14\text{‰}$  Werte, die schon etwas oberhalb des Zechsteinwertes liegen. Hier könnte sich bereits ein gewisser Röt-Einfluß bemerkbar machen; bei der relativ geringen Abweichung kann vielleicht auch an Oberflächeneinflüsse gedacht werden. Auffallend ist, daß diese beiden chemisch sehr unterschiedlichen Mineralwässer einen gleichen  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert haben. Der 151 m tiefe Mineralwasserbrunnen der Molkerei Hofgeismar und der Trinkwasserbrunnen Röddenhof der Stadt Hofgeismar

erbrachten im Gegensatz zum Gesundbrunnen mit  $20,3\text{‰}$  und  $19,7\text{‰}$  Rötwerte. Rötwerte ergaben auch 3 Industriebrunnen im Stadtgebiet von Kassel nördlich des Kasseler Grabens (Kurhess. Milchverwertung  $20,4\text{‰}$ , Henschel, Werk Mittelfeld  $20,4\text{‰}$ , Henschel, Werk Rothenditmold  $20,3\text{‰}$ ) und die Mineralwasserbohrung Westuffeln ( $22,4\text{‰}$ ). Diese Bohrungen haben Mineralwasser in den Sandsteinen der Solling-Folge des Buntsandsteins erschlossen, die hier von Röt bedeckt sind. Der Sulfatgehalt des ausgedehnten Mineralwasservorkommens in den von Röt bedeckten Sandsteinen der Solling-Folge zwischen Hofgeismar, Kassel, Westuffeln, Ehrsten und Oberelsungen (zwischen Borgentreicher Keupermulde und Kasseler Graben) entstammt dem Buntsandstein; eine Zechsteinbeimengung ist nicht nachweisbar und wohl auch nicht in nennenswertem Umfang vorhanden. Offen bleibt die Frage, woher der Cl-Gehalt dieser Wässer ( $100\text{--}200\text{ mg/l}$ ) stammt.

Zwei Proben aus Brunnen im Muschelkalk in Wettelingen und Oberlistingen ergaben mit  $14,3\text{‰}$  und  $12,7\text{‰}$  Werte, die für Muschelkalkeaporite zu niedrig liegen. Bei den relativ geringen Sulfatgehalten ( $138\text{ mg/l}$  und  $102\text{ mg/l}$ ) dieser chemisch im Trinkwasserbereich liegenden Wässer aus dem Muschelkalk kann wohl am ehesten an eine Beimischung anthropogener Sulfate (Düngung usw.) gedacht werden (s. a. Abschnitt 4.4, Quellfassungen Breitau/Ulfe — ähnliche Erfahrungen wurden auch bei Muschelkalkwässern aus der Umgebung von Göttingen gemacht).

In Volkmarsen treten zwei Mineralwässer auf — der seit altersher bekannte Sauerbrunnen am Ostrand des Volkmarsener Grabens und der Brunnen Großer Stadtbruch westlich des Grabens. Beide Mineralwässer sind im Buntsandstein (Solling-Folge) gefaßt. Die Ähnlichkeit ihrer Meßwerte ( $16,5\text{‰}$  und  $14,3\text{‰}$ ) mit denen von Wettelingen und Oberlistingen dürfte rein zufällig sein, denn sehr wahrscheinlich handelt es sich hier um ein echtes (also geogenes) Mischwasser. Aus dem Meßwert können wir keine Rückschlüsse auf die einzelnen Komponenten ziehen, da sowohl Einflüsse des Zechsteins, des Röts und des Muschelkalks in Frage kommen. Bemerkenswert ist jedoch der Unterschied zwischen dem Sulfat der Mineralwässer von Volkmarsen und den typischen Röt wässern mit  $\delta$ -Werten über  $20\text{‰}$  aus dem ausgedehnten Mineralwassergebiet von Kassel-Hofgeismar-Westuffeln.

Das Mineralwasser von Volkmarsen, insbesondere das des Brunnens Großer Stadtbruch, kann nicht einfach als „Randquelle“ der mineralwassererfüllten, rötbedeckten Sandsteine der Solling-Folge am S-Rand der Borgentreicher Keupermulde aufgefaßt werden. Andererseits unterscheidet sich das Mineralwasser von Volkmarsen auch klar von dem in Germete (Franziskus-Quelle), das mit  $11,6\text{‰}$  einen Zechstein-Wert ergab, dieser Unterschied wird auch schon durch die chemische Analyse (höherer NaCl-Gehalt in Germete) deutlich (s. a. DIENEMANN & FRICKE 1961, S. 251—254).

#### 4.2. Gebiet südlich des Kasseler Grabens (Niederhessische Senke)

Im Stadtgebiet von Kassel wurden südlich des Kasseler Grabens Proben aus den an der Fulda gelegenen Wasserwerken Tränkeweg und Domänenwiese der Städt. Werke AG genommen. Die Brunnen beider Werke fördern Wasser aus dem Bunt-

sandstein, und so war mit einer Zechsteinherkunft der Sulfate, evtl. mit gewissem Röt-Einfluß, gerechnet worden. Die  $\delta$ -Werte liegen bei 6,6‰ bis 8,9‰, in einem Bereich, der mit einer Evaporit-Ablaugung nur schwer zu deuten ist. Sie lassen sich vielleicht als Zechstein-Sulfat mit einer gewissen anthropogenen Beimengung interpretieren. Nicht auszuschließen ist auch eine Beteiligung von oxydiertem Pyrit-Schwefel aus dem Tertiär. Ein Röt-Einfluß ist jedenfalls nicht erkennbar.

Südlich des Kasseler Grabens liegen auch die Brunnen

Elgershausen (245 m tief)	16,2‰
Baunatal (220 m tief)	8,1‰
Gudensberg (300 m tief)	19,5‰
Felsberg (238,5 m tief)	12,6‰ (s. RAMBOW 1967).

Diese vier Brunnen erschließen Trinkwasser (kein Mineralwasser!) in den Sandsteinen der Solling-Folge unter Röt- und Tertiär-Bedeckung. Die Sulfatgehalte liegen zwischen 50 und 110 mg/l; die Chloridgehalte sind gering (Felsberg 40 mg/l, sonst um 10 mg/l). Wir hatten hier zunächst Röt- $\delta$ -Werte erwartet, aber nur der Meßwert von Gudensberg liegt noch im Streubereich der Röt-Evaporitwerte. Die anderen Werte sind deutlich niedriger. Da wegen der starken Überdeckung ein anthropogener Einfluß kaum anzunehmen ist, muß man einen Teil des Sulfats entweder aus dem im allgemeinen sehr geringen Sulfatgehalt der tieferen Buntsandstein-Abschnitte herleiten oder wahrscheinlicher aus dem überlagernden Tertiär (oxydierte Pyrite mit Meßwerten um  $-10$  bis  $-30$ ‰). Gegen diese Herleitung scheint zwar die Überdeckung der Sandsteine der Solling-Folge durch Tonsteinhorizonte des Röts zu sprechen, aber vielleicht erfolgt doch ein Zufluß über tektonische Störungen oder über die zahlreichen Basaltschlote.

Ein noch überzeugenderes Beispiel für den Gegensatz der Röt-Werte/Tertiär-Werte finden wir im Bereich Wabern-Fritzlar-Borken. Für den Brunnen der Zuckerfabrik Wabern und für den artesischen Flugplatzbrunnen Fritzlar (RAMBOW 1967, S. 90) ergaben sich mit 20,9 und 22,9‰ eindeutige Röt-Werte. Das Gegenstück bilden die Werte aus dem Brunnen der Preußenelektra in Borken ( $-6,2$ ‰) und Brunnen IV des Wasserwerkes Haarhausen ( $-28,9$ ‰), die beide aus dem Buntsandstein Wasser fördern, wobei die Werte hier aber klar für eine Herkunft der Sulfate aus dem Tertiär sprechen.

#### 4.3. Gebiet Fritzlar, Bad Wildungen, Frankenberg

Zwischen den besprochenen Brunnen im Bereich der Niederhessischen Senke und dem ausgedehnten Mineralwasservorkommen von Bad Wildungen liegen Mineralwasservorkommen, deren Meßwerte für Zechsteinherkunft sprechen:

nördlich Geismar, Donar-Quelle	12,9‰
ungenutzte Bohrung Büra-Berg (SW Fritzlar)	11,1‰
Löwensprudel Zwesten	9,6‰

Die Donar-Quelle entspringt im Bereich des Fritzlar-Naumburger Grabens im Tal der Elbe, die 100 m tiefe Bohrung Büra-Berg steht im Buntsandstein nahe dem Westrand des Tertiärs am südlichen Hang des Edertales. Der Löwensprudel in Zwesten ist in pleistozänen Kiesen am W-Rand der Schwalm-Talaue gefaßt, die Gesteinen des Zechsteins aufliegen.

Alle untersuchten Mineralquellen in Bad Wildungen (Königs-Quelle, Schloßquelle, Johanniter-Quelle, Georg-Victor-Quelle, Helenen-Quelle, Stahl-Quelle, Gemeinde-Quelle) haben negative  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte. Eine Abhängigkeit der Werte von den von HÖLTING (1966) beschriebenen Zonen ist nicht zu erkennen. Die negativen Werte können nur durch eine Herkunft des Sulfats aus der Oxydation von Pyriten aus den gefalteten paläozoischen Schiefen erklärt werden (HÖLTING 1966, S. 45). Inwieweit hierbei auch Mischung mit Wässern aus dem Zechstein vorliegt, kann anhand dieser Messungen nicht entschieden werden. Auffallend ist, daß auch die unmittelbar auf der Randstörung Schiefergebirge/Zechstein gelegene Königsquelle einen negativen  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert ergab. Die Mineralquelle am S-Rand von Frankenberg brachte mit  $6,4\text{‰}$  einen für Zechstein – was ihrer Herkunft wegen erwartet worden war – zu niedrigen Wert. Dieser Wert muß als Mischwasser erklärt werden, wobei der größte Anteil der Sulfate wohl dem Zechstein, ein kleinerer Teil aber dem gefalteten Paläozoikum (oxydierte Pyrite) entstammt.

#### 4.4. Gebiet Hess. Lichtenau, Bebra, Bad Hersfeld, Hünfeld

Eine in Hess. Lichtenau aus einem Betriebsbrunnen der Fa. Fröhlich & Wolf (146 m tief, Keuper) entnommene Probe ergab, wie erwartet, mit  $15,9\text{‰}$  einen Wert, der innerhalb des Streubereiches der Keuper-Evaporite liegt.

Zechstein-Werte ergaben wieder – wie erwartet – die Mineralwässer von:

Malsfeld (Fa. Vietmeyer, 50 m tief, Buntsandstein)	11,4 $\text{‰}$
Beiseförth (Wildsberg-Quelle, 50 m tief, Buntsandstein)	11,4 $\text{‰}$
Nausis (ungenutzte, artesische Bohrung am südlichen Ortsrand, Bröckelschiefer)	11,2 $\text{‰}$

Siehe auch Taf. 15 und beachte die chemische Ähnlichkeit des Zechsteinwassers aus Nausis mit dem Rötwater von Wabern.

Bei Breitau/Ulfe wurden zwei Proben aus Quelfassungen im Muschelkalk genommen (Sulfatgehalte 156 und 122 mg/l, Cl 15 mg/l, kein Mineralwasser). Die Werte liegen mit  $14\text{‰}$  und  $12,1\text{‰}$  deutlich unterhalb des Bereiches für Muschelkalk-Evaporite, so daß vermutlich genau wie bei den Trinkwasserbrunnen Wettesingen und Oberlistingen an einen anthropogenen Einfluß (Düngung) gedacht werden muß (s. S. 358). Zufluß aus dem Zechstein ist jedenfalls aus geologischen Gründen recht unwahrscheinlich.

Der Brunnen der Molkerei Bebra steht in Gesteinen des Unteren Buntsandsteins. Sein nur mäßig mineralisiertes Wasser ( $7,7^\circ$  dH bleibende Härte) ergab einen Wert



von 5,3‰. Auch bei diesem innerhalb der Ortslage gelegenen Brunnen muß wohl an anthropogene Einflüsse gedacht werden.

Die alte artesische Tiefbohrung am Westrand von Breitenbach/Fulda (angesetzt im Unteren Buntsandstein, bis zum Zechstein hinabreichend), die etwa 4 km östlich Bad Hersfeld an der BAB gelegene Mineralquelle Breitzbachsmühle (im Unteren Buntsandstein, im Bereich des Salzhanges) und der „Salzborn“ an der B 27 bei Rothenkirchen (Mittlerer Buntsandstein) ergaben mit 11,3‰, 12,5‰ und 13,1‰ — wie nach dem chemischen Charakter der Wässer zu erwarten — Zechsteinwerte.

In Bad Hersfeld haben der Vitalis-Brunnen und der neue Lullus-Brunnen, die beide aus dem Plattendolomit des Zechsteins ein Na-Ca-Cl-SO<sub>4</sub>-Wasser fördern, mit 11,4‰ und 11,3‰ Zechstein-Werte. Der alte Lullus-Brunnen hat einen anderen Chemismus, er fördert ein Na-Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Wasser, das wahrscheinlich aus dem Unteren Buntsandstein zufließt. Auch sein S-Isotopen-Verhältnis ist mit 15,1‰ deutlich verschieden von den beiden anderen Mineralbrunnen, wobei der höhere <sup>34</sup>S-Anteil vielleicht von Sulfaten des Unteren Buntsandsteins stammt. Da bislang noch keine weiteren Meßwerte aus dem Unteren Buntsandstein vorliegen, muß die Klärung dieser Frage vorläufig zurückgestellt werden.

In Hünfeld ergab eine Probe aus dem Brunnen an der Großenbacher Straße (121 m tief, Röt u. Solling-Folge, 800 mg SO<sub>4</sub>/l, 20 mg Cl/l), wie zu erwarten, einen Rötwert (23,1‰). Auch in Ransbach (Kreis Hersfeld) brachten zwei Proben (altes Bohrloch IV, 24‰ und Dränrohr südlich Ransbach 22,9‰) Röt-Werte. Bei dem Dränrohr südlich Ransbach war zu erwarten gewesen, daß es sich um ein von Röt beeinflusstes Wasser handelt. Doch auch das alte Bohrloch, das in den Zechstein hinabreicht, hat offensichtlich seinen wesentlichen Zulauf aus dem Röt (bzw. der Solling-Folge). Die anderen beiden in Ransbach gemessenen Werte dürften stark anthropogen beeinflusst sein.

#### 4.5. Werra-Kali-Gebiet

Im Gebiet Widdershausen/Leimbach (Werratal) wurden 5 Proben genommen, deren Werte zwischen 7,8‰ und 10,3‰ liegen. Bei allen 5 Entnahmepunkten handelt es sich um sehr hoch mineralisierte Wässer (1,7 bis über 30 g Cl/l). Die Werte müssen als Zechsteinherkunft interpretiert werden, liegen jedoch charakteristisch tiefer („leichter“) als in Breitenbach, Hersfeld und Rothenkirchen und sind damit typisch für Evaporit-Sulfat der K-Mg-Fazies (s. S. 354).

Die Waschwässer der Kali-Industrie kommen nun bevorzugt mit Sulfat dieser bergbaulich gewonnenen „späten“ Evaporite in Berührung. Eine im Rahmen dieser Arbeit untersuchte „Kali-Endlauge“ zeigt z. B. einen Wert von 9,8‰. Es lag deshalb nahe, die S-Isotopenverteilung zur Unterscheidung zwischen natürlicher Evaporitablaugung und in den Untergrund eingedrückten Kali-Endlaugen heranzuziehen. Die 5 Proben aus Widdershausen/Leimbach stammen aus diesem Testprogramm und sprechen nach dem heutigen Stand unseres Wissens für die Herkunft aus solchen Endlaugen. Zu klären ist allerdings die Frage, ob sich auch bei natürlicher Abblaugung und bei bevorzugter Entnahme aus carnallitreichen Evaporithorizonten eine ähnliche Vormacht des leichten Schwefels in der Sole einstellen würde.

## 4.6. Südlicher Vogelsberg und Kinzig-Gebiet

Zechsteinwerte ergaben folgende Wässer:

Bad Salzschlirf, Bonifatius-Brunnen, 48 m, Buntsandstein	11,4 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Salzschlirf, Kurhaus-Brunnen, 209 m, Buntsandstein	11,0 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Kerzell, Brunnen 1, 100 m, Buntsandstein	11,0 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Soden-Salmünster, König-Heinrichssprudel, 538 m, su—z	11,0 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Orb, Martinus-Quelle	10,6 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Soden/Spessart, Echterquelle	8,8 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Büdingen, Stahl-Quelle	8,3 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Selters a. d. Nidder, Benediktus-Sprudel, 56 m, z	10,2 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>

und verschiedene Mineralquellen in Bad Salzhausen (11,3<sup>0</sup>/<sub>00</sub> bis 12,7<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, Schwefelquelle 15,2<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, H<sub>2</sub>S führend, daher „schwerer“).

Die Gemeindebrunnen von Elm (77 m) und Sannerz (90 m), die beide im Buntsandstein stehen und nur ein sehr schwach mineralisiertes Wasser (69 mg SO<sub>4</sub>/l und 30 mg SO<sub>4</sub>/l) fördern, ergaben mit 6,8<sup>0</sup>/<sub>00</sub> und 4,9<sup>0</sup>/<sub>00</sub> Werte, die nicht auf abgelaugte Evaporite zurückgeführt werden können. Hier muß wohl an einen anthropogenen Einfluß gedacht werden.

Der Rhön-Sprudel in Weyers fördert ein Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Mineralwasser. Es ergab mit 3,4<sup>0</sup>/<sub>00</sub> einen Wert, der gleichfalls für abgelaugte Evaporite „zu leicht“ ist; hierbei sollte nicht in erster Linie an anthropogene Sulfate gedacht werden; der relativ geringe Sulfatgehalt (41,2 mg/l = 7,63 mval%) könnte evtl. einem Basaltgang oder aber Sulfiden paläozoischer Schichten im tieferen Untergrund entstammen.

## 4.7. Wetterau

Zwischen der Linie Bad Salzhausen–Büdingen–Soden/Spessart im Osten und der Bäderlinie Nauheim–Homburg–Wiesbaden im Westen, also zwischen dem Basalt des Vogelberges und dem Rheinischen Schiefergebirge liegen in der Wetterau westlich des Rotliegenden von Windecken–Altenstadt einige Mineralquellen, die sich in ihrem chemischen Charakter von denen im Osten und denen im Westen (Schiefergebirgsrand) unterscheiden (s. HÖLTING, in diesem Band).

In diesem „Zwischengebiet“ der Wetterau wurden folgende Werte ermittelt:

Grund Schwalheim, Römer-Brunnen	15,2 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Staden, Stadener Säulerling	11,4 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Dorheim, Stein-Quelle	5,7 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Dorheim, Fortuna-Quelle	4,1 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Dorheim, Germania-Quelle	10,9 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Schwalheim bei Bad Nauheim, Löwenquelle	13,0 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Nieder-Roßbach, Roßbacher Brunnen	– 5,5 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Großkarben, Ludwigsbrunnen	15,5 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Gronau, Friedrich-Karl-Sprudel (287 m)	10,2 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Vilbel, Hassia-Quelle (323 m, Zulauf in 120 m, Rotliegendes)	0,7 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>

Im weiteren Sinne sind hinzuzurechnen die Kaiser-Friedrich-Quelle in Offenbach (16,2<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) und evtl. eine 25 m tiefe Bohrung (Hydrobien-Schichten) am Hauptbahnhof in Frankfurt (15,7<sup>0</sup>/<sub>00</sub>), obwohl letztere schon dem Tertiär des nördlichen Oberrheingrabens angehört.

Bei allen Wässern der Wetterau scheint es sich um Mischwässer zu handeln, wobei an folgende Herkunft der Sulfate gedacht werden kann:

1. von Osten eingewanderte Zechsteinwässer
2. oxydierte Sulfide des Tertiärs der Wetterau
3. Sulfate des Rotliegenden
4. oxydierte Sulfide des gefalteten Paläozoikums des tieferen Untergrundes;

außerdem ist es in Einzelfällen auch möglich, daß der S-Isotopen-Wert durch Sulfat-reduktion beeinflusst ist.

Das Beispiel dieser Mineralwasser-Gruppe zeigt die Grenzen der Methode: je mehr Faktoren auf das S-Isotopen-Verhältnis des Sulfats eines Mineralwassers eingewirkt haben, um so schwieriger und auch unsicherer wird die Deutung des Meßergebnisses. Trotzdem sind die Messungen nicht wertlos. Es kann z. B. gesagt werden, daß der Sulfatgehalt des Roßbacher Brunnens (13,16 mg/l, 1,35 mval%) und derjenige der Hassia-Quelle (35,8 mg/l, 1,55 mval%) sicher nicht von abgelaugten Evaporiten stammt. Auch bei den Mineralquellen in Dorheim ist eine solche Herkunft unwahrscheinlich.

#### 4.8. Taunusrand

Am Taunusrand wurden folgende Mineralquellen gemessen:

Bad Nauheim, Großer Sprudel	11,4 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Homburg, Sool-Sprudel	17,2 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Homburg, Landgrafen-Quelle	9,5 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Soden/Ts., Quelle XXVII	9,6 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Soden/Ts., Quelle IV	9,8 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Wiesbaden, Kochbrunnen	10,1 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Eltville, Salzborn	12,9 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Kiedrich, Virchow-Quelle	12,5 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Aßmannshausen	13,4 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>

Diese relativ einheitliche Gruppe (Ausnahme Homburg, Sool-Sprudel) ist durch ihr S-Isotopenverhältnis von den Mineralwässern der Wetterau, wie auch von den unten angeführten „Tertiärwässern“ klar unterschieden. Die Meßwerte passen zu der von manchen Bearbeitern vermuteten Herkunft der Wässer aus dem Zechstein-Salzgebiet Neuhof-Fulda-Werra (MICHELS 1926 u. 1966 u. a.), doch ergibt sich für ihre Deutung folgende Problematik: Wie wir aus den Arbeiten von MÜLLER, NIELSEN & RICKE (1966) sowie NIELSEN (1967) wissen, haben die Sulfate der unteroligozänen Kalisalze im südlichen Rheintalgraben und auch die Formationswässer der  $\pm$  gleichaltrigen Pechelbronner Schichten in einigen Bohrungen des nördlichen Rheintal-

grabens  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte um 10–13‰. Diese Werte passen absolut nicht zum normalen  $\delta$ -Bereich des tertiären marinen Sulfatschwefels und auch nicht zu den Werten, die NIELSEN 1967 aus der Bohrung Heitersheim 2 für Sedimente über und unter dem Kalilager gibt.

Inzwischen liegen weitere Meßfahrten aus anderen Grabengebieten vor, die das Bild offensichtlich noch komplizierter machen. Wir können deshalb zur „Zechstein“-Zuordnung der Taunusrand-Wässer zunächst nicht Stellung nehmen.

Wässer aus dem Tertiär des Oberrheingrabens liefern außerordentlich unterschiedliche  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte, was auf den differenzierten Schichtenaufbau und die teilweise komplizierte Geschichte der im Grundwasser gelösten Sulfate hinweist. Neben der Evaporitablaugung spielt hier sicherlich die Oxydation von Sulfiden eine wesentliche Rolle; außerdem führt die weitverbreitete bakterielle Sulfatreduktion ( $\text{H}_2\text{S}$ -Bildung) zu einer weiteren Komplizierung des Bildes.

Es wurden zwei „typische Tertiärwässer“ gemessen:

Geisenheim, Echterquelle	20,6‰
Niederwalluf, Waldaffaquelle	20,0‰

Diese beiden Wässer unterscheiden sich hydrochemisch von den Taunusrand-Wässern insbesondere durch einen geringeren Cl-Gehalt und einen höheren  $\text{SO}_4$ -Gehalt.

Weitere „Tertiärwässer“ wurden in einem gemeinsam mit Herrn Dr. K. E. HEYL, Mainz, gemessenen Programm bestimmt, hierüber wird gesondert berichtet werden.

## 5. Zusammenfassung

$\delta^{34}\text{S}$ -Messungen am Sulfat von Mineralwässern und anderen Grundwässern (Süßwässern) in Hessen haben gezeigt, daß die S-Isotopenverteilung in vielen Fällen Aussagen über die Herkunft des Sulfatgehaltes dieser Wässer erlaubt, bzw. die aus geologischen und hydrochemischen Gründen angenommene Herkunft des Sulfates bestätigt. In manchen Fällen sind die Meßwerte allerdings auch unspezifisch oder gestatten nur Teilaussagen. Wie zu erwarten, ist die Untersuchung des S-Isotopenverhältnisses des in einem Grundwasser gelösten Sulfats allein kein Weg, die Herkunft des Sulfatgehaltes oder gar der Gesamtmineralisation zu ermitteln. Die S-Isotopenuntersuchung ist jedoch geeignet, andere geochemische Methoden zu ergänzen.

In Nordhessen war in den meisten Fällen eine Interpretation des  $\delta^{34}\text{S}$ -Wertes möglich. Hier boten sich meist nur 3 Möglichkeiten der Sulfatherkunft an, die klar voneinander trennbare Werte liefern: Herkunft von den Evaporiten des Zechsteins, von den Evaporiten des Röts oder aber aus oxydierten Sulfiden des Tertiärs oder des gefalteten Paläozoikums. Außerdem sind in Nordhessen praktisch alle Wässer  $\text{H}_2\text{S}$ -frei, da für eine Sulfatreduktion die Voraussetzungen fehlen. Eine — meist wohl bakterielle — Sulfatreduktion ist stets mit einer Isotopenfraktionierung verbunden und verändert dadurch den  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert im Rest-Sulfat, so daß die Sulfatherkunft nicht mehr erkannt werden kann. Da im Oberrheingraben Sulfatreduktion sehr häufig ist, scheidet zumeist S-Isotopenbestimmung als Hilfsmittel zur Klärung der Sulfat-Herkunft im Grundwasser aus. Im Tertiär des Oberrheingrabens erschwert außerdem die doppelte Herkunft des Sulfatgehaltes — aus Evaporiten des Tertiärs und aus oxydierten Sulfiden des Tertiärs — die Deutung der Meßwerte.

## Schriftenverzeichnis

- BUSCHENDORF, FR., NIELSEN, H., PUCHELT, H. & RICKE, W.: Schwefel-Isotopen-Untersuchungen am Pyrit-Sphalerit-Baryt-Lager Meggen/Lenne (Deutschland) und an verschiedenen Devon-Evaporiten. — *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **27**, S. 501—523, Oxford usw. 1963.
- CARLÉ, W.: Rezente und fossile Mineral- und Thermalwässer im Oberrheintalgraben und seiner weiteren Umgebung. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, **40**, S. 77—105, Stuttgart 1958.
- DESSAU, G., JENSEN, M. L. & NAKAI, N.: Geology and Isotopic Studies of Sicilian Sulfur Deposits. — *Econ. Geol.*, **57**, S. 410—438, New Haven 1962.
- DIENEMANN, W. & FRICKE, K.: Mineral- und Heilwässer Peloide und Heilbäder in Niedersachsen und seinen Nachbargebieten. — *Geol. u. Lagerst. Niedersachsens*, **5**, 5. Abt., 476 S., Göttingen-Hannover 1961.
- ERIKSSON, E.: The Yearly Circulation of Sulfure in Nature. — *J. Geophys. Res.*, **68**, S. 4001—4008, 1963.
- HÖLTING, B.: Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **53**, 59 S., 7 Abb., 9 Tab., Wiesbaden 1966.
- Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **97**, S. 333—351, Wiesbaden 1969.
- JENSEN, M. L.: Biogenic Sulfur and Sulfide Deposits. — *Biogeochemistry of Sulfur Isotopes*. National Science Foundation, Symposium 1962 New Haven, Conn. (Yale University).
- MATTHES, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **35**, 85 S., 31 Tab., Wiesbaden 1961.
- MICHEL, FR.: Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus. — *Natur u. Museum*, **56**, *Ber. d. Senckenb. Naturf. Ges.*, S. 225—235, Frankfurt a. M. 1926.
- Die Wiesbadener Mineralquellen. — *Jb. nass. Ver. Naturk.*, **98**, S. 17—54, Wiesbaden 1966.
- MÜLLER, G., NIELSEN, H. & HOEFS, J.: Schwefel-Isotopen-Untersuchungen an Evaporiten der Kreuznacher Gruppe (Zechstein?) im Saar-Nahe-Gebiet. — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1966, S. 745—750, Stuttgart 1966.
- MÜLLER, G., NIELSEN, H. & RICKE, W.: Schwefel-Isotopen-Verhältnisse in Formationswässern und Evaporiten Nord- und Süddeutschlands. — *Chemical Geol.* **1**, S. 211—220, Amsterdam 1966.
- NIELSEN, H.: Schwefelisotope im marinen Kreislauf und das  $\delta^{34}\text{S}$  der früheren Meere. — *Geol. Rdsch.*, **55**, S. 160—172, Stuttgart 1965.
- Sulfur Isotopes in the Rhinegraben Evaporite Sulfates. — *Abh. geol. L.-A. Baden-Württemberg*, **6**, S. 27—29, 4 Abb., Freiburg i. Br. 1967.
- Data Handling in Precise Isotope Ratio Research. — *Advances in Mass Spectrometry*, **4**, S. 267—274.
- NIELSEN, H. & RICKE, W.: Schwefelisotopenverhältnisse von Evaporiten aus Deutschland, ein Beitrag zur Kenntnis von  $\delta^{34}\text{S}$  im Meerwasser-Sulfat. — *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **28**, 1964, S. 577—591, Oxford usw. 1964.
- PUCHELT, H. & NIELSEN, H.: Untersuchungen über die Verteilung der Schwefelisotope in den Grubenwässern des Ruhrreviers. — *Glückauf-Forschungshefte*, 28. Jahrg., **6**, S. 303—310, 4 Abb., Essen 1967.
- RAMBOW, D.: Die Solling-Folge und der untere Röt (Buntsandstein) in der Niederhessischen Senke. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**, S. 83—101, 2 Abb., Wiesbaden 1967.
- RICKE, W.: Präparation von Schwefeldioxid zur massenspektrometrischen Bestimmung des Schwefel-Isotopen-Verhältnisses  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$  in natürlichen Schwefelverbindungen. — *Z. anal. Chem.*, **199**, S. 401—413, Berlin usw. 1964.
- SOBOTH, E.: Eine neu erbohrte Mineralquelle in Frankenberg/Eder. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, 1956, **108**, S. 100—104, 3 Abb., Hannover 1956.

- WAGNER, W.: Die Lagerungsverhältnisse am Westufer des Mainzer Beckens bei Kreuznach und die Kochsalzquellen von Bad Kreuznach und Bad Münster am Stein. — Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-A. f. 1923, (V) 6, S. 76—163, Darmstadt 1924.
- Wanderwege von kochsalzhaltigen Wässern im nördlichen Mainzer Becken und an seinen Rändern. — Jb. Nass. Ver. Naturk., 99, S. 27—42, Wiesbaden 1968.

Manuskript eingegangen am 21. 4. 1969

## Zur Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St.

Von

**BERNWARD HÖLTING**, Wiesbaden

Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

**Kurzfassung:** Analysen von Mineralwasservorkommen zwischen Oberrhein- und Saargebiet werden aufgrund von nach Äquivalentgewichten errechneten Ionenverhältnissen miteinander verglichen. Die Mineralwässer der nördlichen Pfalz stammen aus dem Saar-Karbon; es handelt sich bei ihnen um sulfatreduzierte Muschelkalkwässer Lothringens. Das Mainzer Becken stellt hydrochemisch eine isolierte Einheit dar.

### Inhalt

1. Geologische Übersicht . . . . .	367
2. Die Mineralquellen in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. . . . .	368
3. Die Mineralwasservorkommen zwischen dem nördlichen Oberrhein- und dem Saargebiet . . . . .	371
4. Folgerungen . . . . .	373
5. Zusammenfassung . . . . .	376
Schriftenverzeichnis . . . . .	377

### 1. Geologische Übersicht

(Abb. 1)

Am Nordostrand des nordpfälzischen Berglandes, unmittelbar vor dem Abbruch zum Mainzer Becken, liegen im Nahe-Tal die Badeorte Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. Das nordpfälzische Bergland wird nördlich durch den Hunsrück mit unterdevonischen Tonschiefern und Quarziten, südlich durch den Pfälzer Wald mit Buntsandsteinschichten begrenzt. Geologisch gliedert es sich in einen nördlichen Teil, der Nahe-Mulde mit Oberrotliegend-Schichten, und einen südlichen Teil, dem Aufbruch des Pfälzer Sattels mit Unterrotliegend-Schichten. Sattel und Mulde gehen im Südwesten vom Oberkarbon des Saargebietes aus und streichen parallel in variskischer SW-NE-Richtung. Unter- und Ober-Rotliegendes bestehen vorwiegend aus terrestrischen Sedimenten, nämlich wechselnd sandigen Schiefertönen, Arkosen und Sandsteinen. Dieser Serie sind Eruptionsgesteine (Porphyre und Melaphyre) zwischengeschaltet, Zeugen eines Vulkanismus während der Permzeit.

Nahe-Mulde und Pfälzer Sattel brechen an einer tiefgreifenden, NNW-SSE gerichteten Störung am Westrand des Mainzer Beckens ab.

Das Becken wurde mit Beginn der Einsenkung im Mitteloligozän von mächtigen Ton-/Sandablagerungen mit Kalken und Mergeln erfüllt. Es endet östlich an der Oberrheingraben-Randstörung, die rheinisch in NNE-SSW-Richtung streicht. Der Oberrheingraben selbst ist von mehreren 100 m mächtigen, jungen pleistozänen Rheinablagerungen über den älteren Schichtfolgen erfüllt, welche gegenüber denen im Mainzer Becken stark abgesunken sind.

## 2. Die Mineralquellen in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St.

Am Westrand der Kreuznacher Bucht, einer Ausbuchtung des Mainzer Beckens, auf der NW-Flanke des Pfälzer Sattels treten die Mineralwässer von Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. aus, in verschiedenen Veröffentlichungen (LASPEYRES 1867/68, W. WAGNER 1924, 1934, 1938, 1968) eingehend beschrieben. Das Mineralwasser dringt auf überwiegend Nord-Süd gerichteten, untergeordnet auch nordwest-südöstlichen und nahezu westöstlichen (GEIB 1952) Störungszonen in den Porphyren im und am Rande des Nahe-Tales auf. Die Quellen sind teils flach gefaßt, teils durch Bohrungen von maximal 200 m Tiefe (z. B. Brunnen 7 Teodorshalle, Bäder-Quelle) gefaßt.

Die Quellwasserspiegel liegen 1–2 m über dem Nahe-Wasserspiegel, etwa auf 105 m über NN. Alle Quellen (und Brunnen) stehen miteinander in hydraulischer Verbindung. Infolgedessen wechseln zuweilen die Salzgehalte, da weniger mineralisierte Wässer beigezogen werden können. Untersuchungen über längere Jahre hinweg haben jedoch eine annähernde Konstanz der Salzgehalte ergeben. Die Gesamtergiebigkeit (durch Pumpen oder über frei auslaufende Quellen) ist allein in Bad Kreuznach nach WAGNER (1924) mit 1,4 Mio. m<sup>3</sup> Salzwasser pro Jahr anzunehmen. Der dabei mitgeführte Kochsalzgehalt wird auf 9300 t Kochsalz (gleich einem Würfel mit einer Kantenlänge von 16,7 m) und 50 t Brom veranschlagt. Diese hohe Kochsalzförderung bildet auch die Grundlage für die in Gradierwerken betriebene Salzgewinnung. – Die Schüttung ist abhängig vom Grundwasserstand.

Die Quellwassertemperaturen wechseln zwischen 12° und 30,6° C. Die wärmste Quelle in Bad Münster a. St. ist die Rheingrafenquelle (30,6° C), während in Bad Kreuznach die Temperaturen etwas niedriger sind (Teodorshalle als wärmste Quelle mit 24,4° C). Die mittlere Jahres-Lufttemperatur beträgt in Bad Kreuznach 9,6° C, so daß sich für die Mineralwässer bei einer angenommenen geothermischen Tiefenstufe von 1° C/30 m Aufstiegswege von mindestens 700 m ergeben.

Besonders kennzeichnend sind die chemischen Verhältnisse. Bei einer Konzentration bis 228 mval (oder rund 13,6 g/l Lösungsinhalt) sind die Wässer auf der Kationenseite reich an Natrium und auch verhältnismäßig reich an Calcium. Bei den Anionen herrschen die Chloride vor. Ein Sulfatanteil ist zwar vereinzelt vorhanden, aber nur sehr gering, und fehlt überwiegend. Unter den Quellgasen dominiert nicht wie sonst häufig die freie Kohlensäure (um 3%), sondern Methan (bis 28%) und Stickstoff (68–70%). Für die Rheingrafenquelle gibt WAGNER (1968) eine Gasmenge



von 50–60 m<sup>3</sup>/t an. Kennzeichnend ist schließlich die relativ hohe Radioaktivität der Mineralwässer (in Gasen z. T. Radon, WAGNER 1938), verursacht durch Lösung beim Aufstieg in den Porphyren.

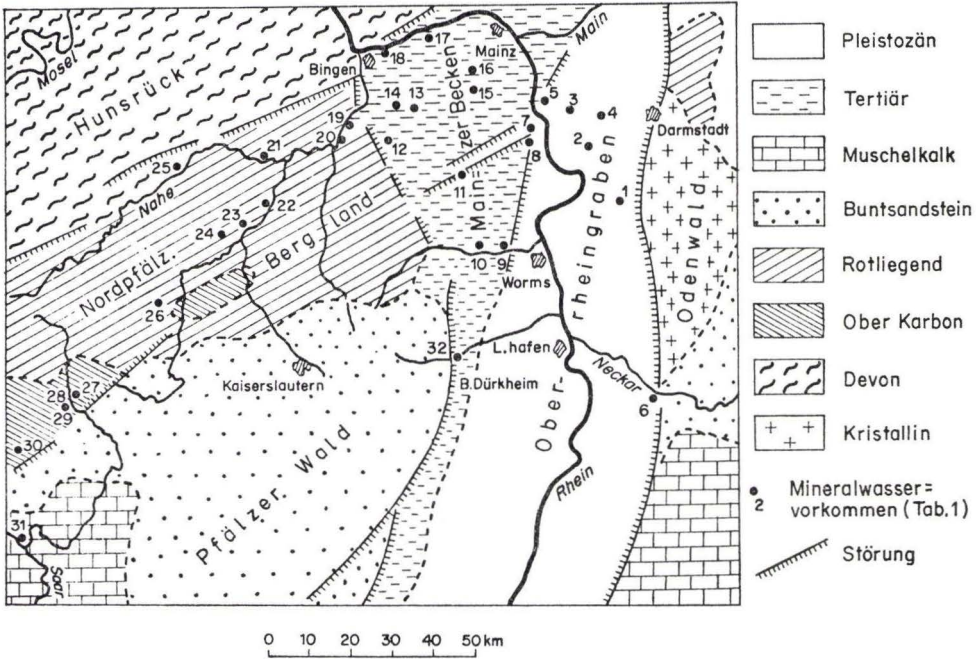


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte und Mineralwasservorkommen zwischen nördlichem Oberrheingraben und Saargebiet. Die eingetragenen Zahlen beziehen sich auf die Nr. in Tab. 1.

LASPEYRES (1867/68) stellte als erster Überlegungen zur Herkunft der Salzgehalte an und glaubte, daß sie durch aufsteigende Thermalwässer aus den Melaphyren herausgelöst werden. Diese Deutung widerlegte WAGNER (1924), zumal derartige Salzmenge wohl kaum aus den Eruptivgesteinen kommen können, worauf später auch DELKESKAMP (1924) hinwies. Die Mineralgehalte der Kreuznacher Wässer sind allein auf Zuwanderungen von Salzwässern zurückzuführen. Nach WAGNER (1924, 1968) erfolgen diese Zuflüsse aus dem Tertiär im nördlichen Oberrheingraben, wo Salzwässer sehr ähnlicher Zusammensetzung verbreitet sind. Von den an Bitumina reichen Tertiärfolgen sollen auch das in den Kreuznacher Wässern enthaltene Methan sowie der Br- und J-Anteil ausgehen.

Bei Ölaufschlußbohrungen in Mainzer Becken ergab sich nun die Möglichkeit, die Wässer auch größerer Tiefen chemisch zu untersuchen. Die Wintershall AG, Kassel, stellte dem Verf. freundlicherweise Analysenergebnisse zur Verfügung, für die an dieser Stelle nochmals gedankt sei. Von der Bohrung Olm 1 (HABICHT 1966) liegen Untersuchungsergebnisse aus 2 Tiefen vor, wobei die Wasserprobe aus der größeren Tiefe während eines Packer-Testes gewonnen wurde.

Probe 1: Teufe 1369,0—1367,5 m Rotliegend (Obere Waderner Schichten)

Entnahme: 23. 3. 1958

Analyse: Wintershall A.G., Barnstorf (Laborbericht Nr. 379)

pH 7,3

Abdampfrückstand 126,900 g/l

Kationen:

Na	44476 mg/l	1930 mval	93,0 mval %
K	102 „	3 „	0,1 „
Ca	2325 „	116 „	5,6 „
Mg	319 „	26 „	1,2 „
Fe	101 „	4 „	0,1 „
		<hr/>	<hr/>
		2079 mval	100,0 mval %

Anionen:

Cl	71269 mg/l	2010 mval	97,6 mval %
SO <sub>4</sub>	1872 „	39 „	1,9 „
HCO <sub>3</sub>	537 „	9 „	0,5 „
Br	26 „	—	—
		<hr/>	<hr/>
		2058 mval	100,0 mval %

Probe 2: Packer-Test 2937,1—3068,2 m Rotliegend (Untere Kuseler Schichten)

Entnahme: 21. 3. 1958

Analyse: Wintershall A.G., Barnstorf (Laborbericht Nr. 421)

pH 7,6

Abdampfrückstand 231,734 g/l

Kationen:

Na	85928 mg/l	3736 mval	97,2 mval %
K	1555 „	40 „	1,0 „
Ca	1243 „	62 „	1,6 „
Mg	26 „	2 „	0,1 „
Fe	112 „	4 „	0,1 „
		<hr/>	<hr/>
		3844 mval	100,0 mval %

Anionen:

Cl	131190 mg/l	3700 mval	97,9 mval %
SO <sub>4</sub>	2688 „	56 „	1,5 „
HCO <sub>3</sub>	1366 „	22 „	0,6 „
Br	27 „	—	—
		<hr/>	<hr/>
		3778 mval	100,0 mval %

Auch die Wässer aus dem tieferen Untergrund des Mainzer Beckens zeichnen sich durch einen hohen Kochsalzgehalt aus. Im Gegensatz zu den in den Kreuznacher Quellen austretenden Mineralwässern enthalten sie jedoch in deutlich feststellbarer Menge Sulfate. Während deren Gehalte in Bad Kreuznach 0–0,02 mval %, maximal (Beustquelle) 0,18 mval % betragen, weisen die Wässer des Mainzer Beckens auch in größerer Tiefe noch Gehalte von 1,5–1,9 mval % auf. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß der Ca-Anteil in Bad Kreuznach wesentlich höher (15–17 mval %) als im Wasser der Bohrung Olm I (1,6–5,6 mval %) ist.

Deshalb ist nun erneut die Frage nach der Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. aufzuwerfen, da es schwer erklärlich ist, daß unter der Annahme eines Zuwanderns aus dem Oberrheingraben der fehlende oder geringe Sulfatanteil zunächst unter dem Mainzer Becken ergänzt und beim Aufstieg auf der Randstörung des Pfälzer Sattels wieder abnehmen soll. SCHWILLE (1955a) und CARLÉ (1958) hielten eine Herkunft der Kreuznacher Wässer von Westen bis Südwesten zumindest für ebenso wahrscheinlich, da dort in den kohleführenden Oberkarbon-Schichten des Saargebietes reduzierte (sulfatarme bis sulfatfreie) Muschelkalk-Salinarwässer Lothringens (SEMMLER 1952a, 1952b) auftreten. Die Frage der Herkunft wird am geeignetsten durch Vergleich der Analysen von Mineralwässern zwischen Oberrheingraben- und Saargebiet zu untersuchen sein, um dem Weg der Salzwässer zu folgen.

### 3. Die Mineralwasservorkommen zwischen dem nördlichen Oberrhein- und dem Saargebiet

Zum regionalen Vergleich der chemischen Verhältnisse wurden die Mineralwasservorkommen zwischen dem nördlichen Oberrhein- und dem Saar-Gebiet in der Tab. I zusammengestellt, ihre Lage ist der Abb. 1 zu entnehmen. Da sich die Mineralwässer in erster Linie durch die Verteilung der Anionen unterscheiden und diese keinem Ionenaustausch unterliegen (SCHWILLE 1955b), wird eine eingehende Untersuchung der Gehalte an Hydrogenkarbonaten, Chloriden und Sulfaten genügen. Zum angestrebten Vergleich werden nach ihren Äquivalentgewichten jeweils folgende Ionenverhältnisse errechnet:

1. das Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis (HS-V)  $\text{HCO}_3 : (\text{Cl} + \text{SO}_4)$ ,
2. das Salinarverhältnis (S-V)  $\text{Cl} : \text{SO}_4$ .

Ergänzend werden die Anionen-mval-Summen als Maß der Konzentration sowie die Angabe der Wassertemperaturen zugefügt.

Im nördlichen Oberrheingraben (Analyse 1–6) zeichnen sich die Mineralwässer durch geringe Hydrogenkarbonatgehalte (= niedrige Verhältniszahlen) und hohe Chlorid-Vormacht (= hohe Verhältniszahlen) aus; Sulfate fehlen überwiegend. Die Sulfatarmut wird heute allgemein auf bakterielle Sulfatreduktion im anaeroben Milieu bitumenreicher Tertiärschichten zurückgeführt. Die Chloridgehalte werden durch Lösungen miozäner Salze (WAGNER 1924) verursacht. Vielleicht handelt es sich aber z. T. auch um fossile tertiäre Meerwässer (konstate Wässer, CARLÉ 1958). Die Konzentrationen sind überwiegend hoch bis sehr hoch (größer als 100 mval).

In den am Westrand des Grabens auf der Randstörung bei Nierstein und Oppenheim (Analyse 7–8) austretenden Mineralwässern nimmt der Hydrogenkarbonatgehalt gegenüber den Salinaranteilen relativ zu. Vor allem aber geht die Chloridvormacht verloren, und zwar um so mehr, je weiter das Vorkommen vom Grabenrand entfernt liegt. Dabei ist es nicht wahrscheinlich, daß die relative Sulfatzunahme durch den oberflächennahen Quellaustritt (anthropogen) bedingt ist, da auch die sulfat-

armen Wässer im Oberrheingraben selbst örtlich (z. B. Gut Hohenaue, Analyse 5) oberflächennah verbreitet sind, und eine mit der Tiefe noch zunehmende Gesamt- (Sulfat-) Härte (z. B. zwischen Oppenheim und Gimbsheim, STEUER 1907) festgestellt wurde. Deshalb und wegen der geringeren Konzentration liegt der Verdacht nahe, daß vom Grabengebiet durch die Randverwerfung so wenig Salzwasser übertritt, daß die Überprägung durch Sulfatwässer aus dem Tertiär oder/und Rotliegend-Schichten dominiert.

Gleiches zeigt sich, wenn man die Mineralwässer im Mainzer Becken (Analyse 9–18) vergleicht. So hatte die Bohrung Pfeddersheim (STEUER 1907) nach Erreichen ihrer Endteufe (310 m) ein zwar schwach konzentriertes, aber doch noch etwas chloridreicheres Mineralwasser erschlossen. Die nur wenig westlich davon gelegene Bohrung Monsheim mit artesischem Auftrieb bis 3,5 m über Gelände traf in einer Tiefe von 532–539 m ein Wasser mit nahezu ausgeglichenem Chlorid-Sulfat-Verhältnis an. Daß das Wasser aus dieser Tiefe stammt, zeigt die erhöhte Temperatur von 39 °C.

Andere Mineralwässer im Mainzer Becken haben die für das Mainzer Becken typischen (SCHWILLE 1953) hohen Hydrogenkarbonatgehalte und ebenfalls ausgeglichene Chlorid-Sulfat-Verteilungen, und zwar nicht nur die Wässer aus dem Rotliegenden, sondern am Nordrand auch die aus den Unterdevonschichten (Analyse 17–18). In der schon erwähnten Bohrung Olm 1, die fast bis zur Basis der Rotliegend-Abfolge (HABICHT 1966) niedergebracht wurde, nimmt der Chloridgehalt relativ etwas zu. Da absolut der Sulfatgehalt zugenommen hat, ist die relative Zunahme des Chlorid-Sulfat-Verhältnisses nicht auf Sulfatreduktion zurückzuführen, sondern durch das geringere Löslichkeitsprodukt für Sulfate in der NaCl-Sole bedingt.

Die chemischen Verhältnisse der Wässer von Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. (Analyse 19–20) sind bereits im Abschnitt 2 beschrieben. Bei niedrigem Hydrogenkarbonatgehalt schlägt sich die sehr ausgeprägte Chloridvormacht in den hohen Salinarverhältniszahlen nieder.

Südwestlich von Bad Kreuznach, nach dem Saargebiet zu (Analyse 21–26), sind die Mineralwässer sulfatärmer als im Mainzer Becken, z. T. sogar sulfatfrei (Medard und Grumbach). Einige der in Tab. 1 angegebenen Verhältniszahlen sind nur ungenau (die Salinarverhältnisse zu niedrig), da Verf. nur Analysenangaben in mval % zur Verfügung standen. Bemerkenswert ist aber immerhin, daß nicht alle Wässer sulfatfrei sind, so auch nicht eine bei 347,0 m Tiefe (Mittlere Kuseler Schichten, Analyse 22) entnommene Probe der Aufschlußbohrung Meisenheim 1 (HABICHT 1966). Die Analyse stellte dankenswerterweise ebenfalls die Wintershall A. G., Kassel, zur Verfügung.

Im Saarkarbon (Analyse 27–30) sind die Mineralwässer bei höheren bis sehr hohen Konzentrationen und geringeren Hydrogenkarbonat-Anteilen überwiegend sulfat-reduziert. Als Typ der Muschelkalk-Salinarwässer werden aus der Gegend von Rilchingen Analysen einer oberflächennah auftretenden Salzquelle und einer von SEMMLER (1952a) angegebenen Bohrung wiedergegeben. Die Wässer haben sehr starke Sulfat-, z. T. aber auch höhere Chloridgehalte. Das Salinar-Verhältnis ist auch in den chloridreichen Wässern gering. – Die Salzgehalte der Muschelkalk-Salinarwässer sind so hoch, daß zeitweilig Salinenbetriebe bestanden (HÄBERLE 1912).

#### 4. Folgerungen

Nach der chemischen Verteilung in den untersuchten Mineralwässern ist es nicht wahrscheinlich, daß aus dem nördlichen Oberrheingrabengebiet größere Mengen Salzwassers in das Mainzer Becken übertreten. Vielmehr scheinen auch hier die Durchlässigkeitsverhältnisse für die Wasserbewegungen im tieferen Untergrund entscheidend zu sein, worauf schon anderweitig (HÖLTING 1965, 1969) hingewiesen wurde. Die Wasserbewegung erfolgt vorwiegend in Richtung (parallel) tektonischer Strukturen oder Störungen, nicht aber (oder weniger) quer dazu, da die begrenzenden Verwerfungen mehr oder weniger abgedichtet sind. So ist die Menge des vom nördlichen Oberrheingraben-Gebiet nach dem Mainzer Becken übertretenden Salzwassers so gering, daß dieses von den in der Beckentiefe verbreiteten Wässern mit anderen chemischen Verhältnissen assimiliert wird und seinen ursprünglichen Eigencharakter (nämlich starke Chloridvormacht) verliert. Nur entlang einzelner Querstörungen (z. B. nach Pfeddersheim) können örtlich etwas größere Salzwassermengen eindringen und etwas tiefer in das Becken hinein wirksam sein.

So bietet sich das Mainzer Becken hydrochemisch als eine Einheit dar, die durch Randstörungen (westlich gegen Pfälzer Sattel und Mulde, östlich gegen den Oberrheingraben und nördlich gegen das Rheinische Schiefergebirge) abgegrenzt ist. Die Sulfatgehalte sind vermutlich autochthon. Anhydrit-Lagen sind von HABICHT (1966) im Ober-Rotliegenden nachgewiesen. Die Sulfate können aber auch ohne größere Konzentrationen in Rotliegend-Sediment fein verteilt sein ähnlich wie in den Schichten des Unteren Buntsandsteins im nördlichen Hessen. Dort sind die Grundwässer sulfatreich, ohne daß Anhydrit oder Gips bisher beobachtet wurden.

Aus diesen Überlegungen heraus ergibt sich nun, daß die Mineralwässer von Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. vermutlich nicht vom Oberrheingraben zuwandern, sondern aus der entgegengesetzten Richtung, also vom Saargebiet her. Da die Bad Kreuznacher Mineralquellen auf etwa 105 m über NN austreten, zum Saargebiet Höhen von über 200 m über NN erreicht werden, besteht auch ein genügendes hydraulisches Gefälle, nicht aber vom Oberrheingraben her, wo die Grundwasserspiegel (= nahe der Geländeoberkante) zwischen 80 und 90 m über NN liegen. Die Salzlösungen stammen von den Muschelkalksalinaren südlich und südwestlich des Saarkarbons und werden in den kohleführenden Oberkarbonschichten weitgehend sulfatreduziert. Z. T. trägt sicher auch das in diesen Schichten enthaltene Erdöl (GUTHÖRL 1955) zur Reduktion bei. Auf die Frage einer möglichen Entstehung der Salzwässer bei der Erdölgenese (KREJCI-GRAF, HECHT, PASLER 1957) soll hier nicht näher eingegangen werden, da die Erdölgehalte gering sind. Die Salzwasserwanderung erfolgt parallel der tektonischen Struktur des Pfälzer Sattels. Die Fließwege sind vermutlich eng begrenzt, da einige Mineralwasservorkommen einen deutlichen Sulfatgehalt aufweisen, andere nicht. Ihre Sulfatgehalte sind entweder durch sekundäre Zufuhren aus den Rotliegend-Schichten verursacht oder auf unvollständige Sulfatreduktionen in den Karbonschichten zurückzuführen. Erhöhte Methan- und Stickstoffgehalte in den Gruben des Saargebietes (GUTHÖRL 1955) und in den Mineralquellen des Glan-Tales (z. B. Medard, 59,2% CH<sub>4</sub>; 38,4% N<sub>2</sub>) zeigen an, daß diese Gase unter Annahme ihrer Zuwanderung ebenfalls aus SW kommen können. Wahr-

Tab. 1. Ionenverhältnisse von Mineralwasservorkommen im nördlichen Oberrheingraben, dem Mainzer Becken und im nordpfälzischen Bergland

Lfd. Nr.	Vorkommen	Tiefe	Endformation	Jahr der Analyse	HS—V	S—V	Summe mval	T °C	Zitat der Analyse
Oberrheingraben:									
1	Gasspeicher Hähnlein	400 m	Tertiär	1964	0,006	2500	312	15,8	HÖLTING 1969
2	Stockstadt		Tertiär	1955	0,005	> 414 (SO <sub>4</sub> = 0)	453	n. b.	„
3	Ginsheim	80 m	Tertiär	1958	0,08	1500	65	n. b.	„
4	Dornheim	830 m	Tertiär	1952	0,03	649	405	n. b.	„
5	Gut Hohenaue	9 m	Pleistozän	vor 1907	0,09	1740	114	n. b.	STEUER 1907
6	Heidelberg-Soltherme	998 m	Tertiär	1919	0,03	5380	1401	27,5	SALOMON 1927
Westrand des Oberrheingrabens:									
7	Nierstein-Riedquelle	—	Pleistozän bis Tertiär	?	0,06	13	141	n. b.	z. T. bei WAGNER 1968
7	Nierstein-Sironaquelle	—		1955	0,6	3	19	11,0	(Jochheim 1858)
8	Oppenheim-Entwässerungs- werk	—	Pleistozän	vor 1907	0,3	68	30	n. b.	STEUER 1907
Mainzer Becken:									
9	Pfaddersheim	310 m	Tertiär	vor 1907	(0,5?)	70	ca. 15	n. b.	SCHWILLE 1953
10	Monsheim	539 m	Tertiär	etwa 1920	(1,7?)	7	ca. 8	39	„ 1953
11	Albig	35 m	Rotliegend (Melaphyr)	?	1,4	0,4	18,3	n. b.	„ 1953
12	Wöllstein	55 m	Ob. Rotliegend	?	0,8	1	17,9	n. b.	„ 1953
13	St. Johann	152—158 m	Ob. Rotliegend	?	1,2	4	23,9	16,5	„ 1953
14	Zotzenheim	85 m	Ob. Rotliegend	?	0,6	6	(33,9)	n. b.	„ 1953
15	Nieder-Olm, Sportplatz	117 m	Ob. Rotliegend	1960	0,07	2	107,2	n. b.	WAGNER 1968
16	Ober-Olm	1367—1369 m	Ob. Rotliegend	1958	0,004	52	2070	n. b.	—
	Olm I	2937—3068 m	Unt. Rotliegend	1958	0,006	66	3810	n. b.	—
17	Ingelheim	206—209 m	Unterdevon	?	0,9	ca. 9	ca. 19	n. b.	SCHWILLE 1953
18	Kempton b. Bingen Hildegardissprudel	65 m	Tertiär	1913	0,02	9	250	13,0	Erläuterungen, Blatt Bingen- Rüdesheim 1913
18	Bg. Alms	152 m	Unterdevon	1935	(HCO <sub>3</sub> ) n. b.)	8	291	12,8	WAGNER 1968

Bad Kreuznach-Bad Münster a. St.:										
19	Bad Kreuznach Br. Teodorshalle	—	Porphyrr/ Rotliegend	1906	0,03	189				
						(SO <sub>4</sub> =0)	195	24,4	WAGNER 1924	
	Gradierhaus I	165 m	„	1896	0,02	734	227,6	12,7	WAGNER 1924	
								bis 15,3		
	Beustquelle	—	„	1930	0,03	533	210,5	n. b.	UDLUFT 1957	
20	Bad Münster a. St. Rheingrafenquelle	15 m	„	1932	0,04	6000	143,9	30,2	UDLUFT 1957	
Nordpfälzisches Bergland-Saargebiet:										
21	Sobernheim <sup>1)</sup>	70 m	Ob. Rotliegend	?	0,06	min. 93	45	n. b.	SCHWILLE 1955a	
22	Meisenheim <sup>1)</sup>	341,8—347 m	Unt. Rotliegend	1956	0,05	92	97	n. b.	—	
23	Medard	7 m	Unt. Rotliegend	1952	0,0003	209	210,4	11,7	z. T. SCHWILLE 1955 (SEMMLER 1952b)	
24	Grumbach <sup>1)</sup>	—	Unt. Rotliegend	?	0,14	88	88	n. b.	SCHWILLE 1955a	
						(SO <sub>4</sub> =0)				
25	Kirnsulzbach	—	Ob. Rotliegend	1929	0,06	206	55	n. b.	SCHWILLE 1955a	
26	Kusel <sup>1)</sup>	—	Unt. Rotliegend	?	0,1	min. 45	172	n. b.	„ 1955a	
27	Gr. Kohlwald/Wiebelskirchen (Sole)	ca. 350 m	Ob. Karbon	1937	0,001	1520	2735,2	n. b.	SEMMLER 1952a	
28	Gr. St. Barbara	1270 m	Ob. Karbon	zw. 1940 u. 1951	0,004	272	276,6	n. b.	GUTHÖRL 1955	
						(SO <sub>4</sub> =0)				
29	Neunkirchen <sup>1)</sup>	—	Ob. Karbon	?	0,01	99	280	n. b.	SCHWILLE 1955a	
30	Grube Velsen	500—1000 m	Ob. Karbon	zw. 1940 u. 1951	0,01	25 000	1079,1	n. b.	SEMMLER 1952a	
30	Großrosseln <sup>1)</sup>	—	Ob. Karbon	?	0,07	95	259	n. b.	SCHWILLE 1955a	
						(SO <sub>4</sub> =0)				
Anhang:										
31	Rilchingen (Bg.)	275,8 m	Muschelkalk	?	0,4	0,9	50,1	16,6	SEMMLER 1952a	
	Rilchingen (Augusta-Quelle)	—	Muschelkalk	vor 1906	0,09	5	196,6	8	Dtsch. Bäderbuch 1907	
32	Bad Dürkheim/Maxquelle	203 m	Buntsandstein	vor 1861	0,02	1413	287	15,2	Dtsch. Bäderbuch 1907	
								bis 15,8		
	wie vor	203 m	Buntsandstein	1907/08	0,02	373	306	n. b.	WAGNER 1924	

<sup>1)</sup> aus Äquivalentgewichts-Prozenten errechnet.

scheinlicher ist jedoch, daß sie aus den Rotliegend-Schichten der Nordpfalz, also aus der näheren Umgebung der Mineralquellen stammen, da horizontale Wanderwege über größere Strecken hinweg wegen der stärkeren Zerrüttung des Gebirges kaum vorstellbar sind. An der tiefgreifenden Verwerfung zwischen Pfälzer Sattel und Mainzer Becken werden die Wässer gestaut und treten im morphologisch Tiefsten, nämlich im Nahe-Tal aus.

LASPEYRES (1867/68) und DELKESKAMP (1905, 1908) nahmen an, daß die Mineralquellen in Bad Kreuznach wegen des Vorkommens von Baryt (Baryt-Sandstein) in den Meeressanden seit dem Mitteloligozän zirkulieren. Das im aufsteigenden sulfatfreien Thermalwasser enthaltene Barium sei durch das Sulfat im Meerwasser (der Tertiärzeit) gefällt. Man kann sich aber auch eine andere Genese der Baryt-Sandsteine vorstellen. Nach einer Zusammenstellung von DURUM, HEJDEL & TISON (1960) haben Flußwässer z. T. höhere Barium-Gehalte (bis 0,125 mg/l) als dem Löslichkeitsprodukt im marinen Bereich entspricht. Da die Melaphyre Baryt (WAGNER 1924) enthalten, könnten die Flüsse zur Mitteloligozänzeit bis Ende der Meeresüberdeckung im Mainzer Becken Barium herangeführt haben, das im Meer als Sulfat ausgeschieden wurde. Dafür sprechen auch die Beobachtungen von GEIB (1937, 1955), der in den barytisierten Meeressanden bei Steinhardt Schrägschichtungen der Sande und Kiese sowie eingebettete Pflanzenreste fand. Er schloß daraus auf die Nähe der Einmündung eines fließenden Gewässers in das Meer. Die Einbettung der Pflanzen- und Tierreste erfolgte rasch, also syngenetisch. Daß die Baryt-Sandsteine keine allgemeine Verbreitung gefunden haben, kann damit erklärt werden, daß die Rotliegend-Flächen resp. die Melaphyre anfangs noch nicht genügend freigelegt waren. Dafür spricht besonders, daß die Barytisierung erst im oberen Teil der Sandablagerungen auftritt. Unter Annahme dieser Genese würde kein gesicherter Zusammenhang zwischen Barytisierung und erstem Auftreten der Bad Kreuznacher Mineralquellen bestehen. Es erscheint recht schwer vorstellbar, daß seit dem Tertiär über das Pleistozän, also Zeiten tektonischer Bewegungen hinweg bis heute der Mineralwasseraufstieg gleichermaßen angehalten haben soll. Setzt diese Annahme doch voraus, daß die hydraulischen Verhältnisse seit dem Tertiär bis heute annähernd konstant geblieben sein müssen.

Schließlich wird noch das Mineralwasservorkommen von Bad Dürkheim anzuführen sein. Dieses (Analyse 32) dürfte sein Salzwasser aus dem Oberrheingraben erhalten (WAGNER 1924), da das Bad auf der Grabenrand-Verwerfung liegt und wenig südlich (bei Landau) durch Bohrungen sulfatarme Wässer bekannt geworden sind. Allerdings erscheint der Zulauf der sulfatarmen Wässer des Grabens auch hier, nahe der Randverwerfung, begrenzt zu sein. Ein Vergleich von Analysen der durch eine 200 m tiefe Bohrung erschlossenen Maxquelle aus der Zeit vor 1861 mit der von 1907/08 läßt eine deutliche Abnahme der Chlorid-Vormacht, also eine relative Sulfatzunahme erkennen. Das ist offensichtlich eine Folge der Überbeanspruchung des Brunnens, wobei oberflächennähere, sulfatreichere Tertiärwässer beigezogen wurden.

## 5. Zusammenfassung

Da das Mainzer Becken hydrochemisch und hydrogeologisch eine westlich, nördlich und östlich abgegrenzte Einheit ohne wesentlichen Zufluß aus dem östlich an-



schließenden Oberrheingraben-Gebiet zu sein scheint, wird angenommen, daß die in den Mineralquellen von Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. austretenden Salzwässer von Südwesten zuwandern, es sich also um in den kohleführenden Oberkarbon-Schichten des Saargebietes sulfatreduzierte Salinarwässer des Muschelkalkes handelt. Für die Genese der Baryt-Sandsteine wird eine neue mögliche Deutung gegeben, die eine Annahme des Auftretens der Mineralquellen seit dem Mitteloligozän fraglich machen würde. Die schon früher angenommene Herkunft der Bad Dürkheimer Wässer aus dem Oberrheingraben-Gebiet dürfte unbestritten bleiben.

#### Schriftenverzeichnis

- CARLE, W.: Rezente und fossile Mineral- und Thermalwässer im Oberrheintal-Graben und seiner weiteren Umgebung. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., NF. **40**, S. 77 bis 106, 3 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1958.
- DELKESKAMP, R.: Beiträge zur Kenntnis der Westufer des Mainzer Tertiärbeckens. I. Der Kreuznacher mitteloligozäne Meeressand und seine Fauna. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. u. Westfalen, **62**, S. 99—111, Bonn 1905.
- Die Entstehung der sulfatfreien Mineralquellen. — Kali, **2**, H. 16, S. 349—357, 3 Tab., H. 17, S. 377—385, 2 Tab., Halle/Saale 1908.
- Die Herkunft des Salzgehaltes der natürlichen Mineralquellen. — Kali, **2**, 24, S. 533 bis 541, Halle/Saale 1924.
- DURUM, HEIDEL & TISON: World-Wide Runoff of Dissolved Solids. — Internat. Assoc. of Scient. Hydrol. Gen. Assembly of Helsinki, Commission of Surface Waters Publication No. 51, S. 618—628, 3 Fig., 1 Kte., 4 Tab., Gentbrugge (Belgien) 1960.
- GEIB, K. W.: Der mitteloligozäne Meeressand von Steinhardt bei Kreuznach und seine Barytkonkretionen. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **26**, S. 43—50, 1 Abb., Stuttgart 1937.
- Über die mutmaßliche Fortsetzung der Kurparkverwerfung am östlichen Teil des Kreuznacher Porphyrmassivs. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**, S. 186 bis 190, 3 Abb., Wiesbaden 1952.
- Über den Vorgang der Konkretionsbildung bei den Barytkonkretionen des mitteloligozänen Meeressandes von Steinhardt (Kreis Kreuznach). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, S. 243—245, 7 Abb., Wiesbaden 1955.
- GUTHÖRL, P.: Erdölvorkommen im Saarland. — Erdöl u. Kohle, **8**, Nr. 8, S. 533—541, 14 Abb., Hamburg 1955.
- HABICHT, H.: Die permo-karbonischen Aufschlußbohrungen der Nahe-Senke, des Mainzer Beckens und der Zweibrücker Mulde. — Z. deutsch. geol. Ges., 1963, **117**, S. 631 bis 649, 1 Taf., Hannover 1966.
- HÄBERLE, D.: Die Mineralquellen der Rheinpfalz. 103 S., 17 Abb., 1 Kte., Kaiserslautern (Kayser) 1912.
- HÖLTING, B.: Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **53**, 59 S., 7 Abb., 9 Tab., Wiesbaden 1966.
- Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 333—351, Wiesbaden 1969.
- KREJCI-GRAF, K., HECHT, FR., PASLER, W.: Über Ölfelder des Wiener Beckens. — Geol. Jb., **74**, S. 161—210, 5 Abb., 23 Taf., Hannover 1957.
- JÖCHHEIM, PH.: Die Mineralquellen des Großherzogthums Hessen, seiner Enclaven und der Landgrafschaft Hessen-Homburg. 138 S., 1 Abb., 1 Tab., Erlangen (Enke) 1858.
- LASPEYRES, H.: Kreuznach und Dürkheim an der Haardt. — Z. deutsch. geol. Ges., **19**, S. 803—922, 1 Taf., **20** S. 153—204, Berlin 1867/1868.

- SEMMLER, W.: Die Mineralquellen des Saarlandes. — Z. deutsch. geol. Ges., **103**, S. 284 bis 296, 2 Abb., Hannover 1952 (1952a).
- Die chemische Beschaffenheit der Grubenwässer im saar-lothringischen Karbon. — Troisième Congr. p. l'Avanc. d. Etud. d. Stratigr. e. d. Geolog. du Carbonifère, **2**, S. 567—570, 2 Abb., Heerlen 1952 (1952b).
- SALOMON W.: Die Erbohrung der Heidelberger Radium-Sol-Therme und ihre geologischen Verhältnisse. — Abh. Heidelb. Akad. Wiss., math. nat. Kl., **14**, 105 S., 5 Fig., Berlin und Leipzig (de Gruyter) 1927.
- SCHWILLE, F.: Natriumhydrogenkarbonat- und Natrium-Chlorid-Wässer im tieferen Untergrund des Mainzer Beckens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 314 bis 335, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1953.
- Die Mineralquellen im nordpfälzischen Bergland. — Heilbad u. Kurort, **7** (5), S. 1—8 Gütersloh 1955 (1955a).
- Ionenumtausch und der Chemismus von Grund- und Mineralwässern. — Z. deutsch. geol. Ges., 1954, **106** (1), S. 16—22, 2 Abb., 1 Tab., Hannover 1955 (1955b).
- STEUER, A.: Bodenwasser und Diluvialablagerungen im hessischen Ried. — Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. geol. L.-A., (IV) **28**, S. 49—94, 4 Taf., Darmstadt 1907.
- UDLUFT, H.: Zur graphischen Darstellung von Mineralwasseranalysen und von Wasseranalysen. — Heilbad u. Kurort, **9**, S. 173—176, 12 Analysentab., 2 Abb., 1 Farbtaf., Gütersloh 1957.
- WAGNER, W.: Die Lagerungsverhältnisse am Westufer des Mainzer Beckens bei Kreuznach und die Kochsalzquellen von Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-A. Darmstadt, (V) **6**, S. 76—163, 1 Kte., Darmstadt 1924.
- Die Herkunft der erdmuriatischen Kochsalzquellen der Bäder Kreuznach und Münster a. St. und ihre Beziehungen zur Tektonik des Mainzer Beckens. — Z. deutsch. geol. Ges., 1933, **85**, S. 562—570, 2 Abb., Berlin 1934.
- Der Radiumgehalt und die Radioaktivität der Mineralquellen der Nahetalbäder. 23 S., 5 Abb., Darmstadt 1938.
- Wanderwege von kochsalzhaltigen Wässern im nördlichen Mainzer Becken und an seinen Rändern. — Jb. nass. Ver. Naturk., **99**, S. 27—42, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- WAGNER, W. & MICHELS, F.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. Bingen-Rüdesheim, 167 S., 3 Taf., Darmstadt 1930.
- Deutsches Bäderbuch. 535 S., 15 Taf., 1 Übersichtskarte, Leipzig (J. J. Weber) 1907.

Manuskript eingegangen am 25. 3. 1969

## Das Lorsbacher Erdbeben vom 21. Juli 1968

Von

KLAUS H. JACOB und HARTMUT HEINTKE, Frankfurt a. M.

Mit 1 Abbildung

### Einleitung

Am 21. Juli 1968 ereignete sich gegen 2 Uhr morgens bei Lorsbach am Südrand des Taunus zwischen Frankfurt und Wiesbaden ein Erdbeben der Epizentral-Intensität 4. Der Bebenherd liegt an einer tektonisch wichtigen Grenzlinie, die den Nordrand des Rheintalgrabens gegen das ältere Rheinische Schiefergebirge abtrennt. Wegen dieser Lage ist die Auswertung des relativ schwachen Bebens von Interesse. Für die Bestimmung der Herdparameter wurden makro- und mikroseismische Beobachtungen benutzt.

### Makroseismische Beobachtungen

Aus makroseismischen Wahrnehmungen kann auf die geographische Lage des Erdbebenherdes geschlossen werden sowie auf dessen Tiefenlage und Stärke (Intensität und Magnitude). – Um erste Anhaltspunkte für die Ausdehnung des Schüttergebietes zu bekommen, wurden in den Orten Lorsbach, Langenhain, Eppstein und Vockenhäuser Straßenpassanten befragt. Eine anschließend in der Lokalpresse erschienene Meldung brachte etwa 50 briefliche und telefonische Berichte ein. Ebenfalls erfolgreich war eine über die Gemeindeämter weitergeleitete Fragebogen-Aktion. Insgesamt gingen ca. 70 Berichte ein. Die Bevölkerungszahl in dem vermutlichen Schüttergebiet dürfte zwischen 30000 und 40000 liegen.

Die Wahrnehmungen der Bevölkerung bewegten sich im Bereich der Intensitätsgrade 2–4 der Mercalli-Sieberg-Skala. In den Orten Langenhain, Eppstein, Lorsbach wurde der überwiegende Teil der berichtenden Personen durch den Erdstoß geweckt, während in den Gemeinden Hofheim, Kelkheim, Fischbach und Eppenhain die – insgesamt sieben – Beobachtungen von noch wachen Personen gemacht worden sind. Einige typische Angaben waren: einzelner Stoß, mehrere kräftige Stöße von einigen Sekunden Dauer, Schwanken des Bettes oder Fußbodens, Erzittern des Hauses, Klirren von Fenstern und Gläsern sowie Wackeln von leicht beweglichen Gegenständen. In Eppstein und Lorsbach wurden bis zu zwei knallartige Geräusche

gehört. Die Vermutungen über die Ursache dieser Wahrnehmungen bezogen sich auf eine eventuelle Explosion in nahegelegenen chemischen Fabriken, einen „Schallmauer-Durchbruch“ oder eine Detonation in der Heizungsanlage im eigenen Haus. An ein Erdbeben wurde nur in wenigen Fällen gedacht.

Die Auswertung der Protokolle ergab den in der Abb. 1 dargestellten Verlauf der Isoleisten, denen nach SPONHEUER (1965) die Intensitätsgrade „kaum merklich“ (2), „schwach, teilweise beobachtet“ (3) und „größtenteils beobachtet, vereinzelt erwachen Schlafende“ (4) zugeordnet sind. Das Epizentrum ist demnach in das Gebiet, das durch die Orte Lorsbach, Eppstein und Langenhain begrenzt wird, zu legen.

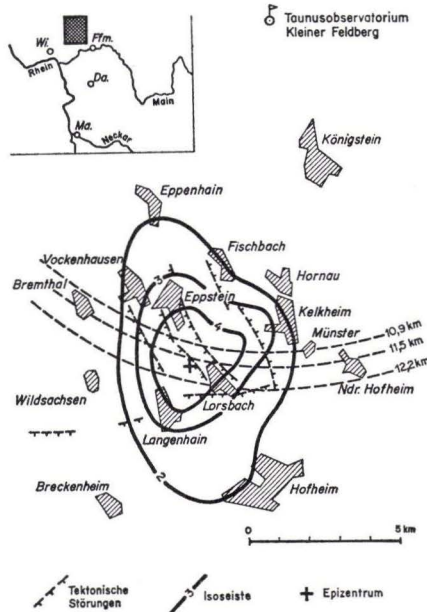


Abb. 1. Das Schüttergebiet des Erdstoßes vom 21. Juli 1968.

Die Herdtiefe wurde nach zwei verschiedenen Methoden bestimmt. Aus einer von v. KÖVESLIGETHY angegebenen Beziehung zwischen dem horizontalen Intensitätsgradienten und der Herdtiefe resultiert für diese ein Wert von rund 1,8 km. Die zweite Möglichkeit bot sich durch das Auftreten eines Nachbebens. Dieses wurde nur in Langenhain verspürt, so daß ihm der Intensitätsgrad 2 zugeschrieben werden mußte. Die auf dem Kleinen Feldberg aufgezeichneten Amplituden betragen  $\frac{1}{20}$  derjenigen des Hauptbebens. Geht man davon aus, daß beide Erdstöße mikroseismisch gesehen das gleiche Epizentrum besitzen, so läßt sich aus der Tatsache, daß einem Intensitätsverhältnis von  $I_0 = 4$  des Hauptbebens zu  $I_0 = 2$  des Nachbebens ein Amplitudenverhältnis von 1:20 entspricht, schließen, daß der im Schüttergebiet des Hauptbebens auftretenden Intensitätsabnahme von  $I_0 = 4$  auf  $I = 2$  ebenfalls

eine Amplitudenabnahme auf den zwanzigsten Teil entspricht. Der mittlere Radius der Isoseiste mit  $I = 2$  beträgt  $r = (4 \pm 1)$  km. Bei quadratischer Abnahme der Verschiebungsamplitude mit der Entfernung vom Hypozentrum folgt aus Geometriebeziehungen ein Wert  $h = (0,9 \pm 0,2)$  km für die Herdtiefe, der nur halb so groß ist wie der zunächst errechnete.

Für die makroseismische Magnitudenbestimmung wurde die von SPONHEUER (1962) angegebene Beziehung

$$M = 0,52 I_0 + 1,56 \log h + 0,7 \alpha h$$

$$(\alpha = \text{Absorptionskonstante} = 0,05)$$

verwendet, die von der seismischen Station Bensberg für Beben im Rheinland benutzt wird. Man erhält mit  $I_0 = 4$  und  $h = 1,8$  km für die Magnitude einen Wert  $M = 2,5$ , während mit  $I_0 = 4$  und  $h = 0,9$  km ein Wert  $M = 2,1$  folgt.

### Mikroseismische Beobachtungen

Der schwache Erdstoß von Lorsbach wurde von den seismischen Beobachtungsstationen auf dem Kleinen Feldberg im Taunus (TNS), auf der Bühler Höhe (BUH) im Schwarzwald sowie den Stationen in Bensberg, Heidelberg und Stuttgart registriert. Auswertbare Seismogramme liegen wegen der geringen Entfernung (TNS) bzw. der großen Empfindlichkeit (BUH) nur von den beiden erstgenannten Erdbebenwarten vor; es ließen sich die folgenden Einsätze unterscheiden (Tab. 1):

Tab. 1. Einsätze des Lorsbacher Erdbebens

Station	Einsatz	Zeit (GMT)			Wahre Bodenbewegung ( $\mu$ )
		h	m	sec	
<b>TNS</b>					
Hauptbeben:					
Kleiner Feldberg					
815 m über N.N.	iP	00	57	40,1	Z : +0,18
Epizentralentfernung					N : +0,14
$\Delta = 11,5$ km	iS	00	57	41,9	E : +0,07
					Z : +0,90
					N : -0,30
					E : +0,58
	Nachbeben:				
	eS	00	59	03,6	Z : $\pm 0,045$
<b>BUH</b>					
Hauptbeben:					
Bühler Höhe	eP <sub>1</sub>	00	58	03,6	
750 m über N. N.	eP'	00	58	12,9	
Epizentralentfernung	eS <sub>1</sub>	00	58	23,1	
$\Delta = 154$ km	iS <sub>2</sub>	00	58	24,4	E : $\pm 0,067$

Von dem Nachbeben konnte auf dem Kleinen Feldberg eine gerade noch wahrnehmbare S-Phase registriert werden. Die Polarität des P-Einsatzes des Hauptbebens und die Amplituden der zugehörigen horizontalen Bodenbewegung lassen auf einen Herd, der in Richtung SSW ( $S 26^\circ W \pm 15^\circ$ ) vom Kleinen Feldberg ausgelegen ist, schließen. Der Einfallswinkel der P-Welle (gegen die Lotrichtung) beträgt  $45^\circ$ . Um aus den mikroseismischen Aufzeichnungen die Epizentralentfernung und die Herdtiefe des Erdstoßes zu bestimmen, müssen Annahmen über die von den seismischen Wellen durchlaufene Erdkruste gemacht werden. Das kann bei der nahegelegenen Station TNS zuverlässiger geschehen als bei der Station BUH im Schwarzwald. Das Herdgebiet befindet sich an einer Nahtstelle zweier geologischer Komplexe. Die im Bereich des Herdgebietes verlaufende Taunus-Südrand-Störung trennt den nördlich von ihr gelegenen varistisch verfalteten, vordevonischen und devonischen Block des Rheinischen Schiefergebirges von der südlich davon gelegenen nachdevonisch angelegten Saar-Nahe-Senke, die später überprägt wurde von dem im Tertiär angelegten Rheintalgraben. Die auf der Bühler Höhe registrierten seismischen Wellen verlaufen genau entlang der Nord-Süd-Achse des Rheintalgrabens. Wenn die Herdzeit des Bebens mit Hilfe der Aufzeichnungen der Station TNS bestimmt ist, kann überprüft werden, ob die auf der Bühler Höhe gemessenen Einsatzzeiten im Einklang stehen mit der in jüngster Zeit untersuchten tieferen Krustenstruktur des Rheintalgrabens.

Der von den auf dem Kleinen Feldberg registrierten Wellen durchlaufene Gesteinsverband besteht im südlichen Teil aus vordevonischen Phylliten und Serizitgneisen und im Bereich des Feldberges überwiegend aus Taunus-Quarziten. Diese Schichten haben z. T. Mächtigkeiten bis zu einigen Kilometern, sind varistisch stark verfaultet und zeigen häufig saiger einfallende Schichtflächen. Dabei besitzt das ganze Gebiet eine jüngere Bruchschollentektonik mit Versetzungsbeträgen von vermutlich bis zu einigen hundert Metern. Da die ursprünglich horizontalen Lagerverhältnisse nicht mehr erhalten sind, liegt es nahe, dem gesamten Massiv im Bereich geringer Tiefen von einigen Kilometern zunächst eine einheitliche mittlere P-Wellengeschwindigkeit von ca. 5 km/sec zuzuordnen. Das liefert jedoch im Vergleich zu den makroseismischen Beobachtungen eine zu geringe Herddistanz (9 km) und eine viel zu große Herdtiefe. Man ist deshalb gezwungen, eine mit der Tiefe zunehmende Geschwindigkeit anzunehmen. Die dadurch bewirkte Krümmung des Strahles ergibt bei denselben Beobachtungszeiten eine größere Herddistanz und eine geringere Herdtiefe. Für die Kompressionswellen-Geschwindigkeit der am Kleinen Feldberg anstehenden Quarzite kann 4 km/sec angenommen werden, da diese Geschwindigkeit bei Kleinrefraktionsmessungen an oberflächennahen Quarziten im östlichen Taunus bei Oberrosbach beobachtet wurde. Mit den beobachteten Einfallswinkel von  $45^\circ$  erhält man daraus als Scheitelgeschwindigkeit des gekrümmten Strahles 5,6 km/sec. Diese Geschwindigkeit wird üblicherweise dem kristallinen Grundgebirge im Bereich der kontinentalen Kruste zugeschrieben. Da kristalline Serizitgneise im Bereich des Vordevon teilweise sogar zu Tage treten, kann angenommen werden, daß die Geschwindigkeit von 5,6 km/sec bereits in einer Tiefe von etwa 2 km unterhalb der topographischen Oberfläche angetroffen wird. Die allmähliche Zunahme der P-Wellengeschwindigkeit von 4 km/sec auf 5 km/sec läßt sich durch das folgende Vierschichten-Modell annähern:

Schicht	Tiefenbereich [km]	P-Wellen-Geschw. [km/s]	S-Wellen-Geschw. [km/s]
1	über N.N.	4,00	2,32
2	0—1	4,50	2,60
3	1—2	5,00	2,90
4	≥ 2	5,60	3,24

Poissonkonstante = 0,25

Dieses Modell erfordert, daß der Erdbebenherd oberhalb der Scheiteltiefe von ca. 2 km liegt. Für drei mögliche Werte der Herdtiefe  $h = 0$  km, 1 km und 2 km erhält man unter Benutzung des Schichten-Modells aus der beobachteten Laufzeitdifferenz zwischen P- und S-Wellen und dem Einfallswinkel die Epizentralentfernung  $\Delta = 10,9$  km, 11,5 km und 12,2 km. Das Wertepaar  $h = 1$  km,  $\Delta = 11,5$  km stimmt, wie Abb. 1 zeigt, mit den makroseismischen Beobachtungen am besten überein.

Für die Laufzeit der P-Welle berechnet man aus diesem Modell einen Wert von 2,5 sec, woraus die unten angegebene Herdzeit folgt. Aus der Maximalamplitude ( $1,1 \mu$ ) der Bodenbewegung am Beobachtungsort TNS erhält man nach GUTENBERG und RICHTER (RICHTER, 1958) eine Magnitude  $M = 2,0$  für das Hauptbeben. Entsprechend ergibt sich für das Nachbeben  $M = 0,7$ .

Somit resultieren für das Lorsbacher Erdbeben die folgenden Parameter:

Herdzeit (GMT):	21. 7. 1968, 00 h 57 m 37,6 s (Hauptbeben) 00 h 58 m 59,3 s (Nachbeben)
Geographische Länge:	8° 24,3' W
Geographische Breite:	50° 7,4' N
Herdtiefe:	ca. 1 km unter N.N.
Magnitude:	2,0 (Hauptbeben) 0,7 (Nachbeben)
Epizentral-Intensität:	4 (Hauptbeben) 2 (Nachbeben)

### Wellenausbreitung entlang dem Rheintalgraben

Es wurde oben darauf hingewiesen, daß die von der Station BUH im Nordschwarzwald registrierten Einsätze (s. Tab. 1) dieses Beben im Zusammenhang mit der Krustenstruktur unter dem Rheintalgraben diskutiert werden können. Wir benutzen zur Überprüfung der Laufzeiten ein Modell, das bezüglich der P-Wellen-Geschwindigkeiten dieses Gebietes mit dem von MEISSNER und BERCKHEMER (1967) vorgeschlagenen Krustenmodell nahezu identisch ist:

Schicht	Tiefenbereich [km]	P-Wellen-Geschw. $\left[ \frac{\text{km}}{\text{s}} \right]$	S-Wellen-Geschw. $\left[ \frac{\text{km}}{\text{s}} \right]$
1	0—22	6,00	3,46
2	22—27	6,70	3,87
3	> 27	7,30	4,22

Poissonkonstante = 0,25

Die sedimentäre Grabenfüllung muß nicht berücksichtigt werden, da sowohl die Station BUH wie das Hypozentrum im anstehenden Grundgebirge liegen. Die Tatsache, daß die Herdtiefe unter N. N. liegt und die Registrierstation BUH über N. N., wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da sich die hierdurch verursachten Laufzeitfehler etwa kompensieren. Die berechneten Laufzeiten für die P- und S-Wellen, die an der Oberkante der für die Grabenstruktur typischen Schicht 3 als Kopfwelle geführt werden, betragen 25,9 sec und 45,0 sec. Für die Laufzeiten der mit  $P_1$  und  $S_1$  bezeichneten Einsätze (s. o.) wurden nahezu die gleichen Werte, nämlich 26,0 sec und 45,5 sec beobachtet. Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß eine Mohorovičić-Diskontinuität in einer Tiefe von etwa 37 km, wie sie MEISSNER und BERCKHEMER (1967) für den Nordteil des Grabens als möglich andeuten, nicht nachweisbar ist. Diese hätte einen  $P_n$ -Einsatz nach 23,2 sec bewirkt. Wäre andererseits der Moho-Einsatz identisch mit dem bei 26,0 sec beobachteten oder einem späteren, so müßte unter Beibehaltung des übrigen Krustenmodells die Tiefe der Moho mindestens 60 km betragen. Zweifellos ist das benutzte Krustenmodell zu einfach und die zur Verfügung stehende Information zu gering, um eine derart weitreichende Folgerung zu ziehen; es ist jedoch bemerkenswert, daß MÜLLER et al. (1967) die Moho-Tiefe unter dem Rheintalgraben in der Gegend von Rastatt immerhin mit 50 km angeben. Im Zusammenhang mit dem oben angegebenen Modell läßt das auf eine Verdickung der typischen Zwischenschicht 3 von Norden nach Süden hin schließen. — Die mit  $P'$  und  $S_2$  bezeichneten Einsätze sind im Rahmen dieses einfachen Modells nicht zu deuten.

### Tektonik des Herdgebietes

Abschließend soll der Zusammenhang des Lorsbacher Bebens mit der regionalen und lokalen Tektonik kurz diskutiert werden. Das Schüttergebiet beschränkt sich in auffälliger Weise auf eine Hochscholle in dem von starker Bruchtektonik beanspruchten Vordevon des südlichen Vorder-Taunus. Dieser Halbhorst ist im Süden auf der Linie Langenhain–Lorsbach von einer tiefgreifenden, steil einfallenden Störung gegen den Rheintalgraben abgegrenzt. Bei Lorsbach greift die Störungszone teilweise in die vordevonischen Phyllite über und beansprucht diese ruptuell (STENGER, 1961). Westlich der Linie Fischbach–Kelkheim findet eine Abschiebung der Fischbach-Hornauer Bucht statt. Parallel hierzu verläuft auf der Linie Eppstein–Lorsbach und westlich davon ein System nahezu paralleler Störungen, die den einstmals varistisch gefalteten Block quer zum Streichen nach Westen hin treppenförmig absenken. Ob das Beben mit einem Bewegungs-Mechanismus dem System dieser Querstörungen oder der im Streichen verlaufenden Taunus-Südrand-Störung zuzurechnen ist, kann nicht eindeutig entschieden werden. Ein Zusammenhang mit dem Erdbeben vom 4. Januar 1967 (BERCKHEMER, 1967) wäre durch diese Taunus-Südrand-Störung gegeben. Die Tatsache, daß sich entlang ihr die Nordscholle relativ zur Südscholle heraushebt, läßt sich allerdings nicht in Einklang bringen mit dem auf dem Kleinen Feldberg als Kompression registrierten P-Einsatz. Dagegen könnte das Beben durch einen Mechanismus erklärt werden, der dem System der Querstörungen angehört und gleichsinnig mit den Abschiebungen an der Grenze der Fischbach-



Hornauer Bucht verläuft. Im Widerspruch hierzu steht allerdings der geologische Befund (STENGER, 1961), daß im Gebiet Eppstein–Lorsbach normalerweise die umgekehrte Tendenz vorherrscht, d. h., daß die jeweils südwestlichen Schollen dazu neigen, gegen die nordöstlichen abzusinken. Nennenswerte horizontale Blattverschiebungen sind in diesem Gebiet nicht bekannt und kommen als Mechanismus für dieses Beben daher kaum in Frage.

Danksagung: Die Autoren danken Herrn Prof. MICHELS für Hinweise zur Tektonik des Herdgebietes, Herrn Prof. BERCKHEMER für die Durchsicht des Manuskriptes sowie Herrn Dipl.-Geophysiker AKASCHÉ für seine Mitarbeit bei der Auswertung und Beschaffung der Seismogramme.

#### Schriftenverzeichnis

- BERCKHEIMER, H.: Die Erdstöße in Wiesbaden am 4. Januar 1967. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 213–216, Wiesbaden 1967.
- MEISSNER, R. & BERCKHEMER, H.: Seismic Refraction Measurements in the Northern Rhinegraben. In: The Rhinegraben Progress Report, ed. J. P. Rothé and K. Sauer. — Abh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **6**, S. 105–107, Freiburg i. Br. 1967.
- MÜLLER, ST., PETERSCHMITT, K., FUCHS, K. & ANSORGE, J.: The Rift Structure of the Crust and Upper Mantle beneath the Rhinegraben. In: The Rhinegraben Progress Report, ed. J. P. Rothé and K. Sauer. — Abh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **6**, S. 108–113, Freiburg i. Br. 1967.
- RICHTER, CH. F.: Elementary Seismology. San Francisco and London 1958.
- SPONHEUER, W.: Bericht über die Weiterentwicklung der seismischen Skala. — Deutsch. Akad. Wiss. Berlin, Veröff. Inst. Geodynamik Jena, Hrsg. O. Meißner, H. 8, Berlin 1965.
- Untersuchungen zur Seismizität von Deutschland. — Veröff. Inst. Bodenmechanik u. Erdbebenforsch., **72**, S. 23–52, Jena 1962.
- STENGER, B.: Stratigraphische und gefügetektonische Untersuchungen in der metamorphen Taunus-Südrand-Zone. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **36**, 68 S., Wiesbaden 1961.

Manuskript eingegangen am 30. 10. 1968

**Nachrichten und Mitteilungen**  
**aus dem**  
**Hessischen Landesamt für Bodenforschung**

**Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers****25. Sporen im Hunsrückschiefer des Wisper-Tales  
(Rheingaukreis, Hessen)**

Von

**SIEGFRIED HOLTZ**, Wiesbaden

Der palynologischen Bearbeitung paläozoischer Sedimente ist in Hessen bisher kaum Interesse entgegengebracht worden. Dabei könnte sie besonders für Schichten, deren stratigraphische Stellung trotz teilweise reicher Makro- und Mikrofauna noch immer umstritten ist, zum Erfolg führen; denn Sporen haben gegenüber mancher Fauna den Vorteil, daß sie meist gleichmäßiger und über weite Strecken verbreitet wurden und nicht an ihren engeren Lebensraum gebunden waren. Mit ihnen ist dadurch auch eine Horizontierung von Schichten möglich, die in weit voneinander entfernten Becken abgelagert worden sind.

Mit diesem Bericht soll auf Sporenfunde in Gesteinen des Hunsrückschiefers aus dem Wisper-Tal (Rheingaukreis, Hessen) aufmerksam gemacht werden, die vielleicht zu gezielten Untersuchungen Anlaß geben könnten. Nach ihren Ergebnissen wäre durchaus eine endgültige stratigraphische Einordnung der Schichtenfolge möglich.

Die einem Bohrkern entnommenen Gesteinsproben — ein schwach sandiger Tonschiefer und ein toniger Feinsandstein, die unterschiedlich stark durch die Schieferung beansprucht waren — wurden in der üblichen Weise mit Flußsäure und Salzsäure aufbereitet. Die Aufhellung des dunklen Rückstandes erfolgte anschließend mit SCHULZE'schem Gemisch verschiedener Konzentration.

Die Flüssigpräparate enthielten außer zahlreichen organischen Resten bisher nicht bekannter Zugehörigkeit auch mehrere Sporen. Sie waren aber so stark zerstört — wahrscheinlich durch das SCHULZE'sche Gemisch —, daß nur ein Exemplar (*Leiotriletes* sp.) sicher bestimmt werden konnte. Bemerkenswert ist, daß die Feinsandstein-Probe mehr Sporen bzw. Sporenreste enthielt als die Tonschiefer-Probe.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich für zukünftige Untersuchungen folgendes Ergebnis:

1. Das SCHULZE'sche Gemisch ist selbst in geringer Konzentration zur Aufhellung von Devon-Sporen wenig geeignet, da es die Exinen zerstört. Auf den vorsichtigen Gebrauch des Reagens hat bereits LESCHIK (1955, 1956) mehrfach hingewiesen. Weitere Methoden müssen noch auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden.

2. Wegen der unterschiedlichen Fossilführung sollten bei der Aufbereitung die Feinsandsteine den Tonschiefern vorgezogen werden. Gleiches empfiehlt ALLEN (1965) für die unter- und mitteldevonischen Schichten von Westspitzbergen.

#### Schriftenverzeichnis

- ALLEN, K. C.: Lower and Middle Devonian Spores of North and Central Westspitzbergen. — *Palaeontology*, **8**, Part 4, S. 687–748, London 1965.
- LESCHIK, G.: Die Keuperflora von Neuwelt bei Basel. II. Die Iso- und Mikrosporen. — *Schweiz. paläont. Abh.*, **72**, S. 1–70, Basel 1955.
- Sporen aus dem Salztou des Zechsteins von Neuhof (bei Fulda). — *Palaeontographica*, **B**, **100**, Lief. 4–6, S. 122–142, Stuttgart 1956.

Manuskript eingegangen am 29. 1. 1969

## **EMANUEL KAYSER und der Hunsrückschiefer**

**(Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 4)**

Von

**FRITZ KUTSCHER, Wiesbaden**

### **Die Lebensdaten von EMANUEL KAYSER**

EMANUEL KAYSER war einer der anerkanntesten und erfolgreichsten Forscher der deutschen Geologengeneration um die Jahrhundertwende. Neben seinen hervorragenden geologischen Lehrbüchern, die bis heute durch viele Neuauflagen immer wieder in modernem Gewande ihre Daseinsberechtigung dokumentieren, ist es die Devon-Formation, deren bester, auch internationaler Kenner er war, und der er ca. 75% seiner 164 wissenschaftlichen Veröffentlichungen gewidmet hat. Dazu kommen 18 Blätter der Geologischen Karte von Preußen — zumeist aus dem Rheinischen Schiefergebirge —, die er allein oder mit anderen aufgenommen und erläutert hat.

Vier Nachrufe wurden ihm gewidmet, die sein geschaffenes Werk in beredten Worten zu rühmen wissen (A. HAMBERG, 1928; R. RICHTER, 1928; CH. SCHUCHERT, 1928; P. G. KRAUSE, 1929). Sie bieten auch die Quellen für seine Lebensdaten, die hier in wenigen Sätzen umrissen werden:

FRIEDRICH HEINRICH EMANUEL KAYSER wurde am 26. März 1845 auf dem Gute Friedrichberg bei Königsberg/Ostpreußen geboren. Seine Jugend- und Schuljahre verbrachte er in Moskau, Italien, Bingen/Rhein, wiederum in Moskau, Wiesbaden und Halle/Saale, wo er mit Abschlußprüfung 1883 seine Schullaufbahn beendete. Das Studium absolvierte er in Halle (GIRARD), Heidelberg (BUNSEN) und Berlin (ROSE), wo er 1870 promovierte.

Seine Studienjahre — und auch die weiteren Jahre seines Lebens — sind ausgefüllt mit zahlreichen Reisen und Exkursionen. Sie vermittelten ihm, häufig von hervorragenden Lehrern und örtlichen Kennern geführt, eine Vielzahl wissenschaftlicher Probleme, die er im Laufe der Zeit auch mit Erfolg meisterte. Wichtige Etappen seines beruflichen Werdegangs sind die Tätigkeit bei der Königlichen Geologischen Landesanstalt (Eintritt 1871, ab 1873 Landesgeologe), die Habilitation 1871 und das Prädikat „Professor“ und ab 1885 die Nachfolge DUNCKERS in Marburg.

### **Die Forschungen im Hunsrückschiefer**

Seine forschende Tätigkeit im Hunsrück wurde durch Reisen in dieses Gebiet (u. a. mit LOSSEN und GREBE) angeregt, in festere Bahnen jedoch gelenkt — neben

den eigenen Interessen — durch die Übernahme der Kartierungsarbeiten am Mittelrhein und im Taunus und die damit erforderlichen stratigraphischen Forschungen im Unterdevon. Seine wissenschaftlichen Arbeiten in Nassau wurden von C. KOCH geprägt. Die Hunsrückschieferstratigraphie und -paläontologie betreffen folgende Sachgebiete:

1. Die Bekanntmachung des Gemündener Dachschiefergebietes, insbesondere der Kaisergrube in Gemünden, als Fundort für Hunsrückschiefer-Fossilien.
2. Die Beschreibung der ersten Fossilien von der Kaisergrube in Gemünden.
3. Die Eingliederung der Hunsrückschiefer-Fossilien in das hercynische Faziesgebiet.
4. Die Stratigraphie der Siegen-Stufe und die Einordnung des Hunsrückschiefers in diese Stufe als Faziesausbildung.
5. Die Kartierung des Blattes Simmern (nicht veröffentlicht).

### Die Hunsrückschiefer-Fauna von Gemünden

1880 widmete KAYSER den Hunsrückschieferversteinerungen von Gemünden zwei kurze Arbeiten. Er schilderte darin, daß die Dachschiefergruben in der Gegend von Kaub auf der rechten Rheinseite (F. v. SANDBERGER, 1889), in Bundenbach auf der linken Rheinseite (KUTSCHER, 1969) schon seit längerer Zeit Fossilien geliefert haben und daß nunmehr seit jüngerer Zeit als dritte wichtige Fundstelle Gemünden im Südwesten von Bundenbach hinzugetreten sei.

Bei der Differenzierung der Faunen in diesen drei Fundgebieten (KAYSER, 1880, Trilobiten) stellt er recht wechselnde Faunenlisten auf, die heute zwar auch noch bestehen, aber keineswegs mehr repräsentativ sein können. Allgemein verweist er auf Astereiden, Crinoideen, *Petraja*-artige Korallen, kleine Zweischaler und Cephalopoden. Von Gemünden hebt er besonders Trilobiten, gigantische Cardiolaceen, Crinoideen, Tentaculiten und in seltenen Fällen auch algenartige Pflanzenreste heraus.

Von allen drei Fundgebieten waren bereits Trilobiten bekannt. Aus einer Trilobiten-Fauna von Gemünden, Bundenbach und Kaub beschrieb nun KAYSER *Phacops ferdinandi* (Namen zu Ehren von FERDINAND ROEMER), auch heute noch ein häufiges Fundobjekt und wichtiges Leitfossil der Dachschiefer im Hunsrück (KUTSCHER, 1965), dazu *Dalmanites rhenanus*. Auch *Cryphaeus*-Arten kannte er, die aber erst SCHLÜTER (1886) mit Namen belegte.

In der zweiten Arbeit aus dem gleichen Jahr beschreibt KAYSER aus Gemünden *Cardiola Grebei* (eine Form, die BEUSHAUSEN 1895 in der Gattung *Puella* unterbrachte) und *Orthoceras opimum* (BARRANDE ?), die nicht selten von *Orthoceras tenuilineatum* (v. SANDBERGER), *Orthoceras planicanaliculatum* (v. SANDBERGER), *Cyrtoceras* und *Goniatites* aff. *evexus* (v. BUCH) u. a. begleitet werden.

### Die hercynische Fazies des Hunsrückschiefers

Um die „hercynische Fazies-Frage“ (böhmische Fazies) führte E. KAYSER einen Kampf — vom Harz ausgehend und dann auf alle anderen paläozoischen Gebiete übergreifend —, der damit endete, daß BARRANDES drei jüngere Stufen F, G und H aus dem Silur in das Unterdevon versetzt wurden.

Noch BEYRICH (1875) erwähnte: „die Fauna aus den bekannten Dachschiefern von Bundenbach, welche Trilobiten aus dem silurischen Genus *Dalmanites* enthalte, trage ganz ein obersilurisches Gepräge“.

Bisher hatten die Hunsrückschiefer-Schichten ihren Platz im Spiriferen-Sandstein, dessen Prototyp die rheinische Fazies darstellt.

Durch die Auffindung eines Dalmaniten der *Hausmanni*-Gruppe — *Dalmanites rhenanus* KAYSER 1880 — knüpfte E. KAYSER Beziehungen zu den ältesten oder hercynischen Devonbildungen des Harzes und in Böhmen an, verweist diese Form ins Unterdevon und findet darin ein wichtiges Bindeglied von „Hereyn und typischem Devon“ (KAYSER, 1880).

In seiner zweiten Arbeit (1880) über „Hereynische und silurische Typen im rheinischen Unterdevon“ beschreibt KAYSER weitere Hereynelemente und stellt am Schluß die beachtenswerte Tatsache heraus, daß der Hunsrückschieferhorizont durch das Auftreten hercynischer Typen ausgezeichnet ist, wobei er sich besonders auf die zahlreichen Cephalopoden stützt. Im Gegensatz zum Taunusquarzit und Spiriferensandstein muß der Hunsrückschiefer als eine „tiefere Meeresbildung“ aufgefaßt werden.

### Die stratigraphische Stellung des Hunsrückschiefers

C. KOCH (1881) publizierte, daß Taunusquarzit, Hunsrückschiefer und Unterkoblenzschichten als getrennte Schichtglieder übereinander folgen. Dieser Ansicht trat KAYSER 1884 entgegen, indem er die Siegener Grauwacke etwa dem Taunusquarzit und dem Hunsrückschiefer gleichsetzte. Er sah in der Siegener Grauwacke (später Siegen-Stufe) eine Repräsentation zugleich des Taunusquarzits und des Hunsrückschiefers, „welcher letztere in seiner typischen, wesentlich auf den Hunsrück und Taunus beschränkten Ausbildung als Dachschiefer mit einer cephalopodenreichen, Trilobiten, Crinoideen, Fische und Asterien führenden, aber fast ganz brachiopodenfreien Fauna doch nur ein lokales Faziesgebilde sein kann, ohne jedoch bestimmte Horizonte der Siegener Grauwacke mit Taunusquarzit und Hunsrückschiefer parallelisieren zu können“.

### Zusammenfassung

E. KAYSER erweiterte die Kenntnisse über die im Anfang der Hunsrückschiefer-Forschung noch spärliche Fauna durch wesentliche Formenelemente, wobei die ersten Trilobiten und Cephalopoden hervorzuheben sind. Zu den bisher bekannten Dachschieferformen rund um Bundenbach und Kaub fügt er die Funde der Dachschiefergruben bei Gemünden als neuen Schwerpunkt hinzu. Die faunistischen Eigentümlichkeiten dieser drei Gebiete werden angesprochen.

Einzelne Faunenelemente haben verwandtschaftliche Beziehungen zur Tierwelt Böhmens und der Hercynfauna des Harzes.

Die bisher übliche Einordnung des Hunsrückschiefers in den Spiriferensandstein des Unterdevons stößt KAYSER um. Er setzt ihn altersgleich mit der Siegen-Stufe, wobei der Hunsrückschiefer lediglich die fazielle Sonderausbildung eines Teiles dieses Schichtenverbandes ist.

## Schriftenverzeichnis

- BEYRICH, E.: Bemerkungen über das Rheinisch-Westfälische Unterdevon. — Z. deutsch. geol. Ges., **27**, 1875, S. 732, Berlin 1875.
- HAMBERG, A.: Minnesord öfver E. KAYSER. — Geol. Föreningens Förhandlingar, **50**, S. 111, Stockholm 1928.
- KAYSER, E.: Hercynische und silurische Typen im rheinischen Unterdevon. — Z. deutsch. geol. Ges., **32**, S. 819—822, Berlin 1880.
- Über *Dalmanites rhenanus*, eine Art der *Hausmanni*-Gruppe, und einige andere Trilobiten aus den älteren rheinischen Dachschiefern. — Z. deutsch. geol. Ges., **32**, S. 19—23, Taf. 3, Berlin 1880.
- KRAUSE, P. G.: EMANUEL KAYSER†. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1928, **49**, 2, S. XCV bis CXIX, 1 Bild, Berlin 1929.
- KUTSCHER, F.: Fossilien aus dem Hunsrückschiefer I. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1933, **54**, S. 628—641, 1 Abb., Taf. 34, Berlin 1933.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 8. *Phacops ferdinandi* KAYSER und sein Verbreitungsgebiet in der Hunsrückschieferfazies. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 19—37, 2 Abb., Taf. 3—4, Wiesbaden 1965.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 23. Aus der Frühgeschichte der Untersuchung von Hunsrückschiefer-Fossilien. — Decheniana, **122**, S. 15—20, 1 Taf., Bonn 1969.
- SANDBERGER, F. v.: Über die Entwicklung der unteren Abteilung des devonischen Systems in Nassau, verglichen mit jener in anderen Ländern. Nebst einem paläontologischen Anhang. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **42**, S. 1—107, 1 Tab., 5 Taf., Wiesbaden 1889.
- SCHLÜTER, CL.: Ueber *Cryphaeus limbatus* von Bundenbach. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. u. Westf., **38**, 4. F., 8. Jg., Sber., S. 77—78, Bonn 1881.
- SCHUCHERT, CH.: EMANUEL KAYSER. — Ann. I. science, **15**, 5 ser., No 87, S. 286, New Haven, Conn., 1928.

Manuskript eingegangen am 23. 9. 1969



## Bemerkungen zur Würmlößgliederung im Rhein-Main-Gebiet

Von

ARNO SEMMEL, Würzburg

Mit 1 Abbildung

**Kurzfassung:** Die „Nieder-Eschbacher Zone“, deren stratigraphische Stellung im Würmlöß bisher problematisch war, kann mit Hilfe eines Autobahn-Aufschlusses nördlich Wiesbaden-Schierstein dem älteren Mittelwürm zugeordnet werden. Zumindest der untere Teil dieser Zone scheint eine Bodenbildung zu sein, die ein Interstadial anzeigt, später jedoch umgelagert wurde.

### I. Einleitung

In dem von SCHÖNHALS, ROHDENBURG & SEMMEL (1964) veröffentlichten Standardprofil des Würmlösses in Hessen sind bis heute zwei Bereiche problematisch geblieben (SEMMEL 1968, S. 30–31). Das gilt einmal für den geteilten E<sub>2</sub>-Naßboden im Jungwürmlöß des Rhein-Main-Gebietes. Zwischen beiden Teilen des Naßbodens liegen z. B. in der Ziegeleigrube am Hainerberg bei Wiesbaden mächtigere Umlagerungsprodukte, deren Abfolge und Herkunft zur Zeit noch nicht genau bekannt sind (SEMMEL 1968, S. 31). <sup>14</sup>C-Datierungen von Schneckengehäusen aus diesem Abschnitt ergaben Alter von ca. 20000 Jahren b.p.<sup>1)</sup>. Nach faunistischen Untersuchungen (REMY, 1969) soll in diesem Bereich ein Interstadial liegen. Eine ganz ähnliche Abfolge ist derzeit an der Ostwand der Ziegeleigrube Schillo & Co. am Gräselberg in Wiesbaden aufgeschlossen. Allerdings fehlen hier kräftig braune, lehmigere Partien, die man als umgelagerte Reste des letztwarmzeitlichen Bodens deuten könnte. Solche Einschaltungen sind in dem Hainerberger Aufschluß in dem entsprechenden Profilteil häufiger zu beobachten.

Neben diesem Bereich gab es bisher mit der sog. „Nieder-Eschbacher Zone“ (SEMMEL 1968, S. 29f.) einen zweiten unsicheren Würmlößabschnitt. Hier war neben der genetischen Stellung vor allem die stratigraphische Einstufung offengeblieben. Als sicher konnte nur gelten, daß diese Zone älter als das Jungwürm ist. Da in der Ziegeleigrube Nieder-Eschbach über der Zone ein Horizont vorkommt, der Eigen-

---

<sup>1)</sup> Die genauen Daten für zwei aus dem gleichen Horizont gesammelte Proben lauten 18500 ± 950 a.b.p. für die Probe H<sub>v</sub> 1296 und 21100 ± 1400 a.b.p. für die Probe H<sub>v</sub> 1297 (Bestimmung im <sup>14</sup>C-Labor, Leiter Dr. ГЕҀҀН, des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, Hannover).

schaften einer schwach ausgebildeten Humuszone besitzt, wurde ein Altwürm-Alter nicht ausgeschlossen (SEMMEL 1968, S. 30). Durch den Bau der Autobahn vom Autobahnkreuz Wiesbaden-Schierstein in Richtung Westen wurde eine Lößwand freigelegt, die die genaue stratigraphische Lage der Nieder-Eschbacher Zone zeigte.

## 2. Das Lößprofil im Autobahn-Einschnitt nördlich Wiesbaden-Schierstein

Die Autobahn-Trasse schneidet nördlich von Schierstein unmittelbar östlich der Freudenbergstraße einen aus Löß aufgebauten Rücken. Die Basis des Lösses bildet ein rostiger Kies (Mächtigkeitsangaben auf Abb. 1), der von grauen Mosbacher Sanden oder von tertiären Mergeln unterlagert wird.

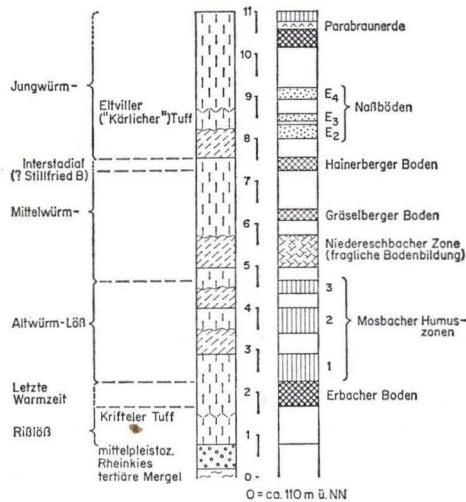


Abb. 1. Lößprofil im Autobahn-Einschnitt nördlich Wiesbaden-Schierstein. Die linke Säule stellt die lithologischen, die rechte die bodenkundlichen Verhältnisse dar. In der linken Säule bedeutet die senkrechte, gerissene Schraffur „primären“ Löß, die schräge, gerissene Schraffur sekundär verlagerten Löß.

Der darüber folgende Löß ist sehr kalkhaltig und vor allem im oberen Teil stark mit Pseudomycelien durchsetzt. Er stellt den Kalkanreicherungs-(Cc-)Horizont des hangenden, kräftig braunen B<sub>t</sub>-Horizontes dar. Dieser Horizont gehört mit großer Wahrscheinlichkeit zum letztwarmzeitlichen „Erbacher Boden“ (SCHÖNHALS et al. 1964, S. 200), denn an seiner Basis ist eine 1–2 cm starke basaltische Tufflage ausgebildet, die wohl dem „Krifteler Tuff“ entspricht, der an anderen Orten im obersten Teil des Rißlösses gefunden wurde (SEMMEL 1967, S. 107). Außerdem gibt die Höhenlage des Bodens über der Rhein-Niederterrasse eine gewisse Berechtigung zur Annahme eines solchen Alters.

Über dem B<sub>t</sub>-Horizont beginnt sofort eine Humuszone. Es handelt sich dabei um die älteste „Mosbacher Humuszone“ des Altwürms (SCHÖNHALS et al. 1964, S. 200 bis 201). Nach einer Lage von braunem, kieshaltigem Löß folgt die zweite und nach einer abermaligen Einschaltung von kiesigem Löß die dritte Mosbacher Humuszone, so daß hier die gesamte Altwürmfolge i. S. von SCHÖNHALS et al. vorliegt. Bis ein-

schließlich der zweiten Humuszone besitzt dieses Profil große Ähnlichkeit mit demjenigen, das beim Bau des Schiersteiner Autobahnkreuzes (Nordrampe) aufgeschlossen war (SEMMELE 1968, S. 23—24). Während dort jedoch nach der zweiten Mosbacher Humuszone eine starke Diskordanz ausgebildet war, dem gekappten Altwurm folgte unmittelbar oberer Jungwürmlöß mit einer basalen Solifluktionslage, fehlt zumindest eine *größere* Schichtlücke im Profil an der Freudenbergstraße. Hier schließt sich an die dritte Humuszone ein Profilabschnitt an, in dessen oberem Teil alle wichtigen Leithorizonte des Mittel- und Jungwürms enthalten sind. Von oben her gesehen liegen unter der an der heutigen Oberfläche ausgebildeten Parabraunerde die Naßböden E<sub>4</sub>, E<sub>3</sub> und E<sub>2</sub>. Zwischen den ersten beiden Horizonten findet sich der „Eltviller Tuff“ (SEMMELE 1967, S. 106). Unter dem E<sub>2</sub>-Boden ist noch ein Rest des Hainerberger Bodens, ein Äquivalent des intensivsten Mittelwurm-Interstadials (bis jetzt „Paudorf“ oder „Stillfried-B“ genannt), erhalten geblieben. In normaler Entwicklung folgt dann der Gräselberger Boden des Mittelwürms (Bezeichnungen sämtlich nach SCHÖNHALS et al. 1964).

Zwischen dem Gräselberger Boden und der obersten Humuszone des Altwürms liegt die Nieder-Eschbacher Zone. Diese Zone besteht aus einem unteren Abschnitt mit braunem Lößlehm, der zahlreiche Gerölle enthält. Diese Gerölle stammen aus einer hangaufwärts gelegenen Flußterrasse. Sie fehlen im liegenden Löß. Außerdem unterscheidet sich der braune Lößlehm gegenüber dem liegenden Löß noch durch seine Farbe (braun statt gelblich braun), seinen Tongehalt (23,8% statt 12,6%), Kalkgehalt (15,2% statt 21,5%), Humusgehalt (0,52% gegenüber 0,12%) und seinen Gehalt an dithionitlöslichem Eisen (1,12% statt 0,73%)<sup>2</sup>). Über dem unteren Abschnitt, der 60 cm mächtig ist, liegt ein grauer, 60 cm mächtiger, kiesiger Löß, dessen Tongehalt nur 10,1% beträgt. Diesen Löß könnte man wegen seiner Farbe und seines geringen Tongehaltes als Tonverarmungshorizont deuten, der zusammen mit dem liegenden braunen, tonreicheren Abschnitt ein Bodenprofil darstellt, das durch Tonverlagerung differenziert worden ist. Dagegen spricht jedoch der Befund, daß die graue Zone an manchen Stellen des Aufschlusses den liegenden braunen Lehm kappt und zum Teil direkt dem tieferen Löß aufliegt. Außerdem muß der hohe Kalkgehalt berücksichtigt werden, der in dem grauen Substrat 26,4% beträgt. Ihn kann man nicht allein durch sekundäre Aufkalkung erklären. Im Dünnschliff wie auch bei den Körnerpräparaten zeigt sich nämlich, daß ein erheblicher Teil des Kalkes noch in primärer Kornform vorliegt. Das gilt auch für den unteren braunen Abschnitt. In diesem fehlen außerdem Anzeichen einer Tonverlagerung. Nach der Bodenbildung, der zumindest das braune Material ausgesetzt war, muß das Profil von einer Umlagerung erfaßt worden sein, die zur Einmischung von frischem Lößmaterial führte. Damit stellt sich dann aber auch die Frage, ob es sich hierbei um eine selbständige, später verlagerte Bodenbildung handelt oder nur um Material, das aus dem letztwarmzeitlichen Boden stammt. Es ist zur Zeit nicht möglich, mit bodenkundlichen Methoden dieses Problem eindeutig zu klären. Nach Untersuchungen von REMY (1969) zeichnet sich die Nieder-Eschbacher Zone aber durch das Vorkommen einer Schneckenfauna aus, die deutlich

---

<sup>2</sup>) Die Analysen wurden im Chemischen Labor, Leiter Reg.-Geol. THIELICKE, des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung ausgeführt.

ein temperiertes Klima anzeigt und ohne weiteres die Deutung der Nieder-Eschbacher Zone als Interstadial zuläßt. Dieses gehört stratigraphisch ins untere Mittelwürm (Gliederung nach SCHÖNHALS et al. 1964).

### 3. Vorkommen der Nieder-Eschbacher Zone in anderen Lößprofilen

Auf das Vorkommen der Nieder-Eschbacher Zone in anderen Lößaufschlüssen wurde schon hingewiesen (SEMMEL 1968, S. 30, Fußnote 17). Es handelt sich dabei um die Profile Arzheim bei Landau, Groß-Ostheim bei Aschaffenburg sowie Nieder-Eschbach selbst. In allen diesen Aufschlüssen zeichnet sich der entsprechende Abschnitt durch Umlagerungen aus, die offenbar kurz nach der Bodenbildung stattfanden.

Außerdem sei erwähnt, daß auch im mainfränkischen Lößgebiet eine ähnliche Zone entwickelt sein kann. Gegenwärtig ist in der Ziegeleigrube östlich von Helmstadt bei Würzburg ein Profil aufgeschlossen, in dem über vier fossilen B<sub>t</sub>-Horizonten eine Humuszone folgt. Zwischen dieser und dem „Braunen Verwitterungshorizont“ i. S. von BRUNNACKER (1959, S. 140), der stratigraphisch dem Hainerberger Boden des Rhein-Main-Gebietes entspricht, liegt ein ca. 40 cm starker, brauner Lößlehm mit einer hangenden, 30 cm mächtigen, grauen Zone inmitten von gelblich braunem Lößlehm. Der braune Lößlehm und die hangende graue Zone müßten stratigraphisch der Nieder-Eschbacher Zone gleichzusetzen sein.

Schließlich kommt noch an einer Stelle der Westwand in der Ziegeleigrube in Wallertheim (Rhein Hessen) eine graue, ca. 50 cm mächtige Lößlage vor, die dem oberen Teil der Nieder-Eschbacher Zone entsprechen könnte. Zwar fehlt hier der untere braune Abschnitt, den diese Zone sonst oft besitzt, aber die stratigraphische Position erlaubt den Schluß, daß ein Äquivalent der Nieder-Eschbacher Zone vorliegt. Im Liegenden finden sich nämlich zwei, an einer Stelle sogar drei Humuszonen, die den Mosbacher Humuszonen des Altwürms entsprechen dürften<sup>3)</sup>. Über der fraglichen Nieder-Eschbacher Zone liegt ein schwach humoser, ca. 60 cm starker Löß, der vielleicht stratigraphisch dem Hainerberger Boden gleichzusetzen ist. In seinem Hangenden folgt nämlich eine Umlagerungszone, wie sie in anderen Profilen in dieser stratigraphischen Position häufig gefunden wurde. Darüber liegt ein schwaches Tuffbändchen, das von ANDRES an anderer Stelle näher beschrieben werden soll. Es entspricht höchstwahrscheinlich dem „Rambacher Tuff“ (SEMMEL 1967, S. 107), denn in seinem Hangenden folgen der E<sub>2</sub>-Naßboden und der Eltviller Tuff.

#### Schriftenverzeichnis

- BRUNNACKER, K.: Zur Parallelisierung des Jungpleistozäns. — Geol. Jb., **76**, S. 129—150, Hannover 1959.
- LESER, H.: Beobachtungen und Studien zur quartären Landschaftsentwicklung des Pfrimgebietes (Südrhein Hessen). — Arb. rhein. Landeskde., **24**, 442 S., 56 Abb., 26 Diagr., 24 Tab., 2 Ktn., Bonn 1967.

<sup>3)</sup> Lange Zeit war in dieser Grube nur eine Humuszone (Schwarzerde) aufgeschlossen. Da der holozäne Boden im rheinhessischen Trockengebiet typologisch ebenfalls als Schwarzerde anzusprechen ist, lag die Vermutung nahe, daß die fossile Schwarzerde in die Letzte Warmzeit gehört (LESER 1967, S. 258). Die jetzige Situation spricht jedoch für eine Parallelisierung mit den Mosbacher Humuszonen (REMY 1969).

- REMY, H.: Würmzeitliche Molluskenfaunen aus Lößserien des Rheingaus und des nördlichen Rheinhessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, Wiesbaden 1969.
- SCHÖNHALS, E., ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A.: Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöß-Gliederung in Hessen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **15**, S. 199—206, 1 Abb., Öhringen 1964.
- SEMMEL, A.: Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lössen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 104—108, 1 Abb., Wiesbaden 1967.
- Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — Frankf. geogr. H., **45**, 133 S., 35 Abb., Frankfurt a. M. 1968.

Manuskript eingegangen am 30. 6. 1969

**B.**  
**Amtlicher Teil**

## Tätigkeitsbericht

### des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1968 (1. 1. – 31. 12. 1968)

Im Geschäftsjahr 1968 haben sich die Aufgaben des Landesamtes für Bodenforschung nicht geändert. Grundlage der Tätigkeit ist die Verordnung über die Errichtung des Landesamtes für Bodenforschung vom 26. 6. 1946, verkündet 4. 10. 1946, mit Ausnahme von § 2 Abs. 2, der durch das Gesetz zur Bereinigung des Hessischen Landesrechtes vom 6. 2. 1962 (GVBl 1962, S. 21–135, besonders S. 23) aufgehoben wurde. Die derzeit geltende Fassung ist in GVBl Teil II unter Hauptsachgebiet 5 Wirtschaft und Gewerbe, Sachgebiet 53 Bergbau und Bodenforschung, Ziffer 53–10, S. 25–26, veröffentlicht.

Die Aufgaben sind in der Geschäftsordnung für das Hessische Landesamt für Bodenforschung, Erlaß des Herrn Hessischen Ministers für Wirtschaft und Verkehr vom 30. 9. 1965 (Staats-Anzeiger 1965, S. 1286–1290) in § 1 Abs. 2 erneut, zum Teil in geändertem Wortlaut, aufgezählt.

Eine Neufassung der Gebührenordnung wurde im Einvernehmen mit dem Herrn Minister der Finanzen mit Erlaß vom 28. 6. 1968 durch den Herrn Hessischen Minister für Wirtschaft und Verkehr mit Wirkung vom 1. 7. 1968 vorgenommen (Staats-Anzeiger 1968, S. 1104–1108).

Der Haushalt des Landesamtes für Bodenforschung 1968 blieb gemäß Haushaltsgesetz vom 27. 11. 1967 (GVBl 1967, S. 191–195) gegenüber dem Haushalt für 1967 (Haushaltsgesetz vom 24. 5. 1967, GVBl 1967, S. 95–99) unverändert.

Das Gebäude Leberberg 5 wurde am 1. 3. 1968 dem Landesamt für Bodenforschung zur Verfügung gestellt und im Mai 1968 bezogen. Die Diensträume Adolfsallee 32 wurden gleichzeitig aufgegeben.

Die folgenden Angaben sind ähnlich wie in den Vorjahren gegliedert.

### I. Geologische Landesaufnahme

Geologische Karte 1 : 25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
4620 Arolsen	Kartierung begonnen	7
4719 Korbach	Arbeiten zur Herausgabe, veröffentlicht	—

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
4720 Waldeck	Arbeiten zur Herausgabe	—
4721 Naumburg	Geländearbeiten abgeschlossen, 2 km <sup>2</sup> revidiert	—
4722 Kassel- Niederzwehren	Geländearbeiten abgeschlossen	—
4820 Bad Wildungen	Arbeiten zur Herausgabe fortgesetzt	—
4821 Fritzlar	Neukartierung begonnen, Aufnahme von Auf- schlüssen	—
4823 Melsungen	Fortsetzung der Neukartierung	33
5024 Rotenburg a.d. Fulda	Fortsetzung der Neukartierung	11
5215 Dillenburg	Fortsetzung der Arbeiten zur Herausgabe	—
5216 Oberscheld	Fortsetzung der Neukartierung	29
5222 Grebenu	Arbeiten zur Herausgabe, veröffentlicht	—
5319 Londorf	Fortsetzung der Neukartierung	38
5324 Hünfeld	Arbeiten zur Herausgabe, veröffentlicht	—
5523 Neuhof	Geländearbeiten im Rahmen der Neukartierung fortgesetzt	—
5618 Friedberg	Kartierung fortgesetzt	40
5622 Steinau	Fortsetzung der Neukartierung	10
5623 Schlüchtern	Fortsetzung der Neukartierung, 4 km <sup>2</sup> revidiert	46
5721 Gelnhausen	Fortsetzung von Geländearbeiten für die Neu- kartierung	—
5722 Salmünster	Fortsetzung der Neukartierung	44
5723 Altengronau	Beginn der Neukartierung	5
5821 Bieber	Beginn der Neukartierung	8
5822 Wiesen	Beginn der Neukartierung	15
5913 Presberg	Arbeiten zur Herausgabe, veröffentlicht	—



Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
5916 Hochheim	Fortsetzung der Geländearbeiten für die Neukartierung.	—
5917 Kelsterbach	Fortsetzung der Neukartierung.	5
6217 Zwingenberg	Fortsetzung der Geländearbeiten für die Neukartierung.	—

Insgesamt wurden 1968 291 km<sup>2</sup> geologisch neu kartiert.

Im Rahmen von Untersuchungen für die geologische Landesaufnahme und Verfolgung von Neuaufschlüssen wurden auf folgenden Blättern Geländearbeiten durchgeführt:

Blatt-Nr. und -Name	Gegenstand
4520 Warburg	Profile an der Autobahntrasse
4521 Liebenau	Profile an der Autobahntrasse
4617 Brilon	Profilaufnahmen im Devon
4621 Wolfhagen	Profile an der Autobahntrasse
4717 Niedersfeld	Profilaufnahmen im Devon
4718 Goddelsheim	Profilaufnahmen im Zechstein, Karbon und Devon
4719 Korbach	Profilaufnahmen im Zechstein
4819 Fürstenberg	Karbon, Baryt
4820 Bad Wildungen	Karbon, Quartär
4920 Armsfeld	Karbon
5315 Herborn	Profile an der Autobahntrasse
5316 Ballersbach	Profile an der Autobahntrasse
5325 Spahl	Muschelkalk
5518 Butzbach	Tertiär, Profile an der Autobahntrasse
5524 Weyhers	Profile an der Autobahntrasse, Buntsandstein
5525 Gersfeld	Basalt
5621 Wenings	Basalt, Buntsandstein
5624 Brückenaus	Profile an der Autobahntrasse
5717 Bad Homburg v. d. H.	Tertiär
5812 St. Goarshausen	Devon
5814 Bad Schwalbach	Devon
5818 Frankfurt a.M. Ost	Quartär
5819 Hanau	Quartär
5914 Eltville	Tertiär
5915 Wiesbaden	Tertiär
5919 Seligenstadt	Quartär
6020 Aschaffenburg	Quartär

Herausgegeben wurden die Blätter der Geologischen Karte von Hessen 1:25000 mit Erläuterungen:

4719 Korbach  
 5222 Grebenau  
 5324 Hünfeld  
 5913 Presberg.

Zur Klärung von geologischen Grundlagen für die Kartierung und Erforschung des Landesgebietes waren folgende Untersuchungen notwendig:

Untersuchung von Tertiäraufschlüssen am Taunusrand bezüglich Paläogeographie, Fazies und Fauna dieses Gebietes;

Bearbeitung von Kulmprofilen im südöstlichen Sauerland zur Aufstellung von Richtprofilen für die Exkursionen des Heerleiner Karbon-Kongresses 1971;

Profilaufnahmen im Kulm am östlichen Kellerwaldrand zur Klärung fazieller Fragen dieses Gebietes;

Arbeiten im Hunsrückschiefer;

Quartärgeologische Untersuchungen im Untermaingebiet und in den Bergsträßer Pleistozänterrassen zur Klärung der Gliederung der Main-Rhein-Terrassen;

Profilbearbeitungen im Buntsandstein der Vorderrhön und bei Neuhaus zur Klärung stratigraphischer Fragen;

Zusammenstellung von Gliederungen des Buntsandsteins als Unterlage für eine einheitliche Gliederung;

Stratigraphische und tektonische Untersuchungen am Heubacher Graben;

Aufnahme von Neuaufschlüssen im Quartär bei Bad Wildungen.

### Biostratigraphie, Paläontologie

Zur biostratigraphischen Altersbestimmung von Gesteinshorizonten sind im Rahmen der geologischen Landesaufnahme für die Kartierung und bei der Untersuchung wichtiger Neuaufschlüsse Proben mit Makro- und Mikrofossilien gewonnen worden. Die im Jahre 1968 aufgesammelten oder bearbeiteten Fossilien stammen aus dem Paläozoikum (Devon, Unterkarbon) der Blätter 4617 Brilon, 4717 Niedersfeld, 4718 Goddelsheim, 4820 Bad Wildungen, 5215 Dillenburg, 5216 Oberscheld, 5315 Herborn und 5316 Ballersbach, aus der Trias der Blätter 4721 Naumburg, 5222 Grebenau und 5524 Weyhers und aus dem Tertiär der Blätter 4721 Naumburg, 4722 Kassel-Niederzwehren und 5916 Hochheim.

Zur Einstufung von Bohrprofilen wurden Proben aus tertiären Schichten von folgenden Blättern untersucht: 4522 Hofgeismar, 4722 Kassel-Niederzwehren, 4723 Oberkaufungen, 4921 Borken, 5418 Gießen, 5914 Eltville, 5915 Wiesbaden und 5916 Hochheim.

Palynologische Untersuchungen erfolgten zur sporenstratigraphischen Einstufung tertiärer Proben für die geologische Kartierung der Blätter 5222 Grebenau, 5618 Friedberg, 5622 Steinau und 5623 Schlüchtern sowie für die Bearbeitung von Bohrungen auf Bl. 5817 Frankfurt a. M.-West.

## Geophysik

Geophysikalische Spezialkartierungen zur Unterstützung der geologischen Kartierung fanden auf den Blättern 4620 Arolsen, 4720 Waldeck, 4721 Naumburg, 5024 Rotenburg a. d. F., 5319 Londorf und 5623 Schlüchtern statt.

Messungen des Jahres 1967 wurden für folgende Blätter ausgewertet: 4719 Korbach, 5222 Grebenau, 5319 Londorf, 5324 Hünfeld, 5523 Neuhof, 5618 Friedberg, 5623 Schlüchtern und 5913 Presberg.

Regionale magnetische Messungen betrafen das Gebiet von Eschwege – Sontra.

## Forschungsschwerpunkt Oberer Erdmantel

An den seit Anfang 1967 laufenden Untersuchungen zum internationalen Upper Mantle Project ist das Landesamt mit Forschungen über das Nordende des Oberrhein-Grabens beteiligt, die z. T. aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert werden. Die Arbeiten im Jahr 1968 erstreckten sich dabei sowohl auf die Auswertung des vorhandenen Archivmaterials als auch auf tektonische Untersuchungen im Taunuskamm sowie auf petrographisch-petrochemische Untersuchungen im Taunus – Querscholle am Nordende des Oberrheingrabens –.

## Petrologie und Geochemie

Für die geologische Kartierung wurden petrologische Untersuchungen an Gesteinen der in Bearbeitung befindlichen Blätter vorgenommen und die Ergebnisse in Beiträgen zu den Erläuterungen niedergelegt.

Im Jahr 1967 begonnene regionale petrographische Arbeiten im Taunus, Soonwald und Odenwald, z. T. in Verbindung mit dem Forschungsauftrag über das Nordende des Oberrhein-Grabens, wurden fortgesetzt.

Im westlichen Taunus wurden Konglomerate und Grauwacken der Bunten Schiefer (Obergedinne) untersucht und dabei neue Ergebnisse zur Paläogeographie und Tektonik dieses Gebietes gewonnen.

Arbeiten zur absoluten Altersbestimmung an Serizitgneisen und Grünschiefern des Taunus sind veranlaßt.

Aus der schon länger laufenden sedimentpetrographischen Bearbeitung von Buntsandstein-Profilen in Nordhessen entstand eine zusammenfassende Betrachtung zum Vorgang der Diagenese der Formation.

## 2. Bodenkunde

### Bodenkarte 1 : 25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
4720 Waldeck	Fertigstellung und Druck der Karte und Erläuterungen; veröffentlicht	—
5216 Oberscheld	Fortsetzung der Feldaufnahmen	62

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
5520 Nidda	Fertigstellung und Druck der Karte und Erläuterungen; veröffentlicht	—
5715 Idstein	Abschluß der Feldkartierung; bodenphysikalische und bodenchemische Untersuchungen	59
5815 Wehen	Fertigstellung und Druck der Karte und Erläuterungen; veröffentlicht	—
5817 Frankfurt a.M.- West	Kartierung begonnen	32
5916 Hochheim	Arbeiten zur Herausgabe	—
5917 Kelsterbach	Fortsetzung der Feldkartierung	59
6217 Zwingenberg	Fertigstellung der Karte und Arbeiten an den Erläuterungen	—

Insgesamt wurden 212 km<sup>2</sup> bodenkundlich aufgenommen.

Herausgegeben wurden die Blätter der Bodenkarte von Hessen 1:25000 mit Erläuterungen:

4720 Waldeck  
5520 Nidda  
5815 Wehen.

Im Rahmen der Kartierung der Flächen mit Sonderkulturen wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

Teile des Gem.-Bez.	Kreis	Maßstab	Fläche in ha
1. Kartierung von Flächen mit Sonderkulturen — Obstbau —			
Eddersheim	Main-Taunus	1:5000	ca. 400
Flörsheim	Main-Taunus	1:5000	ca. 700
Hochheim	Main-Taunus	1:5000	ca. 1150
Okriftel/Main	Main-Taunus	1:5000	ca. 350
Wicker	Main-Taunus	1:5000	ca. 100 (Teilaufnahme)
2. Kartierung von Gemeinschaftsobstanlagen			
Hochheim	Main-Taunus	1:1000	ca. 8
Hasselbach	Limburg	1:2000	ca. 2

Teile des Gem.-Bez.	Kreis	Maßstab	Fläche in ha
<b>3. Kartierung von Versuchsflächen — Weinbau —</b>			
Staatsweingut Eberbach (Steinberg), Hattenheim	Rheingau	1:2000	ca. 2,00
Gräfl. Kanitz'sche Weinguts- verwaltung, Lorch	Rheingau	1:1000	ca. 0,75
Weingut Graf Schönborn, Hattenheim	Rheingau	1:1000	ca. 2,00
Weingut Langwerth von Simmern, Hattenheim	Rheingau	1:1000	ca. 1,5
Weingut der Stadt Frankfurt a.M., Hochheim	Main-Taunus	1:1000	ca. 0,6

Im Zusammenhang mit der Bodenverbesserung im Rahmen des Flurbereinigungsgesetzes wurde in Offenthal, Ldkrs. Offenbach, eine Fläche von ca. 1,5 ha im Maßstab 1:1000 für ein Gutachten über die Feststellung der Notwendigkeit einer Dränung für eine Gärtnerstelle kartiert.

### 3. Lagerstätten

#### Eisen- und Mangan-Erz

Die Arbeiten waren auf die Dokumentation wichtiger Aufschlüsse in den Betrieben, die aufgrund der veränderten Erzversorgungslage im Laufe des Jahres stillgelegt wurden, beschränkt. Die Verbindung zu den Universitätsinstituten, die an der wissenschaftlichen Bearbeitung genetischer Fragen an Lagerstätten des Lahn-Dill-Typs mitwirken, wurde durch Besprechungen, Vorträge und gemeinsame Befahrungen aufrechterhalten.

#### Buntmetall-Erze

Neue Aufschlüsse an Buntmetall-Vorkommen im Kellerwald wurden besucht.

#### Uran

Im Odenwald wurden radiometrische Untersuchungen an einigen Vorkommen durchgeführt. Eine geochemische weiträumige Bemusterung der Oberflächen-Gewässer wurde von der Bundesanstalt für Bodenforschung im gleichen Gebiet vorgenommen. Dabei wurden einige kleinere Anomalien aufgefunden, die weitere Untersuchungen mit anderen Methoden, allerdings im engeren Bereich, veranlassen könnten.

#### Braunkohle

Die im Vorjahr begonnene Archivierung von Unterlagen aus dem Braunkohlenbergbau in Nordhessen wurde fortgesetzt.

## Kali und Erdöl

Gelegentlich wurden einzelne Betriebe besucht, um über betriebseigene Untersuchungen auf dem Laufenden zu bleiben.

## Steine und Erden

4 Gutachten befaßten sich mit der Vorratsermittlung und Beurteilung von Basalt, Kies- und Quarzdiorit-Vorkommen. Ein ausführlicher Bericht für den Herrn Minister für Wirtschaft und Verkehr galt den Grundstoff-Vorräten in der Umgebung förderungswichtiger Schwerpunkt-Gemeinden in Hessen. Ein Gutachten wurde für die Arbeitsgemeinschaft zur Verbesserung der Agrarstruktur über Entwicklungsstand und -möglichkeiten einzelner Steine- und Erden-Betriebe in der Planungsregion Werraland erstattet.

## 4. Chemisches Laboratorium

124 Bodenanalysen wurden durchgeführt, vor allem für die bodenkundliche Kartierung. 286 Wasserproben wurden für die Referate Hydrogeologie und Ingenieurgeologie untersucht. Ferner wurden 169 Analysen von Gesteins- und Erz-Proben angefertigt.

Hervorzuheben ist die Einführung einer neuen  $\text{SiO}_2$ -Bestimmungsmethode nach entsprechenden Kontrollversuchen. Dadurch konnte die Arbeitszeit für eine  $\text{SiO}_2$ -Bestimmung von 1,5 Tagen auf 1 Stunde verkürzt werden.

## 5. Hydrogeologie

### Hydrogeologische Grundlagenforschung

Hydrogeologische Feldkartierungen wurden auf den Blättern 4721 Naumburg, 4722 Kassel-Niederzwehren und 5623 Schlüchtern ausgeführt. Die hydrogeologischen Anteile zu den Erläuterungen der Blätter 4719 Korbach, 5222 Grebenau, 5324 Hünfeld und 5913 Presberg wurden fertiggestellt, ebenso der hydrogeologische Kartenanteil zu Blatt 4721 Naumburg. Auf den Blättern 5222 Grebenau und 5618 Friedberg sind chemische Grundwasseruntersuchungen und auf dem Blatt 5523 Neuhoof Abflußmessungen ausgeführt worden.

Im Zuge der geologischen Kartierung für den Wasserbeschaffungsverband Kinzig konnten 72 km<sup>2</sup> neu aufgenommen und 24 km<sup>2</sup> überarbeitet werden. Damit sind die zum Niederschlagsgebiet der Kinzig gehörenden Anteile der Blätter 5722 Salmünster, 5723 Altengronau und 5822 Wiesen fertiggestellt und das Blatt 5821 Bieber begonnen worden.

Weiterhin wurden für den Wasserbeschaffungsverband Kinzig ein Großpumpversuch im Brachttal und ein in dessen Verlauf ausgeführter Färbeversuch ausgewertet. Die Altersdatierung des Grundwassers sollen Tritiumuntersuchungen an Wasserproben aus dem Brachttal erbringen. — Die 500 m tiefe Bohrung Böß-Gesäß (Krs. Büdingen) wurde stratigraphisch ausgewertet.

Die S-Isotopenuntersuchung an hessischen Grundwässern wurde mit Untersuchungen im Zentrallaboratorium für die Geochemie der Isotope in Göttingen abgeschlossen. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Untersuchung werden veröffentlicht.

Für das Untersuchungsprogramm „Auswirkungen der Ablagerung von Müll, insbesondere Industriemüll, auf das Grundwasser“ gelangten im Berichtszeitraum in Zusammenarbeit mit dem Medizinal-Untersuchungsamt und Hygiene-Institut sowie dem Institut für Landwirtschaftliche Mikrobiologie der Universität Gießen und dem C<sup>14</sup>-Laboratorium des II. Physikalischen Instituts der Universität Heidelberg hydromikrobiologische Untersuchungen und Grundwasserneubildungsuntersuchungen nach der Tritium-Methode zur Ausführung. Sorptionsversuche erfolgten an Müll-Kompost-Proben. An der Müllhalde Frankfurt a. M.-Stadtwald wurden Bohrungen für Grundwasserproben-Entnahmestellen durchgeführt und Proben an den Müllplätzen im Frankfurter Stadtwald und in Großkrotzenburg entnommen. Die wichtigsten Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen wurden veröffentlicht.

Für Tritium- und Sr<sub>90</sub>-Untersuchungen wurden Wasserproben von Quell- und Brunnenwässern des Schlüchtern Beckens und aus Brunnen des Wasserwerks Jägersburger Wald des Wasserbeschaffungsverbandes Riedgruppe-Ost entnommen.

Die Mitwirkung an der Untersuchung über das Verhalten von Radionukliden im Untergrund, in Zusammenarbeit mit dem Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Luft-Hygiene, Berlin-Dahlem, erstreckte sich auf Auswahl und Entnahme von Bodenproben im Stadtgebiet von Berlin.

Die Bearbeitung von Gutachten für die Wasserwirtschaftlichen General-, Sonder- und Rahmenpläne, vornehmlich im Gebiet des Odenwaldes und des Sonderplanes „Wasserversorgung Nordhessen“, wurde fortgesetzt.

### Praktische Aufgaben

Im Jahre 1968 wurden 344 Gutachten und 80 Schreiben mit gutachtlichem Ausgabewert (Gesamtzahl: 424) abgegeben (gegenüber 355 und 34 im Jahre 1967, Gesamtzahl: 389). Die gebietliche und die sachliche Verteilung der Gutachten und gutachtenartigen Schreiben ist nachfolgend aufgeführt:

#### Regierungsbezirk Darmstadt

(einschließlich Regierungsbezirk Wiesbaden, der am 29. 4. 1968 in den Regierungsbezirk Darmstadt aufging)

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gemeinde bzw. Gemeindebezirk
Alsfeld	12	Deckenbach, Ermenrod, Grebenau, Homberg, Hopfgarten, Kirtorf, Lehrbach, Maulbach, Nieder-Ohmen, Stordorf, Zell
Bergstraße	13	Aschbach, Auerbach, Bensheim, Biblis, Gras-Ellenbach, Hausbach, Heppenheim, Lampertheim, Reisen
Biedenkopf	3	Biedenkopf, Dautphe, Oberweidbach

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachten-zahl	Gemeinde bzw. Gemeindebezirk
Büdingen	18	Altenstadt, Bellmuth, Bobenhausen I, Büches, Busenborn, Dauernheim, Düdelsheim, Effolderbach, Eichelsdorf, Eschenrod, Höchst a.d. Nidder, Mittel-Seemen, Nidda, Oberau, Ober-Seemen, Ranstadt, Rainrod, Rinderbügen, Schotten, Unter-Schmitten, Wenings
Darmstadt-Stadt	3	Darmstadt
Darmstadt-Land	12	Balkhausen, Brandau, Braunshardt, Erzhausen, Frankenhausen, Nieder-Beerbach, Ober-Modau, Ober-Ramstadt, Pfungstadt, Schneppenhausen, Weiterstadt
Dieburg	7	Babenhausen, Billings, Brensbach, Ober-Klingen, Wersau
Dillkreis	10	Burg, Ewersbach, Fellerdilln, Haiger, Haigerseelbach, Herborn, Herbornseelbach, Langenaubach, Mademühlen, Schönbach
Erbach	4	Bad König, Erbach, Rehbach, Kreisgebiet
Frankfurt am Main	2	Frankfurt am Main
Friedberg	13	Bad Nauheim, Bad Vilbel, Bodenrod, Burg-holzhausen, Ilbenstadt, Kloppenheim, Langenhain-Ziegenberg, Münster, Nieder-Eschbach, Nieder-Wöllstadt, Ober-Erlenbach, Ober-Mörlen, Ober-Wöllstadt, Petterweil, Steinfurth, Södel
Gelnhausen	9	Bad Orb, Gelnhausen, Leisenwald, Lieblos, Pfaffenhausen, Unterreichenbach, Untersotzbach, Völzberg
Gießen-Stadt	2	Gießen
Gießen-Land	16	Alten-Buseck, Annerod, Garbenteich, Großen-Buseck, Großen-Linden, Hattenrod, Hungen, Leihgestern, Queckborn
Groß-Gerau	8	Dornheim, Eschollbrücken, Ginsheim, Mörfelden, Stockstadt, Walldorf
Hanau-Land	9	Erbstadt, Großauheim, Großkrotzenburg, Kilianstädten, Langenselbold, Mittelbuchen, Oberdorffelden, Kreisgebiet
Lauterbach	3	Lauterbach, Radmühl, Schlitz
Limburg	15	Camberg, Dehrn, Elbgrund, Eschhofen, Fusingen, Hadamar, Lindenholzhausen, Neesbach, Niederselters, Oberbrechen, Oberselters, Staffel, Werschau
Main-Taunus-Kreis	19	Auringen, Bad Soden, Bremthal, Delkenheim, Eschborn, Fischbach, Hochheim, Königshofen, Kriftel, Langenhain, Niederhofheim, Oberliederbach, Okriftel, Ruppertshain, Schwalbach, Sulzbach, Wallau, Wicker
Oberlahnkreis	3	Löhnberg, Runkel, Weilburg



Land- bzw. Stadtkreis	Gutachten-zahl	Gemeinde bzw. Gemeindebezirk
Obertaunuskreis	9	Bad Homburg, Dornholzhausen, Friedrichsdorf, Köppern, Kronberg, Oberhöchstadt, Schönberg, Seulberg
Offenbach-Stadt	2	Offenbach
Offenbach-Land	10	Buchsschlag, Klein-Auheim, Lämmerspiel, Langen, Mühlheim, Neu-Isenburg, Zellhausen
Rheingaukreis	9	Aulhausen, Erbach, Geisenheim, Niederwalluf, Oestrich, Rüdesheim, Stephanshausen
Schlüchtern	8	Bad Soden bei Salmünster, Elm, Gundhelm, Heubach, Hohenzell, Kerbersdorf, Kressenbach
Untertaunuskreis	11	Eschenhahn, Holzhausen über Aar, Idstein, Kemel, Michelbach, Oberauroff, Strinz-Margarethä, Wallrabenstein, Wehen, Wisper
Usingen	2	Dorfweil, Mönstadt
Wetzlar	15	Aßlar, Bechlingen, Dolar, Ehringshausen, Hochehheim, Hörnsheim, Hohensolms, Laufdorf, Münchholzhausen, Neukirchen, Niederkleen, Rodheim-Bieber, Schwalbach, Stockhausen, Vetzberg, Werdorf
Wiesbaden-Stadt	5	Wiesbaden

## Regierungsbezirk Kassel

Eschwege	1	Eschwege-Niederhone
Frankenberg	7	Bottendorf, Dodenau, Frankenberg, Hatzfeld, Laisa, Kreisgebiet
Fritzlar-Homberg	5	Appenfeld, Elnrode-Strang, Mosheim, Remsfeld, Wenzigerode-Rothhelmshausen
Fulda-Stadt	1	Fulda
Fulda-Land	12	Almendorf-Melzdorf, Bad Salzschlirf, Bernhards, Blankenau-Hainzell, Dörmbach, Gackenhof, Kerzell, Löschenrod, Maberzell, Melzdorf, Obernhäusen, Schreben, Steinau, Ziegel
Hersfeld	10	Bodes, Eitra, Herfa, Mengshausen, Oberhaun, Philippsthal, Ransbach, Reckerode, Rohrbach, Rothenkirchen, Sieglos, Sorga, Tann, Widdershausen
Hofgeismar	5	Hohenkirchen, Holzhausen, Immenhausen, Karlshafen (Würgassen), Lippoldsberg, Westuffeln
Hünfeld	3	Eiterfeld, Kirchhasel, Schwarzbach
Kassel-Stadt	2	Kassel
Kassel-Land	4	Nieste, Vellmar, Vollmarshausen, Wellerode
Marburg-Stadt	1	Marburg

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachten-zahl	Gemeinde bzw. Gemeindebezirk
Marburg-Land	6	Amöneburg, Niederklein, Niederwalgern, Stausebach, Weiershausen, Wehrda
Melsungen	1	Malsfeld
Rotenburg a. d. Fulda	10	Asmushausen, Baumbach, Erdpenhausen, Hergershausen, Machtlos, Obergude, Rotenburg, Ronshausen, Süß, Weißenborn
Waldeck	10	Bad Wildungen, Kohlgrund, Mengeringhausen, Neudorf, Oberwaroldern
Witzenhausen	3	Epterode, Ermschwerd, Hausen, Ziegenhagen
Wolfhagen	3	Dörnberg, Oberelungen, Volkmarsen
Ziegenhain	8	Breitenbach a. H., Gilserberg, Leimfeld, Machtlos, Weißenborn, Willingshausen, Ziegenhain.

## Sachliche Verteilung

	Gutachten	Schreiben mit gutachtl. Aussagewert
Reg.-Bez. Darmstadt	252	56
Reg.-Bez. Kassel	92	24
	344	80
1. Wassererschließungen		
a) Zentrale Wasserversorgungen	69	25
b) Aus- und Neusiedler	9	—
c) Luftschutz- und Militäranlagen, Bundespost	1	1
d) Bundesbahnbetriebswerke, Molkereien, Gewerbe	12	3
e) Sonstige	2	—
	93	29
2. Beurteilung vorhandener Wassergewinnungsanlagen	4	2
3. Wasserschutzgebiete	106	7
4. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in qualitativer Hinsicht		
a) durch Lagerflüssigkeiten	13	11
b) anderer Art	67	21
5. Abwasser- und Kaliabwasserversenkung, Kokereigasspeicher	3	—
6. Erlaubnisse, Bewilligungen und Genehmigungen zum Bau von Wassergewinnungsanlagen	—	1
7. Beurteilungen grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in quantitativer Hinsicht	7	—
8. Ursachen von Grundwasserstandsänderungen	2	1
9. Heil- und Mineralquellen		
a) Erschließungen	3	—
b) Schutzgebiete	—	1

	Gutachten	Schreiben mit gutachtl. Aussagewert
10. Ausnahmegenehmigungen in Schutzgebieten		
a) Heilquellen	18	4
b) Trinkwasser	2	—
11. Untersuchung größerer Gebiete, Rahmenpläne, Sonderpläne, Generalpläne	1	—
12. Bauwerkswasserfragen (Wasserhaltung, Vernässung)	25	1
13. Sonstiges	—	2
	344	80

Umfangreiche Untersuchungen waren für die Grundwassererschließung für den Wasserbeschaffungsverband Kinzig mit der Einrichtung zahlreicher Grundwasserstandsmeßstellen und für Maßnahmen zum Schutz der Heilquellen von Bad Soden bei Salmünster und Bad Orb erforderlich. Die Planungen zur Grundwasseranreicherung im Hessischen Ried wurden weiterhin beraten.

Im Werra-Kalirevier wurden die Einrichtung neuer Schluckbrunnen für die Kaliabwässerversenkung beraten und im Fulda-Kalirevier Möglichkeiten der Erweiterung der Rückstandshalde des Kaliwerkes Neuhof-Ellers, Lkrs. Fulda, behandelt.

622 Bohrungen wurden verfolgt.

## 6. Ingenieurgeologie

Im Geschäftsjahr 1968 sind insgesamt

194 Gutachten und Ergänzungen zu Gutachten

74 Berichte und Stellungnahmen mit gutachtlichem Aussagewert

erstattet worden. Außerdem sind 215 Anfragen zu Bauleitplänen nach dem BBauG bearbeitet worden.

In der Zahl der 194 Gutachten sind folgende Gegenstände enthalten:

24 Behördenbauten

21 Universitäts- und Hochschulbauten

8 Bauvorhaben für die Bundeswehr

33 kommunale Bauvorhaben, Krankenhäuser und Schulen

14 Bauvorhaben nach dem Reichssiedlungsgesetz und dem Flurbereinigungsgesetz

11 Allgemeine Straßenbaugutachten

11 Gutachten für BAB-Teilstrecken

31 Gutachten für BAB-Brückenbauwerke

21 Gutachten für Talsperren und Rückhaltebecken sowie für Bauvorhaben nach WVVO

2 Gutachten über Felsbauvorhaben

6 Gutachten über Rutschungen und Erdfälle

9 sonstige ingenieurgeologische Gutachten.

Das Landesamt begutachtet ingenieurgeologisch alle Autobahn-Neubaustrecken in Hessen und viele größere Bundesstraßen-Ausbauten. Insgesamt wurden für den Straßenbau in Hessen im Berichtsjahr 53 Einzelgutachten erstattet. Die ingenieurgeologischen Arbeiten an der BAB-Neubaustrecke Bad Hersfeld-Heilbronn sind in der ersten Jahreshälfte abgeschlossen worden. Für die BAB-Neubaustrecke Kassel-Hamm, Abschnitt Burghasungen-Landesgrenze, und den letzten Teilabschnitt der BAB Dortmund-Gießen (Aßlar-Lahntal) sind die Gutachten abgeschlossen und die Gründungsarbeiten angelaufen.

Für die BAB-Neubaustrecke Gießen-Hanau wurden Ergänzungsgutachten zum Vorgutachten und ein Bohrprogramm für den ersten Teilabschnitt aufgestellt. Für die BAB Koblenz-Gießen ist das erste Vorgutachten (Reiskirchen-Blasbach) erstattet, ein Bohrprogramm für den Abschnitt Hermannstein aufgestellt und das erste Bauwerksgutachten gefertigt worden.

Die im Berichtsjahr 1967 auf Veranlassung der Landesstraßenverwaltung Rheinland-Pfalz und im Einvernehmen mit dem Geologischen Landesamt Rheinland-Pfalz begonnenen Neigungsmessungen in Bohrlöchern an der Tiefenbachtalbrücke der Autobahn Krefeld-Worms wurden 1968 zu Ende geführt und ein Abschlußbericht gefertigt.

Im Berichtsjahr hat sich erneut bestätigt, daß die ingenieurgeologische Begutachtung der Neubaustrecken und ihrer Teilabschnitte (Trasse und Bauwerke) durch eine Stelle wesentliche Vorteile bringt. Die Arbeiten können besser koordiniert werden und spezielle Erfahrungen kommen allen Baumaßnahmen zugute.

Die Untertage-Bauvorhaben wurden wie bisher beraten. Die Zusammenfassung der bisherigen mehrjährigen Beratung erbrachte wertvolle Erkenntnisse über Fazies und Tektonik des Hunsrückchiefers sowie umfangreiche Erfahrungen über das Aufahren großer Profile und das Abteufen weiter Schächte in diesem Gestein.

Trotz der umfangreichen Gutachtentätigkeit wurde die wissenschaftliche Arbeit im Berichtsjahr weiter ausgebaut. In diesem Zusammenhang seien folgende Probleme genannt, über die vorgetragen und veröffentlicht wurde:

Untersuchung der Erscheinungsformen von fossiler Salzauslaugung im tiefen Untergrund an der Rhönavtobahn bei Fulda und an der BAB-Neubaustrecke Kassel-Hamm nordwestlich Volkmarzen, geomechanische Deutung der Entstehung der bisher wenig bekannten Einbruchschlote;

Rezente Bewegungen der Erdkruste im Oberrheingraben;

Auswertung von Rutschungen und von Setzungsmessungen an Bauwerken;

Einbau einer Versuchsreihe von automatisch registrierenden Erdfallpegeln in einem Straßenabschnitt im Zechsteingips.

## 7. Bibliothek

Der Zuwachs im Jahre 1968 betrug 3641 Einheiten. Davon entfallen 3026 auf Bände und 615 auf Karten.

Die Anzahl der Tauschpartner hat sich von 538 auf 542 erhöht. Ausgeliehen wurden im Berichtszeitraum 6592 Bände und 705 Karten.

### 8. Vertriebsstelle

Im Berichtsjahr wurden 1673 Blätter der Geologischen Karte 1:25000, 154 Blätter der Bodenkarte 1:25000, 528 Karten anderer Maßstäbe und 904 sonstige Veröffentlichungen verkauft.

### 9. Archiv

Der Zuwachs betrug im Jahre 1968 insgesamt 6094 Stück (1033 Gutachten und Schreiben mit gutachtlichem Aussagewert, 2971 Schichtenverzeichnisse von Bohrungen und Sondierungen und 2090 Wasseranalysen). — Ausgeliehen und wieder vereinnahmt wurden 3171 Stück.

### Hochschultätigkeit

- Regierungsdirektor Prof. Dr. KUTSCHER  
als apl. Professor an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
(Angewandte Geologie, Geschichte der Geologie)
- Regierungsdirektor Dr. LIPPERT  
als Privatdozent an der Justus Liebig-Universität Gießen  
(Allgemeine und angewandte Geologie)
- Oberregierungsgeologe Dr. MATTHESS  
als Lehrbeauftragter an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Hydrogeologie)
- Oberregierungsgeologe Dr. MEISL  
als Lehrbeauftragter an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Gesteinsmetamorphose und spezielle Geochemie)
- Direktor des Landesamts für Bodenforschung Prof. Dr. NÖRING  
als Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Darmstadt  
(Hydrogeologie)
- Oberregierungsgeologe Dr. RÖSING  
als Lehrbeauftragter an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Geologische Landesaufnahme mit Übungen und Exkursionen)
- Regierungsgeologe Dr. SEMMEL  
als Privatdozent an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Pleistozäne Morphologie)
- Regierungsdirektor Prof. Dr. ZAKOSEK  
als Privatdozent, ab 26. 1. 1968 apl. Professor an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
(Geologie und Bodenkunde).

### Veröffentlichungen von Angehörigen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

- ANDERLE, H.-J.: Die Mächtigkeiten der sandig-kiesigen Sedimente des Quartärs im nördlichen Oberrhein-Graben und der östlichen Untermain-Ebene. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 185—196, Taf. 8, Wiesbaden 1968.
- BARGON, E. in: SCHÖNHALS, E. & BARGON, E.: Boden. In Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda, S. 19—20, 1 Abb., 1 Kte., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- BERNHARD, H.: Alte Rutschungen an der Grenze Röt/Muschelkalk im nördlichen Hessen. — Mitt. geol. Inst. TU Hannover, **8**, S. 21—33, Hannover 1968.
- DENGLER, H.: s. MATTHESS, G. & DENGLER, H., Wiesbaden 1968.
- DIEDERICH, G.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 72—89, 1 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1968.

- DIEDERICH, G. & LAEMMLEN, M.: Kritische Betrachtungen zur Arbeitsweise im Buntsandstein und zu den Grundlagen einer einheitlichen Buntsandsteinstratigraphie. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 85—110, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1968.
- EHRENBERG, K.-H.: s. MEISL, S. & EHRENBERG, K.-H., Wiesbaden 1968.
- KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E.: Geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5913 Presberg, Wiesbaden 1968.
- — — Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5913 Presberg, 201 S., 22 Abb., 9 Tab., 1 Beibl., Wiesbaden 1968.
- FICKEL, W. & ZAKOSEK, H.: Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5815 Wehen, Wiesbaden 1968.
- — Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5815 Wehen, 102 S., 33 Tab., 50 Textprof., Wiesbaden 1968.
- FINKENWIRTH, A.: Injection d'eaux résiduaires industrielles en profondeur dans le sous-sol. — La Tribune de Cebedeau, **21**, S. 452—460, Liège 1968.
- Die Versenkung von Abwasser in den Untergrund. — Wasser und Abwasser, 1968, H. 11, S. 303—309, München 1968.
- Die Braunkohle am Meißner. Zur Mineralogie und Geologie der Umgebung von Göttingen mit Westharz und Teilen des nordhessischen Berglandes. — Aufschluß, Sdrh. 17, S. 166—172, 2 Abb., Heidelberg 1968.
- Böschungsrutschungen bei der Aufschlitzung des Braunhäuser Tunnels (Hauptstrecke Bebra-Göttingen) der Deutschen Bundesbahn. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **15**, S. 441—462, 2 Taf., 3 Abb., Krefeld 1968.
- HOYER, P., HERRMANN, A., JORDAN, R., SIMON, P. & WOLFART, R.: Feinstratigraphie, Fazies und Tektonik im Malm von Süd- und Mittel-Niedersachsen. — Z. deutsch. geol. Ges., **117**, S. 705—712, 1 Abb., 2 Tab., Hannover 1968.
- GOLWER, A.: Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 157—184, 8 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1968.
- Die Vorkommen und die Gewinnung von Grundwasser im Obertaunuskreis. — Mitt. Ver. Gesch. Heimatk. Oberursel (Taunus) e. V., H. 10, S. 23—39, 3 Abb., 2 Tab., Oberursel 1968.
- s. NÖRING, F., FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K. H., MATTHES, G. & SCHNEIDER, W., München 1968.
- & MATTHES, G.: Research on ground-water contaminated by deposits of solid waste. — Int. Ass. wiss. Hydrol., Publ. **78**, S. 129—133, Gentbrugge 1968.
- HENTSCHEL, G.: Ettringit vom Schellkopf bei Brenk in der Eifel. — Aufschluß, **19**, S. 198—200, Göttingen 1968.
- Tridymit und Cristobalit aus rheinischen Vulkangesteinen. — Aufschluß, **19**, S. 281 bis 282, Göttingen 1968.
- Ein fossiles Harz aus dem Tertiär von Siegburg. — Aufschluß, **19**, S. 289—290, Göttingen 1968.
- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1967 mit Nachträgen aus den Jahren 1951—1966. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 385—408, Wiesbaden 1968.
- HÖLTING, B.: Die geographische Situation und die geologischen Verhältnisse im Landkreis Waldeck. In: Der Landkreis Waldeck, Geschichte, Landschaft, Wirtschaft. Hrsg. Landrat Dr. Reccius, 259 S., Oldenburg (Stalling) 1968.
- in GRAUL, H. & HÖLTING, B.: Buntsandsteinstratigraphie und Tektonik im Gebiet Stadt Allendorf und Neustadt (Ldkr. Marburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 120—136, 2 Abb., Wiesbaden 1968.
- HOLTZ, S., MEISL, S. & THIELICKE, G.: Ein Alkalisyenit-Auswürfling im tertiären Basalttuff bei Rainrod, Kreis Büdingen (Vogelsberg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 343—346, 3 Tab., Wiesbaden 1968.
- HORN, M. & WENDLER, R.: Geophysik als Hilfsmittel geologischer Kartierung. 2. Geologisch-geophysikalische Untersuchungen im Naumburger Graben. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 300—323, 8 Abb., Taf. 12, Wiesbaden 1968.

- KÜMMERLE, E.: s. EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E., Wiesbaden 1968.
- KULICK, J.: Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 4719 Korbach, Wiesbaden 1968.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 4719 Korbach, 272 S., 32 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 8 Taf., 2 Beibl., Wiesbaden 1968.
  - & SEMMEL, A.: Die geomorphologische und geologische Bedeutung der Paläolith-Station Buhlen (Waldeck). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 347—351, 2 Abb., Taf. 15, Wiesbaden 1968.
- KUPFAHL, H.-G.: s. EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E., Wiesbaden 1968.
- KUTSCHER, F.: Der Heimatforscher und Geologe RUDOLF OPITZ. — Mitt. Ver. Heimatkde. Landkreis Birkenfeld u. Heimatfreunde Oberstein, **31**, S. 27—43, 3 Abb., Idar-Oberstein 1968.
- *Drepanaspis gemuendenensis*, ein altertümlicher Fisch des Hunsrückschiefer-Meeres. — Hunsrückkalender 1969, **25**, S. 61—63, 2 Abb., Simmern (1968).
  - Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 19. Röntgenaufnahmen von Dachschieferplatten mit Tentaculiten. — Jb. nass. Ver. Naturk., **99**, S. 18—21, 1 Bild, Wiesbaden 1968.
  - Röntgenstrahlen lüften Hunsrückschiefer-Geheimnisse. — Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück, Jb. Hunsrückverein, 1968, S. 49—58, 6 Abb., Bernkastel-Kues 1968.
  - Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 22. Zur Fortführung und Intensivierung der Hunsrückschiefer-Forschung. — Aufschluß, **19**, S. 136—139, Göttingen 1968.
  - Hundertjähriges Jubiläum der Geologischen Karte 1:25 000. — Ber. dt. Landeskunde, **40**, S. 121—128, Bad Godesberg 1968.
  - 120 Jahre Taunusquarzit-Forschung. — Mainzer naturw. Arch., **7**, S. 153—167, 1 Abb., 3 Tab., Mainz 1968.
  - Lichtechtheit von Farben geologischer Karten. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 352—355, Wiesbaden 1968.
  - Technische Daten zum Druck der Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, Umschl.-S. 3, Wiesbaden 1968.
  - XI. Das Nivellement I. und II. Ordnung rund um das Blattgebiet Grebenau. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 171—175, Abb. 9, Wiesbaden 1968.
  - Technische Daten zum Druck der Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 5324 Hünfeld. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, Umschl.-S. 3, Wiesbaden 1968.
  - X. Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Hünfeld und den benachbarten Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 98—102, Abb. 6, Wiesbaden 1968.
  - XI. Das Nivellement hoher Genauigkeit auf Blatt Korbach und seiner Umgebung. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 207—211, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
  - Bemerkungen zur Herausgabe der 2. Auflage der Geologischen Karte Bl. 5913 Presberg und der Erläuterungen. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, S. 5—9, Abb. 1, Wiesbaden 1968.
  - Einführung in das Blattgebiet Presberg. — Ebenda, S. 15—20, Abb. 2.
  - Vorausgegangene geokartographische Darstellungen. — Ebenda, S. 21—22.
  - Montangeologie und Lagerstätten. — Ebenda, S. 104—109.
  - Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Presberg und den benachbarten Blättern. — Ebenda, S. 136—141, Abb. 13—14.
  - Die Seismizität im Bereich des Blattes Presberg und seiner Umgebung. — Ebenda, S. 150—154, Abb. 21—22.
  - Bemerkenswerte geologische Aufschlüsse (Geologische Naturdenkmäler). — Ebenda, S. 155—156.

- KUTSCHER, F. Exkursionsziele im Blattgebiet. — Ebenda, S. 157—160.  
 — Schriftenverzeichnis. — Ebenda, S. 154—200.  
 — Technische Daten zum Druck der Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Bl. 5815 Wehen. — Erl. Bodenk. Hessen 1:25 000, Bl. 5815 Wehen, Umschl.-S. 3, Wiesbaden 1968.  
 — Die Bibliothek, S. 119—122. In UDLUFT, H.: Die Preußische Geologische Landesanstalt 1873—1939. — Beih. geol. Jb., **78**, 170 S., 2 Tab., 3 Taf., Hannover 1968.  
 — Die Veröffentlichungen, Karten- und Schriftendruck. — Ebenda, S. 137—160.  
 — Die Vertriebsstelle. — Ebenda, S. 161—164.  
 — PRINZ, H. & SCHWARZ, E.: Bodenbewegungen in Hessen und ihre geologische Deutung. — Z. Vermessungswesen, **93**, S. 45—54, 6 Abb., Stuttgart 1968.  
 — — Junge Bodenbewegungen in Hessen. — Umschau, **68**, S. 339, Frankfurt a. M. 1968.  
 — & SIEVERTS-DORECK, H.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 21. *Pyrgocystis*-Arten im Hunsrückschiefer und mittelrheinischen Unterdevon. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 7—17, 1 Abb., Wiesbaden 1968.  
 — in MICHELS, F. & KUTSCHER, F.: Geologische Bemerkungen zur Spessart-Exkursion des Nass. Vereins f. Naturkunde am 2. 7. 1967. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **99**, S. 92—97, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- LAEMMLEN, M.: Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 5222 Grebenau, Wiesbaden 1968.  
 — Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 5222 Grebenau, 208 S., 11 Abb., 10 Diagr., 10 Tab., 15 Textprof., 3 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1968.  
 — Die Basaltgänge im Muschelkalk östlich von Eiterfeld (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 250—258, 6 Abb., Wiesbaden 1968.  
 — s. DIEDERICH, G. & LAEMMLEN, M., Wiesbaden 1968.  
 — & PRINZ, H.: Der Heubacher Graben im westlichen Rhönvorland als Teilstück der Grabenzone Heubach—Thalau—Friesenhausen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 137—156, 1 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1968.
- LIPPERT, H.-J. & HENTSCHEL, H.: Ein neues Basaltvorkommen bei Wingsbach auf Blatt 5814 Bad Schwalbach (Taunus, Rheinisches Schiefergebirge). — Jb. Nass. Ver. Naturk., **99**, S. 86—91, Wiesbaden 1968.
- MATTHESS, G.: Les couches éocènes dans la région du fossé rhénan septentrional. — Mém. B.R.G.M., Nr. 58, S. 327—337, 1 Abb., 5 Tab., Paris 1968.  
 — Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 187—206, 2 Abb., 6 Tab., Wiesbaden 1968.  
 — Einzugsgebiet. In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda, S. 40—41, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.  
 — Hydrogeologie des Niddagebietes und überschlägliche Ermittlung des nutzbaren Teils der Grundwasserneubildung aufgrund von Niedrigwassermessungen. — Ebenda, S. 68—72, 4 Tab.  
 — Grundwasserbeschaffenheit. — Ebenda, S. 81, 1 Kte. 1:200 000.  
 — Geologische Verhältnisse an den Sperrenstellen. — Ebenda, S. 107—110, 1 Tab.  
 — s. GOLWER, A. & MATTHESS, G., Gentbrugge 1968.  
 — s. NÖRING, F., FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K. H., MATTHESS, G. & SCHNEIDER, W., München 1968.  
 — & DENGLER, H.: Grundwasserhöffigkeit. In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda, S. 78—82, 1 Kte. 1:200 000, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.  
 — & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Geologie. — Ebenda, S. 20—21, 1 Kte. 1:300 000.  
 — THILO, L., ROETHER, W. & MÜNNICH, K. O.: Tritiumgehalte im Wasser tieferer Grundwasserstockwerke. — Gas- u. Wasserf., **109**, 14, S. 353—355, München (Oldenbourg) 1968.  
 — & VILLWOCK, R.: Lagerstätten. — In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda, S. 21—22, 1 Kte. 1:200 000, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- MEISL, S.: Zur Petrographie der Buntsandsteinsedimente. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 96—105, Wiesbaden 1968.



- MEISL, S. Petrographische Beiträge zu V. Stratigraphie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 67, 69, 73, 75, 78, 80, 88, 90, 91, 93, 94, 96, 103, 105, 109, 111, 121, Wiesbaden 1968.
- s. HOLTZ, S., MEISL, S. & THIELICKE, G., Wiesbaden 1968.
- in LAEMMLEN, M. & MEISL, S.: Jungtertiär (Neogen). — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 62—84, Tab. 2, Taf. 2 u. 3, Wiesbaden 1968.
- & EHRENBERG, K.-H.: Turmalinfels- und Tumulinschiefer-Fragmente in den Konglomeraten der Bunten Schiefer (Obergedinne) im westlichen Taunus. — Jb. nass. Ver. Naturk., **99**, S. 43—64, 1 Abb., 6 Taf., Wiesbaden 1968.
- & MOTZKA, R.: Vulkanische Gesteine. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 34—42, Wiesbaden 1968.
- MOTZKA, R.: Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5324 Hünfeld, Wiesbaden 1968.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5324 Hünfeld, 156 S., 10 Abb., 6 Tab., 1 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1968.
- Die Eiterfelder Saurierfährten. — Heimatkal. Landkr. Hünfeld 1969, **16**, S. 22—26, 4 Abb., Hünfeld (1968).
- MÜLLER, K.-H.: Gründungsverfahren. — Die Bauwirtschaft, 1968, H. 1, S. 19—26, 10 Abb., Wiesbaden 1968.
- NÖRING, F.: ALBERT SCHWARZ †. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 359—364, 1 Bild, Wiesbaden 1968.
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1967 (1. 1.—31. 12. 1967). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 365—384, Wiesbaden 1968.
- Hydrogeologische Grundlagen der Wasserversorgung in Hessen. — GWF, **109**, S. 633—635, München 1968.
- FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K. H., MATTHESS, G. & SCHNEIDER, W.: Über Abbauvorgänge von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfalldeponien. — GWF, **109**, S. 137—142, München 1968.
- PLASS, W.: Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 4720 Waldeck, Wiesbaden 1968.
- Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 4720 Waldeck, 144 S., 25 Tab., 28 Textprof., Wiesbaden 1968.
- PRINZ, H.: s. KUTSCHER, F., PRINZ, H. & SCHWARZ, E., Stuttgart 1968.
- s. KUTSCHER, F., PRINZ, H. & SCHWARZ, E., Frankfurt a. M. 1968.
- s. LAEMMLEN, M. & PRINZ, H., Wiesbaden 1968.
- RABIEN, A. & KULICK, J.: Devon. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 19—21, Wiesbaden 1968.
- REICHMANN, H.: Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5520 Nidda, Wiesbaden 1968.
- Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5520 Nidda, 75 S., 8 Abb., 24 Tab., 19 Textprof., Wiesbaden 1968.
- SCHARPFF, H.-J.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 147—163, 1 Abb., 1 Diagr., 3 Tab., Wiesbaden 1968.
- Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, S. 110—125, 1 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1968.
- SEMMEL, A.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 164 bis 170, Wiesbaden 1968.
- Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 90—97, Wiesbaden 1968.
- Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — Frankfurter geogr. Hefte, **45**, S. 1—133, 35 Abb., Frankfurt a. M. 1968.
- 3. Geomorphologische Entwicklung. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 141, Wiesbaden 1968.
- Die Lößdecke im Dyckerhoff-Steinbruch bei Wiesbaden-Biebrich. — Mainzer naturw. Arch., **7**, S. 74—79, Mainz 1968.

- SEMMELE, A. in: ROHDENBURG, H., SCHÖNHALS, E., SEMMELE, A.: Hesse and Lower Saxony. In: Loess and related eolian deposits of the world. — Proc. VII, Congr. intern. Ass. Quatern. Res., S. 323—324, Lincoln (Nebraska) 1968.
- s. KULICK, J. & SEMMELE, A., Wiesbaden 1968.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Karsterscheinungen im oberdevonischen Rifkalkstein (Iberger Kalk) von Erdbach und Breitscheid (Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge). — Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher, **14**, S. 75—80, München 1968.
- THIELICKE, G.: Bestimmung von Calcium und Magnesium in Gesteinen, Böden und Wässern durch voltametrische Indikation mit ÄGTA und ÄDTA. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 281—289, 2 Tab., Wiesbaden 1968.
- s. HOLTZ, S., MEISL, S. & THIELICKE, G., Wiesbaden 1968.
- UDLUFT, H. in: GRAUPNER, A. & UDLUFT, H.: Steine und Erden. In: A. BENTZ: Lehrbuch der Angewandten Geologie, **2**, Geowissenschaftliche Methoden, Teil 1: Methoden zur Erforschung der Lagerstätten von Erzen, Kohle, Erdöl, Salzen, Industrie-Mineralen und Steinen und Erden, S. 1149—1355, Stuttgart (Enke) 1968.
- & al.: Die Preußische Geologische Landesanstalt 1873—1939. — Beih. geol. Jb., **78**, 170 S., 2 Tab., 3 Taf., Hannover 1968.
- WENDLER, R.: Die magnetischen Strukturen im östlichen Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 290—299, 2 Abb., Taf. 10—11, Wiesbaden 1968.
- Geophysik als Hilfsmittel geologischer Kartierung. 3. Geophysikalische Arbeiten bei der Kartierung größerer Basaltgebiete. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 324—340, 6 Abb., Taf. 13—14, Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Grebenau. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 176—181, Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Hünfeld. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 103—110, Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Korbach. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 154—157, 2 Abb., Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Presberg. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, S. 142—149, Wiesbaden 1968.
- s. HORN, M. & WENDLER, R., Wiesbaden 1968.
- ZAKOSEK, H.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, S. 126 bis 131, Wiesbaden 1968.
- s. FICKEL, W., & ZAKOSEK, H., Wiesbaden 1968.

#### Nachtrag

- BARGON, E.: Ergebnisse der Bodenkartierung in Pfaffen-Beerfurth. — Mitt.-Bl. Kreisobstbauverband Erbach/Odw., **25/26**, S. 6—7, Erbach/Odw. 1959.
- Über die Entwicklung von Lockerbraunerden aus Solifluktionsmaterial im vorderen Odenwald. — Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk., **90** (135), 3, S. 229—243, 1 Übers., 8 Abb., 2 Tab., Weinheim/Bergstr. 1960.
- Die Böden des Odenwaldes. — Z. deutsch. geol. Ges., **112**, 3, S. 589—590, Hannover 1961.
- Herrichten und Konservieren von bodenkundlichen Schauprofilen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 356—358, Wiesbaden 1963.
- FICKEL, W.: Der Laterit in Süd-Ghana, seine Verbreitung, seine Entstehung und seine bodenmechanischen Eigenschaften. — Arb. a. d. geol.-paläontol. Inst. TH Stuttgart, N.F. (seit 1953) Nr. 38, 23 Abb., Stuttgart 1963.
- FINKENWIRTH, A.: Das Eisenerz des Lias gamma am Kahlberg bei Echte (Süd-Hannover) und seine Genese. — Z. deutsch. geol. Ges., **110**, S. 634—635, Hannover 1959.
- Erde: Tektonischer Bau. Karte in: Der Große Brockhaus, Atlas, Wiesbaden (Brockhaus) 1960.

- GOLWER, A.: Periglaziale Erscheinungen auf der Schwäbischen Alb bei Ulm/Donau. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **42**, S. 123—128, Stuttgart 1960.
- HENTSCHHEL, H.: 10 Jahre Hessisches Landesamt für Bodenforschung. Sachgebiet Petrographie. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**, S. 466—473, Wiesbaden 1957.
- Über Pseudotuffe. Ein Beitrag zur Petrographie und Nomenklatur der pyroklastischen Gesteine. (Vortragsreferat) — Z. deutsch. geol. Ges., **109**, 2, S. 667—668, Hannover 1958.
- Der Meteorit von Breitscheid III. — Geochim. cosmochim. Acta, **17**, S. 323—338, 18 Abb., 3 Tab., London 1959.
- Zur Frage der Bildung der Eisenerze vom Lahn-Dill-Typ. — Freib. Forschungsh., **C 79**, S. 82—105, 4 Abb., Berlin 1960.
- Basischer Magmatismus in der Geosynklinale. — Geol. Rdsch., **50**, S. 33—45, 1 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1961.
- Zum Problem der Gefügefazies der Granulite. — N. Jb. Mineral., Abh., **96**, S. 291—298, Stuttgart 1961.
- Der Schalstein, ein durch Plättung geformter Tektonit. — N. Jb. Mineral., Abh., **96**, S. 305—317, 6 Taf., Stuttgart 1961.
- & PFEFFER, P.: Chemisch-petrographische Untersuchungen von Gesteinsveränderungen am Kontakt Kohle-Basalt, im Bereich des Braunkohlenbergwerks Zeche Hirschberg bei Großalmerode in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**, S. 297—333, 4 Abb., 9 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1957.
- HERZBERG, A.: Ursachen und Auswirkungen der Veränderungen im Wasserhaushalt des Hessischen Rieds. Diss. Frankfurt a. M. 1963.
- HÖLTING, B.: Vulkanisch beeinflusste Grundwässer in El Salvador (Zentralamerika). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1959, H. 10, S. 461—469, Stuttgart 1959.
- Hydrogeologische Untersuchungen in El Salvador (Zentralamerika). — Z. deutsch. geol. Ges., **112**, S. 583—585, Hannover 1960.
- El Agua Subterránea en los Alrededores de San Salvador. — Anal. Serv. Geol. Nac., **4**, S. 41—62, San Salvador 1961.
- HOLTZ, S.: Sporen und Pollen im marinen Mitteloligozän des Ahne-Tales (Blatt Kassel-West). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 73—84, Wiesbaden 1962.
- Sporen-stratigraphische Untersuchungen im Oligozän von Hessen. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **40**, 46 S., Wiesbaden 1962.
- HORN, M.: Der erste Nachweis von Oberkarbon in der Attendorn-Elsper Doppelmulde des Rheinischen Schiefergebirges. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 1, S. 301—302, Krefeld 1960.
- Die Zone des *Eumorphoceras pseudobilingue* im Sauerland. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 1, S. 303—342, 5 Taf., 6 Abb., 1 Tab., Krefeld 1960.
- KARSCHNY, A.: Ein Fund von *Bison priscus* (BOJANUS) (Mammalia) in Wiesbaden. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, S. 63—64, Wiesbaden 1960.
- in: KUTSCHER, F. & KARSCHNY, A.: Die stratigraphisch-paläontologische Sammlung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**, S. 521—524, Wiesbaden 1962.
- KÜMMERLE, E.: Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnetal bei Kassel. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **45**, 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf., Wiesbaden 1963.
- KULICK, J.: Zur Stratigraphie und Palaeogeographie der Kulm-Sedimente im Eder-Gebiet des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 1, S. 243—288, 1 Taf., 11 Abb., 3 Tab., Krefeld 1960.
- Driftmarken im Kulm des Eder-Gebietes. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 1, S. 289—296, 2 Taf., 6 Abb., Krefeld 1960.
- Die Gliederung des Unteren Buntsandsteins und der Volpriehausen-Folge des Mittleren Buntsandsteins in Waldeck (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 276—309, 8 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1961.

- KUPFAHL, H. G.: Zur Geologie Anatoliens. — Z. deutsch. geol. Ges., **108**, 2, S. 264, Hannover 1957.
- Die Abfolge des Buntsandsteins am östlichen Meißner-Gebirge. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 202—214, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1958.
  - Zur Stratigraphie und Fazies des Buntsandsteins im nordöstlichen Hessen. — Z. deutsch. geol. Ges., **110**, 3, S. 627—629, Hannover 1959.
  - Der Buntsandstein auf Blatt Schlitz in Hessen mit besonderer Berücksichtigung des Fährtsandsteins. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 266—275, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1961.
  - in: KRÄMER, F., KUNZ, H., KUPFAHL, H. G. & RÖSING, F.: Leithorizont im Mittleren und Oberen Buntsandstein zwischen Kassel und Eschwege. — Z. deutsch. geol. Ges., **115**, 2 u. 3, S. 897—898, Hannover 1966.
  - MATTHESS, G., RÖSING, F. & THEWS, D.: Die Quecker Gruppe des Mittleren Buntsandsteins auf Blatt 4723 Oberkaufungen. — Z. deutsch. geol. Ges., **112**, 3, S. 587—588, Hannover 1961.
  - & THEWS, J.-D.: Die Gliederung der Volpriehausen-Folge des Mittleren Buntsandsteins auf Blatt Oberkaufungen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 235—241, 1 Abb., Wiesbaden 1961.
- KUTSCHER, F.: Erdmagnetische Messungen auf Basalte in Hessen. — Z. deutsch. geol. Ges., **109**, 2, S. 550—558, Hannover 1958.
- Bemerkungen zur Anlegung von Fossilkarteien. — Paläontol. Z., **32**, S. 16—17, Stuttgart 1958.
  - Bemerkungen zur stratigraphischen Buntsandsteinforschung in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 185—191, 1 Abb., Wiesbaden 1958.
  - Geophysikalische Daten und Meßergebnisse. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, S. 165—175, 5 Abb., Wiesbaden 1958.
  - in: MICHELS, F. & KUTSCHER, F.: Bericht über die wissenschaftliche Tätigkeit im Hessischen Landesamt für Bodenforschung für die Zeit vom 1. 1. 1957 bis 31. 12. 1957. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 395—410, Wiesbaden 1958.
  - Exkursion F. Geologie der Umgebung von Eschwege und des Hohen Meißners. 5. Straße Germerode-Schwalbenthal (Bl. 4825 Waldkappel und 4725 Sooden-Allendorf): Profil durch den Buntsandstein im östlichen Meißner. In: Bericht über die Exkursionen anlässlich der 110. Hauptversammlung in Marburg a. d. Lahn vom 1.—9. Sept. 1958. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, 2, S. 292—294, 1 Abb., Hannover 1959.
  - Stratigraphische Tagesfragen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, S. 107—121, 4 Tab., Wiesbaden 1960.
  - Zur Stratigraphie und Nomenklatur des Mittleren Buntsandsteins in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, S. 243—245, Wiesbaden 1960.
  - Das Luftbild als Unterlage für die geologische Aufnahme. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, 3, S. 778—780, Hannover 1960.
  - Erfahrungen bei erdmagnetischen Untersuchungen auf Basaltvorkommen. — Z. deutsch. geol. Ges., **112**, 1, S. 171—177, Hannover 1960.
  - Der Buntsandstein in neuer Sicht. — Z. deutsch. geol. Ges., **112**, 3, S. 586—587, Hannover 1961.
  - Anweisungen für die Verfasser beim Druck wissenschaftlicher Arbeiten in den Veröffentlichungsorganen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 489—502, Wiesbaden 1961.
  - Register für die Notizblattbände der 6. Folge (VI) 1—(VI) 3 und 81—89. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**, S. 425—486, 1 Abb., Wiesbaden 1962.
  - Bemerkungen zur Einrichtung einer Veröffentlichungsrubrik „Nachrichten und Mitteilungen aus dem Hessischen Landesamt für Bodenforschung“ in den Notizblattbänden. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**, S. 489—490, Wiesbaden 1962.
  - in: HENTSCHEL, H., KORITNIG, S., KUTSCHER, F. & RÖSING, F.: Ganztagesexkursion zur Blauen Kuppe und zum Meißner am 25. Mai 1961. — Decheniana, **114**, S. 195—201, Bonn 1962.

- KUTSCHER, F. Ein Fisch aus dem Hunsrückschiefer mit dem Namen *Gemuendina*. — Hunsrückkalender 1968, **24**, S. 39—42, 2 Abb., Simmern (1967).
- & LANG, H. D.: Exkursion D. Stratigraphie des Buntsandsteins bei Marburg. In: Bericht über die Exkursionen anlässlich der 110. Hauptversammlung in Marburg a. d. Lahn vom 1.—9. Sept. 1958. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, 2, S. 279—280, Hannover 1959.
- & SCHMIDT, H.: Dévonien. In: Lexique Stratigraphique International, **1** Europe, Fasc. 5, 5b: Allemagne, Dévonien, S. 3—304 und 355—386, Paris 1959.
- MICHELS, F. & SOLLE, G.: VI. Exkursion im Taunus, Rheintal und Moseltal. Arbeitstagung über die Grenze und Stratigraphie von Silur und Devon, Exkursionsführer, S. VI, 1—7, 2 Tab., Bonn—Bruxelles 1960 (deutsche, englische und französische Ausgabe).
- SOLLE, G. & STRUVE, W.: VII. Exkursion in die Olkenbacher Mulde (Fortsetzung) und in die Hillesheimer Mulde (Eifel). Arbeitstagung über die Grenze und Stratigraphie von Silur und Devon, Exkursionsführer, S. VII, 1—27, 1 Abb., Bonn—Bruxelles 1960 (deutsche, englische und französische Ausgabe).
- LAEMMLEN, M.: Ein Buntsandstein-Muschelkalk-Profil bei Hausen am Südwestabhang des Hohen Meißners in Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 215—240, 3 Abb., Wiesbaden 1958.
- Der Buntsandstein auf Blatt Queck in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 241—268, 1 Abb., Wiesbaden 1958.
- Keuper. In: Lexique Stratigraphique International, **1** Europe, Fasc. 5, d2: Allemagne, Keuper, 236 S., 2 Ktn., Paris 1958.
- Exkursion F. Böschunganschnitt an der Bundesstraße 7/27, 100 m südöstlich Hoheneiche (Blatt 4825 Waldkappel). In: Bericht über die Exkursionen anlässlich der 110. Hauptversammlung in Marburg a. d. Lahn vom 1.—9. Sept. 1958. — Z. deutsch. geol. Ges. **111**, 2, S. 288—289, Hannover 1959.
- Ein Buntsandstein-Aufschluß an der neuerbauten Bundesstraße 7/27, bei Hoheneiche in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 203—234, 6 Abb., Wiesbaden 1961.
- Die Aufteilung der Hersfelder Gruppe des Mittleren Buntsandsteins. — Z. deutsch. geol. Ges., **112**, 3, S. 491—512, 3 Abb., 3 Tab., 1 Taf., Hannover 1961.
- Geologische Karte von Hessen 1:25000, Bl. 5223 Queck, Wiesbaden 1963.
- MATTHESS, G.: Geologische und hydrochemische Untersuchungen in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speyer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 335 bis 378, 11 Abb., 5 Tab., Wiesbaden 1958.
- Das Grundwasser in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speyer. — Mitt. Pollichia (III), **5**, 7—23, 5 Abb., Bad Dürkheim 1958.
- Über die Herkunft von Sulfat-Ionen im Grundwasser. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, 3, S. 781, Hannover 1960.
- s. NÖRING, F. & MATTHESS, G., Wiesbaden 1960.
- Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **35**, 85 S., 3 Abb., 31 Tab., Wiesbaden 1961.
- Hessisches Geologisches Schrifttum 1960. Mit Nachträgen aus den Jahren 1938—1959. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 453—487, Wiesbaden 1961.
- s. KUPFAHL, H.-G., MATTHESS, G., RÖSING, F. & THEWS, D., Hannover 1961.
- Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Gebiet des Sonderplanes Wasserversorgung Mittelhessen. In: Sonderplan Wasserversorgung Mittelhessen, S. 15—19, 1 Kte., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1965.
- Die geologischen Verhältnisse im Gebiet des Sonderplanes Rhein-Main. In: Sonderplan Wasserversorgung Rhein-Main, Teil I, S. 9—15, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1967. [Dazu Ausschnitte aus „Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300000“, Kte. 5.]
- Die hydrogeologischen Verhältnisse im Gebiet des Sonderplanes Wasserversorgung Rhein-Main. In: Sonderplan Wasserversorgung Rhein-Main, Teil I, S. 32—42, 1 Kte. 1:200000, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1967.

- MATTHESS, G. & THEWS, J.-D.: Erfahrungen bei der hessischen hydrogeologischen Spezialkartierung 1:25 000 in den Jahren 1957 und 1958. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 417—428, 4 Abb., Wiesbaden 1959.
- Die Hydrogeologie in den Erläuterungen zur geologischen Karte 1:25 000. Ein Diskussionsbeitrag. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 415—429, Wiesbaden 1961.
- & REUL, K.: Die voraussichtlich gewinnbaren Grundwassermengen im Gebiet von Gedern, Landkreis Büdingen. In: Sonderplan Wasserversorgung Mittelhessen, S. 32 bis 34, 1 Abb., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtschaft. u. Forsten) 1965.
- Die im mittleren Niddagebiet zwischen Nidda und Rainrod voraussichtlich gewinnbaren Grundwassermengen. In: Sonderplan Wasserversorgung Mittelhessen, S. 34—35, 1 Abb., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtschaft. u. Forsten) 1965.
- MEISL, S.: Eine neue *Gaudryina* aus dem nordwestdeutschen Eozän (Foram.). — Geol. Jb., **76**, S. 411—420, Hannover 1959.
- Geochemie und Lagerstättenkunde des Urans in Nordhessen. — Erzmetall, **14**, S. 491 (Kurzreferat), Stuttgart 1961.
- in HENTSCHEL, H. & MEISL, S.: Exkursion in das magmatogene Vordevon des Taunus am 9. 9. 1964. — Fortschr. Mineral., **42**, 2, S. 321—333, Stuttgart 1966.
- MOTZKA, R. in: FINKENWIRTH, A. & MOTZKA, R.: Tektonik, K 9. In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda, Kartenwerk, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtschaft. u. Forsten) 1964.
- — — Lagerstätten, K 10. In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda, Kartenwerk, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtschaft. u. Forsten) 1964.
- NÖRING, F.: Professor Dr.-Ing. VLADIMIR PAAVEL †. — Wasserwirtschaft, **48**, S. 242, Stuttgart 1958.
- Methods of production a map on subterranean waters of Hesse. — Ass. Internat. Hydrol. Scient., **44**, S. 68—69, Gentbrugge 1958.
- Contamination of ground water by oil wells. — Ass. Internat. Hydrol. Scient., **44**, S. 277—278, Gentbrugge 1958.
- Hessisches Geologisches Schrifttum 1957. Mit Nachträgen aus den Jahren 1938 bis 1956. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 411—442, Wiesbaden 1958.
- Diskussionsbemerkung zu WALTER MARTENS: Einrichtung von Trinkwasser-Schutzgebieten. — GWF, **99**, S. 1284—1285, München 1958.
- Die richtige Ausdeutung von Beobachtungen beim Niederbringen einer Brunnenbohrung und beim Versuchspumpen. — Bohrtechnik, Brunnenbau, Rohrleitungsbau, **10**, S. 567—571, Berlin 1959.
- Landwirtschaftliche Wassererschließung. — Chem. u. Techn. Landwirtschaft., **11**, 4, S. 87, S. 89; **11**, 5, S. 123—124, Frankfurt a. M. 1960.
- Diskussionsbemerkung zu HEINRICH WITTMANN: Wirtschaftliche Aufgaben einer neuzeitlichen Wasserwirtschaft. — Forschungsrat des Landes Hessen, 8. Sitzung am 10. 2. 1960 in Wiesbaden, 7. Veröffentlichung, S. 52—53, Bad Homburg v. d. H., Berlin und Zürich o. J. (1960).
- Diskussionsbemerkung zu AUGUST KEIL, HANS BREDDIN und HELMUT DIELER: Das neue hydrogeologische Kartenwerk der Wasserwirtschaftsverwaltung von Nordrhein-Westfalen. — Deutsche gewässerkundl. Mitt., Sonderh. 1960, S. 21—22, Koblenz 1960.
- Diskussionsbemerkung zu K. HÜNERBERG: Rationelle Nutzung von erschlossenen Grundwasservorkommen. — In „Wassergewinnung — Deckung des steigenden Wasserbedarfs“, S. 39, Frankfurt a. M. 1960.
- Diskussionsbemerkung zu H. SCHOELLER: Salinité des eaux souterraines, évapotranspiration et alimentation des nappes. — Ass. Internat. Hydrol. Scient., **52**, S. 9, Gentbrugge 1960.
- Diskussionsbemerkung zu F. NEUMAIER: Experiences concerning the use of radioactive isotopes in hydrology. — H. MOSER und W. RAUERT: Detection sensivity and detection limits for radioactive isotopes used in hydrology. — Ass. Internat. Hydrol. Scient., **52**, S. 9, Gentbrugge 1960.

- NÖRING, F. Versalzung von Grundwasser und Boden in Wüstengebieten. — Z. deutsch. geol. Ges., **112**, S. 582—583, Hannover 1961.
- Ways to increase efficiency of exploration wells. — Ass. Internat. Hydrol. Scient., **57**, S. 512, Gentbrugge 1961.
  - Geologie. — Hydrogeologie des Kinziggebietes. — Ergiebige Fassungsräume im Kinziggebiet. — Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Kinzig, S. E 3—E 6, Kte. K 7, — S. E 27—E 28, Kte. K 30, — S. E 34—E 35, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1961.
  - Erhaltung der Grundwassergüte durch Schutzgebiete. — Korrespondenz Abwasser, Nr. 5, S. 18, Bonn 1962. — Bohrtechnik, Brunnenbau, Rohrleitungsbau, **13**, S. 230, Berlin 1962. — DVGW-Broschüre „Gutes Trinkwasser; Schutz und Aufbereitung“, S. 13—16, Frankfurt a. M. 1962.
  - & MATTHESS, G.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1958 und 1959. Mit Nachträgen aus den Jahren 1941—1957. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, S. 395—428, Wiesbaden 1960.
  - & THEWS, J.-D.: Schichthöhen der geologischen Formationen. — Lagerstätten. — Mutmaßliche Räume, in denen Einzugsgebiet und Niederschlagsgebiet der Kinzig wesentlich von einander abweichen. — Grundwasserbeschaffenheit. — Talsperrengeologie. — Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Kinzig, S. E 6, Kte. K 8, — S. E 6 bis E 7, Kte. K 9, — S. E 20—E 21, — S. E 32—E 33, Kte. K 33, — S. E 37—E 38, Abb. A 13, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1961.
- PAULY, E.: Geology and Mineralization of the Lueca-Region (Damba, Northern Angola). — Boletim dos Serviços de Geologia e Minas, **5**, p. 43—58, 8 fig., Luanda 1962.
- Vanadium-Vorkommen in Nord-Angola. — Z. Erzbergb. Metallh., **19**, H. 7, S. 377—378, Stuttgart 1966.
  - Pegmatite in Nord-Portugal, Geologie und wirtschaftliche Bedeutung. — Schr. G.D.M.B., **19**, S. 81—85, 1 Abb., Clausthal-Zellerfeld 1967.
- PFEFFER, P.: WILHELM BENADE †. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **1**, S. 285 bis 294, 1 Bild, Wiesbaden 1950.
- Nachruf auf KARL STOCKFISCH. — Geol. Jb., **65**, S. XI—XVIII, 1 Bild, Hannover 1951.
  - Nachruf auf JOHANN HEINRICH HELLMERS. — Geol. Jb., **68**, S. V—XIV, Hannover 1954.
  - Die titrimetrische Bestimmung von Eisen und Titan im Verlauf der Silikatanalyse. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, S. 292—294, Wiesbaden 1955.
  - Zur Bestimmung des austauschbaren Wasserstoffs (T-S)-Wertes der Böden, insbesondere durch seine Ermittlung aus Neutralisationskurven. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 382—391, 1 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1958.
  - Ein praktischer Versuch der Ermittlung der Cl<sup>-</sup>-Wanderungsgeschwindigkeit bei der Diffusion einer Kochsalzlösung in einen plastischen Ton. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 429—433, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1959.
  - BAMBAUER, H. U. & BANK, H.: Neue chemische Analysen von permischen Magmatiten der Nahemulde. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 379—381, 1 Tab., Wiesbaden 1958.
- RABIEN, A.: Stratigraphische und fazielle Probleme im Paläozoikum der nordwestlichen Dillmulde. — Z. deutsch. geol. Ges., **110**, S. 629—633, Hannover 1959.
- in: Bericht über die Exkursionen anlässlich der 110. Hauptversammlung in Marburg a. d. Lahn vom 1. bis 9. 9. 1958. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, S. 261—264, Tab. 1, Hannover 1959.
  - Zur Ostracoden-Stratigraphie an der Devon/Karbon-Grenze im Rheinischen Schiefergebirge. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 1, S. 61—106, 3 Taf., 4 Abb., 7 Tab., Krefeld 1960.
  - & RABITZ, A.: Das Ober-Devon von Meschede. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 159—184 (167—184), 5 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1958.
- RAMBOW, D.: Kleintektonische Untersuchungen im westlichen Vestischen Hauptsattel. — Clausthaler tekt. H., Beih. 4, S. 1—56, 15 Abb., Clausthal-Zellerfeld 1961.

- RAMBOW, D.: Scherflächen in steilstehenden Kohlenflözen. — Z. deutsch. geol. Ges., **114**, S. 85—91, 5 Abb., Hannover 1963.
- REUL, K.: s. MATTHESS, G. & REUL, K., Wiesbaden 1965.
- RÖSING, F.: s. KUPFAHL, H.-G., MATTHESS, G., RÖSING, F. & THEWS, D., Hannover 1961.
- in: KRÄMER, F., KUNZ, H., KUPFAHL, H. G. & RÖSING, F.: Leithorizonte im Mittleren und Oberen Buntsandstein zwischen Kassel und Eschwege. — Z. deutsch. geol. Ges., **115**, 2 u. 3, S. 897—898, Hannover 1966.
- SCHMITT, O.: Quartär. Pleistozän. — Holozän. — Die kristallinen Gesteine im Vorspessart und im nördlichen Odenwald. — In: UDLUFT, H.: Hydrogeol. Übers.-Kte. 1:500000, Erl. Bl. Frankfurt, S. 25—26, — S. 27, — S. 29—30, Remagen (Bundesanst. f. Landeskd.) 1957.
- Die natürliche Landschaft. 1. Die geologischen, hydrologischen, lagerstättenkundlichen und bodenkundlichen Verhältnisse. In: Die Struktur des Landkreises Offenbach, S. 9—16, Offenbach a. M. 1958.
- & UDLUFT, H.: Tertiär. — In: UDLUFT, H.: Hydrogeol. Übers.-Kte. 1:500000, Erl. Bl. Frankfurt, S. 24—25, Remagen (Bundesanst. f. Landeskd.) 1957.
- SEMMEL, A.: Beobachtungen zur Genese von Dellen und Kerbtälchen im Löß. — Rhein-Main. Forsch., **50**, S. 135—140, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1961.
- Die pleistozäne Entwicklung des Weschnitztales im Odenwald. — Frankf. geogr. H., **37**, S. 425—492, 24 Abb., Frankfurt a. M. 1961.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Der Bau des Gebirges um Lech (Vorarlberg). — Z. deutsch. geol. Ges., **113**, 2—3, S. 535—556, 7 Abb., Hannover 1962.
- Die Geologie der Umgebung von Lech. — Jb. Vorarlberg. Landesmus.-Ver., Bregenz 1964.
- THEWS, J.-D.: Die Sedimentschichtfolge. Perm. Rotliegendes. — In: UDLUFT, H.: Hydrogeol. Übers.-Kte. 1:500000, Erl. Bl. Frankfurt, S. 19, Remagen (Bundesanst. f. Landeskd.) 1957.
- Die Sedimentschichtfolge. Jura. — In: UDLUFT, H.: Hydrogeol. Übers.-Kte. 1:500000, Erl. Bl. Frankfurt, S. 23—24, Remagen (Bundesanst. f. Landeskd.) 1957.
- s. MATTHESS, G. & THEWS, J.-D., Wiesbaden 1959.
- s. KUPFAHL, H.-G. & THEWS, J.-D., Wiesbaden 1961.
- s. MATTHESS, G. & THEWS, J.-D., Wiesbaden 1961.
- s. NÖRING, F. & THEWS, J.-D., Wiesbaden 1961.
- s. KUPFAHL, H.-G., MATTHESS, G., RÖSING, F. & THEWS, J.-D., Hannover 1961.
- Hydrogeologie. Die im Kreisgebiet gewinnbaren Grundwassermengen. In: Main-Taunus-Kreis, Kreisentwicklungsplan, Beih. 8, Wasserversorgung und Abwasserbehandlung, S. 43—65, 3 Tab., 1 Kte., Frankfurt a. M.-Höchst 1965.
- UDLUFT, H. & ULBRICH, R.: Die Buntsandsteingebiete im Niederhessischen Bergland, am Schiefergebirgsrand (besonders Korbacher und Frankenberger Bucht), in der Rhön, dem Spessart und Odenwald sowie in Oberfranken. — In: UDLUFT, H.: Hydrogeol. Übers.-Kte. 1:500000, Erl. Bl. Frankfurt, S. 44—49, 4 Tab., 1 Abb., Remagen (Bundesanst. f. Landeskd.) 1957.
- Mineralwasser. — In: UDLUFT, H.: Hydrogeol. Übers.-Kte. 1:500000, Erl. Bl. Frankfurt, S. 90—93, Remagen (Bundesanst. f. Landeskd.) 1957.
- ZAKOSEK, H.: Über die Deutung des Profilgeprägtes gleiartiger Böden. — Forsch. u. Beratung, **2**, S. 64—65, Düsseldorf 1953.
- Über die Bedeutung des Bodens für die Ergänzung der Grundwasservorräte. — Z. deutsch. geol. Ges., **106**, 1, S. 36—40, Hannover 1955.
- Die Bodenkartierung als Voraussetzung für die Wahl der Unterlage. — Weinberg u. Keller, **2**, S. 100, Frankfurt a. M. 1955.
- Die Böden des Rheingaukreises und ihre pflanzenbauliche Nutzung. — Der Rheingau von morgen, Beih. 1, S. 43—69, Wiesbaden 1958.
- Zum Kalkgehalt der Weinbergsböden in Hessen und zur bodenbedingten Chlorose. — Weinberg u. Keller, **6**, S. 85—88, Frankfurt a. M. 1959.
- Forstlich wichtige geologische und bodenkundliche Schriften und Karten von Hessen. — Allg. Forstz., **7**, S. 143—144, München 1959.



- ZAKOSEK, H.: Bodenkundliche Probleme in Jugoslawien. — Z. deutsch. geol. Ges., **110**, 3, S. 622, Hannover 1959.
- Bodenansprüche des Weins. — Agros, **10**, S. 634—636, Hannover 1959.
- Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **32**, 62 S., Wiesbaden 1960.
- in: BIRK, H. & ZAKOSEK, H.: Die bodenangepaßten Unterlagssorten der hessischen Weinbaugebiete. — Weinberg u. Keller, **7**, S. 9—15, Frankfurt a. M. 1960.
- Die Weinbergsböden. — Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkde., **93**, S. 38—43, Weinheim u. Berlin 1961.
- in: MÜCKENHAUSEN, E. & ZAKOSEK, H.: Das Bodenwasser. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 400—414, Wiesbaden 1961.
- Die Böden des Rheingaukreises. In: 75 Jahre Rheingaukreis, S. 136—143, Rüdeshcim 1962.
- in: KULICK, J. & ZAKOSEK, H.: Zur Sedimentation im Edersee von 1914—1959. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**, S. 499—501, Wiesbaden 1962.
- Die Böden des Rheingaukreises. In: Das Rheingaubuch, **1**, S. 31—44, Rüdeshcim 1965.
- in: STÖHR, W. TH.: Bodenübersichtskarte von Rheinland-Pfalz i. M. 1:500 000, Hannover 1965.
- federführende Mitarbeit in: Die Bodenkarte 1:25 000, Anleitung und Richtlinien zu ihrer Herstellung. — Arb.-Gemeinschaft Bodenkunde, **143** S., Hannover 1965.
- in: STÖHR, W. TH.: Karte der Bodentypesgesellschaft von Rheinland-Pfalz i. M. 1:25 000, Mainz 1966.
- Erl. Bodenkde. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 59 S., Wiesbaden 1967.
- in: BARGON, E., STÖHR, W. TH. & ZAKOSEK, H.: Bodenkde. Hessen 1:25 000, Bl. 5915 Wiesbaden, Wiesbaden 1967.

### Wissenschaftliche Vorträge von Angehörigen des Landesamtes

- ANDERLE, H.-J.: Sedimente und Tektonik am N-Ende des Oberrhein-Grabens. — 3. Kolloquium der Internationalen Rheingraben-Forschungsgruppe in Karlsruhe, 12. 10. 1968.
- BARGON, E.: Rezente und fossile Böden im Rhein-Main-Gebiet. — Geologisch-Paläontologisches Kolloquium der Technischen Hochschule Darmstadt, 14. 2. 1968.
- EHRENBERG, K.-H.: Die konglomeratischen Einschaltungen in den Bunten Schiefern (Obergedinne) des westlichen Taunus, ihre Verbreitung, Zusammensetzung und die Herkunft der Konglomeratkomponenten. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 18. 4. 1968.
- FINKENWIRTH, A.: Versenkung von Abwasser in den Untergrund. — 21. Intern. Kongreß „Wasserprobleme“ des Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux in Lüttich, 14. 5. 1968.
- FRIEDRICH, K. gemeinsam mit KÜMMERLE, E.: Geologische Ergebnisse der Voruntersuchungen zur Verbindungsbahn in Frankfurt a. M. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 22. 2. 1968.
- GOLWER, A. gemeinsam mit MATTHESS, G.: Qualitative Beeinträchtigung des Grundwasserangebotes durch Abfallstoffe. — Gewässerkundliche Tagung in Wiesbaden, 26. 6. 1968.
- HENTSCHEL, G.: Ein natürliches Vorkommen von optisch einachsigen Dicalciumsilikat. — 46. Jahrestagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft in Köln, 8. 9. 1968.
- HÖLTING, B.: Die Ionen-Verhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 28. 3. 1968.
- HORN, M.: Über *Corophioides luniformis* (BLANCKENHORN) im Mittleren Buntsandstein und ähnliche Spuren in rezenten Süßwassersedimenten. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 14. 3. 1968.
- KÜMMERLE, E.: s. FRIEDRICH, K. gemeinsam mit KÜMMERLE, E.

- KUTSCHER, F.: Die Goniatiten des Hunsrückschiefers und ihr Aussagewert für das Alter des Hunsrückschiefers. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 31. 10. 1968.
- MATTHES, G.: s. GOLWER, A. gemeinsam mit MATTHES, G.
- MEISL, S.: Neue Ergebnisse über die mineralafazielle Stellung der Vordevon-Magmatite im Taunus und Soonwald. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 8. 2. 1968.
- Zur Diagenese psammitischer Sedimente an Beispielen des hessischen Buntsandsteins. — Kolloquium des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Technischen Hochschule Darmstadt, 12. 12. 1968.
- MÜLLER, K.-H.: Flache Rutschungen in tertiären Tonen an natürlichen Hängen. — Arbeitssitzung der Straßenbauverwaltungen Hessens im Hess. Landesamt für Straßenbau, Wiesbaden, 22. 11. 1968.
- NÖRING, F.: Grundwassererschließung im Kinziggebiet. — Besichtigungsveranstaltung des Wasserbeschaffungsverbandes Kinzig, Frankfurt a. M., Neuenschmidten Lkr. Gelnhausen, 10. 9. 1968.
- Würdigung der Leistung von HANS HENTSCHEL im staatlichen geologischen Dienst. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Kolloquium zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. HENTSCHEL, Wiesbaden, 21. 11. 1968.
- PRINZ, H.: Erscheinungsformen von Salzauslaugung im tiefen Zechsteinuntergrund an der neuen Rhönautobahn, Abschnitt Fulda-Döllbach. Kolloquium des Instituts für Geologie der Universität Würzburg, 23. 1. 1968.
- Ein Beitrag zur Frage rezenter tektonischer Bewegungen am Oberrheingraben, nachgewiesen durch Feinnivellements. — 3. Kolloquium der Internationalen Rheingraben-Forschungsgruppe im "Upper Mantle Project" in Karlsruhe, 11. 10. 1968.
- Fossile Einbruchschlote im Mittleren Buntsandstein der Vorderrhön, entstanden durch Auslaugung von Salzgesteinen im tiefen Zechsteinuntergrund. — XVIII. Geomechanik-Kolloquium in Salzburg, 17. 10. 1968.
- Einbruchsformen im Mittleren Buntsandstein der Vorderrhön, entstanden durch Auslaugung von Zechsteinsalzen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Stuttgart, 22. 11. 1968.
- RÖSING, F.: Zum Bau der Langen Berge südwestlich von Kassel. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 8. 2. 1968.
- Zur Geologie des Raumes Zierenberg-Wolfhagen. — Verein für Naturkunde zu Kassel, 12. 9. 1968.
- SEMMEL, A.: Bodenkunde als Hilfsmittel geomorphologischer Forschung. — Kolloquium des Geographischen Instituts der Universität Würzburg, 6. 2. 1968.
- Untersuchungen an periglazialen Abtragungs- und Verwitterungsvorgängen auf Spitzbergen. — Kolloquium des Geographischen Instituts der Universität Frankfurt a. M., 7. 5. 1968.
- Bodenkunde als Hilfsmittel geomorphologischer Forschung. — Kolloquium des Geographischen Instituts der Universität Mainz, 16. 5. 1968.
- Untersuchungen an Abtragungs- und Verwitterungsvorgängen in Lappland und auf Spitzbergen. — Kolloquium des Geographischen Instituts der Universität Würzburg, 11. 6. 1968.
- Über die Verwendbarkeit fossiler Böden als stratigraphische Leithorizonte im mitteleuropäischen Pleistozän. — Deuqua-Tagung in Biberach a. d. Riß, 8. 8. 1968.
- „Wo die Eiszeit noch lebt“ (Geologische Wirkung des Periglazialklimas in Lappland und auf Spitzbergen). — Nassauischer Verein für Naturkunde in Wiesbaden, 21. 10. 1968.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Grundwassererschließung und Grundwasserschutz im Untertaunuskreis. — Bürgermeisterdienstversammlung des Herrn Landrates des Untertaunuskreises in Engenhahn, 17. 12. 1968.
- ZAKOSEK, H.: Rußland und seine Böden. — Nassauischer Verein für Naturkunde in Wiesbaden, 11. 3. 1968.

## Nachtrag

- BARGON, E.: Ergebnisse der Bodenkartierung des weinbaulich genutzten Gemarkungsteiles von Hochheim und ihre Bedeutung für die Unterlagenauswahl. — Stadt Hochheim, 4. 3. 1958.
- Ergebnisse der Bodenkartierung des weinbaulich genutzten Gemarkungsteiles von Bensheim und ihre Bedeutung für die Unterlagenauswahl. — Stadt Bensheim, 17. 2. 1959
  - Die Böden des Odenwaldes. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 31. 3. 1960.
  - Die Bedeutung der Bodenkartierung für den Obstbau. — Hess. Minister für Landwirtschaft und Forsten, Kassel-Oberzwehren, 30. 6. 1960.
  - Ergebnisse der Bodenkartierung in Unterrieden bei Witzzenhausen und ihre Bedeutung für den Obstbau. — Land- und Forstwirtschaftskammer Kurhessen in Unterrieden, 26. 3. 1963.
  - Genese und Dynamik hessischer Lößböden. — Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Marburg, 11. 11. 1963.
  - Die Bedeutung der Bodenkartierung für die Auswahl geeigneter Obstbaustandorte. — Institut für Obstbau der Technischen Hochschule Hannover, 11. 5. 1966.
- FINKENWIRTH, A.: Das Lias gamma-Eisenerz des Kahlbergs bei Echte und seine Genese. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 24. 4. 1958; Kolloquium des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Marburg, 2. 6. 1958.
- Paläogeographie und saxonische Tektonik im nördlichen Leinetalgraben und den Nachbargebieten. — Festveranstaltung 85. Geburtstag Prof. STILLE in Goslar, 15. 10. 1961.
- HÖLTING, B.: Hydrogeologische Untersuchungen in El Salvador. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 17. 12. 1959.
- HOLTZ, S.: Talsperren in Hessen. — Kolloquium des Geologischen Instituts der Universität Gießen, Nov. 1962.
- KULICK, J.: Stratigraphie der Kulmgrauwacken im Edergebiet. — Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Marburg, 6. 9. 1958.
- Der Untere Buntsandstein in Nordhessen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 25. 2. 1960.
  - Gliederung des Unteren Buntsandsteins am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — Kolloquium des Geologischen Instituts der Universität Marburg, Februar 1962.
  - Geologische Luftbildinterpretation im Mittelgebirgsland. — Kolloquium des Geologischen Instituts der Universität Würzburg, 30. 1. 1963.
  - Thema wie vor. — Kolloquium des Geologischen Instituts der Universität Heidelberg, März 1963.
  - Fazies und Paläogeographie des Zechsteins in Waldeck. — Kolloquium des Geologischen Instituts der Universität Marburg, Februar 1964.
  - Geologie von Waldeck. — Geschichtsverein von Waldeck, Korbach, Sept. 1965.
  - Geologie der Paläolithstation Buhlen. — Jahreshauptversammlung der Deutschen Quartärvereinigung, Göttingen, 10. 8. 1966.
- KUPFAHL, H.-G.: Zur Stratigraphie des Gotlandiums und Unterdevons im Kellerwald. — Kolloquium des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Marburg, 1955.
- Zur Geologie NW-Anatoliens. — Kolloquium des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Marburg, 1957.
  - Zur Stratigraphie und Fazies des Buntsandsteins im nordöstlichen Hessen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 27. 2. 1958.
  - MATTHES, G., RÖSING, F. & THEWS, D.: Die Quecker Gruppe des Mittleren Buntsandstein auf Blatt 4723 Oberkaufungen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 25. 2. 1960.

- KUPFAHL, H.-G. gemeinsam mit KRÄMER, F., KUNZ, H. & RÖSING, F.: Leithorizonte im Mittleren und Oberen Buntsandstein zwischen Kassel und Eschwege. — 114. Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Frankfurt a. M., 11. 9. 1962.
- KUTSCHER, F.: Radioaktive geologische Messungen in den letzten 20 Jahren. — Physikalisches Institut der Universität Gießen, 20. 1. 1958.
- Stratigraphische Tagesfragen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 27. 2. 1958.
  - Zum Stand des geophysikalischen Forschungsprogramms auf Eisenerze in Hessen. — Sitzung des Berg- u. Hüttenmännischen Vereins in Wetzlar, 25. 4. 1958.
  - Zur Erforschung der Eisenerze in Hessen mit Hilfe geophysikalischer Methoden — Tagung Naturhist. Verein der Rheinlande und Westfalens in Dillenburg, 28. 5. 1958.
  - Neugliederung des Buntsandsteins. — Habilitationsvortrag vor der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Mainz, 6. 2. 1959.
  - Über den Stand der geophysikalischen Forschungen auf Eisenerze im Lahn-Dill-Gebiet und Vogelsberg. — Sitzung des Berg- u. Hüttenmännischen Vereins in Wetzlar, 23. 4. 1959.
  - Das Luftbild als Unterlage für die geologische Aufnahme. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 30. 4. 1959.
  - Erfahrungen bei erdmagnetischen Untersuchungen auf Basaltvorkommen. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Koblenz, 7. 5. 1959.
  - Das Luftbild als Unterlage für die geologische Aufnahme. — Antrittsvorlesung im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Mainz, 1. 7. 1959.
  - Zur Deutung der Hunsrückschiefer-Fazies im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. — Festkolloquium für W. M. LEHMANN im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Bonn, 18. 12. 1959.
  - Der Buntsandstein in neuer Sicht. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 25. 2. 1960.
  - Geophysikalische Forschungen in den hessischen Eisenerzgebieten. — Tagung der Geologischen Vereinigung in Wetzlar, 11. 3. 1961.
  - Neue Erkenntnisse in der Buntsandsteinforschung. — Tagung des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens in Kassel, 24. 5. 1961.
  - Aerogeologie. — Kolloquium im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Würzburg, 30. 1. 1963.
- LAEMMLEN, M.: Die Gliederung des Buntsandsteins im mittleren und nördlichen Hessen. — Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Frankfurt a. M., 26. 6. 1958.
- Die Aufteilung der Hersfelder Gruppe des Mittleren Buntsandsteins. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 25. 2. 1960.
- MATTHESS, G.: Über die Herkunft von Sulfat-Ionen im Grundwasser. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 30. 4. 1959.
- gemeinsam mit KUPFAHL, H.-G., RÖSING, F. & THEWS, D. am 25. 2. 1960.
- MEISL, S.: Urananreicherungen im nordhessischen Tertiär. — Tagung der Geologischen Vereinigung in Wetzlar, 11. 3. 1961.
- Geochemie und Lagerstättenkunde des Urans in Nordhessen. — Hauptversammlung der G.D.M.B. in Kassel, 8. 9. 1961.
- MÜLLER, K.-H.: Bodenmechanische Vorarbeiten für die Planung und den Bau von Autostraßen. — Kolloquium im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Gießen, Januar 1963.
- NÖRING, F.: Tektonische Auswertung einer Reliefdarstellung von Hessen. — Jahreshauptversammlung der Geologischen Vereinigung, Wiesbaden, 10. 4. 1948.
- Thema wie vor. — Geographisches Kolloquium der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt a. M., 28. 4. 1948.
  - Kleintektonische Untersuchung im Fichtelgebirge südlich Wunsiedel. — Jahresversammlung der Geologischen Vereinigung, Mainz, 10. 4. 1949.
  - Die Fortsetzung der Saarsenke in Hessen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 24. 11. 1949.

- NÖRING, F.: Grundsätze einer neuen hydrogeologischen Karte. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 9. 12. 1949.
- Wasserversorgungsmöglichkeiten des Landkreises Hanau. — Kreistag, Hanau, 11. 3. 1950.
- Wassererschließungsvorhaben der Stadtwerke Frankfurt am Main im Gemeindebezirk Leeheim, Krs. Groß-Gerau. — Ausschuß für Wirtschaftsförderung des Kreistages des Landkreises Groß-Gerau, Groß-Gerau, 29. 4. 1955.
- Wassererschließung in Steppen und Wüsten. — Bezirksgruppe Hanau des Landesverbandes Hessen der Wasser- und Kulturbauingenieure, Hanau, 23. 1. 1959.
- Die richtige Ausdeutung von Beobachtungen beim Niederbringen einer Brunnenbohrung und beim Pumpversuch. — Bundes-Arbeitstagung der Bundesfachgruppe Brunnen-, Wasser- und Rohrleitungsbau des Deutschen Baugewerbes, Berlin, 24. 9. 1959.
- Hydrogeologische Kartierung. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bad Harzburg, 25. 5. 1960.
- Ways to increase efficiency of exploration wells. — Symposium "Groundwater in arid zones", Internat. Assoz. wissenschaftl. Hydrol., Athen, 16. 10. 1961.
- Erhaltung der Grundwassergüte durch Schutzgebiete. — Wasserfachliche Aussprachetagung des DVGW und VGW, Lübeck, 15. 3. 1962.
- Sicherstellung der Wasserversorgung. (Aufnahme und Gespräch an Quellaustritt Niedernhausen, Main-Taunus-Kreis, 4. 8. 1964.) — Sendung 2. Deutsches Fernsehen, 6. 8. 1964.
- Begrüßungswort. — 42. Jahrestagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Wiesbaden, 7. 9. 1964.
- Grundwasserunreinigung durch Cyan in Wetzlar. (Aufnahme Wiesbaden, 2. 3. 1966.) — Sendung 1. Deutsches Fernsehen, 4. 3. 1966.
- PAULY, E.: Geologie und Lagerstätten Angolas. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 26. 1. 1962.
- Thema wie vor. — Kolloquium des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Frankfurt a. M., 22. 11. 1962.
- PRINZ, H.: Aus der Praxis der Baugrunduntersuchungen. — Bund Deutscher Baumeister, Ortsgruppe Kassel, 13. 2. 1962.
- RABIEN, A.: Stratigraphische und fazielle Probleme im Paläozoikum der nordwestlichen Dillmulde. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Wiesbaden, 27. 3. 1958.
- Fazielle Probleme im Paläozoikum der Dill-Mulde. — Tagung des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens, Dillenburg, 29. 5. 1958.
- RÖSING, F. gemeinsam mit KUPFAHL, H.-G., MATTHESS, G. & THEWS, D. am 25. 2. 1960.
- SCHMITT, O.: Über Bodenerosion im Rhein-Main-Gebiet. — Vereinigung der Natur- und Heimatkunde, Frankfurt a. M., 1953.
- THEWS, J.-D.: Heizöl im Untergrund. — Fachtagung der Fa. Nau, Stuttgart, 2. 3. 1966.
- gemeinsam mit KUPFAHL, H.-G., MATTHESS, G. & RÖSING, F. am 25. 2. 1960.
- WENDLER, R.: Die magnetische Anisotropie von Gesteinen. — Universität Mainz, 1961.
- Aerogeophysik. — Universität Heidelberg/Universität Würzburg, 1963.
- ZAKOSEK, H.: Bodenuntersuchungen und Unterlagenauswahl für den Weinbau. — Südtiroler Weinbaufachtagung, Bozen, 4. 4. 1955.
- Die Steppenböden Europas. — Kolloquium des Geologischen Instituts der Universität Marburg, Dezember 1957.
- Ergebnisse der Bodenkartierung in der Gemarkung Lorchhausen. — Winzerversammlung in Lorchhausen, 28. 2. 1958.
- Über die bodengemäßen Unterlagen in Hessen. — Kolloquium der Lehr- und Forschungsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau, Geisenheim, 9. 7. 1959.
- Die Bedeutung der Boden- und Kleinklimakartierung im Obstbau. — Kreis-Obstbauverband Main-Taunus, Fischbach, 5. 3. 1960.
- Über die Untersuchung von Weinbergböden. — Kolloquium der Lehr- und Forschungsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau, Geisenheim, 9. 7. 1960.

- ZAKOSEK, H.: Ergebnisse der Weinbergskartierung in Hessen. — Kolloquium der Forschungsanstalt für Weinbau in Geilweilerhof/Pfalz, 8. 11. 1960.
- Die Smonica. — Habilitations-Kolloquium, Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Mainz, 21. 7. 1961.
- Fossile Böden und Reliktböden im nichtvereisten (periglazialen) Bereich Mitteleuropas. — Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Mainz, 2. 11. 1961.
- Die Böden Rumäniens. — Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Aachen, 9. 9. 1965.
- Standortuntersuchungen in den hessischen Weinbaugebieten. — Konferenz der Direktoren der Geologischen Landesämter in Geisenheim, 3. 11. 1965.
- Ergebnisse der Bodenkartierung in der Gemarkung Witzenhausen. — Gartenbau-beraterstag in Geisenheim, 12. 5. 1966.

### Personalbestand 31. Dezember 1968

Leiter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. FRIEDRICH NÖRING, Direktor des Landesamts für Bodenforschung

Vertreter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. phil. FRIEDRICH KUTSCHER, Regierungsdirektor

Regierungsdirektoren (außer Vertreter):

- Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS DENGLER  
 Dipl.-Geol. Privatdozent Dr. phil. nat. HANS-JOACHIM LIPPERT  
 Dipl.-Landw. Prof. Dr. agr. HEINRICH ZAKOSEK

Oberregierungsgeologen:

- Dipl.-Landw. Dr. agr. ERNST BARGON  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ALFRED FINKENWIRTH  
 Dipl. Geol. Dr. rer. nat. BERNWARD HÖLTING  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS KULICK  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS-GÜNTHER KUPFAHL  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED LÄMMLER  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. GEORG MATTHES  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. STEFAN MEISL  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT PRINZ  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARNOLD RABIEN  
 Dr. rer. nat. FRANZ RÖSING  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. OTTO SCHMITT  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH THEWS

Regierungsgeologen:

- \* Dr. rer. nat. HORST BERNHARD  
 \* Dr. rer. nat. ECKHARD BÖKE  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WALTER FICKEL  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARTHUR GOLWER  
 \* Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT HICKETHIER  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. SIEGFRIED HOLTZ  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED HORN  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. RENATE MOTZKA  
 Dipl.-Ing. KARL-HANS MÜLLER  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. ERNST PAULY  
 \* Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WOLFGANG PLASS

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH RAMBOW  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. KONRAD REUL  
 Privatdozent Dr. phil. nat. ARNO SEMMEL  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. WITIGO STENGEL-RUTKOWSKI  
 Dipl.-Chem. GÜNTER THIELICKE  
 Dipl.-Geol. RALPH WENDLER

\* Regierungsgeologe z. A.

#### Wissenschaftliche Angestellte:

Dipl.-Geol. MARTIN BEURER  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. GISEBERT DIEDERICH  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KARL-HEINZ EHRENBERG  
 Dr. rer. nat. KUNIBERT FRIEDRICH  
 Dipl.-Geogr. Dr. phil. nat. ANNELIES HERZBERG  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. EBERHARD KÜMMERLE  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT REICHMANN  
 Dipl.-Geol. HANS-JÜRGEN SCHARPFF  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WILLI SCHRICKE  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KLAUS WIEGAND

#### Bibliothek und Vertriebsstelle:

Bibliothekarin: JOHANNA SCHADWINKEL	
GERDA BÖHME	RUTH HEISER-SALZBURG
LIESEL FALTER	CHRISTINE KINDSVOGEL
ILSE FRÖHLICH	LIESELOTTE SCHULTE
GERTRUD GROSSMANN	GERHARD WOELKE

#### Technische Bedienstete:

Reg.-Kartographen-Oberinspektor HANS NEUMANN	
NORBERT BLECK	PAUL-WALTER LÖHR
LUDWIG BÖTTIGER	KLAUS NIEDER
JOSEF BREITFELDER	BÄRBEL PLICKERT
RICHARD BUSCHNER	WILHELM RICHTER
Ing. EWALD CLOEREN	ALBERT ROMSCHINSKI
HEINZ DOMES	SUSANNE SALCHER
ROLF ETZ	HANS-HEINRICH SCHMIDT
HANS EWALD	NORBERT SCHOLZ
KARL FINK	ALOIS SEDLATSCHKE
ANTON GLASER	OTTO SOHN
GERNOT HÜHNER	WILHELM STICH
ALBERT KARSCHNY	ERICH STRAUCH
GERHARD KNAB	WILHELM TERME
GERHARD LAUE	ERWIN THIEL
HEINZ LEICK	ROLAND WIEDERER
	URSULA ZÖLLER

#### Landkartentechnisches Büro:

Leitung: Reg.-Kartographen-Amtmann JOHANNES MATHEIS	
JOSEF BÄUERLEIN	KARL HIELSCHER
JÜRGEN BARTHOLOMAY	ANTONIE HOCH
INGEBORG BRANDT	WERNFRIED HÜBLER
HERMANN BRENNER	ERIKA LIESKE
JUTTA VON DZIEGIELEWSKI	ANNELESE PREISNER

JOSEF FISCHER  
MARGARETHE GLOTH  
RUDOLF HEUSER

WILLI SCHIMANSKI  
SIEGFRIED STEIN  
PAUL UHL

## Verwaltung:

Leitung: Amtsrat HUBERTUS CHRISTIAN

HUBERT GROSSMANN  
CHRISTA HORN  
URSULA MICHNA

CHRISTA MÜLLER  
GILDE RÖSSLER  
GERTRUD SCHUMACHER

## Schreibbüro:

HEIDRUN GEBAUER  
BRIGITTE HOYER  
URSULA KOPP  
CHRISTEL KRUTZ  
URSULA ROTH

ELISABETH RUTHE  
DORIS SCHIML  
URSULA STOBER  
EDELTRAUD ZIERZ

## Archiv, Registratur, Pförtner, Schriftleitung und Telefon:

EMIL COURTIAL  
RUDOLF DIEHL  
ROSEL FISCHER  
HARALD GEIST

HERBERT HERMANN  
HANS KLEBE  
ROSEMARIE REUBOLD  
HEDWIG WEWER

## Lohnempfänger:

Fahrer LIENHARD BARNETT  
Fahrer WILHELM BRÜCK  
Fahrer FERDINAND FLIESS  
Fahrer FRIEDRICH LUDWIG  
Fahrer FRITZ MEILINGER  
Fahrer SIEGFRIED WENZKE

Bohrgehilfe PAUL ANDOR  
Bohrgehilfe LORENZ DIEHL  
Bohrgehilfe ANTON SCHWARZ  
Hausmeister KARL ROMPEL  
Reinemachefrau KAROLINE DIEHL  
Reinemachefrau ADELE LOEFFLER

## Freiwillige Mitarbeiter:

Prof. Dr. OTTO BURRE, Oberregierungsgeologe a. D., Darmstadt, Niebergallweg 26  
Dr. h. c. ERWIN BUSSE, Verwaltungsoberinspektor i. R., Kassel-Ki., Mittelbinge 6  
Prof. Dr. HANS HENTSCHEL, Regierungsdirektor a. D., Wiesbaden, Fontanestr. 2  
Prof. Dr. FRANZ MICHELS, Direktor a. D., Wiesbaden, Schöne Aussicht 17  
OSKAR ROSE, Konrektor a. D., Wiesbaden-Dotzheim, Langendellschlag 103,  
Simeonhaus A  
Dipl.-Geol. Dr. ERWIN SCHENK, Gießen, Professorenweg 6  
Dr. MAX TEIKE, Oberregierungsgeologe a. D., Wiesbaden, Drususstraße 29  
Prof. Dr. HEINZ TOBIEN, Mainz, Saarstraße 21  
Prof. Dr. WILHELM WAGNER, Bergrat a. D., Darmstadt, Claudiusweg 16

## Korrespondent:

Dr. FRITZ HÄUSER, Oberstudienrat, Windecken/Krs. Hanau, Bahnhofstraße 15

## Ausgeschieden bis 31. 12. 1968:

HORST ENGELHARDT  
BRIGITTE JOHN  
HEINZ LAUTZ  
ANNA SIENKNECHT  
WILHELM ZIMMERHACKEL

FRIEDRICH NÖRING



## Hessisches Geologisches Schrifttum 1968

mit Nachträgen aus den Jahren 1957—1967

Bearbeitet von **ANNELIES HERZBERG**, Wiesbaden

### Nachtrag aus dem Jahre 1957

- KELLER: Zur Geschichte der Wildunger urologischen Schule. — Z. angew. Bäder- u. Klimaheilk., **4**, 1, S. 61—69, Stuttgart (Schattauer-Verl.) 1957. [Bad Wildunger Heilquellen.]
- KRAFT, K.: Heilanzeigen für die Balneotherapie urologischer Leiden. — Z. angew. Bäder- u. Klimaheilk., **4**, 1, S. 7—20, Stuttgart (Schattauer-Verl.) 1957. [Bad Wildunger Heilquellen.]

### Nachtrag aus dem Jahre 1958

- SCHMITT, O.: Die natürliche Landschaft. 1. Die geologischen, hydrologischen, lagerstättenkundlichen und bodenkundlichen Verhältnisse. In: Die Struktur des Landkreises Offenbach, S. 9—16, Offenbach a. M. 1958.

### Nachtrag aus dem Jahre 1959

- HENTSCHEL, H.: Der Meteorit von Breitscheid III. — Geochim. cosmochim. Acta, **17**, S. 323—338, 18 Abb., 3 Tab., London 1959.
- KUTSCHER, F. & SCHMIDT, H.: Dévonien. In: Lexique Stratigraphique International, **1**, Europe, Fasc. 5, 5b: Allemagne, Dévonien, S. 3—304 u. 355—386, Paris 1959.
- ZAKOSEK, H.: Forstlich wichtige geologische und bodenkundliche Schriften und Karten Hessens. — Allg. Forst-Z., **14**, 7, S. 143—144, München 1959.
- Zum Kalkgehalt der Weinbergsböden in Hessen und zur bodenbedingten Chlorose. — Weinberg u. Keller, **6**, S. 85—88, Frankfurt a. M. 1959.

### Nachtrag aus dem Jahre 1960

- HORN, M.: Der erste Nachweis von Oberkarbon in der Attendorn-Elisper Doppelmulde des Rheinischen Schiefergebirges. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 1, S. 301 bis 302, Krefeld 1960.
- Die Zone des *Eumorphoceras pseudobilingue* im Sauerland. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3**, 1, S. 303—342, 6 Abb., 1 Tab., 5 Taf., Krefeld 1960.
- KUTSCHER, F., MICHELS, F. & SOLLE, G.: Exkursion im Taunus, Rheintal und Moseltal. Arbeitstagung über die Grenze und Stratigraphie von Silur und Devon. Exkursionsführer, S. VI + 1—7, 2 Tab., Bonn-Bruxelles 1960.

### Nachtrag aus dem Jahre 1961

- DIEHL, H.: Über die Babenhäuser Stadtmauer — wo stammen die Steine her? — Odenwald, **8**, 2, S. 55—59, 1 Abb., Darmstadt 1961.
- HAUPT, T.: Das Buch vom großen Strom. **1**, 288 S., Reutlingen (Ensslin & Laiblin) 1961.

- LEPPERT, H.: Bedeutsame Entwicklung des Staatsbades Bad Wildungen nach Einführung der Herz-Kreislaufindikationen. Herrn Direktor Dr. Georg Baron von Kaulbars zum 60. Geburtstag gewidmet. — Heilbad u. Kurort, **14**, 11, 2 S. (Sonderdruck), Gütersloh (Flöttmann) 1961. [Heilquellen.]
- MEISL, ST.: Geochemie und Lagerstättenkunde des Urans in Nordhessen. — Erzmetall, **14**, S. 491, Stuttgart 1961.
- Analysen des chemischen Laboratoriums Fresenius — Wiesbaden. 1 S. In: Bad Wildungen. Hrsg. von PAULA BAUMANN. 44 S., Abb., Bad Kissingen 1961. [Bad Wildunger Heilquellen.]
- Auf dem Wege zu einem Naturpark Odenwald. — Odenwald, **8**, 2, S. 60, Darmstadt 1961.

#### Nachtrag aus dem Jahre 1962

- FEIBER, W.: Balneotherapie urologischer Erkrankungen. — Therapie der Gegenwart, **101**, 9, S. 439—443, München-Berlin (Urban & Schwarzenberg) 1962. [Bad Wildunger Heilquellen.]
- HERRMANN, F.-R.: Die Funde der Urnenfelderkultur in Mittel- und Südhessen. Diss., Frankfurt a. M. 1962.
- NIEMZ, H.-G.: Das Aschaffgebiet. Beiträge zur Morphologie des kristallinen Spessarts. Diss., Frankfurt a. M. 1962.

#### Nachtrag aus dem Jahre 1963

- BAUM, P. & ZIPP, H.: Möglichkeiten der balneotherapeutischen Beeinflussung chronischer Nierenparenchymschäden. — Med. Welt, **52**, 8 S. (Sonderdruck), Stuttgart (Schattauer-Verl.) 1963. [Bad Wildunger Heilquellen.]
- BLASCHKE, R.: Zur Petrologie der Basalte von Ortenberg. Diss., Gießen 1963.
- FEIBER, W.: Therapie der chronischen Prostatitis im Heilbad für Erkrankungen der Harnorgane. — Deutsch. med. J., **14**, 6, 4 S. (Sonderdruck), 1963. [Bad Wildunger Heilquellen.]
- THIELEN, G.: Über die Geschichte des Metallergbergbaus an der unteren Lahn. — Internat. Industrie-Bibl., **81**, 176, S. 37—41, Berlin-West-Basel 1963.
- WIEGARD, F.: Der schöne Westerwald. Bilder einer Landschaft. 2. Aufl., 67 S., Abb., Ktn., Neuwied (Strüder) 1963.

#### Nachtrag aus dem Jahre 1964

- ECKOLDT, M.: Rheinchronik 1963. — Beitr. Rheink., **16**, S. 45—48, 1 Abb., Koblenz 1964.
- GROSS, H.: Das Mittelwurm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **15**, S. 187—198, 1 Abb., Öhringen 1964. [Löblehmgrube „Biedensteg“ bei Bad Wildungen.]
- KARCHER, G.: Trinkkuren bei urologischen Erkrankungen. — Med. Welt, **8**, 10 S. (Sonderdruck), 8 Abb., Stuttgart (Schattauer-Verl.) 1964. [Bad Wildunger Heilquellen.]
- KUHN, O.: Geologie von Bayern. 3. Aufl., 165 S., 113 Abb., München-Basel-Wien (BLV Verl.Ges.) 1964.

#### Nachtrag aus dem Jahre 1965

- ASHRY, M. M.: Petrographie des Praezechsteins der Bohrung „Dransfeld 1“. Diss., Göttingen 1965.
- BENDER, P.: Der Nordostteil der Lahnmulde zwischen Salzböde-, Aar- und Biebental. Diss., Marburg/Lahn 1965.
- COMMON, R.: Central Hesse. — The Oriental Geographer, **9**, 1, S. 41—62, Ktn., 1965.
- DEMANDT, K. E.: Schrifttum zur Geschichte und geschichtlichen Landeskunde von Hessen. 1 und 2. — Veröff. hist. Komm. Nassau, 879 und 759 S., Wiesbaden 1965.

- DIEHL, H.: Über die Entstehung der Landschaft. — Veröff. zur Gesch. der Stadt Heppenheim, **2**, S. 1—12, 6 Taf., 1 Kte., Heppenheim a. d. B. 1965. [Geologie des Heppenheimer Raumes.]
- ECKOLDT, M.: Rheinchronik 1964. — Beitr. Rheink., **17**, S. 23—24, Koblenz 1965.
- ERASMUS, W.: Landschaftskundliche Untersuchungen an Kalksteilhängen in der Umgebung Göttingens. Diss., Göttingen 1965.
- HOFMANN, E.: Der Bergbau im Dillgebiet einst und jetzt. — Bergbau, **16**, 9, S. 280 bis 286, 1965.
- KERSTAN, G.: „Unser“ Naturpark. Gedanken und Tatsachen. — Werraland, S. 2—5, 1 Kte., Eschwege 1965. [Naturpark Meißner-Kaufunger Wald.]
- KOOB, F.: Die Starckenburg. — Veröff. Gesch. Stadt Heppenheim, **2**, S. 28—123, Abb., Heppenheim a. d. B. 1965.
- KRATZ, O.: Der Heppenheimer Wald in heutiger Sicht. — Veröff. Gesch. Stadt Heppenheim, **2**, S. 443—446, 2 Abb., Heppenheim a. d. B. 1965.
- MEYER, W.: Gliederung und Altersstellung des Unterdevons südlich der Siegener Hauptüberschiebung in der Südost-Eifel und im Westerwald (Rheinisches Schiefergebirge). — MAX RICHTER-Festschrift, S. 36—47, 3 Abb., Clausthal-Zellerfeld 1965.
- MICHELS, F., KREUTZ, F., ZAKOSEK, H., STELLWAAG, F. sen., NEUBAUER, F. & KLINGSPORN, H.: Das Werden der Landschaft. Das Rheingaubuch, **1** (Mit einem Geleitwort v. WITTRICK, K. und einem Vorwort v. ASBACH, R.), IX + 104 S., 36 Abb., 1 Tab., 1 Taf., 5 Ktn., 1 geol. Prof., Rüdesheim (Ges. Förd. Rheingauer Heimatforsch. e. V.) 1965.
- OKRUSCH, M. & WEINELT, W.: Erl. geol. Kte. Bayern 1:25000, Bl. 5921 Schöllkrippen. 327 S., 53 Abb., 10 Tab., 1 Kte., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.
- ROHDENBURG, H.: Die Muschelkalk-Schichtstufe am Ostrand des Sollings und Bramwaldes. Eine morphogenetische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der jungquartären Hangformung. Diss., Göttingen 1965.
- WATTENDORF, F.: Landwirtschaft, Obst- und Weinbau in der Gemarkung Heppenheim a. d. B. — Veröff. Gesch. Stadt Heppenheim, **2**, S. 431—442, Abb., Heppenheim a. d. B. 1965.
- WERDING, L.: Stratigraphie und Genese devonischer Kalke des Taunusostrandes. Diss., Gießen 1965.
- WIRTH, W.: Heppenheim zwischen 1955 und 1965. — Veröff. Gesch. Stadt Heppenheim, **2**, S. 375—430, 10 Taf., Heppenheim a. d. B. 1965. [Wasserversorgung und Natursteinindustrie des Heppenheimer Raumes.]
- WORTMANN, W.: Region Untermain. Planungsvorschläge und Zustandsdarstellungen. Ges. region. Raumordn. im engeren Untermaingebiet, 70 S., 24 Ktn., Frankfurt a. M. 1965.
- Aus der Geschichte der Starckenburg und ihres Raumes. — Veröff. Gesch. Stadt Heppenheim, **2**, S. 1—368, Abb., Tab., Ktn., Heppenheim a. d. B. 1965.
- Nordhessen zwischen heute und morgen. Kurhessen, Waldeck, Fulda. 2. Aufl., 286 S., Abb., Oldenburg (Stalling) 1965.
- Spessart. Überab. v. T. WELZBACHER. — Grieben Reiseführer, **137**, 211 S., 1 Kte., München 1965.

## Nachtrag aus dem Jahre 1966

- BEST, G. & WIESNER, E.: „Cerithien“ aus den Hydrobienschichten von Frankfurt am Main und Umgebung. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **98**, S. 55—63, 3 Abb., 1 Ktn.-Sk., 2 Prof., Wiesbaden 1966.
- ECKOLDT, M.: Rheinchronik 1965. — Beitr. Rheink., **18**, S. 24—27, Koblenz 1966.
- FREYBERG, B. v.: Eine geologische Fahrt von Erlangen zur Rhön. — Geol. Bl. NO-Bayern, **16**, S. 123—139, 12 Abb., Erlangen 1966.
- GRUMBT, E.: Schichtungstypen, Marken und synsedimentäre Deformationsgefüge im Buntsandstein Südthüringens. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläontol., **11**, S. 217—234, Berlin 1966.

- GRUMBT, E. & LÜTZNER, H.: Störungszonen im Deckgebirge des thüringischen Werra-Kaligebietes und ihre Beziehungen zum Basaltvulkanismus und zur Auslaugung. — *Geologie*, **15**, S. 531—544, 8 Abb., Berlin 1966.
- HERRMANN, F. R.: Die Funde der Urnenfelderkultur in Mittel- und Südhessen. — *Röm.-Germ. Forsch.*, **27**, VI + 206 S., 11 Abb., 218 Taf., Berlin (de Gruyter) 1966.
- HOPPE, W.: Die regionalgeologische Stellung der Thüringer Trias. — *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläontol.*, **11**, S. 7—38, 6 Abb., 9 Tab., Berlin 1966. [Hinweise auf Hessen.]
- KLEMM, D. D.: „Gabbroidisation“ und „Dioritisation“ am Beispiel einiger Odenwälder Gabbro- und Dioritgebiete. Ein Beitrag zur Entstehungsdeutung basischer Tiefengesteine. — *N. Jb. Mineral., Abh.*, **104**, 3, S. 259—282, Stuttgart 1966.
- KÖNIG, D.: Die Situation der Binnengewässer-Verschmutzung und der Gegenmaßnahmen in der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Vogelwelt. — *Ber. Internat. Rat Vogelschutz, Deutsche Sektion*, **6**, S. 25—35, 1966.
- KREBS, W.: Der Bau des oberdevonischen Langenaubach-Breitscheider Riffes und seine weitere Entwicklung im Unterkarbon (Rheinisches Schiefergebirge). — *Abh. senck. naturforsch. Ges.*, **511**, 105 S., 18 Abb., 3 Tab., 13 Taf., Frankfurt a. M. 1966.
- LESER, H.: Landformen und geologische Entwicklung. Zur geomorphologischen Übersichtskarte 1:300 000 im Pfalzatlas. — *Pfälz. Heimat*, **17**, 2, S. 61—66, 1966.
- MILECKI, A. v.: Naturpark Habichtswald. — *Hess. Heimat*, **16**, 1, S. 22—25, 4 Abb., 1 Kte., Marburg 1966.
- MOZER, U.: Vorgeschichte in und um Hersfeld. — *Bad Hersfelder Jb.*, **12**, S. 8—21, Abb., 1966.
- MÜLLER, G. unt. Mitwirk. v. TEN BRINK, M., KRONER, G. & THIELE, H.: Die wirtschaftliche Entwicklung in den Fördergebieten des Bundes. Einzeluntersuchungen ausgewählter Gebiete. **2**, Nordhessen. — *Mitt. Inst. Raumforsch.*, **53**, 155 S., Tab., 8 Ktn., Bad Godesberg 1966.
- MÜLLER, G., NIELSEN, H. & RICKE, W.: Schwefel-Isotopen-Verhältnisse in Formationswässern und Evaporiten Nord- und Süddeutschlands. — *Chem. Geol.*, **1**, S. 211—220, 2 Abb., Amsterdam 1966.
- MURR, K.: Rheinische Erdbebenetätigkeit. — *Naturwiss. Rdsch.*, **19**, 10, S. 423—424, Stuttgart 1966.
- SCHICK, M.: Die Namen des Melibokus. — *Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt*, **8**, 3, S. 21—49, 1 Abb., 1 Ktn.-Sk., Darmstadt 1966.
- SPAAR, O.: Vom Dorf Alsfeld und seinem Raum. — *Mitt. Gesch.- u. Altertumsver. Stadt Alsfeld*, *R. 10*, 12, S. 241—267, 4 Ktn., Alsfeld 1966.
- SPITZER, H.: Die landwirtschaftliche Betriebsplanung unter dem Einfluß räumlicher Bedingungen. Ein Beitrag zur Methodik der Rahmenplanung. — *Raumforsch. u. Raumordn.*, **24**, 1, S. 9—24, 3 Tab., 3 Ktn.-Sk., 1966. [Beispiel Gießen.]
- STRUVE, W.: Einige Atrypinae aus dem Silurium und Devon. — *Senck. leth.*, **47**, 2, S. 123—163, 13 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Frankfurt a. M. 1966. [Rheinisches Schiefergebirge.]
- WAGNER, G.: Heimatlandschaft des nordwestlichen Spessarts. — *M.-Schr. Spessartbund*, **3**, S. 3—4, 1 Abb., 1 Kte., Aschaffenburg 1966.
- WEYL, R.: Erdgeschichte im Stadtbild Gießens. — *Gießener Hochschulbl.*, **13**, 2, S. 13 bis 16, 6 Abb., 1 Tab., Gießen 1966.
- WINTER, H.: Vierzig Jahre Beiträge zur Rheinkunde. — *Beitr. Rheink.*, **18**, S. 20—23, Koblenz 1966.
- Die Rhön. — *Bayerland*, **68**, 2/3, S. 41—100, Abb. u. Ktn., München (Bayerland-Verl.) 1966.
- Grundlagenforschung im Naturpark Bergstraße-Odenwald. Festschrift zur Eröffnung der Forschungsstation des Instituts für Naturschutz in der Gemeinde Erlenbach bei Fürth im Naturpark Bergstraße-Odenwald. — *Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt*, **8**, 3, 87 S., Abb., 2 Ktn.-Sk., 1 Grundr., Darmstadt 1966.
- Wasserablauf im Wesergebiet. Februar bis April 1966. — *Weser*, **40**, 5, S. 78—80, 1 Abb., 3 Tab., 1 graph. Darst., Bremen 1966.

## Nachtrag aus dem Jahre 1967

- ALBERTI, G. K. B.: Neue obersilurische sowie unter- und mitteldevonische Trilobiten aus Marokko, Deutschland und einigen anderen europäischen Gebieten. — Senck. leth., **48**, 6, S. 481—509, 1 Taf., Frankfurt a. M. 1967. [Fundpunkte in Hessen.]
- BACKHAUS, E.: Bericht über die Exkursionen im Spessart, in der Wetterau, in der Hanau-Seligenstädter Senke und dem Sprenflinger Horst vom 28. März bis 1. April 1967. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **49**, S. 23—33, Stuttgart 1967.
- Zur Genese des Buntsandsteins im Spessart. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **49**, S. 157—171, 2 Abb., 3 Taf., Stuttgart 1967.
- & STOLBA, R.: Junge Bruchschollentektonik im unteren Maintal zwischen Rüdenu und Trennfurt (Oberrheingraben). — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **49**, S. 147—156, 5 Abb., Stuttgart 1967.
- BARTELS, G.: Stratigraphische und geomorphologische Auswertung von Schuttdecken vor Muschelkalkschichtkämmen und -schichtstufen im niedersächsischen Bergland. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **18**, S. 76—81, 1 Abb., Öhringen 1967. [Südniedersachsen.]
- BECKER, E.: Zur stratigraphischen Gliederung der jungpleistozänen Sedimente im nördlichen Oberrheingraben. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **18**, S. 5—50, 13 Abb., 1 Kte., 9 Tab., Öhringen 1967.
- BECKER, G.: Ostracoda aus den Refrath-Schichten (Oberdevon) der Paffrather Mulde (Bergisches Land). 1: *Refrathella* n. g. (Kirkbyellidae). — Senck. leth., **48**, 6, S. 511 bis 523, 2 Abb., 1 Taf., Frankfurt a. M. 1967.
- BLIND, W.: Die Wetterau — Strukturelemente und Lebensräume. — Natur u. Mus., **97**, 2, S. 45—52, 3 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1967.
- BORCHERT, H.: Vorversuche mit Multitensiomern auf einer maulwurfgedrängten Fläche. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **7**, S. 214—222, 7 Abb., Göttingen 1967. Heft 7 = Bayer. Landwirtschaftl. Jb., **44**, Sonderh. 3, München-Basel-Wien 1967. [Untersuchungen in Hessen.]
- BÜRGENER, M.: Die Geographische Landesaufnahme 1:200000 — Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Stand des Werkes. Kurzbericht. — Ber. deutsch. Landesk., **39**, 1, S. 132—137, 1 Kte., 1 Blattübersicht, Bad Godesberg 1967. [Beispiele aus Hessen.]
- BUREK, P. J.: Korrelation revers magnetisierter Gesteinsfolgen im Oberen Buntsandstein SW-Deutschlands. — Geol. Jb., **84**, S. 591—616, 17 Abb., 1 Taf., Hannover 1967.
- CHLUPÁČ, I. & KRS, M.: Paläomagnetismus und Paläoklimatologie des Devons. — Geologie, **16**, 8, S. 869—888, 5 Abb., Berlin 1967. [Hinweis auf Rheinisches Schiefergebirge.]
- CLODIUS, S.: Die Wasserversorgung im Bundesgebiet im Jahre 1966. — Gas- u. Wasserf., **108**, 52, S. 1469—1474, 2 Abb., 2 Tab., München 1967.
- DIEHL, H.: Eine neuentdeckte Paläolithstation am Odenwaldrand: Langstadt, Kreis Dieburg. — Odenwald, **14**, 4, S. 111—118, 2 Abb., 3 Taf., Darmstadt 1967.
- ECKOLDT, M.: Rheinchronik 1966. — Beitr. Rheink., **19**, S. 24—26, Koblenz 1967.
- GOLDMANN, K.-J.: Tuffite und Querschwellen am Nordwest-Rand der Lahnmulde. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., **35**, S. 191—204, 6 Abb., Gießen 1967.
- HAUSCHULZ, J.: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda. — Gas- u. Wasserf., **108**, 52, S. 1488, München 1967.
- HIEKE, W.: Feinstratigraphie und Paläogeographie des Trochitenkalkes zwischen Leinetal-Graben und Rhön. — Geologica et Paleontologica, **1**, S. 57—86, 35 Abb., 4 Tab., Marburg 1967.
- HINZE, C.: Der Obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland. — Geol. Jb., **84**, S. 637—716, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover 1967.
- ILLIES, H.: Gestalt und Fundament des Oberrheingrabens im Modell — ein Beitrag zur Taphrogenese. — Oberrhein. geol. Abh., **16**, 1/2, S. 1—10, 6 Abb., Karlsruhe 1967.
- JANOSCHEK, A. & KNOBLICH, K.: Ein Spätglazialprofil aus Gießen. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., **35**, S. 39—42, 1 Abb., Gießen 1967.

- KEGLER, J.: Die Gaudernbacher Schichten (westliche Lahnmulde, Rheinisches Schiefergebirge). — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., **35**, S. 23 bis 37, 6 Abb., Gießen 1967.
- KNAPP, R.: Die Vegetation des Landes Hessen. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., **35**, S. 93—148, 23 Abb., Gießen 1967.
- KRAUSE, R.: Geschichte und Leistungen der Kulturbauverwaltung in Althessen 1880 bis 1945. Hrsg. Bund d. Wasser- u. Kulturbauing., L.-Verb. Hessen e.V., 103 S., 24 Bilder, Darmstadt 1967.
- KUTSCHER, F.: Aufgaben und Bedeutung des Nivellements hoher Genauigkeit für die geologische Forschung und Praxis. — Z. Vermessungswesen, **92**, 8, S. 303—310, Stuttgart 1967. [Beispiele aus Hessen.]  
— Ein Fisch aus dem Hunsrückchiefer mit dem Namen *Gemuendina*. — Hunsrückkal. f. 1968, **24**, S. 39—42, 2 Abb., Simmern (1967).
- LIEZT, J.: Der Grenzbereich Rotliegendes — Zechstein im Gebiet des Spessart und in der Wetterau in paläogeographischer Sicht. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **49**, S. 129—146, 5 Abb., Stuttgart 1967.
- LÜTTIG, G. & FRICKE, W.: Hydrologische Aspekte der Einleitung von Kaliendlaugen in Flußsysteme, erläutert am Beispiel Werra-Weser. — I. A. H. Kongreß 1965, **8**, S. 111—120, Hannover 1967.
- MARTINI, H.-J.: Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland. — Erdöl u. Kohle, **20**, 1, S. 2—8, 4 Abb., 1 Taf., Hamburg 1967.
- MEIMBERG, R.: Die Wirkung von Untergrundlockerung und Maulwurfsdränung auf den Wasserhaushalt verdichteter Böden. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **7**, S. 55—61, 7 Abb., Göttingen 1967. Heft 7 = Bayer. Landwirtsch. Jb., **44**, Sonderh. 3, München-Basel-Wien 1967. [Untersuchungen in Hessen.]
- MEYER, E.: Alte Flur- und Straßennamen der Stadt Dieburg. — Odenwald, **14**, 3, S. 84 bis 90, Darmstadt 1967.  
— Alte Namen von Ortschaftsteilen im östlichen Odenwald. — Odenwald, **14**, 4, S. 130 bis 132, Darmstadt 1967.
- MICHELS, F.: In: Wiesbaden (Hessen): Geologische Angaben. — Heilbad u. Kurort, **18**, 9, S. 19, Baden-Baden 1967. [Mineralwasser.]
- MÜLLER, G.: Sudoit („dioktaedrischer Chlorit“, „Al-Chlorit“) im Cornberger Sandstein von Cornberg/Hessen. — Beitr. Mineral. Petrol., **14**, S. 176—189, 5 Abb., 5 Tab., 1967.
- MURAWSKI, H.: Grundzüge der tektonischen Entwicklung von Spessart und Wetterau. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **49**, S. 117—127, 4 Abb., Stuttgart 1967.
- NÖRING, F.: In: Bad Orb (Hessen): Geologische Angaben. — Heilbad u. Kurort, **18**, 8, S. 22, Baden-Baden 1967. [Mineralwasser.]  
— HANS UDLUFT †. — Geol. Jb., **84**, S. LV—LVI, 1 Bild, Hannover 1967.
- OKRUSCH, M., STREIT, R. & WEINELT, W.: Erl. geol. Kte. Bayern 1:25 000, Bl. 5920 Alzenau i. Ufr., 336 S., 48 Abb., 25 Tab., 1 Kte., 5 Beil., München 1967.
- ORTLAM, D.: Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des Höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. — Geol. Jb., **84**, S. 485 bis 590, 28 Abb., 4 Tab., 5 Taf., Hannover 1967.
- PAULSEN, G.: Die Entwässerungsprobleme der Stadt Frankfurt am Main. (Die Frankfurter Tagung vom 28. 9—2. 10. 1965.) — Ber. abwassertechn. Ver. e. V., **18**, S. 53 bis 69, Frankfurt a. M. (ZFGW-Verl.) 1967. [Insbes. Klärwerk Niederrad.]
- RADZINSKI, K.-H.: Gliederung und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland. — Geologie, **16**, 6, S. 637—659, 12 Abb., 2 Tab., Berlin 1967. [Bezug auf Nordhessen.]
- RÖLL, W.: Die Einzelhöfe der Rhön. Ein Beitrag zur Siedlungsgenese im osthessischen Bergland. — Ber. deutsch. Landeskn., **39**, 2, S. 240—256, 2 Abb., Bad Godesberg 1967.
- SACHER, L.: Beobachtungen an einem Tuffkörper im Basalt des Vogelsberges bei Schotten. Ein Beitrag zur Kenntnis der Mechanik von Basalt-Subfusionen. — Oberrhein. geol. Abh., **16**, 1/2, S. 27—36, 6 Abb., Karlsruhe 1967.

- SCHWAN, W.: Zur Stratigraphie, Paläogeographie und Faziesbildung der Hörre-Gommern- und Tanner Systeme. — Erlanger geol. Abh., **65**, 70 S., 3 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Erlangen 1967.
- SEIDEL, B.: Das Grünland, die Grundlage der bäuerlichen Betriebe auf dem Vogelsberg. In: Wege zum erfolgreichen und leistungsstarken Futterbaubetrieb im Vogelsberg. Fünfzehn Jahre Bodenverband Vogelsberg. — Schr.-R. Bodenverb. Vogelsberg, **4**, S. 38—49, Lauterbach i. H. 1967.
- SEIDEL, G.: Zur Ausbildung des höheren Zechsteins in der westlichen Mühlhausener Mulde (Thüringen). — Geologie, **16**, **4**, S. 425—432, 2 Abb., 1 Tab., Berlin 1967.
- SIKORA, H.: Aus der Tätigkeit der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins gegen Verunreinigung. (Die Frankfurter Tagung vom 28. 9.—2. 10. 1965.) — Ber. abwassertechn. Ver. e. V., **18**, S. 117—126, Frankfurt a. M. (ZFGW-Verl.) 1967.
- SIMON, P.: Feinstratigraphische und paläogeographisch-fazielle Untersuchungen des Staßfurt-Steinsalzes (Zechstein 2) im Kalisalzbergwerk „Königshall-Hindenburg“. — Geol. Jb., **84**, S. 341—366, 3 Abb., 4 Taf., Hannover 1967. [Hinweise auf Hessen.]
- STRUVE, W.: Zur Geschichte der Paläozoologisch-Geologischen Abteilung des Natur-Museums und Forschungs-Instituts Senckenberg. T. 1: Von 1763—1907. — Senck. leth., **48**, **A**, S. 23—191, 34 Abb., 3 Tab., Frankfurt a. M. 1967.
- TEICHMÜLLER, M.: Inkohlungsuntersuchungen an Kohle führenden Sedimenten des Tertiärs am Oberrhein-Graben nördlich Worms. — Oberrhein. geol. Abh., **16**, 1/2, S. 11—15, 1 Abb., 1 Tab., Karlsruhe 1967.
- Mikroskopische und chemische Untersuchungen an interglazialen Torfen aus dem Raum Mannheim. — Oberrhein. geol. Abh., **16**, 1/2, S. 17—25, 8 Abb., 1 Tab., Karlsruhe 1967.
- TRIEBEL, E.: Zur Geschichte der Sektion für Mikropaläontologie des Natur-Museums und Forschungs-Instituts „Senckenberg“. — Senck. leth., **48**, **A**, S. 1—21, 21 Abb., Frankfurt a. M. 1967.
- VOGEL, J. & SCHÄBITZER, R.: Zur Tektonik der Kaliflöze „Thüringen“ und „Hessen“ auf der Schachtanlage „Ernst Thälmann“, Merkers (Rhön), des VEB Kalikombinat „Werra“. — Z. angew. Geol., **13**, **1**, S. 1—9, 11 Abb., 1 Tab., Berlin 1967.
- WEBER, P.: Frühneuzeitliche und gegenwärtige Struktur ländlicher Siedlungen im Dillgebiet. Gruppenspezifisches Wohnverhalten als Indiz sozialgeographischer Gliederung. — Ber. deutsch. Landes., **39**, **2**, S. 281—299, 7 Abb., Bad Godesberg 1967.
- WELLMANN, U.: Grünlandbewirtschaftung in hessischen Mittelgebirgslagen. In: Wege zum erfolgreichen und leistungsstarken Futterbaubetrieb im Vogelsberg. Fünfzehn Jahre Bodenverband Vogelsberg. — Schr.-R. Bodenverb. Vogelsberg, **4**, S. 30—37, Lauterbach i. H. 1967.
- WEYL, R.: Geologischer Führer durch die Umgebung von Gießen. 184 S., 44 Abb., 8 Tab., Gießen (Mittelhess. Druck- u. Verl.-Ges.) 1967.
- ZAGORA, K.: Verkieselte Ostracoden aus den Schwarzschiefern (Mitteldevon) von Ostthüringen. — Geologie, **16**, **6**, S. 698—711, 1 Abb., 3 Taf., Berlin 1967. [Vergleiche mit Vorkommen im Rheinischen Schiefergebirge.]
- ZIEMANN, H.: Die Wirkung der Kaliabwässer auf die Flora und Fauna der Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Werra und Wipper. — Fortschr. Wasserchemie u. Grenzgebiete, **7**, S. 50—80, Erfurt 1967.
- ZÖLSMANN, H.: Zum Jahresbericht der Wasserwirtschaft 1966. — Gas- u. Wasserf., **108**, **52**, S. 1474—1476, München 1967.
- Bericht über die 88. Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins e. V. in Aschaffenburg. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **49**, S. 5—10, Stuttgart 1967.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Ergänzungsh. Land Hessen. Rhein- und Weseranteil. Abflußjahr 1965. 105 S., 2 Ktn., Wiesbaden (Hess. L.-Amt Gewässer- u. wasserwirtsch. Pl.) 1967.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Rheingebiet. Abschnitt Main (mit einem Anhang: Bayer. Elbegebiet). Abflußjahr 1965. 99 S., 1 Kte., München (Bayer. L.-Stelle Gewässer- u. wasserwirtsch. Pl.) 1967.

Die Witterung im Frühjahr 1967 in Deutschland. — Gas- u. Wasserf., **108**, 52, S. 1484 bis 1485, 1 Tab., München 1967.

Rheinvertiefung am Binger Loch. — Naturwiss. Rdsch., **20**, 11, S. 481–482, Stuttgart 1967.

## 1968

ALBERTI, H.: Trilobiten (Proetidae, Otarionidae, Phacopidae) aus dem Devon des Harzes und des Rheinischen Schiefergebirges (Beitrag I). — Beih. geol. Jb., **73**, 147 S., 31 Abb., 8 Tab., 25 Taf., Hannover 1968.

ANDERLE, H.-J.: Die Mächtigkeiten der sandig-kiesigen Sedimente des Quartärs im nördlichen Oberrhein-Graben und der östlichen Untermain-Ebene. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 185–196, 1 Taf., Wiesbaden 1968.

ASTHALTER, K.: Standortkundlich-waldbaulicher Überblick. — Erl. Bodenkte. Hessen 1:25000, Bl. 4720 Waldeck, S. 130–138, 2 Tab., Wiesbaden 1968.

— Standortkundlich-waldbaulicher Überblick. — Erl. Bodenkte. Hessen 1:25000, Bl. 5815 Wehen, S. 95–99, Wiesbaden 1968.

— & REICHMANN, H.: Waldbaulicher Überblick. — Erl. Bodenkte. Hessen 1:25000, Bl. 5520 Nidda, S. 51–55, 1 Tab., Wiesbaden 1968.

BACKHAUS, E.: Fazies, Stratigraphie und Paläogeographie der Solling-Folge (Oberer Buntsandstein) zwischen Odenwald — Rhön und Thüringer Wald. — Oberrhein. geol. Abh., **17**, 1, S. 1–164, 16 Abb., 4 Tab., 14 Taf., Karlsruhe 1968.

BAUER, A. & TROBISCH, K.: Großanlage der Farbwerke Hoechst AG zur biologischen Reinigung von Betriebsabwässern. — Chem. Ing. Techn., **40**, 6, S. 257–263, 1968.

BERNHARD, H.: Alte Rutschungen an der Grenze Röt/Muschelkalk im nördlichen Hessen. — Mitt. geol. Inst. TU Hannover, **8**, S. 21–33, Hannover 1968.

BLOCK, W.: Belastbarkeit des Rheines mit radioaktiven Nukliden. — Umschau, **68**, 9, S. 278, Frankfurt a. M. 1968.

BOETTCHER, F.: Ölvorfälle und Wasserschutz-Maßnahmen. Ein Überblick zur jetzigen Lage. — Gas- u. Wasserf., **109**, 4, S. 96–100, München 1968. [Hinweise auf Hessen.]

BRÜNING, H.: Zur Entstehung fossiler feinkörniger Gerölle in Terrassensanden des Rhein-Main-Gebietes. — Natur u. Mus., **98**, 8, S. 305–315, 11 Abb., Frankfurt a. M. 1968.

CLOSS, H. & PLAUMANN, S.: Gedanken zur Tektonik der Kruste im Oberrheingraben aufgrund von Schweremessungen. — Geol. Jb., **85**, S. 371–382, 7 Abb., Hannover 1968.

DIEDERICH, G.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 72–89, 1 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1968.

— & LAEMMLEN, M.: Kritische Betrachtungen zur Arbeitsweise im Buntsandstein und zu den Grundlagen einer einheitlichen Buntsandsteinstratigraphie. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 85–110, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1968.

EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg. Mit Beitr. von KUTSCHER, F., SCHARPFF, H.-J., WENDLER, R. u. ZAKOSEK, H. 2. Aufl., 201 S., 22 Abb., 9 Tab., 1 Beibl., Wiesbaden 1968.

EICKHOFF, G.: Neue Textularien (Foraminifera) aus dem Waldecker Unterkarbon. — Paläontol. Z., **42**, 3/4, S. 162–178, 6 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1968.

ELLENBERG, J.: Beziehungen zwischen Auslaugung und quartärer Sedimentation im thüringischen Werra-Kaligebiet. — Z. deutsch. geol. Ges., **117**, S. 670–679, 6 Abb., 1 Tab., Hannover 1968.

FAHLBUSCH, K.: Ein barytführendes Konglomerat in Darmstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 214–235, 1 Abb., Wiesbaden 1968.

— & WÄGER, H.: Beeinflussung des Chemismus einiger Quellwässer durch Kontaktflächen-Veränderungen an Basaltproben. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **5**, S. 292 bis 298, 3 Tab., Stuttgart 1968. [Betr. südl. Vogelsberg.]

FICKEL, W. & ZAKOSEK, H.: Erl. Bodenkte. Hessen 1:25000, Bl. 5815 Wehen. Mit einem Beitr. von ASTHALTER, K. 102 S., 33 Tab., 50 Textprof., Wiesbaden 1968.



- FIGGE, K.: Ober-Devon im Breusch-Tal der Vogesen. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 4, S. 195—200, 6 Abb., Stuttgart 1968. [Hinweise auf Hessen.]
- FINKENWIRTH, A.: Böschungsrutschungen bei der Aufschlitzung des Braunhäuser Tunnels (Hauptstrecke Bebra-Göttingen) der Deutschen Bundesbahn. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 15, S. 441—462, 3 Abb., 2 Taf., Krefeld 1968.
- Die Braunkohle am Meißner. Zur Mineralogie und Geologie der Umgebung von Göttingen mit Westharz und Teilen des nordhessischen Berglandes. — Aufschluß, Sonderh. 17, S. 166—172, 2 Abb., Heidelberg 1968.
- FISCHER, U.: Zu den neolithischen Kollektivgräbern in Hessen und Thüringen. — Nassau. Ann., 79, S. 1—21, 4 Abb., Wiesbaden 1968.
- FUCHS, K.: Die Bergwerks- und Hüttenproduktion im Herzogtum Nassau. — Nassau. Ann., 79, S. 368—377, Wiesbaden 1968.
- GAHL, H.: Die unteroligozäne Braunkohlenlagerstätte von Sieblos/Rhön. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 96, S. 259—272, 3 Abb., Wiesbaden 1968.
- GAJEWSKI, E. & NÖTTLICH, K.: Die Verunreinigung des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflüsse in der Bundesrepublik Deutschland. Stand Ende 1965. — Wasser u. Boden, 10, S. 271—274, 5 Abb., Hamburg-Blankenese 1968.
- GANDL, J.: Stratigraphische Untersuchungen im Unterkarbon des Frankenwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Trilobiten. 1: Die Trilobiten im Unterkarbon des Frankenwaldes. — Senck. leth., 49, 1, S. 39—117, 13 Abb., 9 Taf., Frankfurt a. M. 1968. [Vorkommen auch im rechtsrheinischen Schiefergebirge.]
- GOLDMANN, K.-J.: Zur Fazies und Paläogeographie des Paläozoikums der nördlichen Lahnmulde. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 6, S. 321—337, 11 Abb., Stuttgart 1968.
- GOLWIER, A.: Die Vorkommen und die Gewinnung von Grundwasser im Obertaunuskreis. — Mitt. Ver. Gesch. Heimatk. Oberursel (Taunus) e. V., 10, S. 23—39, 3 Abb., 2 Tab., Oberursel 1968.
- Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 96, S. 157—184, 8 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1968.
- GRAUL, H. & HÖLTING, B.: Buntsandsteinstratigraphie und Tektonik im Gebiet Stadt Allendorf und Neustadt (Ldkr. Marburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 96, S. 120—136, 2 Abb., Wiesbaden 1968.
- GRÖNKE, L.: Die Quellen und Badeanlagen von Bad Nauheim. — Heilbad u. Kurort, 20, 10, S. 21—25, 2 Abb., Baden-Baden 1968.
- HABERER, K.: Erfahrungen mit der künstlichen Grundwasseranreicherung in den Wassergewinnungsanlagen Wiesbaden-Schierstein. — Gas- u. Wasserf., 109, 24, S. 636—639, 5 Abb., 1 Tab., München 1968.
- HÄRINGER, G.: Die Verunreinigung des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflüsse in der Bundesrepublik Deutschland. Denkschrift der Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung des Rheins (Stand 1965). — Gas- u. Wasserf., 109, 30, S. 828—829, 2 Abb., München 1968.
- HAHN, H.: Die deutschen Weinbaugebiete. Regionale Differenzierungen in der Entwicklung der Rebflächen und der Betriebsstruktur 1949 bis 1960. — Erdkunde, 22, 2, S. 128—145, 6 Kartogr., 12 Diagr., 2 Tab., Bonn 1968. [Hess. Weinbaugebiete.]
- HAHN, R.: Proetidae aus der oberen *crenistria*-Zone von Herborn (Trilobita; Unterkarbon). Teil 1: *Archegonus* (*Archegonus*) BURMEISTER 1843. — Senck. leth., 49, 2/3, S. 193—233, 27 Abb., 7 Tab., 2 Taf., Frankfurt a. M. 1968.
- HAMMEL, H.: Reinhaltprobleme an hessischen Gewässern. — Korrespondenz Abwasser, 15, 9, S. 171—174, 2 Abb., Bonn 1968.
- HENTSCHEL, G.: Tridymit und Cristobalit aus rheinischen Vulkangesteinen. — Aufschluß, 19, S. 281—282, Göttingen 1968.
- HENTSCHEL, H.: Der Basalt des Meißner. — Aufschluß, Sonderh. 17, S. 151—165, 4 Abb., 1 Tab., Heidelberg 1968.
- Die „Flammung“ der Pikrite des Lahn-Dill-Gebietes. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., 99, S. 65—85, 7 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1968.

- HERRMANN, A., HINZE, C., HOFRICHTER, E. & STEIN, V.: Salzbewegungen und Deckgebirge am Nordostrand der Sollingscholle (Ahlsburg). — Geol. Jb., **85**, S. 147—164, 2 Abb., 1 Taf., Hannover 1968. [Hinweise auf Hessen.]
- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1967 mit Nachträgen aus den Jahren 1951—1966. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 385—408, Wiesbaden 1968.
- HIEKE, W. & RITZKOWSKI, S.: Die altquartäre Subrosionssenke von Fürstenhagen bei Hess. Lichtenau (Nördl. Hessen). — Geol. Rdsch., **58**, 1, S. 190—196, 2 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1968.
- HILTERMANN, H.: Fortschritte der Mikropaläontologie in Deutschland mit einer Bibliographie für das Jahr 1967. — Paläontol. Z., **42**, 3/4, S. 236—248, Stuttgart 1968. [Auch Hessen betreffend.]
- HÖLTING, B.: Die geographische Situation und die geologischen Verhältnisse im Landkreis Waldeck. In: Der Landkreis Waldeck, Geschichte, Landschaft, Wirtschaft (Hrsg. Landrat Dr. Reccius), S. 13—14, Oldenburg (Stalling) 1968.
- HOLTZ, S., MEISL, St. & THIELICKE, G.: Ein Alkalisyenit-Auswürfling im tertiären Basaltuff bei Rainrod, Kreis Büdingen (Vogelsberg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 343—346, 3 Tab., Wiesbaden 1968.
- HOPF, W.: Entsäuerung mit Natronlauge. Aus der Praxis der Wasseraufbereitung von Uferfiltrat des Rheins. — Gas- u. Wasserf., **109**, 8, S. 193—197, 2 Abb., 1 Tab., München 1968.
- HORN, M. & WENDLER, R.: Geophysik als Hilfsmittel geologischer Kartierung. 2. Geologisch-geophysikalische Untersuchungen im Naumburger Graben. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 300—323, 8 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1968.
- JAHNKE, H. & PAUL, J.: Das Alter der Grauwacken im südlichen Kellerwald (Oberdevon und Unterkarbon, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 68—84, 1 Abb., 1 Tab., 4 Taf., Wiesbaden 1968.
- KEGLER, J.: Das Ober-Devon in der Umgebung von Limburg (westliche Lahn-Mulde, Rheinisches Schiefergebirge). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **6**, S. 345—363, 10 Abb., 4 Faunenlisten, Stuttgart 1968.
- KOPPERNOCK: Die Reinigung industrieller Abwässer am Beispiel der Kläranlage E. Merck AG. Darmstadt. — Gas- u. Wasserf., **109**, 8, S. 206, München 1968.
- KREBS, W.: Die mikrofazielle Gliederung eines oberdevonischen Riffes im Rheinischen Schiefergebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., **117**, S. 596, Hannover 1968.
- KÜTHE, H.: Vor- und Frühgeschichte von Blatt Korbach. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4719 Korbach, S. 221—224, Wiesbaden 1968.
- KULICK, J.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4719 Korbach. Mit Beitr. v. KÜTHE, H., KUTSCHER, F., NIESCHALK, A. u. CH., RABIEN, A., SEMMEL, A. & WENDLER, R. 272 S., 32 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 8 Taf., 2 Beil., Wiesbaden 1968.
- & SEMMEL, A.: Die geomorphologische und geologische Bedeutung der Paläolith-Station Buhlen (Waldeck). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 347—351, 2 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1968.
- KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 19. Röntgenaufnahmen von Dachschieferplatten mit Tentaculiten. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **99**, S. 18—21, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 22. Zur Fortführung und Intensivierung der Hunsrückschiefer-Forschung. — Aufschluß, **19**, S. 136—139, Göttingen 1968.
- Bemerkenswerte geologische Aufschlüsse (Geologische Naturdenkmäler). — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 155—156, Wiesbaden 1968.
- Bemerkungen zur Herausgabe der 2. Auflage der Geologischen Karte Bl. 5913 Presberg und der Erläuterungen. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 5—9, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- Das Nivellement I. und II. Ordnung rund um das Blattgebiet Grebenau. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5222 Grebenau, S. 171—175, 1 Abb., Wiesbaden 1968.

- Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Hünfeld und den benachbarten Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 98—102, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Presberg und den benachbarten Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 136—141, 2 Abb., Wiesbaden 1968.
- Das Nivellement hoher Genauigkeit auf Blatt Korbach und seiner Umgebung. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4719 Korbach, S. 207—211, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- Der Heimatforscher und Geologe RUDOLF OPITZ. — Mitt. Ver. Heimatk. Landkr. Birkenfeld u. Heimatfrde. Oberstein, **31**, S. 27—43, 3 Abb., Idar-Oberstein 1968.
- Die Seismizität im Bereich des Blattes Presberg und seiner Umgebung. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 150—154, 2 Abb., Wiesbaden 1968.
- *Drepanaspis gemuendenensis*, ein altertümlicher Fisch des Hunsrückschiefer-Meeress. — Hunsrückkal. f. 1969, **25**, S. 61—63, 2 Abb., Simmern (1968).
- Einführung in das Blattgebiet Presberg. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 15—20, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- Exkursionsziele im Blattgebiet. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 157—160, Wiesbaden 1968.
- 120 Jahre Taunusquarzit-Forschung. — Mainzer naturwiss. Arch., **7**, S. 153—167, 1 Abb., 3 Tab., Mainz 1968.
- Lichtechtheit von Farben geologischer Karten. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 352—355, Wiesbaden 1968. [Betr. Geologische Karten von Hessen.]
- Montangeologie und Lagerstätten. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 104—109, Wiesbaden 1968.
- Röntgenstrahlen lüften Hunsrückschiefer-Geheimnisse. Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück. — Jb. Hunsrückver. e.V., S. 49—58, 6 Abb., Bernkastel-Kues 1968.
- Schriftenverzeichnis. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 184 bis 200, Wiesbaden 1968.
- Technische Daten zum Druck der Bodenkarte von Hessen 1:25000, Bl. 5815 Wehen. — Erl. Bodenkte. Hessen 1:25000, Bl. 5815 Wehen, Umschl.-S. 3, Wiesbaden 1968.
- Technische Daten zum Druck der Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Bl. 5222 Grebenau. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5222 Grebenau, Umschl.-S. 3, Wiesbaden 1968.
- Technische Daten zum Druck der Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Bl. 5324 Hünfeld. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5324 Hünfeld, Umschl.-S. 3, Wiesbaden 1968.
- Vorausgegangene geokartographische Darstellungen. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, S. 21—22, Wiesbaden 1968.
- & SIEVERTS-DORECK, H.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 21. *Pyrgocystis*-Arten im Hunsrückschiefer und mittelhessischen Unterdevon. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 7—17, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- PRINZ, H. & SCHWARZ, E.: Bodenbewegungen in Hessen und ihre geologische Bedeutung. — Z. Vermessungswesen, **93**, S. 45—54, 6 Abb., Stuttgart 1968.
- — — Junge Bodenbewegungen in Hessen. — Umschau, **68**, 11, S. 339, Frankfurt a.M. 1968.
- LAEMMLEN, M.: Die Basaltgänge im Muschelkalk östlich von Eiterfeld (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 250—258, 6 Abb., Wiesbaden 1968.
- Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5222 Grebenau. Mit Beitr. v. KUTSCHER, F., MEISL, ST., SCHARPFF, H.-J., SEMMEL, A. u. WENDLER, R. 208 S., 11 Abb., 10 Tab., 10 Diagr., 15 Textprof., 3 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1968.
- & PRINZ, H.: Der Heubacher Graben im westlichen Rhönvorland als Teilstück der Grabenzone Heubach-Thalau-Friesenhausen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 137—156, 1 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1968.

- LANGE, F.-G.: Conodonten-Gruppenfunde aus Kalken des tieferen Oberdevon. — *Geologica et Palaeontologica*, **2**, S. 37—57, 2 Abb., 6 Taf., Marburg 1968. [Betr. Steinbruch in Braunau, Bl. 4920 Armsfeld.]
- LESER, H.: Geomorphologische Karten im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nach 1945. — *Ber. deutsch. Landesg.*, **39**, 1, S. 101—121, 1 Tab., 1 Kte., Bad Godesberg 1968. [Hinweise auf geomorphologische Arbeiten in Hessen.]
- LEUTERITZ, K.: Alter und Entstehung der Konglomerate von Diedenshausen (Mbl. Berleburg und Battenberg, Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges). — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **4**, S. 204—215, 4 Abb., Stuttgart 1968. [Hinweise auf Hessen.]
- Die Geologie der nordöstlichen Dillmulde in der Umgebung von Buchenau am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. Diss., Marburg 1968.
- LIPPERT, H.-J. & HENTSCHEL, H.: Ein neues Basaltvorkommen bei Wingsbach auf Blatt 5814 Bad Schwalbach (Taunus, Rheinisches Schiefergebirge). — *Jb. nassau. Ver. Naturk.*, **99**, S. 86—91, 3 Abb., Wiesbaden 1968.
- LOTZE, F. & NIEDERMEIER, G.: Notizen zur Aktuo-Geologie. 200. Bericht: Endogene Dynamik Dezember 1965. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **2**, S. 122—128, Stuttgart 1968.
- — Notizen zur Aktuo-Geologie. 202. Bericht: Endogene Dynamik März und April 1966. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **4**, S. 246—256, Stuttgart 1968.
- — Notizen zur Aktuo-Geologie. 203. Bericht: Endogene Dynamik Mai und Juni 1966. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **5**, S. 311—320, Stuttgart 1968.
- LOTZE, J.: Kleintektonische und gefügekundliche Untersuchungen am Taunusquarzit des östlichen Taunus. Diss., Berlin 1968.
- LÜTKE, F.: Trilobiten aus dem Oberdevon des Südwest-Harzes. — *Stratigraphie, Biotop und Systematik*. — *Senck. leth.*, **49**, 2/3, S. 119—191, 17 Abb., 3 Tab., 8 Taf., Frankfurt a. M. 1968 [Hinweise auf Hessen.]
- MATTHES, G.: Einzugsgebiet. In: *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda*, S. 40—41, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- Geologische Verhältnisse an den Sperrenstellen. In: *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda*, S. 107—110, 1 Tab., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- Grundwasserbeschaffenheit. In: *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda*, S. 81, 1 Kte., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- Hydrogeologie des Niddagebietes und überschlägliche Ermittlung des nutzbaren Teils der Grundwasserneubildung auf Grund von Niedrigwassermessungen. In: *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda*, S. 68—72, 1 Abb., 4 Tab., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- Hydrogeologie. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000*, Bl. 4719 Korbach, S. 187—206, 2 Abb., 6 Tab., Wiesbaden 1968.
- Les couches éocène dans la région du fossé rhénan septentrional. — *Mém. B. R. G. M.*, **58**, S. 327—337, 1 Abb., 5 Tab., Paris 1968.
- & DENGLER, H.: Grundwasserhöflichkeit. In: *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda*, S. 78—82, 1 Kte., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Geologie. In: *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda*, S. 20—21, 1 Kte., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- THILO, L., ROETHER, W. & MÜNNICH, K. O.: Tritiumgehalte im Wasser tieferer Grundwasserstockwerke (Vorläufige Mitteilung). — *Gas- u. Wasserf.*, **109**, 14, S. 353 bis 355, 1 Tab., München 1968. [Schlüchterner Becken und Oberrheintal.]
- & VILLWOCK, R.: Lagerstätten. In: *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda*, S. 21—22, 1 Kte., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- MEISCHNER, D.: Stratigraphische Gliederung des Kellerwaldes. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**, S. 18—30, 5 Abb., Wiesbaden 1968.
- MEISL, ST.: In LAEMMLEN, M. & MEISL, ST.: Jungtertiär (Neogen). — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000*, Bl. 5222 Grebenau, S. 62—84, 1 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1968.
- In MEISL, ST. & MOTZKA, R.: Vulkanische Gesteine. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000*, Bl. 5324 Hünfeld, S. 34—43, Wiesbaden 1968.

- Petrographische Beiträge. In: Stratigraphie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 19—141, Wiesbaden 1968.
- Zur Petrographie der Buntsandsteinsedimente. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 96—112, 3 Tab., 8 Diagr., Wiesbaden 1968.
- & EHRENBERG, K.-H.: Turmalinfels- und Turmalinschiefer-Fragmente in den Konglomeraten der Bunten Schiefer (Obergedinne) im westlichen Taunus. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **99**, S. 43—64, 1 Abb., 6 Taf., Wiesbaden 1968.
- MICHELS, F. & KUTSCHER, F.: Geologische Bemerkungen zur Spessart-Exkursion des Nassau. Vereins f. Naturkunde am 2. 7. 1967. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **99**, S. 92—97, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- MOTZKA, R.: Die Eiterfelder Saurier-Fährten. — Heimatkal. Landkr. Hünfeld f. 1969, **16**, S. 22—26, 4 Abb., Hünfeld 1968.
- Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld. Mit Beitr. v. DIEDERICH, G., KUTSCHER, F., MEISL, St., SEMMEL, A. u. WENDLER, R. 156 S., 10 Abb., 6 Tab., 2 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1968.
- NEGENDANK, J.: Zur Petrographie permischer Magmatite im Bereich des nördlichen Oberrheingrabens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 236—249, 3 Tab., Wiesbaden 1968.
- NICKEL, E. & OBELODE-DÖNHOF, I. M.: Gesichtspunkte zu Gefügestudien in Odenwaldgneisen. IV. Die Beziehungen zwischen dem Hornblendegneis (Gnh) und dem sog. „Hornblendegranit“ (Gh) im Raume Ostern-Weschnitz. — N. Jb. Mineral., Abh., **109**, 1/2, S. 63—93, 17 Abb., 4 Tab., Stuttgart 1968.
- NIESCHALK, A. & CH.: Vegetationskundliche Übersicht über Blatt Korbach. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 212—220, Wiesbaden 1968.
- NÖRING, F.: ALBERT SCHWARZ †. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 359 bis 364, 1 Bild, Wiesbaden 1968.
- Hydrogeologische Grundlagen der Wasserversorgung in Hessen. — Gas- u. Wasserf., **109**, 24, S. 633—635, München 1968.
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1967 (1. 1.—31. 12. 1967). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 365 bis 384, Wiesbaden 1968.
- FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K. H., MATTHES, G. & SCHNEIDER, W.: Über Abbauvorgänge von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfalldeponien. — Gas- u. Wasserf., **109**, 6, S. 137—142, 4 Abb., 8 Tab., München 1968. [Untersuchungen in Hessen.]
- PFLUG, H. D. & STRÜBEL, G.: Umwandlungen in Wirbeltierknochen während der Fossilisation. — Umschau, **68**, 13, S. 405, Frankfurt a. M. 1968. [Knochenfund in Hessen.]
- PICHL, K.: Der Rheinausbau am Binger Loch. — Umschau, **68**, 16, S. 501—502, 1 Abb., Frankfurt a. M. 1968.
- PLASS, W.: Erl. Bodenkte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck. Mit einem Beitr. v. ASTHALTER, K. 144 S., 25 Tab., 28 Textprof., Wiesbaden 1968.
- RABIEN, A.: In RABIEN, A. & KULICK, J.: Devon. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 19—21, Wiesbaden 1968.
- RAITH, M.: Vorläufige Mitteilung über *Ungerella*-Formen (Ostracoda) aus der Nehden-Stufe (Oberdevon) des Schaumbergprofils bei Östrich im Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **8**, S. 481—495, 8 Abb., Stuttgart 1968. [Hinweise auf Dillmulde.]
- REICHMANN, H.: Erl. Bodenkte. Hessen 1:25 000, Bl. 5520 Nidda. Mit einem Beitr. v. ASTHALTER, K. 75 S., 8 Abb., 24 Tab., 19 Textprof., Wiesbaden 1968.
- RICHTER-BERNBURG, G.: Saxonische Tektonik als Indikator erdtiefer Bewegungen. — Geol. Jb., **85**, S. 997—1030, 20 Abb., Hannover 1968. [Betr. auch tektonische Strukturen in Hessen.]
- RITZKOWSKI, S.: Die Tektonik der Braunkohlenlagerstätte von Borken (Tertiär, nördliches Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 273—280, 3 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1968.

- ROHDENBURG, H., SCHÖNHALS, E. & SEMMEL, A.: Hesse and lower Saxony. In: Loess and related eolian deposits of the world. — Proc. VII, Congr. internat. Ass. Quatern. Res., S. 323—324, Lincoln (Nebraska) 1968.
- SCHARPFF, H.-J.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 147—163, 1 Abb., 3 Tab., 1 Diagr., Wiesbaden 1968.
- Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, S. 110—125, 1 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1968.
- SCHENK, E.: Über die Magnetisierung der Tuffe und Paläosole im Paläovulkan des Vogelsberges. — Z. Geophys., **34**, 6, S. 567—598, 10 Abb., 10 Tab., Würzburg 1968.
- SCHICK, M.: Malschen und Melibokus. — Mainzer naturwiss. Arch., **7**, S. 168—181, Mainz 1968.
- SCHÖNHALS, E. & BARGON, E.: Boden. In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda, S. 19—20, 1 Abb., 1 Kte., Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.
- SCHUBERT, W.: Die Amphibolite des prävaristischen Schieferrahmens im Bergsträßer Odenwald. — N. Jb. Mineral., Abh., **108**, 1, S. 69—110, 16 Abb., 8 Tab., 1 Kte., Stuttgart 1968.
- SCHWARZMANN, H.: Verhalten der Grundwasserstände im Raum Mannheim—Heidelberg der Rheinebene in langjähriger Sicht. — Gas- u. Wasserf., **109**, 24, S. 641—642, 2 Abb., München 1968.
- SEMMEL, A.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 158 bis 168, 19 Prof., Wiesbaden 1968.
- Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 164—170, 6 Prof., Wiesbaden 1968.
- Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 90—97, 9 Prof., Wiesbaden 1968.
- Die Lößdecke im Dyckerhoff-Steinbruch bei Wiesbaden-Biebrich. — Mainzer naturwiss. Arch., **7**, S. 74—79, Mainz 1968.
- Geomorphologische Entwicklung. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 141, Wiesbaden 1968.
- Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — Frankfurter geogr. H., **45**, S. 1—133, 35 Abb., Frankfurt a. M. 1968.
- SIEBENHÜNER, M.: Zur jüngeren Tektonik Frankens (Strukturuntersuchungen zwischen Main und Ries). — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **131**, 1, S. 98—118, 7 Abb., Stuttgart 1968. [Hinweise auf Hessen.]
- SOBOTHA, E.: Geologie der Waldeckischen Landschaft. — Mein Waldeck, Beil. Waldeckische L.-Ztg. f. Heimatfrde., **16**, S. 1—2, 1968.
- SOLLE, G.: Hederelloidea (Cyclostomata) und einige ctenostome Bryozoen aus dem Rheinischen Devon. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **54**, 40 S., 1 Tab., 5 Taf., Wiesbaden 1968.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Karsterscheinungen im oberdevonischen Riffkalkstein (Iberger Kalk) von Erdbach und Breitscheid (Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge). — Mitt. Verb. deutsch. Höhlen- u. Karstforscher, **14**, S. 75—80, München 1968.
- STETS, J.: Mineralquellen im Hunsrück. — Jb. Hunsrückver. e. V., S. 59—68, Bernkastel-Kues 1968.
- STRÖMMER, R.: Bundenbach für den Paläontologen. — Natur u. Mus., **98**, 1, S. 13—16, 3 Abb., Frankfurt a. M. 1968. [Hunsrück-schiefer.]
- TABORSZKY, F. K.: Petrographisch-mikroskopische Untersuchungen im Odenwaldkristallin. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 197—213, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1968.
- THON, J.: Abflußmessung mit Luftblasen bei Grundwassererschließungsarbeiten des Zweckverbandes „Fernwasserversorgung Rheintal“. — Gas- u. Wasserf., **109**, 12, S. 325, 1 Abb., München 1968.
- TOBIEN, H.: Das biostratigraphische Alter der mitteleozänen Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 111—119, 1 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1968.

- TROBISCH, K.: Großanlage zur Abwasserreinigung im Werk Hoechst. — Korrespondenz Abwasser, 4, S. 58—60, 1 Abb., Bonn 1968.
- WEHNER, R.: Von der Natürlichkeit der Natur. Betrachtungen über Natur-Reservate. — Natur u. Mus., 98, 5, S. 201—210, 6 Abb., Frankfurt a. M. 1968 [Kühkopf/Hess. Ried.]
- WENDLER, R.: Die magnetischen Strukturen im östlichen Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 96, S. 290—299, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Korbach. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, S. 154—157, 2 Abb., Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Grebenau. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, S. 176—181, 2 Abb., Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Hünfeld. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, S. 103—110, 4 Abb., Wiesbaden 1968.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Presberg. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, S. 142—149, 6 Abb., Wiesbaden 1968.
- Geophysik als Hilfsmittel geologischer Kartierung. 3. Geophysikalische Arbeiten bei der Kartierung größerer Basaltgebiete. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 96, S. 324—340, 6 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1968. [Betr. Basaltgebiete Hessens.]
- WITTIG, R.: Stratigraphie und Tektonik des gefalteten Paläozoikums im Unterwerra-Sattel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 96, S. 31—67, 6 Abb., 2 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1968.
- WOLBURG, J.: Vom zyklischen Aufbau des Buntsandsteins (Vorläufige Mitteilung). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 4, S. 244—246, Stuttgart 1968.
- ZAKOSEK, H.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, S. 126 bis 135, 1 Tab., Wiesbaden 1968.
- Standortkartierungen und -untersuchungen im hessischen Weinbau. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., 8, S. 9—10, Göttingen 1968.
- ZWANZIG, G. W.: Naturschutz im Hunsrück. — Jb. Hunsrückver. e.V., S. 155—180, 3 Bilder, Bernkastel-Kues 1968.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Rheingebiet. Abflußjahr 1965. 254 S., 5 Ktn., Mainz (L.-Amt Gewässer. Rheinland-Pfalz) 1968.
- Die Verunreinigung des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflüsse in der Bundesrepublik Deutschland. Denkschrift der Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung des Rheins (Stand 1965). 22 S., 3 Ktn., 2 Tab., 16 Diagr., o. O. o. J. (1968).
- Die Witterung im Sommer 1967 in Deutschland. — Gas- u. Wasserf., 109, 8, S. 208, München 1968.
- Die Witterung im Herbst 1967 in Deutschland. — Gas- u. Wasserf., 109, 32, S. 891—892, 1 Tab., München 1968.
- Hessen. Jahresbericht der Wasserwirtschaft, Rechnungsjahr 1967. — Wasser u. Boden, 20, 6/7, S. 172—176, 5 Abb., Hamburg-Blankenese 1968.
- Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda. Bearb. Planungsgruppe Nidda beim Wasserwirtschaftsamt Friedberg, Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1968.

Manuskript eingegangen am 27. 5. 1969

## Autorenregister, Sach- und Ortsregister, Fossilregister

## Autorenregister

- ABEL, O. 78  
 ALLEN, K. C. 390  
 ANDERLE, H.-J. 76-80  
 ANDRES, J. 293  
 ANSORGE, J. 384  
 ATZBACH, O. 141  
  
 BAATZ, H. 78  
 BACKHAUS, E. 195-197, 200, 206-224  
 BALOGH, J. 82  
 BARTENSTEIN, H. 234, 238  
 BARTZ, S. 245, 253  
 BECKER, E. 289  
 BEIN, G. 178  
 BEISLER, W. 289  
 BENDIX-ALMGREEN, S. E. 44, 45  
 BENTALL, R. 268  
 BENTZ, A. 278  
 BERCKHEMER, H. 383, 384  
 BERG, D. E. 85, 88  
 BERGER, F. E. 90  
 BEST, G. 238  
 BEYRICH, E. 393  
 BLACK, C. C. 90  
 BLUME, H. P. 278  
 BÖGLI, A. 245  
 BOLBACH, L. 320  
 BOZORGNIA, F. 84, 85, 230, 240  
 BRAND, E. 234  
 BRANDES, TH. 178, 179  
 BRILLANT 261  
 BROMLEY, R. G. 77, 78  
 BRUNNACKER, K. 196, 197, 200, 398  
 BUBNOFF, S. v. 296, 298, 312, 316, 319, 320,  
 324  
 BÜCKING, H. 207, 214-218  
 BUSCHENDORF, F. 356  
  
 CARLÉ, W. 371  
 CHATTERJEE, N. D. 302, 322  
 CHELIUS, C. 290, 298, 324  
 CLOOS, H. 298, 318  
  
 CRAMER, H. 245  
 CRAMER, P. 195, 199-203  
 CRUSAFONT, M. 9  
 CUSHMAN, J. A. 234  
  
 DEHM, R. 83, 90  
 DELKESKAMP, R. 376  
 DESSAU, G. 356  
 DIEDERICH, G. 195-204  
 DIENEMANN, W. 358  
 DIETZ, C. 180  
 DOBEN-FLOIRIN, U. 89  
 DOEBL, F. 84, 85, 238, 240, 289, 293  
 DÖNHOF, J.-M. 298, 299, 316  
 DRAKE, L. C. 270  
 DÜRBAUM, H. J. 258-274  
 DURUM 376  
  
 EHRENBURG, K. 77, 78  
 EICHENBERG, W. 47  
 EISSELE, K. 223  
 ELTON, C. 94  
 ENGELHARDT, W. v. 263  
 ERBEN, H. K. 47-61  
 ERIKSSON, E. 355  
 ERNST 171  
  
 FABIAN, H.-J. 158, 171, 174, 181  
 FAHLBUSCH, V. 90  
 FALKE, H. 84-86, 117-151, 155, 181, 230,  
 231, 238, 240  
 FAULER, W. 101, 111  
 FINKENWIRTH, A. 153, 334  
 FISCHER, K. 247  
 FLECKENSTEIN, W. 320  
 FREISING, H. 114  
 FRENZEL, B. 98, 111, 112, 115, 222  
 FRICKE, K. 358  
 FRIEDRICH, K. 247  
 FUCHS, A. 47, 51, 53  
 FUCHS, K. 384



- GAERTNER, H. 171  
 GALLADÉ, M. 253  
 GEIB, K. W. 143, 289, 368, 376  
 GENSER, C. 211, 216  
 GEYER, O. F. 245  
 GIESELER, W. 178  
 GOLWER, A. 243—256  
 GREENKORN, R. A. 259  
 GROMOVA, V. 39  
 GRUPE, O. 216, 217  
 GUNAWARDENA 293  
 GUTHÖRL, P. 373  
 GUTMANN, W. F. 77, 78  
  
 HAAKE, F. 234  
 HABICHT, H. 132, 369, 372, 373  
 HÄBERLE, D. 372  
 HÄNTZSCHEL, W. 77, 78  
 HAIMOVICI, S. 39  
 HALTENHOF, M. 210, 211, 214, 216  
 HAMBERG, A. 391  
 HARDER, H. 173  
 HAUCK, F. 311  
 HAUTHAL, U. 259  
 HECHT, FR. 373  
 HEIDEL 376  
 HEIM, D. 141  
 HEINEMANN, W. 234, 238  
 HEINTKE, H. 379—385  
 HELBING, H. 90  
 HEMMER, H. 38—43  
 HENTSCHEL, H. E. 146  
 HERTWECK, G. 77, 78  
 HERZBERG, A. 437—451  
 HEYL, K. E. 364  
 HIEKE, W. 217  
 HILLMER, G. 78  
 HILTERMANN, H. 234  
 HÖLTING, B. 333—350, 357, 360, 362,  
 367—377  
 HOFER, H. 90  
 HOLTZ, S. 389, 390  
 HORN, M. 226, 260  
 HOYT, J. A. 77, 78  
 HÜNERMANN, K. A. 90  
 HÜRZELER, J. 90  
  
 ILLIES, H. 146, 293, 299, 324  
  
 JACOB, K. H. 379—385  
 JAEGER, R. 38—43  
 JENSEN, M. L. 356  
 JOCHHEIM, PH. 338  
 JOHNSON, L. R. 259  
 JUBITZ, K. B. 210—212  
  
 KÄDING, K.-CHR. 181  
 KAYSER, E. 47, 51, 391—393  
 KEIJ, A. J. 78  
 KEIWANLUNEJAD, E. 202  
 KINKELIN, F. 247, 248, 255  
 KLEINSORGE, H. 216  
 KLEMM, G. 202, 289—291, 294, 298, 300,  
 305, 311—314, 319  
 KLINKENBERG, L. J. 263, 267  
 KNEUPER, G. 132  
 KNOBLICH, K. 220  
 KÖBRICH, C. 180, 345  
 KÖCKE, V. 178  
 KÖSTER, E. 278  
 KONRAD, H. J. 138  
 KRÄUSEL, R. 85—87, 95  
 KRAUSE, P. G. 391  
 KRAWAS, C. 302  
 KREBS, W. 217  
 KREJCI-GRAF, K. 78, 373  
 KRENZLIN, A. 275  
 KRETZOI, M. 30  
 KRUMBEIN, W. C. 166  
 KRUMBIEGEL, G. 88, 90  
 KUBALD, P. 210—213, 216, 218  
 KÜHN, R. 349, 350  
 KÜHNE, F. 177  
 KÜMMERLE, E. 247, 253  
 KUHN-SCHNYDER, E. 83  
 KULICK, J. 346  
 KULLMANN, J. 49  
 KUMM, A. 215  
 KUPFAHL, H.-G. 202  
 KURZE, M. 181  
 KUSS, S. E. 90, 91  
 KUSTER-WENDENBURG, E. 65—75, 84,  
 229—241  
 KUTSCHER, F. 46—64, 391—393  
  
 LAEMMLEN, M. 117, 195—204, 207  
 LAMBRECHT, K. 89  
 LANG, H. D. 226, 227  
 LANGE, P. R. 181  
 LASPEYRES, H. 368, 369, 376  
 LASSON, M. L. 278  
 LAVOCAT, R. 88, 90  
 LEHMANN, H. 275  
 LEHMANN, W. M. 49, 55  
 LEMKE, E. 207  
 LEPPLA, A. 76, 79  
 LERMAN, A. 173  
 LESCHIK, G. 389, 390  
 LESER, H. 398  
 LEUTWEIN 287  
 LIETZ, J. 125

- LINCK, G. 341  
 LINSTOW, O. v. 342  
 LÖHNERT, E. 341  
 LOŽEK, V. 98, 102, 104, 110  
 LUDWIG, G. 181  
 LÜTTIG, G. 78, 79  
 LÜTZNER, H. 181
- MALZ, H. 238  
 MALZAHN, E. 44, 45  
 MATTHES, H. W. 28  
 MATTHES, G. 8, 258—274, 337, 355  
 MATTHEW, W. D. 32  
 MAYRHOFER, H. 181  
 MCKENNA, M. C. 9  
 MEINECKE, W. 178  
 MEISSNER, R. 383, 384  
 MEYER, B. 114  
 MICHELS, F. 76, 349, 363  
 MÜLLER, G. 278, 363  
 MÜLLER, GERM. 171  
 MÜLLER, H.-H. 39  
 MÜLLER, K. H. 254  
 MÜLLER, ST. 384  
 MURAWSKI, H. 128
- NAIRN, A. E. M. 287  
 NAUMANN, E. 178, 179  
 NECRASOV, O. 39  
 NEGENDANK, J. W. 136, 147, 283—294  
 NICKEL, E. 298, 299, 306, 314, 318, 323, 324  
 NIEDERMAYER, J. 345  
 NIELSEN, H. 352—366  
 NÖRING, F. 137, 147, 248, 344, 403—436
- OERTLI, H. J. 231, 235  
 OKRUSCH, M. 127, 196, 197, 200  
 OLSON, E. C. 94  
 OPITZ, R. 48, 51, 57  
 ORTLAM, D. 202
- PASLER, W. 373  
 PASSEGA, R. 166, 167  
 PATTERSON, J. M. 78  
 PETERSCHMITT, K. 384  
 PETTIJOHN, F. J. 166  
 PFANNENSTIEL, M. 307, 314, 318, 320  
 PFEFFER, K. H. 275—282  
 PFEFFER, P. 278  
 PICKEL, W. 331, 332  
 POHL, M. E. 78  
 PRINZ, H. 207, 243—256
- QUESTER, H. 123
- RAMBOW, D. 226—228, 258—274, 352—364  
 REINECK, H.-E. 77, 78  
 REIS, O. M. 202, 294  
 REMANE, A. 238  
 REMY, H. 98—116, 395—398  
 RICHTER, CH. F. 383  
 RICHTER, G. 234  
 RICHTER, RUD. 48, 391  
 RICHTER-BERNBURG, G. 155, 177—181, 334  
 RICKE, W. 352, 357, 363  
 RIETSCHEL, S. 54  
 RITTER, H. L. 270  
 RITZKOWSKI, S. 226, 227  
 RÖSING, F. 226  
 ROHDENBURG, H. 114, 395—398  
 ROMAN, F. 90  
 ROSENBUSCH, H. 288, 289  
 ROTHAUSEN, K. 82—97  
 RUCHIN, L. B. 207, 214  
 RUSSELL, D. E. 9
- SANDBERGER, F. v. 47, 392  
 SANDER, H. 331  
 SANDERSON, I. 88  
 SCHÄFER, K. 152—191  
 SCHÄFER, W. 77, 78  
 SCHÄLICKE, W. 296—328  
 SCHAUB, S. 90  
 SCHENK, E. 248, 345  
 SCHINDEWOLF, O. H. 48—52, 57, 58, 61, 62  
 SCHLICHTING, E. 278  
 SCHLOSSER, M. 89  
 SCHLÜTER, CL. 392  
 SCHMIDTGEN, O. 84, 101, 110  
 SCHÖNENBERG, R. 132  
 SCHÖNHALS, E. 395—398  
 SCHOTTLER, W. 244  
 SCHRIEL, W. 48  
 SCHUCHERT, CH. 391  
 SCHUSTER, M. 200, 201  
 SCHWAB, K. 143  
 SCHWARZBACH, M. 85, 87  
 SCHWILLE, F. 341—343, 371, 372  
 SEIDEL, U. 78  
 SEILACHER, A. 77  
 SEMMEL, A. 98, 100, 101, 111, 113, 115, 253, 395—398  
 SEMMLER, W. 371, 372  
 SIMPSON, G. G. 33  
 SINDOWSKI, K.-H. 166  
 SOBOTHÁ, E. 346  
 SOLLE, G. 49, 244  
 SONNE, V. 79

- SPONHEUER, W. 380, 381  
 STADLER 171  
 STAFF, K. 136  
 STEHLIN, H. G. 89, 90  
 STEINHAUSEN, W. 254  
 STEININGER, J. 47  
 STELLRECHT, R. 288, 293  
 STENGEL-RUTKOWSKI, W. 345  
 STENGER, B. 385  
 STEUER, A. 76, 337, 372  
 STEUSLOFF, U. 111  
 STEVENS, B. A. 77, 78  
 STILLE, H. 181  
 STOLBA, R. 196, 200  
 SUMMERHAYES, V. 94  
  
 TEILHARD DE CHARDIN, P. 9  
 THALER, L. 90, 91  
 THENIUS, E. 88—90  
 THEWS, J.-D. 76—80  
 THÜRACH, H. 313  
 TILLEY, C. E. 293, 294  
 TISCHLER, W. 82, 89  
 TOBIEN, H. 7—37, 66—68, 85, 89—91, 240  
 TRIEBEL, E. 234, 240  
 TRUSHEIM, F. 179, 202, 334, 343  
  
 UDLUFT, H. 226, 227, 248, 348, 357  
  
 VANGEROW, E. F. 234  
 VAN VALEN, L. 9  
  
 VINTHER, E. H. 278  
 VIRET, J. 88—90  
 VOIGT, E. 77  
 VOLLRATH, A. 216  
  
 WAGNER, W. 101, 110, 336, 337, 368—371, 376  
 WALLISER, O. H. 50, 61  
 WEBER, H. 210, 212, 213, 216, 218  
 WEIGELT, J. 44  
 WEILER, W. 84, 85, 238  
 WEIMER, R. J. 77, 78  
 WEINELT, W. 127, 196, 197, 200, 294  
 WEITHOFER, K. A. 347  
 WEITZEL, K. 9  
 WENGER, R. 216  
 WENZ, W. 84, 85, 88, 230, 231, 238, 244  
 WIESNER, E. 238, 246, 247  
 WITTICH, E. 9  
 WITTMANN, O. 196, 197, 200  
 WOLDSTEDT, P. 100  
 WUNDERLICH, H. G. 222  
  
 XIDAS, S. 303, 304  
  
 YODER, H. S. 293, 294  
  
 ZEUNER, F. 84, 88, 91, 94, 95  
 ZIMMERMANN 287

## Sach- und Ortsregister

- Abfolgen in der Spessart-Folge 199—201  
 Albersweiler 146  
 Algenkalk 245, 254  
 Algenstotzen 237  
 Alkali-Basalte 283, 289, 293, 294  
 „Alkali-Basalt-Group“ 293  
 Alkali-Basalt-Stock 289, 294  
 Alleröd-Interstadial 115  
 Altenglauer Schichten 135  
 Altstadt 344  
 Altenstädt 260, 263, 265, 268, 269, 273  
 Alttertiär 283  
 Alzey-Niersteiner Horst 288  
 Amersfoort-Interstadial 112  
 Ammonoiten-Entwicklung 46—63  
 Aquitanium 84, 92, 93, 95  
 Arzberg b. Geisa 214  
 Aschbach 314  
 Aschburg-Konglomerat 178  
*Asinus hydruntinus*, Größenvariation 42  
  
*Asinus hydruntinus*, Maße 40—41  
 — —, Merkmale 39  
 — —, Radius 38—42  
 — —, Widerristhöhe 39—42  
 Aßmannshausen 347, 363  
 Astheim 337  
 Asturische Phase 132  
 atektonische Bewegungsabläufe 218  
 Auslaugung 245  
 Autökologie 83  
  
 Bactriten 49—52  
 Bad Brückenau 341, 345  
 Bad Dürkheim 137, 146, 337, 350, 367—378  
 Bad Hersfeld 152, 154, 177, 181, 336, 361  
 Bad Homburg v. d. H. 345, 347—349, 363  
 Bad König 341, 344  
 Bad Kreuznach 131—133, 143, 178, 289, 337, 341, 350, 367—378  
 Bad Münster a. St. 341, 367—378

- Bad Nauheim 347—350, 363  
 Bad Orb 343, 362  
 Bad Salzhausen 347, 349, 362  
 Bad Salzschlirf 362  
 Bad Salzungen 181  
 Bad Schwalbach 338  
 Bad Selters a. d. Nidda 362  
 Bad Soden a. Ts. 244, 345, 363  
 Bad Soden-Salmünster 362  
 Bad Sodenthal 341  
 Bad Vilbel 344, 362, 363  
 Bad Wildungen 336, 345—348, 360  
 Baden-Württemberg 216  
 Bärsbach 318  
 Barytisierung 376  
 „Basalte“ 289, 294  
 Basanite 293  
 Basisgruppe 86  
 Baunatal 359  
 Bauschheim 244, 253  
 Bayern 195—204  
 Beberbeck 260, 262, 265—270, 273  
 Bebra 360  
 Beiseförth 360  
 Bensberg 381  
 Bergen-Enkheim 244  
 Bergsträßer Odenwald 298, 319, 324  
 Bieber 248  
 Bingen 289, 294  
 Biom 82, 87, 88, 91, 95  
 Biotop 84, 86  
 Biozönologie 81  
 Biozönose 82—84, 86—91, 94, 95  
 Biozönotischer Connex 91, 94, 95  
 Birkenau 297, 300, 305, 306, 310, 311, 317,  
 320, 323—325  
 Birkenhof (Kleinsassen) 217  
 Blastomylonit 296, 305, 321—322  
 Blattgruppen 87  
 Bodenaustausch 255  
 Bodenluft 252  
 Bodensenkung 245  
 Bölling-Interstadial 115  
 Böllsteiner Odenwald 296, 298, 323, 324  
 Bohrung Darmstadt 2 293, 294  
 — — 2A 293, 294  
 — Olm I 283, 293  
 — Stockstadt N I 293, 294  
 Bohrungen, Auswertung von 227  
 Bonebed-Lage 202  
 Borken 359  
 Breitau/Ulfe 360  
 Breitenbach/Fulda 361  
 Breitenbacher Flöz 132  
 Brekzienzone 294  
 Bremen-Mühle 310  
 Brensbach 296, 298, 300  
 Brörup-Interstadial 112  
 Brombach 314  
 Brunnen, Leistung 248, 259, 261, 268  
 Buchenauer Schwelle 177  
 Buchenberg/Eder 341  
 Budenheim 86, 89, 90  
 Budenheimer Scholle 238  
 Büchelberg/Pfalz 91  
 Büdingen 362  
 Bundenbach 48, 49, 54, 61, 392, 393  
 „Bunte Gneis-Serie“ 316  
 Buntsandstein 181, 258  
 —, Mittlerer 195—204  
 —, Oberer 200—204  
 —, Unterer 195, 196  
 Buntsandsteingliederung 195—204  
 Ca/Mg-Verhältnis 211, 212, 214  
 Campo di Rovere 278  
 Ceratitenschichten 207, 213, 215, 217, 233  
 Cerithienschichten 244, 253  
 Chiapas (Mexico) 281  
 Cidarienstacheln 125  
 Cleveland (Ohio) 287  
 Conodonden-Häufigkeitsmaxima 217  
*Corbicula-(inflata-)* Schichten 230, 231, 236,  
 244  
 Cornberger Sandstein 178  
 Csa-Klima 85  
 Cyrenenmergel 76  
 Dachsberg 312  
 Dalherda 343  
 Dalmaniten-Horizont 49, 58  
 Dautphe 341  
 $\delta^{34}\text{S}$ -Wert 352—364  
 Detfurth-Folge 260, 269, 273  
 Devon 353, 355  
 Dieburg 292  
 Dirmingen 135  
 Dirminger Konglomerat 135  
 Dörmbacher Grabenkreuz 207  
 Doline 245, 253  
 Dolmesberg 293  
 Donnersberg-Massiv 143  
 Dorheim 362, 363  
 Dreissenien 237  
 Dүppenweiler Horst 133  
 Durchlässigkeit 259, 266, 267, 273  
 Durchlässigkeitsbeiwert 259  
 Dynamisches Ökosystem 91, 94, 95  
 Echzell 344, 347  
 Egelsbach 291, 294

- Ehrsten 358  
 Eibach 338, 345, 347  
 Eibelshausen 345, 347  
 Eichsfeld-Folge 196—200, 203  
 Einzelfundamente 255  
 Eisenach 178, 212, 213, 218  
 Eislebener Schichten 179  
 Eiterbach 312  
 Eiterbach-Tal 313, 314  
 Eiterfeld 154—157, 182—185  
 Eiterfelder Mulde 154  
 Elasmobranchier 44, 45  
 Elgersburger Sandstein 181  
 Elgershausen 259, 260, 265, 268, 271, 359  
 Elm 362  
 Eltville 363  
 Ems-Stufe 48—50, 53, 57—63  
 Entdolomitisierung 210, 212  
 Eppenhain 379  
 Eppstein 379  
 Erbacher Boden 396  
 Erbenheimer Böden (E<sub>1</sub>–E<sub>4</sub>) 101, 113—115  
 Erdbeben (bei Lorsbach) 379ff.  
 Erdfall 244, 249—251  
 erzgebirgisch-hercynisch-rheinisch 294  
 Evaporitsulfate 353—356
- Fährstensandstein 202  
 Fauna (Hydrobienschichten) 87—91, 93  
 Faunenverarmung 211  
 Feldberg (Taunus) 382  
 Felsberg 359  
 Fels sandstein, eigentlicher 200—204  
 — -Folge 200, 201  
 — -Problem 200—203  
 Feuchtigkeit 85  
 Fischbach 379  
 Fischbach-Hornauer-Bucht 384  
 Flechtinger Höhenzug 181  
 Flörsheim 244, 253  
 Flora (Hydrobienschichten) 86, 87, 92  
 Foraminiferen 229ff.  
 Forst 288  
 Fossilgrabungen, systematische 65—75  
 Franken 179, 211, 215, 216  
 Frankenberg/Eder 340, 341, 360  
 Frankfurt a.M. 238, 246, 247, 363  
 Frankfurter Schwelle 244  
 Fraßreste 91  
 Friedberger Warte 247  
 Friedewald 154, 158, 189  
 Frielendorf 227  
 Friesenhäuser-Weyherser Grabenmulde  
 207, 214  
 Friesenhausen 206, 207, 212, 213, 216, 218
- Fritzlar 227, 341, 359  
 Frohnhofen 297, 312  
 Frühjahrs-t (Aquitanium) 85  
 Fulda 155, 343  
 Fuldaer Becken 155, 218  
 Fuldagebiet 197, 198  
 Fuldaniederung 331
- Gaderner Tal 313  
 Gärtnerskopf 318  
 Galeriewald 82, 87, 91, 95  
 Gangsystem 77, 78  
 Ganoidschuppen 208, 214  
 Gasaustritt 252  
 Gebirgsdurchlässigkeit 258, 259, 268, 270,  
 274  
 Geiersberg 199—204  
 — -Folge 196—204  
 Geisa 154—156, 182, 184  
 Geisenheim 364  
 Geismar 336  
 Geismar bei Fritzlar 359  
 Gelnhausen 346, 347  
 Gemünden 47—50, 54, 61, 392, 393  
 Geochemie, mm 206—224  
 Geologische Karte 294  
 Geomechanik, Muschelkalk 218—223  
 Germete 358  
 Gersprenz 298  
 Gesamtkarbonatgehalt 212, 214  
 Gesteinsdurchlässigkeit 258, 259, 263, 267,  
 268, 270, 273, 274  
 Giebelrainer Graben 207  
 Gimbsheim 372  
 Glattbach 320  
 Gölden-Mühle 310  
 Göttingen 358  
 Götzenhain 291  
 Goniatiten, Beschreibung 54—62  
 — im Hunsrückschiefer 46—63  
 —, stratigraphischer Aussagewert 52, 53  
 Grabenvulkanite 293  
 Grabgänge 76, 77, 79  
 Gräselberger Boden 100, 113, 114  
 „Granit von Wald-Michelbach“ 314  
 Granodiorit 306, 307, 323  
 Grauliegendes 181  
 Gronau 362  
 Grorother Bach 76  
 Groß Bieberau 297, 319, 320  
 Großenlüder 155  
 Großkarben 362  
 Grumbach 372  
 Grundgebirgshochgebiet 293  
 Grundwasser 352—364

- Grundwasserbewegung 259  
 Grundwasserstockwerk, schwebendes 256  
 Gudensberg 359
- Haarhausen 260, 262, 265—270, 273, 359  
 Habichtswald 227, 331  
 Hainerberger Boden 100, 101, 113  
 Hambusch 86  
 Hammelbach 312, 314, 323  
 Hanauer Becken 244, 246  
 Hanau-Seligenstädter Senke 244  
 Hardeggen-Folge 260, 266—269, 273  
 Harz 178  
 Harzgerode 49  
 Hassmersheimer Schiefer 216  
 Hausen 244  
 Hauynlimburgit 286  
 Heiligkreuzsteinach 297, 300, 312, 320, 325  
 Hellaspitz 290  
 Heppenheim/Bergstr. 319, 338  
 Heringen 152, 154, 181  
 Herrstein 48—50  
 herzynische Fazies 392  
 Hessen 195—203, 389  
 Hessisches Geologisches Schrifttum  
   437—451  
 Hessisches Landesamt für Bodenforschung  
   403—436  
 Hessler 90, 91  
 Hess. Lichtenau 360  
 Heubach 207  
 Hillesheim 288, 293  
 Hilsenhain 318  
 Hochapennin 281  
 Hochheim a.M. 244, 253, 254  
 Hochstadt 89, 244  
 Hochwaldzone 90—93  
 Hochwasser 250, 251  
 Hönebach 154, 157, 188  
 Hofgeismar 357  
 Hofheim 379  
 Hohlraum 245, 253, 254  
 Holzer Konglomerat 132  
 Homberg 227  
 Homberger Hochland 227  
 Homberg-Mardorf-Lendorfer Graben 228  
 Hornblendegranit 305, 306  
 Hornburger Schichten 179  
 Hornsteine 208, 214—216, 223  
 Hünfeld 152, 154, 361  
 Hunsrück-Oberharz-Schwelle 217  
 Hunsrückschiefer 46—63, 389, 391—393  
 — -Fauna 392  
 —, Forschungen im 391, 393  
 —, stratigraphische Stellung 393
- Hunsrücksüdrandstörung 133, 143  
 Hyalo-Nephelin-Basanit 293  
 Hydrobien 236, 237  
 Hydrobienschichten 81—95, 229ff., 244  
 Hylaea 82, 87, 91—95
- Idar-Oberstein 143  
 „In der Klemm“ 314, 315  
*inflata*-Schichten 230, 231, 236, 244  
 Ionenaustausch 339, 341  
 Ionenverhältnisse 333—351, 371—377  
 Isobathe 86  
 Isotopenfraktionierung 354, 356  
 Isozönose 82, 83, 89, 94, 95  
 „Ist“-Beziehung 91, 94  
 Italien 281, 282
- Jahresmittel-t (Mittl. Tertiär) 85  
 Jamaica 281, 282  
 Januar-t (U. Miozän) 85  
 Jugoslawien 280, 282
- Kaliabwässer 153  
 Kalkalgen 86  
 „Kann“-Beziehung 91, 95  
 K/Ar-Bestimmung 288  
 Karbonatgesteine 244  
 Karlsruhfen 335, 340, 357  
 Karlsruhe 91  
 Karlstadt 211  
 Karneol-Dolomit-Übergangsschichten 201  
 Karsterscheinungen 245  
 Karstphänomen 245  
 Karstwasserspeicher 256  
 Kassel 331, 332, 358  
 —, Strukturkarte 331, 332  
 Kasseler Graben 331  
 Kastel 88  
 Kataklasit 305, 316, 321—323  
 Kaub 47, 393  
 Kauber Horizont 47  
 Kaverne 245  
 Kelkheim 379  
 Kerzell 362  
 Keuper 353, 355  
 Kiedrich 363  
 Kinzig-Gebiet 362  
 Kirtorf 345  
 Kisselberg 316  
 Kleinfischbach/Tann 217  
 Klein-Gumpen 319, 324  
 KLINKENBERG-Effekt 264  
 — -Korrektur 263  
 Kluftgrundwasser 256  
 Kluftgrundwasserleiter 248

- Kohlwald 315  
 Kolmbach 320  
 Kombach 341  
 Kompressionswellengeschwindigkeit 382f.  
 Konnektionsschema 94  
 Korbach 341  
 Korrosionserscheinungen 244, 245  
 Korrosionszone 250  
 Krebse, dekapode 76, 77  
 Kreidach 317  
 kretazische Anlage 294  
 kretazisches (-jurassisches) Alter 287  
 Kreuzberg 307  
 Kreuznacher Gruppe 145, 178  
 — Porphyrmassiv 135, 143  
 Krinoidenstielglieder 208, 214  
 Kümmerfauna 216  
 Kulm 153, 158, 159, 191  
 Kupferschiefer 44, 45, 152, 155—159, 174  
 bis 179, 182, 184, 185, 188, 189  
 Kuseler Gruppe 134, 135
- Labyrinthodonten-Fund 202  
 Lämmerspiel 244, 246, 248, 250  
 Lagerungsstörungen durch bodenmechanische Vorgänge 206, 221—224  
 Lagune 86, 89, 91, 95  
 Lampenhain 318  
 Landbiozönose 81—95  
 Landschneckenkalke 244, 253  
 Landschneckenmergel 244  
 Langen 244, 291, 294  
 Langenhain 379  
 Lascaux-Interstadial 115  
 Lebacher Graben 133  
 — Gruppe 135  
 Lebensform 82, 94, 95  
 Lebensspuren 77, 79  
 Leberbacher Wald 315  
 Leimbach/Werra 361  
 Leistungscharakteristik von Brunnen 269  
 Lemberg 131, 133  
 letztinterglaziale Bodenbildung 101, 111  
 Leuderode 227  
 Lichtenau/Spessart 117—128  
 Limburgit 283—285, 288—293  
 Lindenfels 296, 297, 319, 324  
 Litorea 82, 87, 88, 91—95  
 Lösungserosion 245  
 Lösungsprozeß 245  
 Lorsbach 379  
 Lutetium, Geiseltal 28  
 —, Messel 7  
 Magmatite 293
- Mainfranken 398  
 mainischer Odenwald 294  
 Mainz 86, 229ff., 283, 288, 289  
 Mainzer Becken 76, 83, 92, 93, 230, 244,  
 253, 289, 294, 341, 342, 367, 369, 373  
 — Schwerebach 283  
 Malm 353, 355  
 Malsfeld 360  
 Mangrovwald 87  
 Mansfelder Mulde 179, 181  
 Mariner Vorstoß (Hydrobienschichten) 84  
 Marmor von Bierbach 319, 320  
 Medard 372, 373  
 Meeressand 76, 244  
 Meerwässer 339  
 Meisenheim 133, 372  
 Messel bei Darmstadt 65—75  
 Metzger Störung 133  
 Mexico 281, 282  
 Milieuindikatoren 229, 231, 234  
 Miltenberger Sandstein 196  
 Mineralwässer (Hessen) 333—364  
 Mitteldeutsche Schwelle 133  
 Mitteleozän 29, 65  
 Mittelmeer-Mjösen-Zone 297  
 Mörlenbach 309, 311, 316, 317  
 Mohorovičić-Diskontinuität 384  
 Monatsdurchschnitts-t (Mittl. Tertiär) 85  
 Monsheim 372  
 Monzingen 133, 143  
 Mosbacher Humuszonen 100, 110—113,  
 396  
 Mühlheim a. M. 244, 246  
 Muschelkalk 228, 353, 355  
 —, Mittlerer 206—224  
 — —, Ausquetschen 223, 224  
 — —, Bodenmechanische Kennwerte 209,  
 219  
 — —, Chemismus 212  
 — —, Dolomitgehalt 212, 214  
 — —, Durchfeuchtung, schlagartige 222  
 — —, Elastizitätsmodul 222  
 — —, Fe-Gehalt 211, 214  
 — —, Flaserschichtung 209  
 — —, Gipsknollen 210  
 — —, Haftfestigkeit 220, 221  
 — —, Hauptanhydrit 215, 216  
 — —, Kalkspatdrusen 209, 210, 212, 214  
 — —, Kompressionsdruckversuche 222  
 — —, Konglomeratbank, intraform. 211  
 — —, Löcherdolomite 212  
 — —, Plattenkalk 214  
 — —, Resedimentation 209  
 — —, Sulfatgehalt 214, 218  
 — —, Tragfähigkeit 221—223

- Muschelkalk, Mittlerer, Wassergehalt, nat.  
 221  
 — —, Wassersättigung 221, 222  
 — —, Wasserüberdruck 222  
 — —, Zustandsform 222  
 — —, Zylinderdruckfestigkeit 220, 221  
 —, Oberer 206—225  
 — —, Encriniten-Bänke 213, 215, 217  
 — —, Trochitenkalk 206, 214—217  
 — —, Wulstkalkbank 206, 215, 216, 223  
 Mylonit 321 ff.  
*Mytilus*-Pflaster 231, 236
- Nachsturzschutt 255  
 Nässezone 199  
 Nahemulde 132—137, 143  
 Nahrungskette 94  
 Naurod 293, 294  
 Nausis (Krs. Melsungen) 345, 360  
 Nentershausen 177  
 Nephelinbasanit 288—294  
 Nephelinit 293  
 Nieder-Eschbacher Zone 113, 395  
 Niederhessische Senke 226—228  
 Niederkainsbach 303  
 Nieder Mumbach 317  
 Nieder-Roßbach 362, 363  
 Nieder-Selters 338, 345  
 Niederwaldzone 86, 89, 90—93  
 Niederwalluf 364  
 Nierstein 288, 293, 338, 371  
 Nierstein-Alzeyer Horst 145  
 Nohfelder-Massiv 135  
 Nomenklatur 293  
 Nordast der Otzberg-Zone 297, 300, 323  
 normal marine Verhältnisse 214, 216  
 Nürnberg 181
- Oberelsungen 358  
 Oberharzschwelle 181  
 Ober-Hörgern 345, 347  
 Oberkarbon 159  
 Oberkretazisch-alttertiär 294  
 Oberlanger Tenge Z1 171  
 Oberlistingen 358  
 Ober Mumbach 316, 317  
 Oberoligozän 244  
 Ober Olm 369—372  
 Ober Ostern 312, 314  
 Oberrheingraben 244, 283, 293, 294—298,  
 310, 311, 320, 324, 336—339, 345, 347,  
 350, 364, 368—377  
 Oberrotliegendes 283  
 Ober-Selters 345  
 Obershausen 338
- Occlusion, Säugergebiß 22  
 Odenwald-Spessart-Schwelle 147  
 Odernheim 133  
 Ökosystem 82, 83, 91—95  
 Offenbach a.M. 344, 363  
 Offenbach-Bieber 244, 246  
 Olivinnephelinit 288—294  
 Olivintephrit 293  
 Oos-Saale-Trog 181  
 Oppenheim 371, 372  
*Orbicularis*-Schichten 207, 210—215, 223  
 Oryktozönose 83  
 Ostast der Otzberg-Zone 297, 300, 311 bis  
 314, 322  
 Ostracoden 229 ff.  
 Otzberg 297, 298, 300, 325  
 — -Mylonitisierung 298, 314  
 — -Spalte 296, 298, 299, 312, 319  
 — -Zone 296—325
- Paläoboden 177  
 paläomagnetische Messungen 287  
 Paläozän, N-Amerika 32  
 Paudorfer Bodenhorizont 113  
 Pelite, bituminöse (Oelschiefer) 65, 68  
 Pepper Area (Jamaica) 278  
 Perm 153, 287  
 Permeabilität 265, 267, 271, 273  
 Pfälzer Kuppel 131—135, 143  
 — Sattel 132, 133  
 — Wald 181  
 Pfahlgründung 255  
 Pfeddersheim 372, 373  
 Pfeiffersberg 298  
 Phonolithe 294  
 Plattendolomit 128  
 Plitvice Jezera (Jugoslawien) 278  
 Porenradienverteilung 270, 271  
 Porenräume 259  
 Portugal 280  
 Primsmulde 135, 137  
 Puerto Rico 280, 281, 282  
 Pumpversuch 261, 268  
 Pyroklastit 289, 294
- Quellenzone 199, 203, 204  
 Quercy, Phosphorite 27
- radiometrische Altersbestimmung 287  
 Radius, Genus *Asinus* 39—42  
 Ransbach 361  
 Ravolzhausen 89—91  
 Rehbacher Steig 288  
 Reichelsheim 297—300, 305, 306, 320  
 Reichenberg 298, 300, 305



- Reinhardswald 228  
 Remigiusberger Schichten 135  
 Restmeer 85  
 Rheingau 342, 345  
 Rheingaukreis 389  
 rheinische Fazies 393  
 Rheinische Masse 181  
 Rheinisches Schiefergebirge 293, 294  
 Rhein-Main-Gebiet 395  
 Rheintalgraben 363, 383f.  
 Rhön 200, 201  
 — -Folge 196—200, 203, 204  
 — -Schwelle 206, 218, 223  
 —, Vordere 206—224  
 Richelsdorfer Gebirge 44, 153, 155, 177,  
 178, 181  
 Riffkörper 253  
 Rimbach 307  
 Rock Hall (Jamaica) 278  
 Rodau 248, 249  
 Rodautal 246  
 Röhrlichtzone 86—89, 92, 93  
 Röt 218, 219, 228, 353—355  
 Rötbasis 228  
 Rötwasser 340  
 Rohrbrunn-Folge 196—200, 203  
 Roßdorf 289, 292  
 Rothenkirchen 335, 361  
 Rotliegendes 117, 124—129, 353, 355  
 Rotliegendhochgebiet 293  
 Ruhla 181  
 Rupelton 244  
  
 Saarbrücken 181  
 Saarbrückener Sattel 131, 133, 135  
 Saargebiet 372—377  
 Saar-Saale-Störung 294  
 Saar-Trog 155, 179, 181  
 Sachsenhäuser Berg 247  
 — Warte 247  
 Salinar, mm 206, 215, 218, 223  
 Salinität 84  
 Salinitätsverhältnis 211, 212, 215, 216  
 Salmünster-Folge 196  
 Salztektonik 207  
 Salzwässer (Salinare Wässer) 335—346, 373,  
 377  
 Sangerhäuser Mulde 181  
 Sannerz 362  
 Sarmsheim 289, 293  
*Saurichthys*-Zähne 208, 214  
 Scharbach 312  
 Schaumkalkbank 211, 212, 214  
 Schiffelbach 336  
 Schleichsand 76, 244  
  
 Schlitz 181  
 Schlot 289  
 Schönaauer Kalk 49  
 Schollenagglomerat 296, 320, 324  
 Schriesheim 320  
 Schrifttum, Geologisches 437—451  
 Schwalbach b. Wetzlar 345  
 Schwalheim 362  
 Schwarzerde, spätglaziale 100, 110, 115  
 Schwefel, anthropogen 355, 356, 358, 360  
 Schwellenhang 218  
 Schweppenhausen 289  
 Schwinde 250, 252  
 Sedimentationszyklus 215  
 Selters/Lahn 338  
 Setzungen, intraform. 210  
 Siegen-Stufe 50, 52, 53, 61, 63, 392, 393  
 Simmern 392  
 S-Isotope 352—364  
 Skleraea 82, 92, 93  
 Soden/Spessart 362  
 Solling-Folge 200—203, 218, 260, 265—267,  
 271, 273  
 Sommer-t (U. Miozän) 85  
 Sonne 288  
 Southampton (Jamaica) 278  
 Spätherbst-t (U. Miozän) 85  
 Sperlingsberg b. Eisenach 213, 218  
 Spessart 195, 204  
 — Folge 196, 199—204  
 Sprendlingen 147  
 Sprendlinger Horst 147, 244, 291—294  
 Staden 362  
 Staffelbrüche 294  
 Stammheim (Kr. Friedberg) 38  
 Standsicherheit 219, 220  
 Statisches Ökosystem 81, 84—91  
 Stefan 131, 132, 135  
 Stegocephalen-Fund 202  
 Steinach-Tal 312—314, 318  
 Steinbach 316  
 Steinbuckel 290  
 Steinhardt 376  
 Steinig 293  
 Stellenäquivalenz 94  
 Steppe 82, 91—93, 95  
 Stetteritz 290  
 St. Gerand-le-Puy 91  
 Störung 294  
 Storruckel 313  
 Stratozönose 82, 95  
 Streifenfundamente 255  
 Stromberg 294  
 Stücksbühl 291, 292  
 Subvariskische Provinz 152, 181

- Süßwasserschichten 244  
 Sukzessionsbiozönose 83, 94, 95  
 Sulfate 352—364  
 Sulfatreduktion 354, 356, 363, 364  
 Sulfatschwefel, marin 354, 356  
 Sulfide, sedimentär 354, 363  
 Sumpfwiesen 86—89, 92—95  
 Sylvaea 82, 87, 91—95  
 Synökologie 81, 83, 95  
 syn- und antithetische Verwerfungen 293
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landes-  
 amtes für Bodenforschung 403—436  
 Taphozönose 83  
 Taunusquarzit 393  
 Taunusrand 363  
 — -Störung 133  
 Taunus-Schwelle 147  
 — -Südrand-Störung 382ff.  
 Terebratelbank, mu 207, 217  
 Tertiärbasis 228  
 tertiäres Alter 287, 294  
 — Deckgebirge 293  
 Thalau 207  
 Thanatozönose 83  
 Tholeiite 294  
 Tholeyer Gruppe 137  
 Thomashütte 293  
 Thüringen 216  
 Thüringer Wald 153, 155, 177, 178, 181  
 Tiefenthal, Marktheidenfeld 211  
 Tonplattenfazies 215, 217  
 Topographische Karte 1:25000  
 —, Bl. 4326 Tann 217  
 —, Bl. 4823 Melsungen 217  
 —, Bl. 4824 Hess. Lichtenau 217  
 —, Bl. 5225 Geisa 217  
 —, Bl. 5424 Fulda 206—224  
 —, Bl. 5425 Kleinsassen 217  
 —, Bl. 6012 Stromberg 289  
 —, Bl. 6013 Bingen-Rüdesheim 289  
 —, Bl. 6015 Mainz 283  
 —, Bl. 6018 Messel 291, 292  
 —, Bl. 6024 Karlstadt 211  
 —, Bl. 6118 Roßdorf 289, 290  
 —, Bl. 6123 Marktheidenfeld 211  
 —, Bl. 6215 Gau-Odernheim 288  
 Trachyte 293, 294  
 Traisa 290  
 Transmissivität 259, 261—263, 267,  
 268  
 Trebur 337  
 Trendelburg 357  
 Trennfugendurchlässigkeit 259  
 Trias 153  
 Tromm 298, 306, 316  
 Trommgranit 296, 312, 313, 316—318, 323,  
 324  
 Tuffschlote 143  
 Typologisches System (Ökosysteme) 95
- Udbina (Jugoslawien) 278  
 Ufergebüschzone 86—90, 92, 93  
 Ula-Interstadial 115  
 Unter-Eozän, Montllobar, Spanien 29  
 Untere Violette Grenzzone 201  
 Unterfranken 210  
 Unterkreide 353, 355  
 Untermaingebiet 244  
 Untermiozän 244  
 Unter Ostern 312, 323  
 Unterrotliegendes 283  
 Unter Waldmichelbach 314  
 Unterwiegrainer Graben 207  
 Usuren, Säugergebiß 22
- Variskische Provinz 152, 181  
 Vegetation 86, 87, 92  
 Verwerfungen 294  
 Verwitterungsanfälligkeit 251  
 Violetter Horizont 202  
 Vöckelsbacher Tal 317  
 Vogelsberg 362  
 Volkmarsen 336, 358  
 vollmarine Verhältnisse 216  
 Volpriehausen-Folge 274  
 Vorspessart, kristalliner 294  
 Vulkanite 293, 294
- Wabern 359  
 Wachenberg 310  
 Waderner Fanglomerate 143, 146, 147  
 Wahnbach-Schichten 48  
 Wahnweger Schichten 135  
 Waldböckelheim 133  
 Wald Michelbach 298, 311—313, 316, 325  
 Waldzone 86—93  
 Walkenrieder Sandstein 178, 181  
 Wartburg-Konglomerat 178  
 Wasseranalysen 357, Taf. 15  
 Wasserfläche 89  
 Wasser-t 86  
 Weiher 316, 317  
 Weinheim 310, 311, 323, 324  
 Weisenau 88—91  
 Weißliegendes 152, 179, 181  
 Werragebiet 152, 179  
 Werra-Kaligebiet 152, 181, 354, 361  
 Weschnitz 312, 314, 320  
 „Weschnitz-Granodiorit-Pluton“ 320

- Weschnitz-Tal 311, 317  
 Westast der Oetzberg-Zone 297, 300, 305,  
 311, 316  
 Westuffeln 340, 358  
 Wetterau 178, 362, 363  
 Wettelingen 358  
 Weyhers/Rhön 341, 345, 362  
 Widdershausen/Werra 361  
 Widerristhöhe, Genus *Asinus* 39–42  
 Wiesbaden 244, 253, 255, 347, 348, 350, 363  
 — -Amöneburg 88, 90  
 — -Frauenstein 76, 79  
 — -Schierstein 76, 79, 396  
 Windecken 178  
 Wirbeltierfunde 202  
 Wirtheim 343  
 Wisper-Tal 389  
 Wolfsberg-Schacht (Hessen) 44  
 Worms 337  
 Würigassen/Weser 340  
 Würmlöß 395  
 Zechstein 117, 124–129, 146, 152–160,  
 171, 179–189, 353–355  
 Z1-Kalk 158, 176  
 Zechsteinkalk 117, 121, 128  
 Zechsteinkonglomerat 117, 127, 152, 176  
 bis 181  
 Zechsteinmeer 178  
 Zellenkalke 209, 213, 215  
 Zentral-Schwelle 132  
 Zonationsbiozönose 82, 87, 88, 91–95  
 Zonengliederung 86  
 Zwergfaunenschichten 216  
 Zwesten 359

## Fossilregister

- Abida frumentum* 109  
*Acer* 87, 92  
*Aceratherium* 90, 93  
*Agrypnia* aff. *obsoleta* 91  
*Alnus* 86, 92  
*Amblyoptus* 89  
*Amia kehleri* 69–72  
*Ammodiscus* 125  
*Amphiperca multiformis* 69–73  
*Amphitragulus* sp. 91  
 Anatinae 89, 93  
*Anetoceras (A.) arduennense* 49, 51, 53, 55  
 bis 58  
 — — *hunsrueckianum* 49–52, 55–57,  
 Taf. 5  
 — — aff. *hunsrueckianum* 50, 51, 55, 56  
 — — *recticostatum* 50, 51, 55–57  
 — (*Erbenoceras*) sp. *A* 50, 51, 59, 60  
 — — sp. *B* 50, 51, 59, 60  
 — — sp. *C* 50, 51, 59, 60, Taf. 5  
 — — sp. *D* 50, 51, 59, 60  
 Apoidea 88, 93  
*Archaeodiscus milliloides* 126  
*Archaeozonites increscens* 231  
 Ardeidae 89, 93  
*Arianta arbutorum* 99, 100, 105  
*Artemia* 95  
*Asinus africanus* 41  
 — *hemionus* 39–41  
 — *hydruntinus* 38–42  
 — *stenonis* 42  
*Betula* 87, 92  
 Bibionidae 88, 93  
*Bithynia tentaculata* 110  
*Bolivina* 233  
 — *moguntiacae* 232, 233, 236, 237  
*Bulimina* 232  
 — *elongata* 232, 237  
*Buliminella* 233  
 — *elegantissima* 232, 233  
 Buliminidae 232  
 Bulimininae 232  
 Cainotheriidae 90, 93  
*Cainotherium laticurvatum* 90  
*Callianassa* 77–79  
 — *major* 78  
*Candonia praecox* 232, 234  
 — *recta* 232, 234, 236  
 — *rhenana* 232, 234, 236  
 Candoninae 234  
*Cardiola grebei* 392  
*Carex* 86, 92  
*Carychium minimum* 106, 107  
 — *tridentatum* 106, 107  
*Castanea* 86, 92  
*Catalpa* 86, 92  
*Cecilioides acicula* 104, 106, 107  
*Cepaea nemoralis* 105–107  
 — sp. 237  
*Cephalotaxus* 86, 92  
*Ceratites atavus* 216, 217

- Ceratites pulcher-robustus* 207, 215, 217  
*Cercis* 86, 92  
Cervoidea 91, 93  
*Chondrula tridens* 99—115  
*Cinnamomum* 86  
*Clausilia dubia* 106, 107  
— *parvula* 99, 100, 106, 107  
*Clematis* 86, 92  
Coccidae 88  
*Cochlicopa lubrica* 106—109  
Coleoptera 88, 93  
*Columella columella* 99—101, 108—113, 116  
Condylarthra 9  
*Cordylodon haslachensis* 90  
*Cornuspira* sp. 231, 232, 233, 237  
*Corophioides luniformis* 201  
Cricetidae 91, 93  
*Cricetodon (Eucricetodon) gerandianum* 91  
*Ctenacanthus* 44  
*Cyclocypris (?) similis* 232  
*Cygnavus* 89  
Cygninae 89, 93  
*Cynelos lemanensis lemanensis* 90, 93  
Cyperaceae 86  
*Cyprretta* sp. 232, 234  
*Cypria (?) curvata* 232, 234, 235  
Cypridacea 235  
*Cyprideis* 235  
— cf. *rhenana* 232, 235, 237—240  
Cyprididae 234  
Cypridinae 234  
Cypridini 234  
Cypridopsini 234  
*Cypridopsis* 234  
— *kinkelini* 232, 234  
— (?) n. sp. 232, 234  
— (?) *similis* 234  
*Cyprinotus parvus* 232, 234, 235, 236  
*Cyrtobactrites* sp. 50, 51, 54  
*Cyrtoceras* 392  
Cytheracea 235  
Cytheridae 235  
Cytherideinae 235  
*Cytheromorpha* 235  
— cf. *zinnendorfi* 232, 235—240  
— *zinnendorfi* 232, 235, 237, 238, 240  
  
*Dalbergia* 86, 92  
*Dalmanites* 393  
— *rhenanus* 392, 393  
*Diceratherium (Brachydiceratherium) lemanense* 90  
Dicerorhininae 90, 93  
*Dicerorhinus tagicus* 90  
Dicotyledonen 87  
  
*Dimylus paradoxus* 90  
*Diospyros* 87  
*Diplocynodon* cf. *rateli* 88, 93  
Dipteren 91  
*Dremotherium feignouxii* 91  
*Dulcidon* 30  
  
Echinosoricinae 90  
Elphidiidae 232, 234  
*Elphidium* sp. 232  
Emydidae 88  
*Ephedriptes* sp. 126  
Ericaceen 86, 92  
Erinaceidae 90, 93  
Erpetocyprini 234  
*Eualopia bulimoides* 231  
*Eucypris* 234  
— *agglutinans* 232, 234  
  
*Fadenia crenulata* 44  
*Fagus* 86, 92  
*Falcisporites zapfei* 126, 127  
Formicidae 88, 93  
  
*Gardenosporites* 127  
*Geomys* 90  
*Glandina inflata* et var. *cancellata* 231  
*Glomospira milioloides* 125  
*Gondellella mombargensis* 217  
*Goniatites* aff. *evexus* 392  
Gramineen 86  
Gryllotalpidae 88, 91, 93  
*Gyraulus laevis* 110  
*Gyroceratites (G.) laevis* 50, 51, 61  
  
*Haplocyonoides mordax* 90, 93  
*Helicella itala* 106, 107  
*Helicopsis striata* 99—110, 113  
*Helix moguntina* 231  
Heteroptera 88, 93  
*Hydrobia elongata* 237  
Hydrophyllidae 88  
*Hyperamina* 125  
  
Ichneumonidae 88, 93  
Ilyocypridinae 235  
*Ilyocypris* 235  
— *tribullata* 232, 235  
— *tuberculata* 232, 235  
Isoptera 88, 91, 93  
  
*Keteleeria* 87  
*Klausipollenites schaubergeri* 126, 127  
*Klikia jungi* 231  
— *osculum* var. *depressa* 231

- Kochictis* 30  
*Kopidodon* 7  
*laticurvatum*-Gruppe 90  
 Lauraceen 86, 92  
*Laurus* 86  
 Leguminosen 86, 92  
*Leiotriletes* sp. 389  
*Lepisosteus strausi* 69–73  
 Libellulidae 88, 91, 93, 95  
 Limacidae 99, 100, 104–109  
*Limitisporites* 127  
   – *moersensis* 126  
*Limnaea* sp. 236  
*Listriodon* 90  
 Loxoconchinae 235  
*Lueckisporites virkkiae* 126, 127  
  
*Melanopsis fritzei* 230, 231, 237, 240  
 Microchiroptera 89, 93  
*Microstonyx major* 90  
 Millionidae 231  
*Mimagoniatites (M.) falcistria* 49, 52, 53, 62  
*Mimosphinctes* sp. 50, 51, 61, Taf. 5  
*Miorallus* 89  
 Musci 86, 92  
 Mustelinae 90, 93  
  
*Neomys* 89  
*Neritina gregaria* 230, 231  
*Nonion* 232  
   – *demens* 232, 236, 237  
   – *granosum* 232  
   – ? *nonioninoides* 232  
 Nonionidae 232, 234  
  
 Ochotonidae 91, 93  
*Ophiomorpha* 77–79  
*Ophisaurus* sp. 236  
 Ophthalmidiidae 231  
*Orthoceras opimum* 392  
   – *planicanaliculatum* 392  
  
 Palaeobatrachus 88  
*Paläochiropterix tupaiodon* 70, 73  
*Palaeochoerus meissneri* 90, 93  
*Palaeoerinaeus edwardsi* 90  
*Palaeogale minuta* 90  
 Palaelodidae 89, 93  
*Palaelodus* 89  
*Paravesicaspora splendens* 126, 127  
 Paroxyclaenidae 25  
*Paroxyclaenus* 25  
 Passeriformes 90  
 Pelecanidae 89, 93  
  
*Peratherium frequens* 89  
*Peridyromys murinus* 90, 93  
*Perpolita radiatula* 99, 100, 106–108, 112  
*Phacops ferdinandi* 392  
 Phoenicopteridae 89, 93  
*Phoenicopterus* 89  
*Phragmites* 86, 92  
 Phryganeidae 88, 93  
*Piezodus* 91  
 Pinaceen 87, 92  
*Pinus* 87  
*Planorbis planorbis* 110  
   – sp. 236  
 Polygonales 86, 92  
*Populus* 86, 92  
*Potamides plicatus* var. *pustulata* 230, 238  
   – sp. 237–240  
*Potamogeton* 86, 92  
*Potamotherium miocenicum* 88  
   – *valetoni* 88, 93  
*Potonieisporites* 127  
*Prolagus* 91  
*Propaläotherium* sp. 70  
*Protopelecanus* 89  
*Pseudotheridomys parvulus* 90  
*Pugiodens* 28  
*Pupilla loessica* 99, 100, 104, 109, 110,  
   113–116  
   – *muscorum* 99, 100, 104–110  
   – *sterri* 99, 100, 104–110, 113  
  
*Quercus* 87, 92  
*Quinqueloculina seminulum* 231–233, 236,  
   237  
  
 Rallidae 89, 93  
*Rhamnus* 86, 92  
*Rhinolophus lemanensis* 89  
 Rosaceen 86, 92  
*Rosalina* 232  
   – *globularis* 232, 237  
 Rotaliidae 232  
*Russellites* 29  
  
*Salix* 86, 92  
*Salvinia* 86  
 Sapindaceen 86, 92  
*Sapindus* 86  
*Sciurus feignouxi* 90, 93  
 Scolopacidae 89, 93  
*Sorex antiquus* 89  
   – *pusillus* 89  
 Soricidae 89, 93  
*Spaniella* 29  
*Steneofiber eseri eseri* 88, 93

- Stenocypris* sp. 232, 234  
 Stratiomyidae 88, 93  
*Striatites* sp. 126, 127  
*Succinea oblonga* 99, 100, 104—115  
 Suidae 89  
  
*Taeniaesporites labdacus* 126  
 — *ortisei* 126, 127  
*Talpa brachychir* 89, 93  
 Tapiridae 90, 93  
*Tapirus* 90  
*Taxodium* 86, 92  
*Teicherticeras primigenitum* 50, 51, 60,  
 Taf. 5  
 Tenebrionidae 88, 91, 93  
*Tetraclinis* 87, 92  
*Thalassinoides* 77, 79  
*Thaumaturus intermedius* 69, 70, 73  
 Tipulidae 88, 93  
*Titanomys visenoviensis* 91  
*Trichia hispida* 99, 100, 106—109  
*Trimylus neumayerianus neumayerianus* 89  
*Tringa* 89  
*Trionyx* 88  
  
*Truncatellina cylindrica* 106, 107  
 Turriliniinae 233  
  
*Ulmus* 86, 92  
 Umbelliferae 86, 92  
*Upogebia* 77—79  
  
*Vallonia costata* 99, 100, 104—110  
 — *enniensis* 106, 107  
 — *pulchella* 99—115  
 Vertebrata 88—91, 93  
*Vertigo antivertigo* 106, 107  
 — *parcedentata* 111  
 — *pygmaea* 105—107, 109, 112  
 Virgulininae 233  
*Viscophyllum* 86, 92  
*Vittatina* 127  
*Viviparus pachystoma* 237, 238  
*Vulpavoides* 28  
  
*Wodnika striatula* 44  
  
*Zebrina detrita* 106, 107  
*Zelkova* 86

## Verzeichnis der Autoren dieses Bandes

- HANS-JÜRGEN ANDERLE, Diplom-Geologe, 6 Frankfurt a. M., Weißdornweg 41.  
Privatdozent Dr. EGON BACKHAUS, Geologisch-Paläontologisches Institut der Technischen Hochschule Darmstadt, 61 Darmstadt, Schnittspahnstr. 9.  
Dr. SVEND E. BENDIX-ALMGREEN, Universitetets Mineralogisk-Geologiske Museum, Østervoldgade 7, København K, Dänemark.  
Dr. GIBBERT DIEDERICH, Diplom-Geologe, Regierungsgeologe z. A. im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. HANS-JÜRGEN DÜRBAUM, Wissenschaftlicher Oberrat in der Bundesanstalt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus, Postfach 54.  
Professor Dr. HORST FALKE, Geologisches Institut der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21.  
Dr. ARTHUR GOLWER, Diplom-Geologe, Regierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. HARTMUT HEINTKE, Diplom-Physiker, c/o PRAKLA GmbH, 3 Hannover 1, Haarstr. 5, Postfach 4767.  
Dr. HELMUT HEMMER, Institut für physiologische Zoologie der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21.  
Dr. ANNELIES HERZBERG, Diplom-Geographin, Regierungsgeologin z. A. im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. BERNWARD HÖLTING, Diplom-Geologe, Oberregierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. SIEGFRIED HOLTZ, Diplom-Geologe, Regierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. KLAUS H. JACOB, Diplom-Physiker, Lamont Geological Observatory Columbia University, Palisades, N.Y. 10964.  
Dr. RUDOLF JAEGER, Institut für physiologische Zoologie der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21.  
ELISABETH KUSTER-WENDENBURG, Diplom-Geologin, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21.  
Professor Dr. FRITZ KUTSCHER, Diplom-Geologe, Regierungsdirektor im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. MANFRED LAEMMLEN, Diplom-Geologe, Oberregierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. ERICH MALZAHN, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus, Postfach 54.  
Dr. GEORG MATHESS, Diplom-Geologe, Oberregierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. JÖRG NEGENDANK, Diplom-Geologe, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21.  
Dr. HEIMO NIELSEN, Zentrallaboratorium für die Geochemie der Isotope, 34 Göttingen, Lotzestr. 16/18.  
Professor Dr. FRIEDRICH NÖRING, Diplom-Geologe, Direktor des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. KARL-HEINZ PFEFFER, Wissenschaftlicher Assistent, Geographisches Institut der Universität Frankfurt/M., 6 Frankfurt/M., Senckenberganlage 36.  
HANS-JÜRGEN PICKEL, cand. geol., 61 Darmstadt, Kitterstr. 10.  
Dr. HELMUT PRINZ, Diplom-Geologe, Oberregierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Dr. DIETRICH RAMBOW, Diplom-Geologe, Regierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.  
Privatdozent Dr. HORST REMY, Kustos am Institut für Paläontologie der Universität Bonn, 53 Bonn, Nußallee 8.

- Wissenschaftlicher Rat und Professor Dr. KARLHEINZ ROTHAUSEN, Geologisches Institut der Universität Köln, 5 Köln, Zulpicher Straße 49, und Paläontologisches Institut der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21
- Dr. KARLHEINZ SCHÄFER, Diplom-Geologe, Institut für Geologie der Universität Karlsruhe, 75 Karlsruhe, Kaiserstr. 12.
- Dr. WOLFGANG SCHÄLICKE, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Göttingen, 34 Göttingen, Berliner Str. 28.
- Wissenschaftlicher Rat und Professor Dr. ARNO SEMMEL, Geographisches Institut der Universität Würzburg, 87 Würzburg, Klinikstr. 3.
- Dr. JOE-DIETRICH THEWS, Diplom-Geologe, Oberregierungsgeologe im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Professor Dr. HEINZ TOBIEN, Paläontologisches Institut der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21.

Für die Redaktion verantwortlich:

Professor Dr. FRITZ KUTSCHER

Regierungsdirektor

im Hessischen Landesamt für Bodenforschung

62 Wiesbaden, Leberberg 9

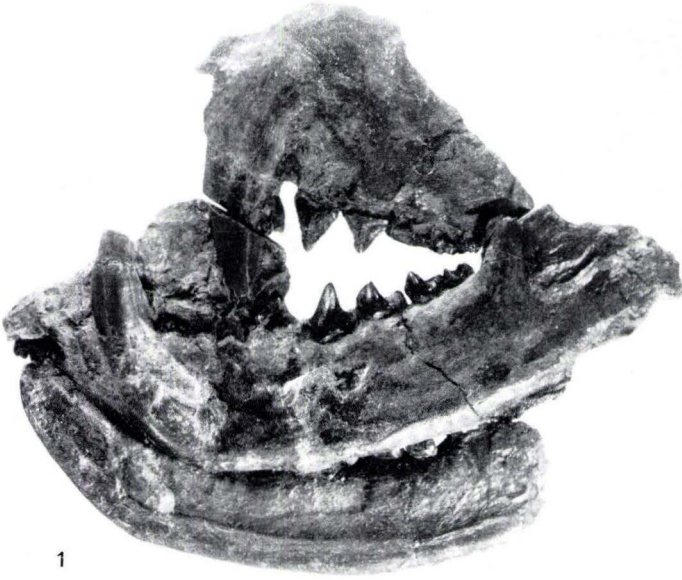


Tafel 1

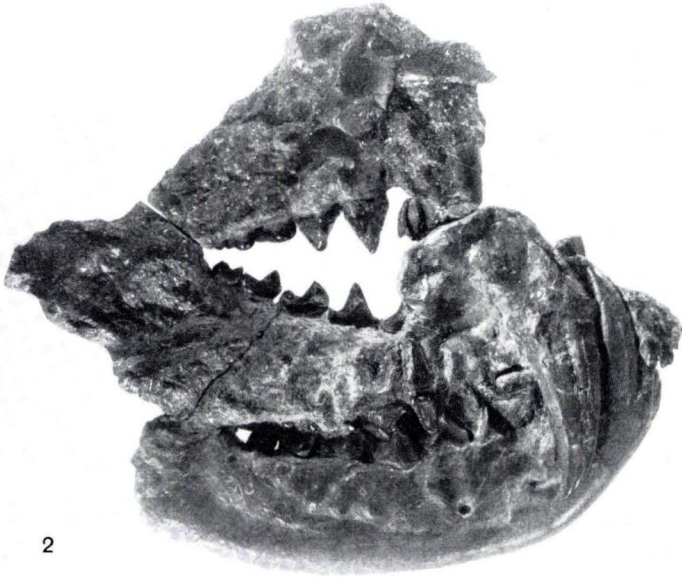
## Tafel I

*Kopidodon macrognathus* (WTTCH.), Lutetium, Messel bei Darmstadt; Me 1388, Geol.-Pal. Abt. Hess. Landesmuseum, Darmstadt.

- Fig. 1. Gesamtansicht Me 1388 von links. Oben: Linker Oberkiefer, von labial, mit: C sup., Wurzel von P<sup>2</sup>, P<sup>3</sup>—M<sup>3</sup>. Darunter: Linker ramus horizontalis, von labial, mit: C inf., P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> (defekt), P<sub>4</sub>—M<sub>3</sub>. Darunter: Rechter ramus horizontalis, von lingual; seine Zähne verdeckt durch linken Unterkieferast. Nat. Gr.
- Fig. 2. Gesamtansicht Me 1388 von rechts. Oben: linker Oberkiefer, von lingual, mit: Wurzeln von P<sup>2</sup>, P<sup>3</sup>—M<sup>3</sup>. Darunter: Linker ramus horizontalis, von lingual, mit P<sub>3</sub> (nur Hinterende sichtbar), P<sub>4</sub>—M<sub>3</sub>. Darunter: Rechter ramus horizontalis, von labial, mit C inf., dahinter: C sup. dext. (von labial); dahinter Diastema inf., anschließend: P<sub>2</sub>—M<sub>3</sub>. Zwischen P<sub>2</sub> u. P<sub>3</sub>: P<sup>2</sup> dext. (von labial), zwischen P<sub>3</sub> u. P<sub>4</sub>: P<sup>3</sup> dext. (von labial); zwischen P<sub>4</sub> u. M<sub>1</sub>: P<sup>4</sup> dext. (von labial); über den unteren Molaren: die labialen, heruntergekauten Wände der oberen, rechten Molaren (schlecht sichtbar). Rechts von C inf. dext.: I<sup>3</sup> und I<sup>2</sup> dext., von labial. Nat. Gr.



1



2

**Tafel 2**

## Tafel 2

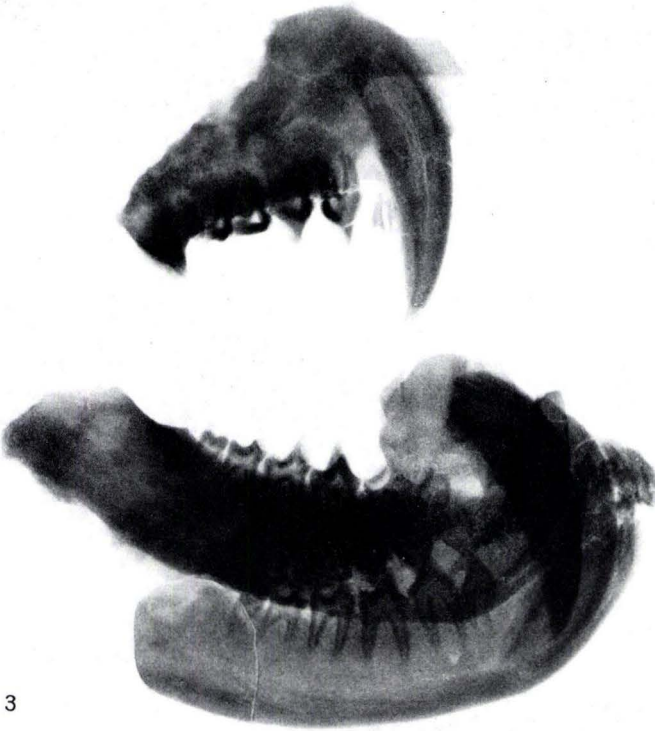
*Kopidodon macrognathus* (WTTCH.), Lutetium, Messel bei Darmstadt; Me 1388, Geol.-Pal. Abt. Hess. Landesmuseum, Darmstadt.

Fig. 3. Gesamt-Röntgenaufnahme Me 1388 von rechts: Oben: linker Oberkiefer mit: C sup., Wurzeln von P<sup>2</sup>, P<sup>3</sup>—M<sup>3</sup>. Darunter: Linker ramus horizontalis mit I<sub>1</sub>—I<sub>3</sub>, C inf. (seine Krone durch C sup. dext. größtenteils verdeckt), Diastema, P<sub>2</sub>—M<sub>3</sub>. Darunter: Rechter ramus horizontalis mit: Untere I, C inf., Diastema, P<sub>2</sub>—M<sub>3</sub>.

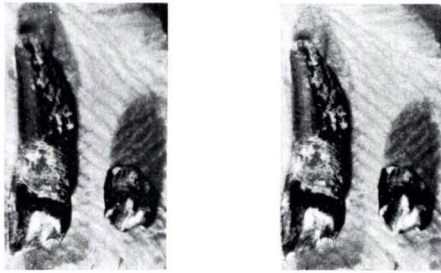
Ferner: Vor C inf. dext.: Obere I; hinter C inf. dext.: C sup. dext.; hinter P<sub>2</sub>—P<sub>4</sub> dext.: Jeweils P<sup>2</sup>—P<sup>4</sup> dext. Über M<sub>1</sub> und M<sub>2</sub> dext.: M<sup>1</sup> und M<sup>2</sup> dext. Nat. Gr.

Fig. 4. I<sup>3</sup> sin. (links) und I<sup>1</sup> dext. (rechts), von labial. Stereo-Paar. × 3 nat. Gr.

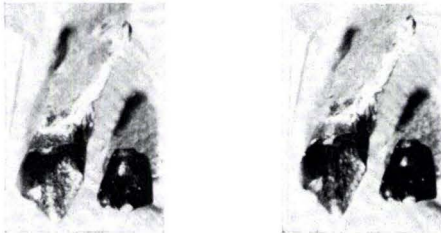
Fig. 5. Wie Fig. 4, von lingual. Stereo-Paar. × 3 nat. Gr.



3



4



5

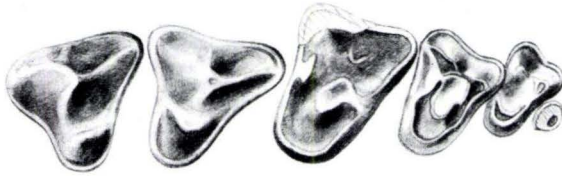
**Tafel 3**

Tafel 3

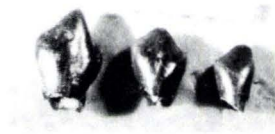
*Kopidodon macrogathus* (WITTCH.), Lutetium, Messel bei Darmstadt; Me 1388, Geol.-Pal. Abt. Hess. Landesmuseum, Darmstadt.

- Fig. 6. P<sup>3</sup>—M<sup>4</sup> sin., von occlusal. M<sup>1</sup> vorn außen ergänzt, M<sup>4</sup>-Krone beschädigt. × 3 nat. Gr.
- Fig. 7. I<sub>3</sub> sin. (links), I<sub>2</sub> sin. (mitte), I<sub>1</sub> dext. (rechts), von labial. Stereo-Paar. × 3 nat. Gr.
- Fig. 8. Wie Fig. 7; von lingual. Stereo-Paar. × 3 nat. Gr.
- Fig. 9. P<sub>3</sub> sin. (Hinterende), P<sub>4</sub>—M<sub>3</sub> sin., von occlusal. × 3 nat. Gr. (gestrichelt: defekte Partien).

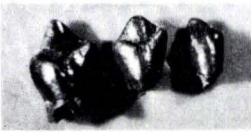




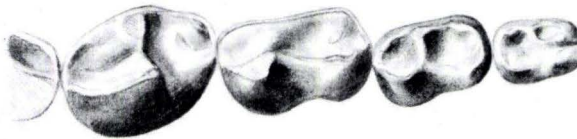
6



7



8

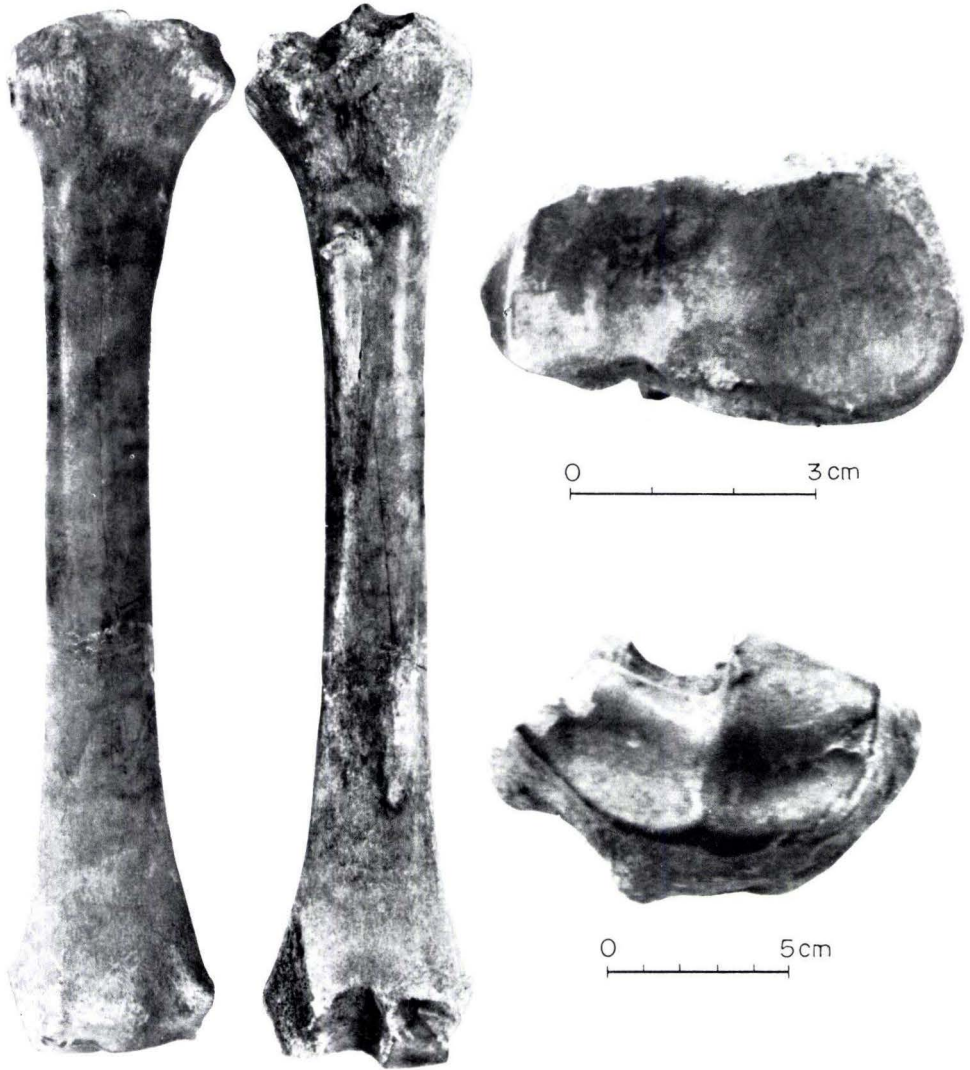


9

## Tafel 4

#### Tafel 4

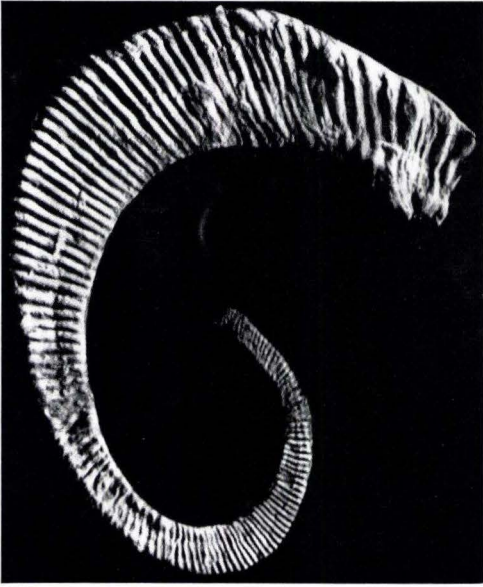
Radius von *Asinus* cf. *hydruntinus* aus dem Jungpleistozän von Stammheim, Kreis Friedberg (Hessen). Norma dorsalis und ventralis (links, dazu Maßstab rechts unten), proximales und distales Gelenkende (rechts, dazu Maßstab rechts Mitte).



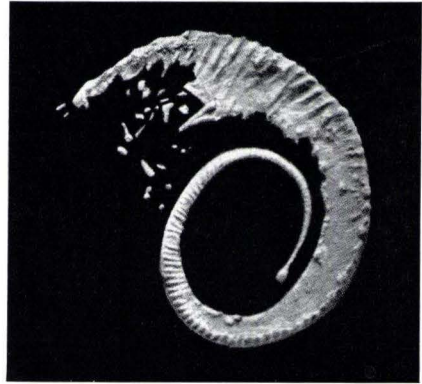
Tafel 5

Tafel 5

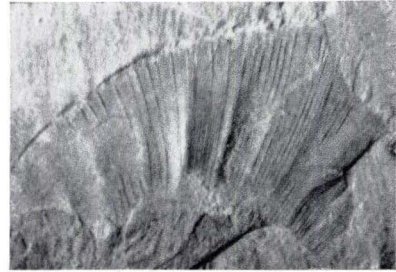
- Fig. 1. *Anetoceras hunsrueckianum* ERBEN  
Holotyp. 1/1.  
Hunsrückschiefer, Grube Eschenbach bei Bundenbach (Hunsrück).  
Nach ERBEN 1960, S. 52, Taf. 2 Fig. 9 (GPIBo. 22).
- Fig. 2. *Anetoceras* cf. *hunsrueckianum* ERBEN  
× 1,5. Grube Schielebach bei Herrstein (Hunsrück).  
Hunsrückschiefer.  
Nach ERBEN 1962, Taf. 1 Fig. 2 (GPIBo. 30).
- Fig. 3, 4. *Mimosphinctes* sp. indet.  
1/1. Kaisergrube bei Gemünden (Hunsrück).  
Hunsrückschiefer.  
Nach ERBEN 1965, Taf. 27 Fig. 7, 8 (GPIBo. 68a u. GPIBo. 68).
- Fig. 5–7. *Teicherticeras primigenitum* ERBEN  
Hunsrückschiefer, Hunsrück.  
5. Holotyp. 1/1. Bundenbach.  
6. Paratypoid. × 1,5. Grube Schmiedenberg bei Bundenbach.  
7. Paratypoid; Initialgehäuse. × 3.  
Nach ERBEN 1965, Taf. 25 Fig. 5–7 (GPIBo. 63, 64, 65).
- Fig. 8–9. *Anetoceras (Erbenoceras)* sp. *C*  
Grube Obereschenbach bei Bundenbach (Hunsrück)  
Hunsrückschiefer. 1/1.  
8. Aufsicht (Photographie).  
9. Röntgenaufnahme (W. M. LEHMANN, RA 371)  
Nach ERBEN 1965, Taf. 25 Fig. 4, 4a (GPIBo. 61)



1



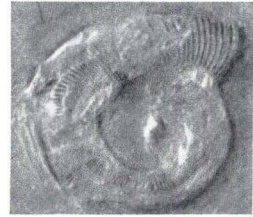
2



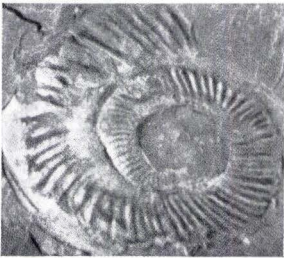
5



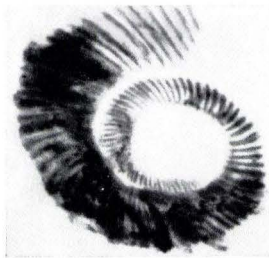
3,4



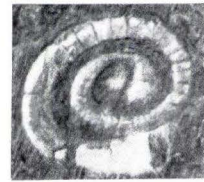
6



8



9



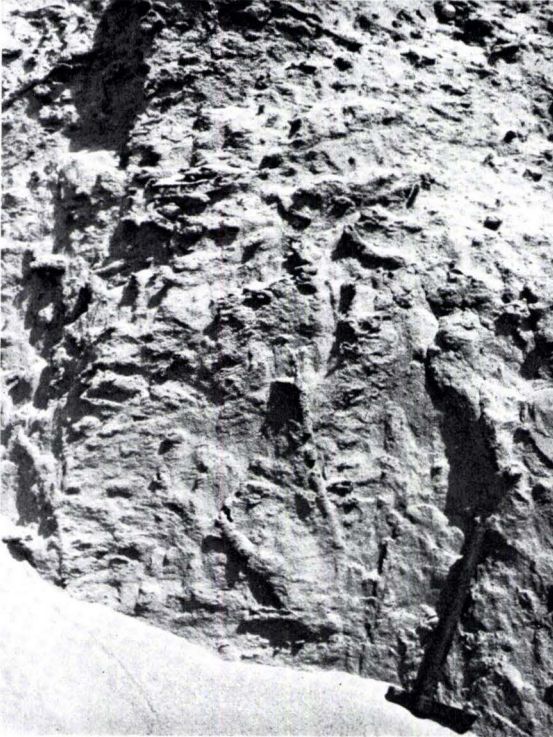
7

Tafel 6

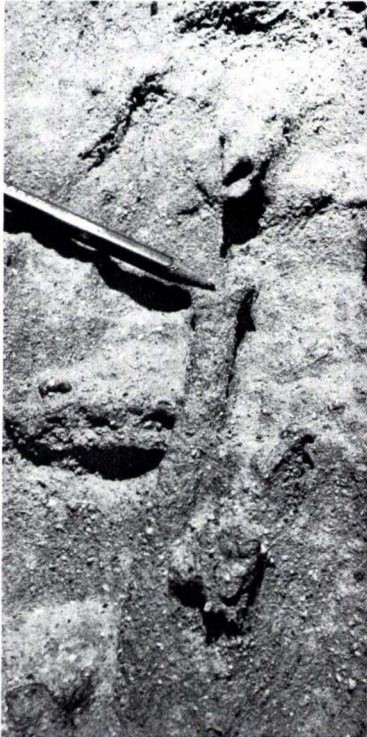


## Tafel 6

- Fig. 1. Grabgänge im mittleren Teil des neuen Aufschlusses am Geiskopf. – Hammerstiel = 32 cm.
- Fig. 2. Einzelner Grabgang.
- Fig. 3. Rest eines doppelwandigen Grabganges.
- Fig. 4. Grabgang mit bogig geschichteter Sedimentfüllung. Detail aus Fig. 1 links oben.



1



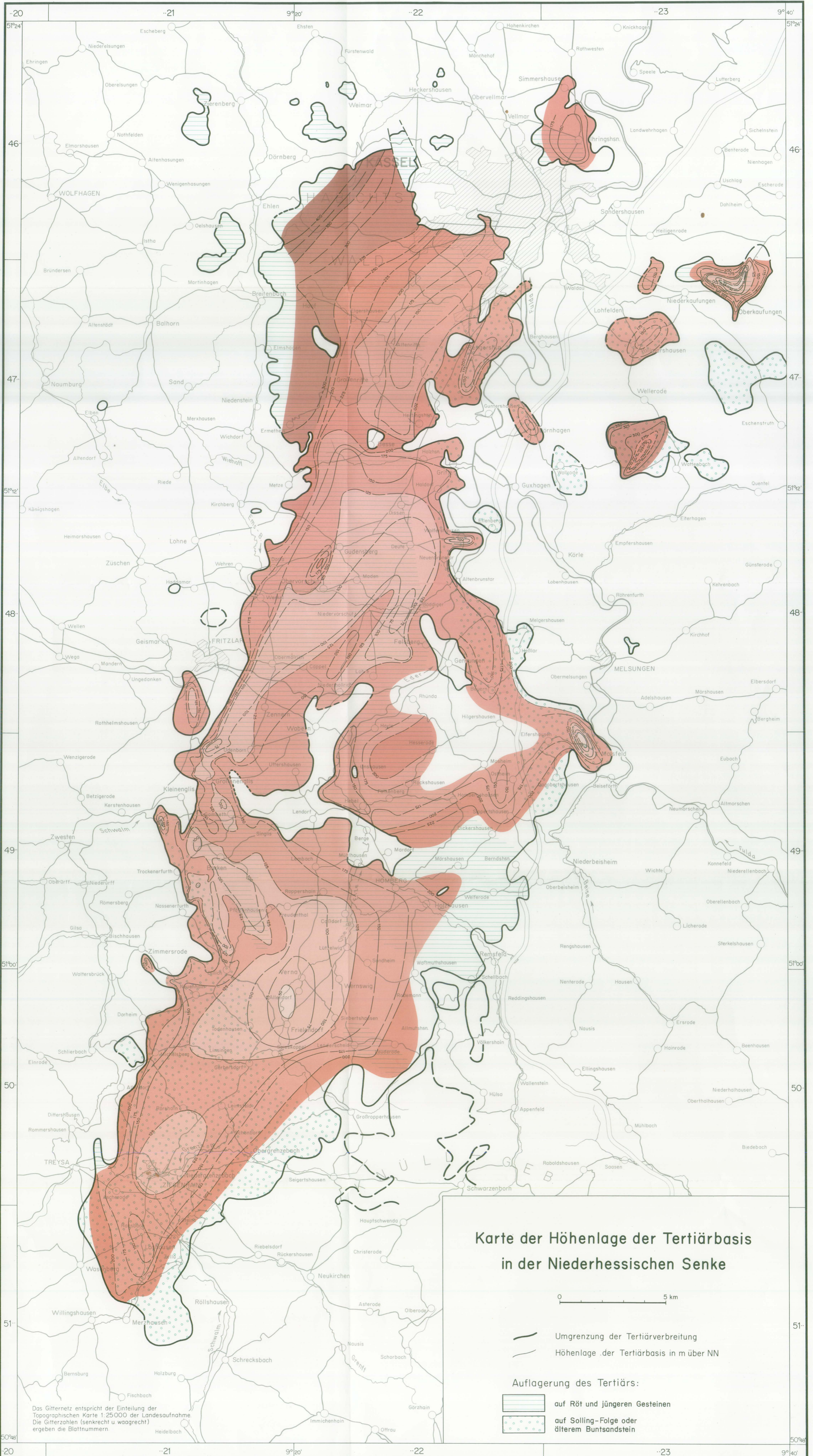
2



3



4



Karte der Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke

0 5 km

- Umgrenzung der Tertiärverbreitung
- Höhenlage der Tertiärbasis in m über NN

Auflagerung des Tertiärs:

- ▨ auf Röt und jüngeren Gesteinen
- ▩ auf Solling-Folge oder älterem Buntsandstein

Das Gitternetz entspricht der Einteilung der Topographischen Karte 1:25000 der Landesaufnahme. Die Gitterzahlen (senkrecht u waagrecht) ergeben die Blattnummern.

Tafel 8

Tafel 8

*Cypria* (?) *curvata* LIENENKLAUS  
Fundort: Aufschluß 47/Probe 1

Fig. 1. rechte Klappe PIM G 38<sup>1)</sup>

Fig. 1a. linke Klappe PIM G 37

Fig. 1b. Dorsalansicht PIM G 36

*Cypridopsis* (?) *similis* LIENENKLAUS  
Fundort: Aufschluß 21–20/Probe 11

Fig. 2. rechte Klappe von außen PIM G 34

Fig. 2a. linke Klappe von außen PIM G 35

*Cyperidopsis* (?) n. sp.  
Fundort: Aufschluß 21–20/Probe 11

Fig. 3. rechte Klappe von außen PIM G 41

Fig. 3a. linke Klappe von innen PIM G 42

*Cyprinotus* *parvus* LIENENKLAUS  
Fundort: Aufschluß 21–20/Probe 5

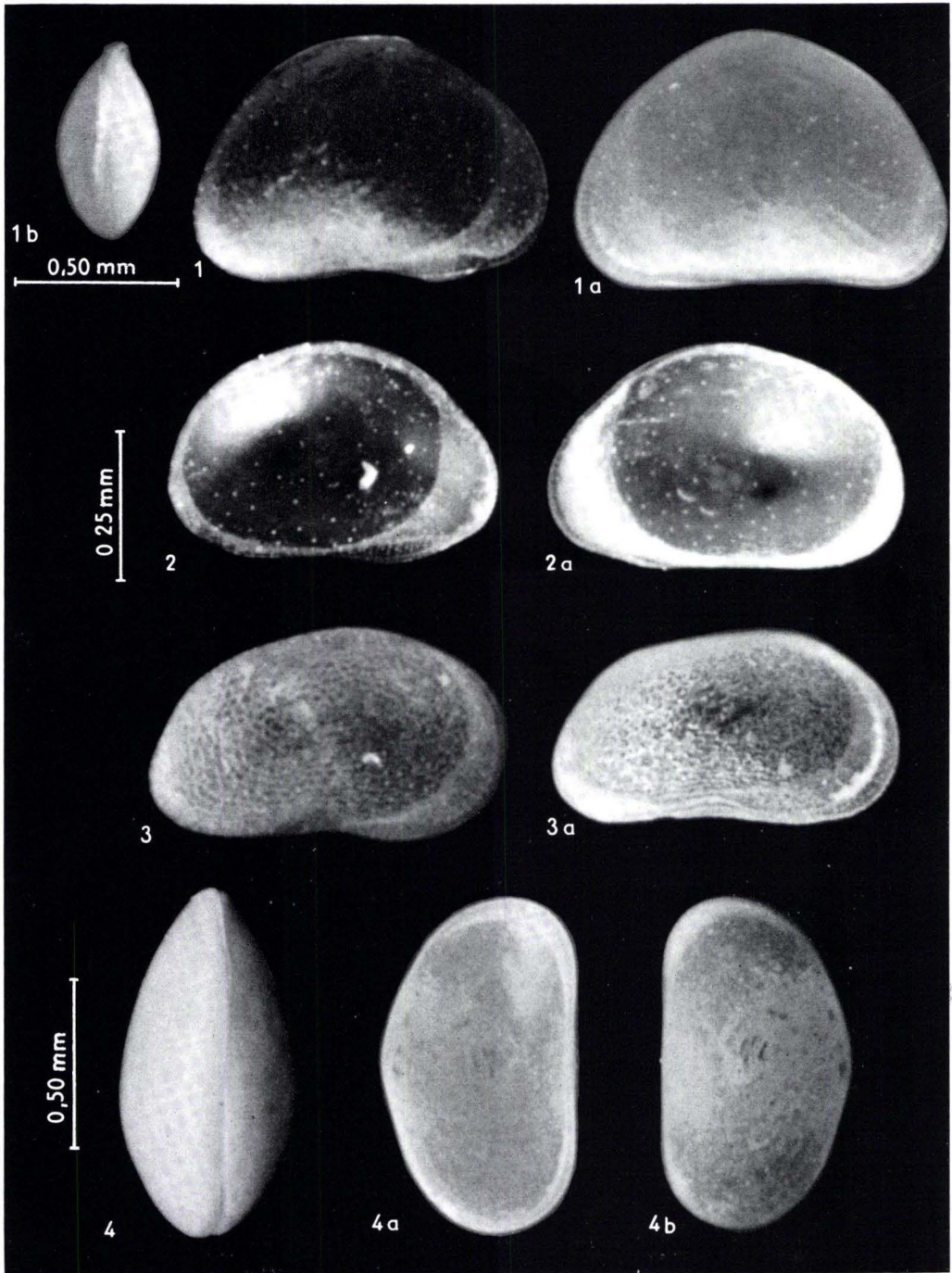
Fig. 4. vollständiges Exemplar Dorsalansicht PIM G 39

Fig. 4a. linke Klappe von innen PIM G 40

Fig. 4b. linke Klappe von außen PIM G 40

---

<sup>1)</sup> PIM = Sammlungsnummer Paläontologisches Institut Mainz.



Tafel 9

Tafel 9

*Cytheromorpha* cf. *zinndorfi* (LIENENKLAUS)

Fundort: Aufschluß 50/Probe 6

Fig. 1. ♂ linke Klappe von außen PIM G 43

Fig. 1 c. ♂ linke Klappe von innen

Fig. 1 b. ♂ rechte Klappe von außen PIM G 44

Fig. 1 a. ♂ rechte Klappe von innen

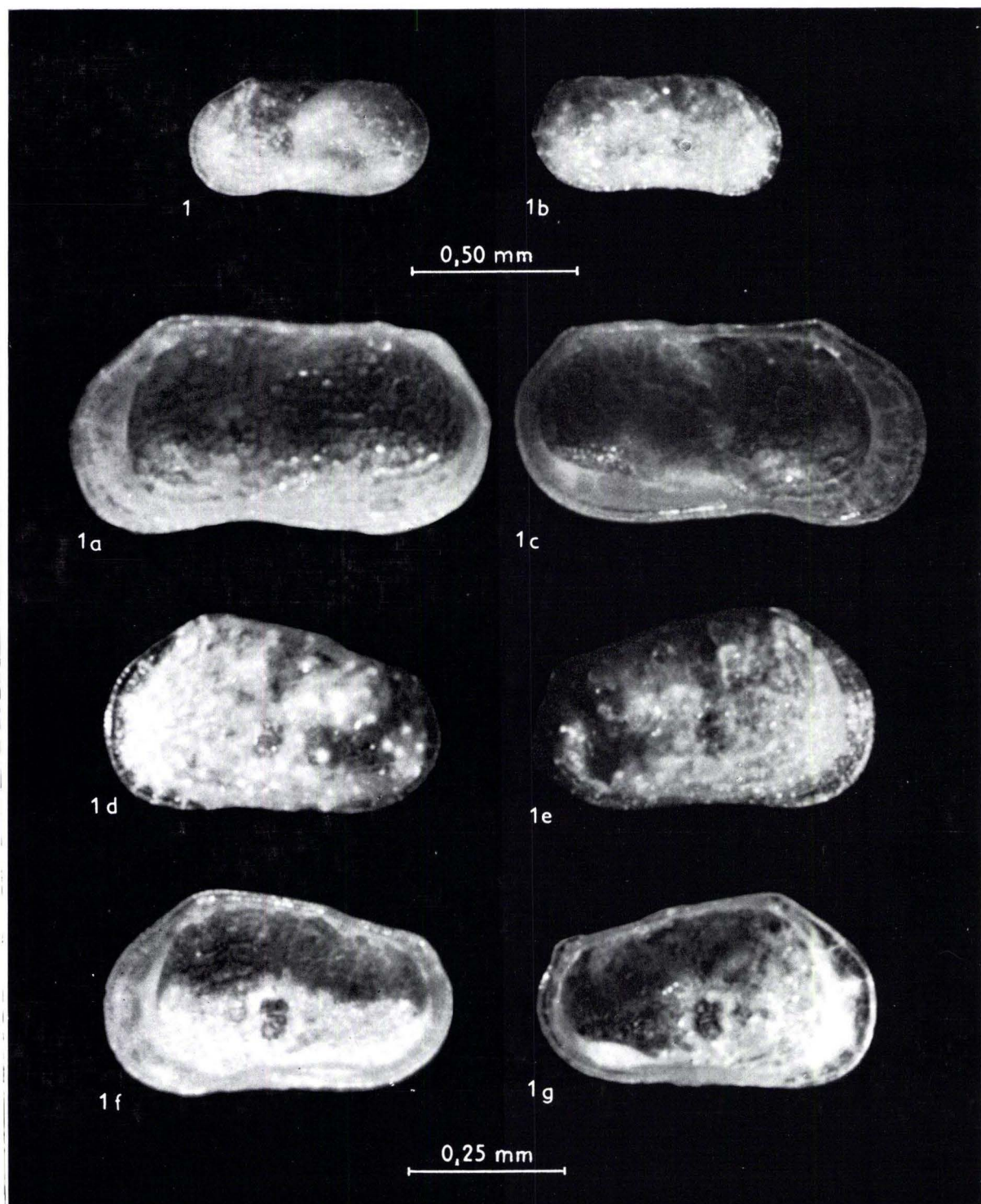
Fig. 1 d. ♀ linke Klappe von außen PIM G 46

Fig. 1 e. ♀ rechte Klappe von außen PIM G 45

Fig. 1 f. ♀ rechte Klappe von innen

Fig. 1 g. ♀ linke Klappe von innen PIM G 46



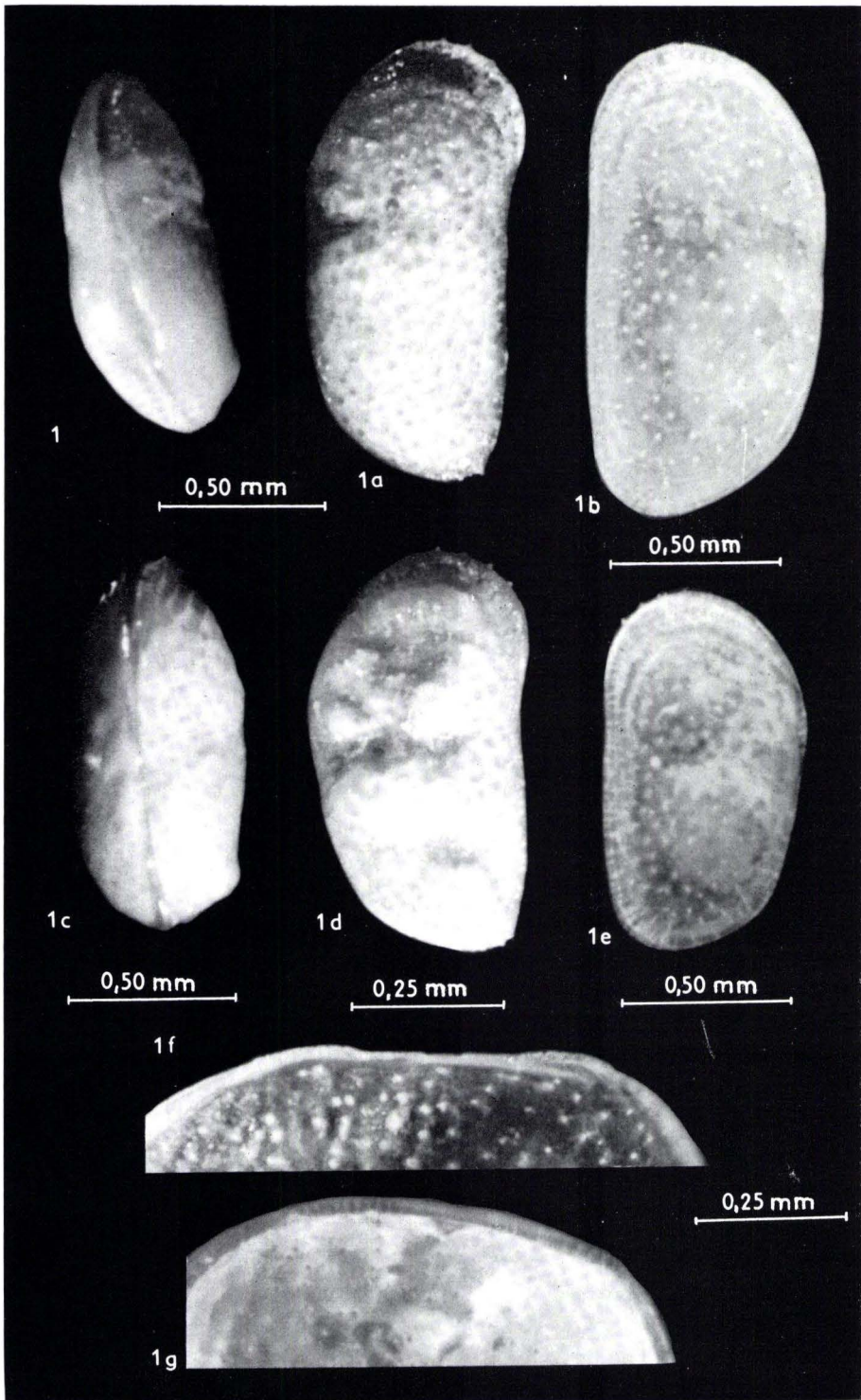


**Tafel 10**

Tafel 10

*Cyprideis* cf. *rhenana* LIENENKLAUS  
Fundort: Aufschluß 45/Probe 3

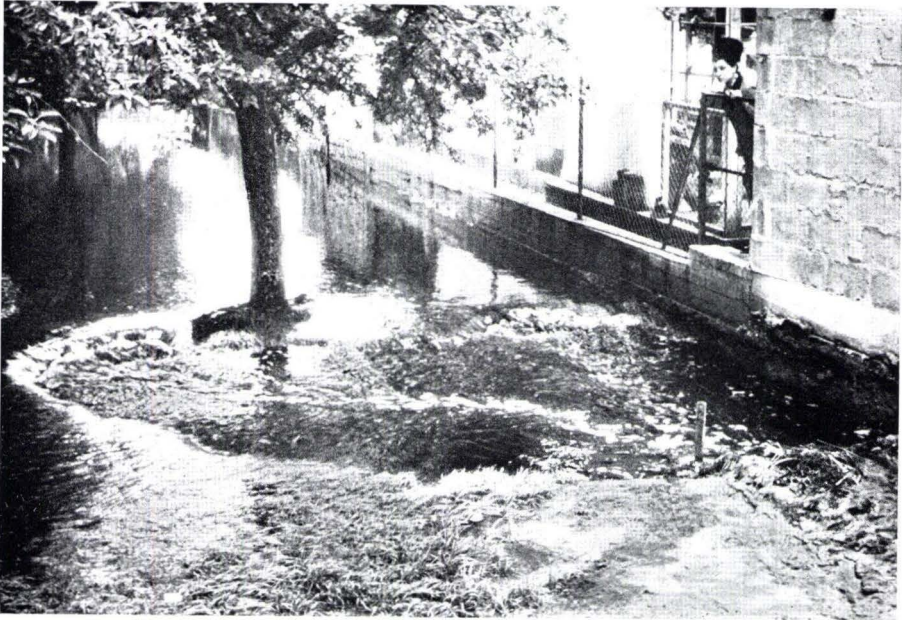
- Fig. 1. ♂ vollständiges Exemplar, dorsal PIM G 47  
Fig. 1 a. ♂ rechte Klappe von außen PIM G 52  
Fig. 1 b. ♂ linke Klappe von außen PIM G 50  
Fig. 1 c. ♀ vollständiges Exemplar, dorsal PIM G 49  
Fig. 1 d. ♀ rechte Klappe von außen PIM G 54  
Fig. 1 e. ♀ linke Klappe von außen PIM G 55  
Fig. 1 f. ♂ Dorsalrand der rechten Klappe PIM G 54  
Fig. 1 g. ♂ Dorsalrand der linken Klappe PIM G 55



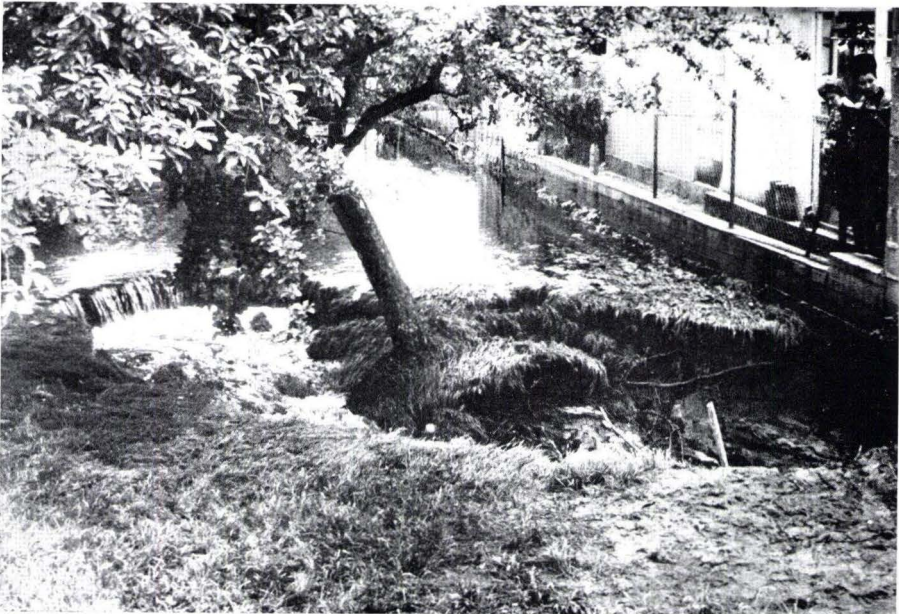
Tafel 11

### Tafel 11

- Fig. 1. Erdfall in der Talaue der Rodau in Lämmerspiel am 11. Juni 1965 um 9.30 Uhr. Im überfluteten Erdfall versank eine große Menge des Hochwassers.
- Fig. 2. Erdfall in der Talaue der Rodau in Lämmerspiel am 11. Juni 1965 um 14.00 Uhr. Die Vergrößerung der Oberflächenform des Erdfalles durch Erosion ist an dem Nachbrechen der Auenlehmschicht und der Schrägstellung des Baumes zu erkennen.



1



2

Tafel 12



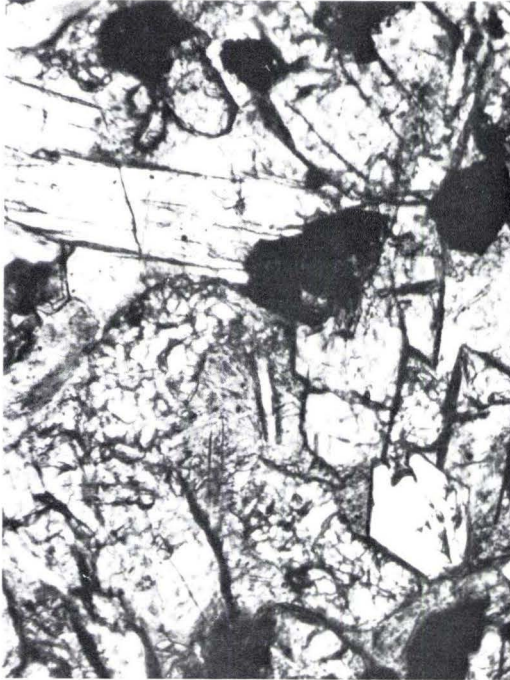
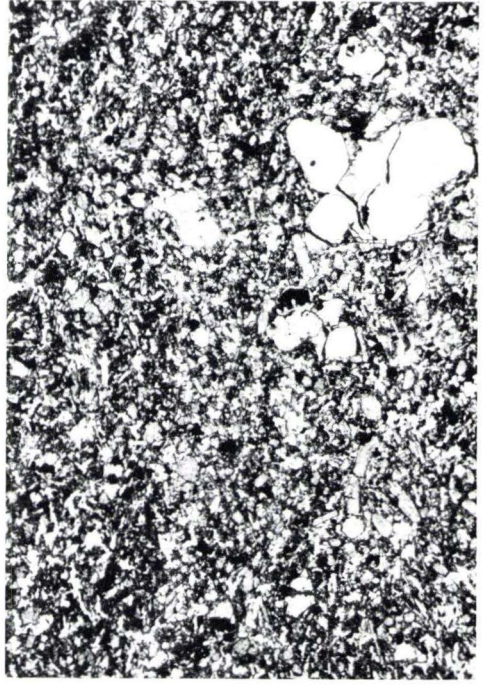
Tafel 12

- Fig. 1. Apatit, Quer- und Längsschnitt  
Vergr.: 267 × ; ohne × Nicols.
- Fig. 2. Hornblende-Biotit-Schliere  
Vergr.: 42 × ; ohne × Nicols.
- Fig. 3. Hauyn in Hauynlimburgit  
Vergr.: 105 × ; ohne × Nicols.
- Fig. 4. Nephelin-Basanit (Hillesheim)  
Vergr.: 42 × ; ohne × Nicols.

2



4



1

3

**Tafel 13**

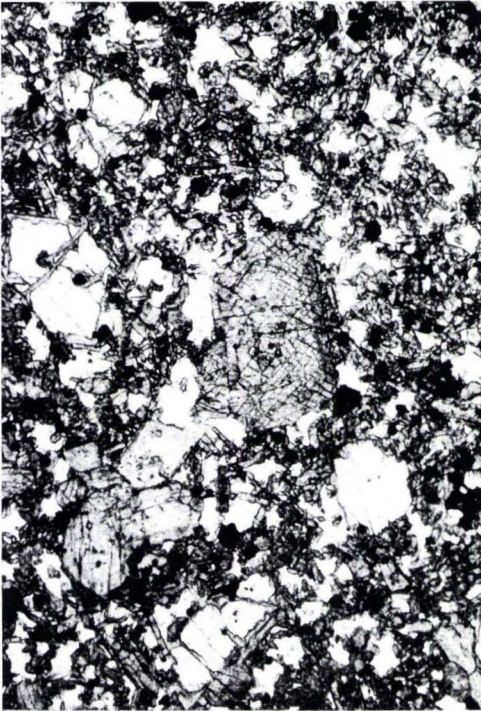
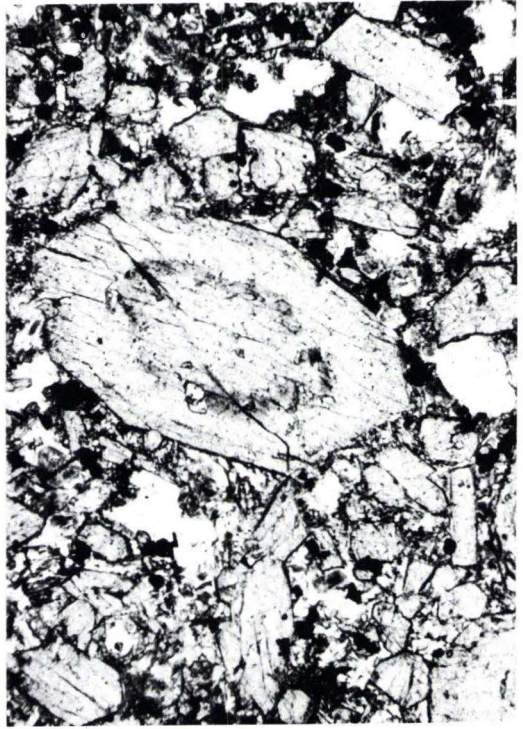
Tafel 13

- Fig. 5. Olivin-Nephelinit (Roßdorf)  
Vergr.: 42 × ; ohne × Nicols.
- Fig. 6. Olivin  
Vergr.: 42 × ; ohne × Nicols.
- Fig. 7. Zonar gebauter Klinopyroxen  
Vergr.: 105 × ; ohne × Nicols.

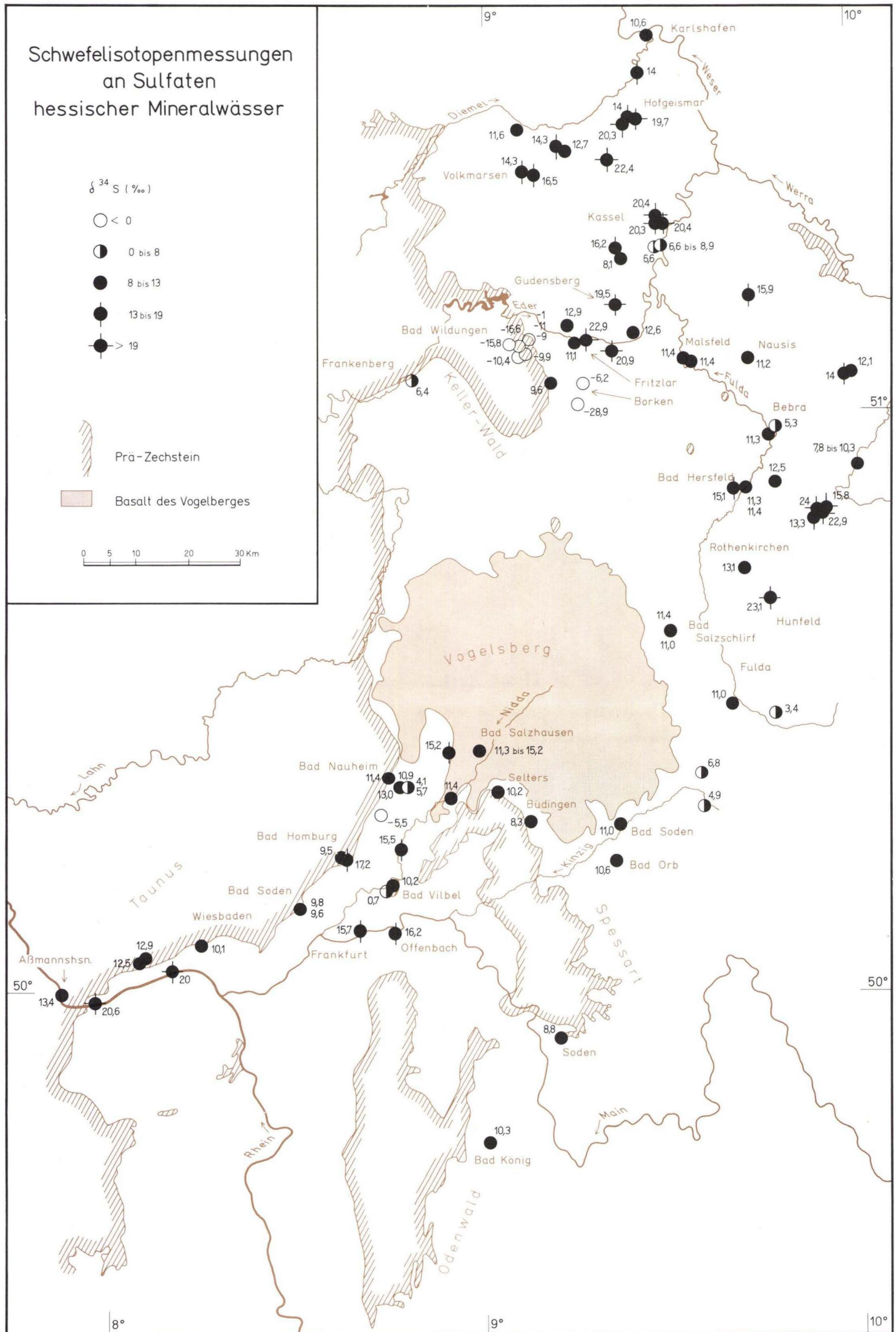
6



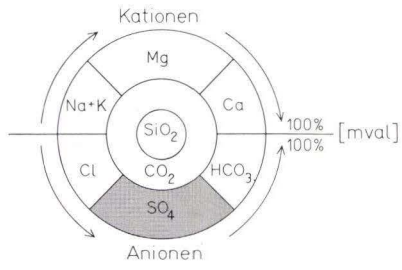
7



5

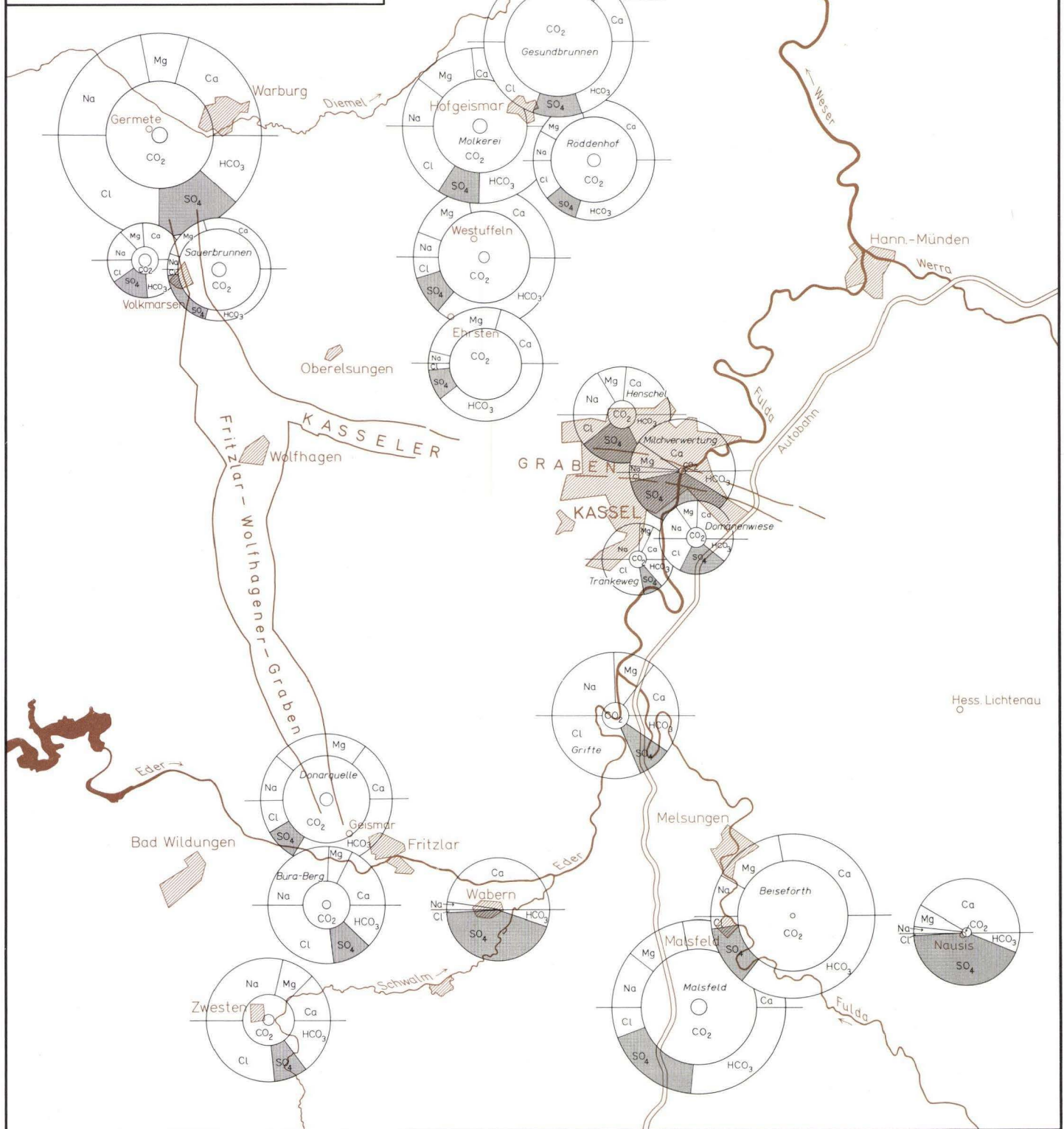


# Mineralwässer in Nordhessen



Die Mineralwässer Ehrsten und Grifte sind nicht mehr zugänglich

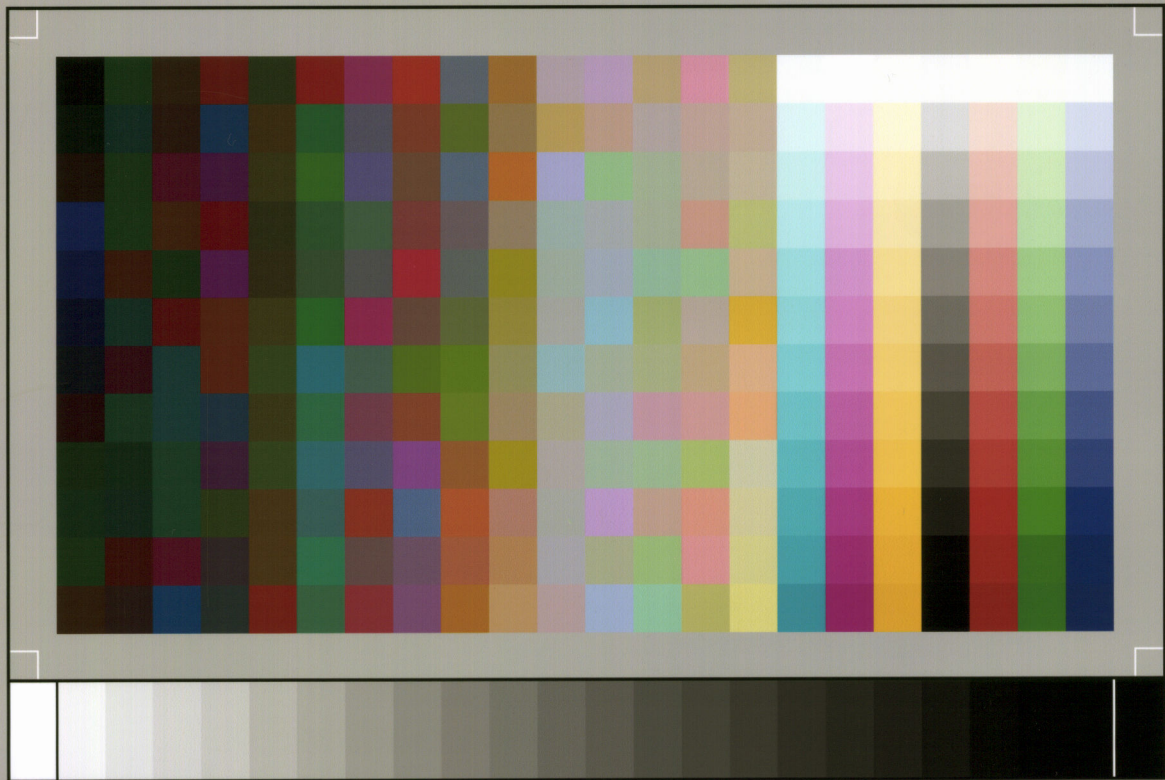
0 10 km



NOTIZBLATT DES HESSISCHEN LANDESAMTES  
FÜR BODENFORSCHUNG

VI. Folge, Heft 1: 344 Seiten, 11 Tafeln, 35 Abbildungen, 1950 . . .	17,50 DM
VI. Folge, Heft 2: 255 Seiten, 21 Tafeln, 18 Abbildungen, 1951 . . .	16,— DM
VI. Folge, Heft 3: 476 Seiten, 24 Tafeln, 30 Abbildungen, 1952 . . .	20,— DM
Band 81 (VI/4): 464 Seiten, 18 Tafeln, 66 Abbildungen, 1953 . . .	20,— DM
Band 82 (VI/5): 411 Seiten, 10 Tafeln, 50 Abbildungen, 1954 . . .	20,— DM
Band 83 (VI/6): 420 Seiten, 26 Tafeln, 58 Abbildungen, 1955 . . .	20,— DM
Band 84 (VI/7): 492 Seiten, 35 Tafeln, 58 Abbildungen, 24 Tabellen, 1956 . . . . .	20,— DM
Band 85 (VI/8): 555 Seiten, 26 Tafeln, 100 Abbildungen, 55 Tabellen, 1957 . . . . .	25,— DM
Band 86 (VI/9): 444 Seiten, 20 Tafeln, 63 Abbildungen, 23 Tabellen, 1958 . . . . .	25,— DM
Band 87: 462 Seiten, 23 Tafeln, 1 Bild, 72 Abbildungen, 14 Prof., 32 Tabellen, 1959 . . . . .	25,— DM
Band 88: 430 Seiten, 23 Tafeln, 73 Abbildungen, 25 Tabellen, 1960 .	25,— DM
Band 89: 504 Seiten, 25 Tafeln, 97 Abbildungen, 16 Tabellen, 1961 .	25,— DM
Band 90: 558 Seiten, 36 Tafeln, 75 Abbildungen, 31 Tabellen, 1 Bild, 1962 . . . . .	30,— DM
Band 91: 427 Seiten, 27 Tafeln, 104 Abbildungen, 27 Tabellen, 1963 .	30,— DM
Band 92: 340 Seiten, 15 Tafeln, 63 Abbildungen, 19 Tabellen, 1964 .	30,— DM
Band 93: 404 Seiten, 21 Tafeln, 88 Abbildungen, 29 Tabellen, 4 Diagramme, 1965 . . . . .	40,— DM
Band 94: 456 Seiten, 22 Tafeln, 86 Abbildungen, 13 Tabellen, 1966 .	40,— DM
Band 95: 324 Seiten, 11 Tafeln, 2 Bilder, 44 Abbildungen, 18 Diagramme, 8 Tabellen, 1967 . . . . .	40,— DM
Band 96: 424 Seiten, 15 Tafeln, 1 Bild, 61 Abbildungen, 17 Tabel- len, 1968 . . . . .	40,— DM





SP050509001

ScanPrint® *autopilot* Scan Target v2.0