

Notizblatt

des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden

Band 100

Mit 53 Abbildungen, 38 Tabellen und 14 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1972

Notizblatt
des Hessischen Landesamtes
für Bodenforschung
zu Wiesbaden

Band 100

Mit 53 Abbildungen, 38 Tabellen und 14 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1972

Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.	100	332 S.	53 Abb.	38 Tab.	14 Taf.	Wiesbaden 1972
---	------------	---------------	----------------	----------------	----------------	-----------------------

Mit der Schriftleitung beauftragt:
Regierungsdirektor Dr. ARNOLD RABIEN, ALBERT KARSCHNY

Hessisches Landesamt für Bodenforschung
62 Wiesbaden, Leberberg 9

Inhaltsverzeichnis

A. Wissenschaftlicher Teil:

- BACKHAUS, EGON, & REUL, KONRAD:**
Faziesentwicklungen in Schüttungskörpern des Mittleren Buntsandsteins anhand von Gamma-Logs und Folgerungen für die Korrelierung von Leitbänken. Mit Tafel 9 131
- BOY, JÜRGEN A.:**
Palökologischer Vergleich zweier berühmter Fossilagerstätten des deutschen Rotliegenden (Unterperm, Saar-Nahe-Gebiet). Mit 2 Abbildungen 46
- BUSSE, ERWIN:**
Zur Stratigraphie des Oberen Muschelkalks im Diemeltal bei Warburg. Mit 2 Abbildungen 135
- GROOS-UFFENORDE, HELGA:**
Devon und Unterkarbon der Dill-Mulde südöstlich Herborn (Rheinisches Schiefergebirge). Mit 10 Abbildungen, 6 Tabellen und den Tafeln 7—8 92
- HEINRICHS, HARTMUT:**
Mineralbestand und Chemismus der Alkali-Olivinbasalte aus der Umgebung von Homberg a. d. Efze (Hessen). Mit 3 Abbildungen und 4 Tabellen 164
- HERRMANN, RUDOLF:**
Über Erdfälle äußerst tiefen Ursprungs (Die „Wolkenbrüche“ bei Trendelburg und die „Meere“ bei Bad Pyrmont). Mit 5 Abbildungen und Tafel 10 177
- HÖLTING, BERNWARD:**
Ein in Wetter/Krs. Marburg (Hessen) erschlossenes $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -haltiges Mineralwasser und die Genese solcher Wässer. Mit 1 Abbildung und 2 Tabellen 260
- HÖLTING, BERNWARD, & WIEGAND, KLAUS:**
Die quantitative Abschätzung von Änderungen der Mineralwasserkomponenten 254
- HUCKRIEDE, REINHOLD, mit Beiträgen von BERDAU, MÜLLER, REHAGEN:**
Altholozäner Beginn der Auelehm-Sedimentation im Lahn-Tal? 153
- NEUFFER, FR. OTTO:**
Im UV-Licht nachweisbare Färbungsmuster bei Pectiniden aus dem Unteren Meeressand des Mainzer Beckens. Mit den Tafeln 4—6 41
- PICKEL, HANS-JÜRGEN:**
Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen am Ostrand der Frankenger Bucht im Niederschlagsgebiet der Schweife. Mit 17 Abbildungen, 21 Tabellen und den Tafeln 11—14 207
- SOLLE, GERHARD:**
Abgrenzung und Untergliederung der Oberems-Stufe, mit Bemerkungen zur Unterdevon-/Mitteldevon-Grenze. Mit 2 Abbildungen 60
- TOBIEN, HEINZ:**
Mikromammalier aus dem alttertiären Melanienton von Nordhessen. Teil 2: Rodentia, Biostratigraphie, Biostratonomie. Mit 7 Abbildungen, 4 Tabellen und den Tafeln 1—3 7
- VINX, ROLAND:**
Vulkanische Senkungsstrukturen westlich Hofgeismar (Nordhessen). Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle 194

B. Amtlicher Teil:

NÖRING, FRIEDRICH:

Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1971 (1. 1.—31. 12. 1971) 287

HERZBERG, ANNELES:

Hessisches Geologisches Schrifttum 1971 mit Nachträgen aus den Jahren 1958—1970 310

Register 323

A.

Wissenschaftlicher Teil

Mikromammalier aus dem alttertiären Melanienton von Nordhessen

Teil 2: Rodentia, Biostratigraphie, Biostratonomie

Von

HEINZ TOBIEN, Mainz

Mit 7 Abbildungen, 4 Tabellen und den Tafeln 1-3

Kurzfassung: Die Rodentier aus dem unteroligozänen Melanienton in Nordhessen werden näher beschrieben. Die biostratigraphische Stellung des Melanientones und seine Beziehungen zu zeitlich und räumlich benachbarten Vorkommen werden diskutiert und einige Angaben zur Biostratonomie des Kleinsäugervorkommens gemacht.

Abstract: The rodents from the Lower Oligocene Melanienton (*Melania* clay) of Northern Hesse are described. The biostratigraphical position of the Melanienton and its relations to stratigraphically and geographically adjacent deposits are discussed and some biostratonomic remarks are given.

Sommaire: Les rongeurs du Melanienton (argile à Mélanies) de l'Oligocène inférieur du Hesse septentrional sont décrits. La position biostratigraphique du Melanienton et les relations avec des gisements stratigraphiquement et géographiquement adjacents sont discutées et quelques observations biostratonomiques sont données.

Inhalt

1. Vorbemerkungen	8
2. Beschreibung der Rodentier-Taxa	8
2.1. Neustadt (Kr. Marburg)	8
2.1.1. <i>Gliravus</i> cf. <i>priscus</i>	8
2.1.2. <i>Suevosciurus fraasi</i>	13
2.1.3. <i>Theridomys</i> (<i>Theridomys</i>) <i>aquatilis</i>	13
2.1.4. <i>Thalerimys</i> (gen. nov.) cf. <i>fordi</i>	19
2.2. Nordshausen bei Kassel	29
2.2.1. <i>Thalerimys</i> cf. <i>fordi</i>	29
3. Schlußbemerkungen	30
3.1. Die Altersstellung der Fundpunkte und des hessischen Melanientones	30
3.2. Biostratonomische Bemerkungen	35
4. Zusammenfassung	36
5. Schriftenverzeichnis	38

*) Prof. Dr. H. TOBIEN, Paläontologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität, 65 Mainz, Saarstraße 21.

1. Vorbemerkungen

In diesem (Schluß-) Teil werden die Nagerreste aus den Fundpunkten Neustadt (Kr. Marburg) und Nordshausen (bei Kassel) des hessischen Melanientones beschrieben. Im Teil 1 (TOBIEN 1971: 11–13) sind Lage und stratigraphische Verhältnisse bei der Lokalitäten behandelt, worauf hier hingewiesen sei.

Neben den in Teil 1 genannten Kollegen möchte ich auch hier der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ihre Sachbeihilfe danken. Mein Dank gebührt ferner:

Mme. Dr. VIANEY-LIAUD und den Herren Prof. LAVOCAT, Prof. THALER und Dr. HARTENBERGER für die freundliche Erlaubnis zum Studium von Vergleichsmaterial und für Diskussionen in Montpellier; Mme. VIANEY-LIAUD ließ mich dazu Einblick in ihr im Druck befindliches Manuskript: «L'évolution du genre *Theridomys* à l'Oligocène moyen» nehmen;

den Herren Prof. CASIER und Dr. MISONNE – Brüssel, die mir das Studium der Rodentier von Hoogbutsel und Hoeleden ermöglichten;

Frl. A. BOSMA – Utrecht für die Erlaubnis, die Theridomyiden der Isle of Wight zu vergleichen, sowie ihr gemeinsam mit A. INSOLE – Bristol verfaßtes Manuskript über “*Theridomyinae* from the Osborne Beds (Late Eocene), Isle of Wight, England” einzusehen, ferner für die Ausführung von Vergleichsmessungen an den *Theridomys*-Zähnen von Neustadt;

den Herren Prof. LEHMAN und Dr. DE BONIS – Paris für das Studium der *Theridomys*-Materialien von La Débruge und Ronzon;

Herrn GARRAUX – Basel für die Ausführung der Zeichnungen auf den Tafeln 1–3;

Herrn TOCHTENHAGEN – Frankfurt für die REM-Aufnahmen, Taf. 1 Fig. 1, 8, an einem von der VW-Stiftung-Hannover beschafften Stereoscan im Paläontol. Institut, Frankfurt a. Main.

Die nachstehend behandelten Materialien sind ebenso wie jene des Teils 1 in der Geol. Paläontol. Abt. des Hessischen Landesmuseums Darmstadt (Abt.-Leiter Dr. R. HEIL) aufbewahrt.

2. Beschreibung der Rodentier-Taxa

2.1. Neustadt (Kr. Marburg)

Der Fundpunkt Neustadt lieferte Zahn-Material der Nager-Genera: *Gliravus*, *Suevosciurus*, *Theridomys* und *Thalerimys* n. g.

2.1.1. *Gliravus* cf. *priscus*

Familie Gliridae

Genus *Gliravus* STEHLIN & SCHAUB 1951

Gliravus cf. *priscus* STEHLIN & SCHAUB

1951 *Gliravus* cf. *priscus* — STEHLIN & SCHAUB, Abh. schweiz. pal. Ges., **67**: 368.

1960 *Gliravus* cf. *priscus* — TOBIEN, Z. deutsch. geol. Ges., **112**: 590.

1971 *Gliravus* — TOBIEN, Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 22

(Taf. 1 Fig. 1–7).

Material: 1 D⁴, 1 P⁴, 6 M^{1/2}, 2 P₄, 5 M_{1/2}, 2 M₃.

Durch 17 vollständig erhaltene, isolierte obere und untere Gebißelemente ist der archaische Gliride *Gliravus* vertreten. Nach Größe und Struktur gehören die Zähne zu der Gruppe kleinerer Formen, für die *Gl. priscus* repräsentativ ist.

1 D⁴ sin. (Taf. 1 Fig. 1) — von *Gl. priscus* bisher noch nicht bekannt — hat ein wohlentwickeltes Trigonum mit den 3 Haupthügeln, ein langes, labial verdicktes Vordercingulum, ein Hintercingulum mit gut ausgebildetem Hypocon, sowie die Andeutung eines Centrolophes. Dieses besteht aus einem, im Inneren des Trigonum-Beckens gelegenen, transversal gestreckten Schmelzhügel; dieser zeigt eine vage Verbindung zu einem vom Paracon nach hinten verlaufenden, kurzen, aber kräftigen Grat (an dem der Centroloph bei weiterer Komplettierung voll angeschlossen wird).

Ein D⁴ aus dem „Unteren Bartonien“ von Laguarrès (Huesca, Spanien), von HARTENBERGER (1971 a: Abb. 14a) *Gliravus* sp. zugeschrieben, ist deutlich primitiver, Vordercingulum kürzer und schwächer, ebenso der Centroloph, vor allem fehlt der kurze Längsgrat hinter dem Paracon. Gleiches gilt für einen D⁴ aus dem „Oberen Bartonien“ (= etwas älter als das Niveau von Euzet) von Robiac-Nord (HARTENBERGER 1971 a: Taf. 2, Fig. 6: *Gl. robiacensis* HART.). Diese strukturellen Unterschiede stehen durchaus im Einklang mit dem jüngeren Alter von Neustadt. Von oligozänen *Gliravus*-Formen (Coderet, bayerische Molasse: HUGUENEY 1969: 121–143, VOLLMAYR 1966) sind bisher keine D⁴ bekannt geworden.

Tab. 1. Maße D⁴: *Gliravus*

	<i>Gl. cf. priscus</i> Neustadt: Ns 209	<i>Gl. robiacensis</i> Robiac-Nord *)	<i>Gl. aff. robiacensis</i> Fons 4**)
L	0,72	0,61–0,72 (0,68)	0,71
B	0,68	0,80–0,86 (0,83)	0,70

*) HARTENBERGER 1971 a: 116; **) HARTENBERGER 1971 a: 122.

Der P⁴ (Taf. 1 Fig. 2) zeigt bereits alle Strukturelemente der Molaren; so ist auch der Centroloph (HARTENBERGER 1971 a: Abb. 2) gut entwickelt und mit dem Paracon verbunden. An den P⁴ von St. Saturnin (= La Débruge, Typuslokalität von *Gl. priscus*) im Museum Basel ist der Centroloph ebenfalls entwickelt, aber etwas schwächer als am Neustadt-Exemplar. Gleiches gilt für den P⁴ im Skelett aus dem Gips des Montmartre (HARTENBERGER 1971 a: 122, Taf. 5 Fig. 6). Bei dem stratigraphisch älteren *Eoglravus hammeli* von Bouxwiller und *Gliravus robiacensis* von Robiac-Nord (HARTENBERGER 1971 a: Abb. 5, 10; Taf. 2 Fig. 2, 5) ist er nur angedeutet vorhanden. Gänzlich fehlt der Centroloph dem größeren *Gl. majori* (STEHLIN & SCHAUB 1951: Abb. 198) und ähnlichen Formen aus dem Chattium der süddeutschen Faltenmolasse (VOLLMAYR 1966: 82, Taf. 7 Fig. 9; Taf. 8 Fig. 2).

Die P⁴ stimmen mit Exemplaren von Malpérié, Sosis und Lascours¹ (Material im Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés, Montpellier) gut überein, wobei die von Malpérié („Bartonien supérieur ou Tongrien inférieur = Lattorfien“) kleiner, die von Sosis („Bartonien supérieur“) und Lascours („Tongrien inférieur = Lattorfien“) etwas größer sind.

¹) Zu den hier und im folgenden erwähnten französischen und spanischen Eozän/Oligozän-Lokalitäten mit Faunenlisten und Altersangaben vgl. HARTENBERGER 1971 b: 100–119.

M^{1/2} (Taf. 1 Fig. 3): Hier ist der Centroloph kräftiger entwickelt als an den entsprechenden Zähnen von La Débruge und mit dem Paracon deutlich verbunden (vgl. STEHLIN & SCHAUB 1951: Abb. 197 a, und weiteres Material im Museum Basel). Mehr Übereinstimmung besteht mit den oberen Molaren im Skelett aus dem Montmartre-Gips, auch im kräftig entwickelten Vordercingulum, sowie dem M sup. von Malpérié (HARTENBERGER 1971 a: Taf. 5 Fig. 6, 7; Taf. 4 Fig. 8).

P₄ (Taf. 1 Fig. 4) hat trapezoidischen Umriß, Proto-, Meta-, Hypo- und Entoconid, ein gut entwickeltes, vom Hypoconid lingualwärts verlaufendes, aber das Entoconid nicht erreichendes Posterolophid. Unfertig gegenüber den Molaren wirkt dagegen das Metallophid, welches Proto- und Metaconid verbindet. In der Senke zwischen den beiden Lophiden finden sich einige unregelmäßig angeordnete Schmelzgrätchen und -warzen. Ein eigentliches Mesolophid, wie es am P₄ der Typus-Zahnreihe von La Débruge (STEHLIN & SCHAUB 1951: Abb. 513 b) zu beobachten ist, fehlt hier. An einem anderen P₄ von Neustadt (Ns 132) ist das Mesolophid jedoch gut entwickelt. Andererseits fehlt hier das Metallophid, wie auch jeder Ansatz dazu. Die Variabilität der P₄ in der Neustadt-Population dürfte danach recht beträchtlich sein.

M₁ und M₂ (Taf. 1 Fig. 5, 6) stimmen mit den von STEHLIN & SCHAUB (1951: Abb. 513 c, 514) und HARTENBERGER (1971 a: Taf. 5 Fig. 9) abgebildeten *Gl. priscus* - Funden aus La Débruge, Mormont-Entreroches und Montmartre-Gips im wesentlichen überein, ebenso wie mit den von mir in Montpellier eingesehenen Molaren von *priscus* bzw. aff. *priscus* von Malpérié, Perrière, Sosis und Lascours. Jedoch finden sich im hinteren Synclinid - d. h. zwischen Mesolophid und Hypolophid - sowohl an den zwei abgebildeten, wie an je einem weiteren M₁ und M₂ (Ns. 203, 204) kleine Schmelzhügel, die der Typuszahnreihe von La Débruge fehlen. Sie deuten eine offensichtlich weitergehende Komplikation im Sinne der Modernisierung der Struktur an.

Auch die zwei M₃ (Taf. 1 Fig. 7) weisen neben den Haupthügeln und -Antikliniden der Krone das eben genannte Accessorium auf.

Beziehungen und Vergleiche: Der Neustadt-*Gliravus* gehört in den Formenkreis von *priscus*. *Gl. robiacensis* (HARTENBERGER 1971 a: 116) ist in den P und

Tab. 2. *Gliravus* cf. *priscus* von Neustadt: Zahnmaße

	P ⁴		M ^{1/2}						
	Ns 130	Ns 128	Ns 207	Ns 131	Ns 129	Ns 205	Ns 206		
L	0,62	0,63	0,67	0,75	0,77	0,81	0,78		
B	0,82	0,75	0,90	0,96	0,90	0,92	0,91		
	P ₄		M ₁		M ₂			M ₃	
	Ns 133	Ns 132	Ns 203	Ns 135	Ns 136	Ns 137	Ns 204	Ns 134	Ns 208
L	0,72	0,69	0,79	0,99	0,82	0,82	0,85	0,78	0,69
B	0,72	0,72	0,79	0,96	0,84	0,93	0,87	0,79	0,77

M strukturell unfertiger und weniger differenziert, außerdem kleiner. Dies hängt mit seinem gegenüber Neustadt höheren stratigraphischen Alter zusammen. *Gl. meridionalis* HARTENBERGER (1971 a: 124) hat U-förmiges Trigonum an den oberen Molaren und nicht V-förmiges, wie für *Gl. priscus* charakteristisch.

In den Dimensionen (Abb. 1–3, Tab. 2) sind die Neustadt-Zähne durchweg etwas kleiner als die entsprechenden von der Typus-Lokalität und aus dem Montmartre-Gips. Diese etwas größeren Dimensionen zeigen auch die Materialien von Sosis, einer Lokalität, die stratigraphisch etwas älter als La Débruge und Montmartre ist und dem Niveau von Euzet-les-Bains (zone d'Euzet THALER's) entspricht (TOBIEN 1971: 25).

Wie die Diagramme (Abb. 1–3) zeigen, nähern sich die Neustadt-Zähne größtmäßig eher den Funden von Malpérié und Perrière. Die genaue stratigraphische Stellung dieser neuentdeckten Karstspalten im Quercy steht noch nicht fest. HARTENBERGER (1971 a: 112, 115) gibt „Bartonien supérieur oder Tongrien inférieur (Lattorfien)“ an.

Dies bedeutet eine Position entweder älter als La Débruge/Montmartre oder gleichalt als diese, oder auch etwas jünger.

Da der Neustadt-*Gliravus* etwas kleiner als die Typus-Form von La-Débruge ist, außerdem an den unteren M_1 – M_3 Anzeichen einer gewissen strukturellen Komplikation aufweist, bezeichne ich die Materialien als *Gliravus* cf. *priscus*.

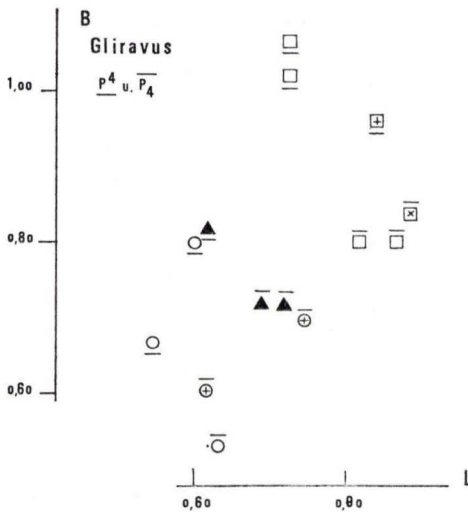


Abb. 1. Längen-Breiten-Diagramm der P⁴ und P₄ von *Gliravus* cf. *priscus* (Neustadt), *Gl. priscus* [Perrière, Malpérié, La Débruge (= St. Saturnin), Montmartre] und *Gl. aff. priscus* (Sosis).

Werte nach HARTENBERGER 1971a: Abb. 12 u. 13; Montmartre- und La-Débruge-Werte ergänzt. (Montmartre-P⁴-Wert nach HARTENBERGER 1971 a: Taf. 5, Fig. 6). Zeichen-erklärung s. Abb. 2.

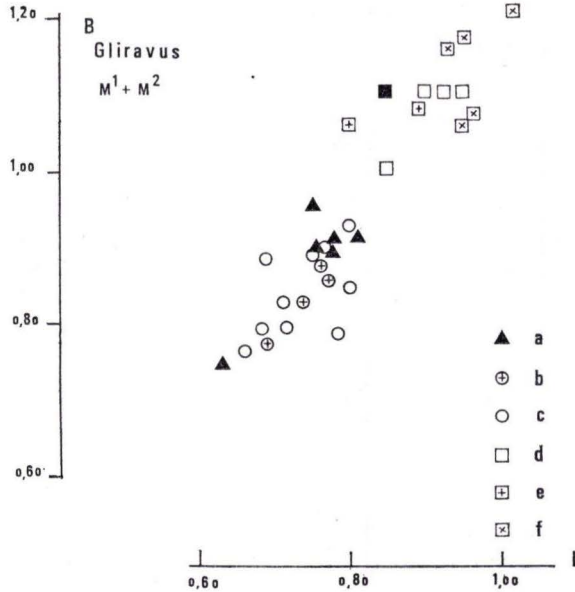


Abb. 2. Längen-Breiten-Diagramm der $M^1 + M^2$ von *Gliravus* cf. *priscus* (Neustadt), *Gl. priscus* [Perrière, Malpérié, La Débruge (= St. Saturnin), Montmartre] und *Gl. aff. priscus* (Sosis). Werte nach HARTENBERGER 1971a: Abb. 13. Montmartre- und La-Débruge-Werte ergänzt.

Zeichenerklärung: a: Neustadt; b: Perrière; c: Malpérié; d: La Débruge; e: Montmartre; f: Sosis. Schwarzes Quadrat: Typus von *Gl. priscus*, La Débruge.

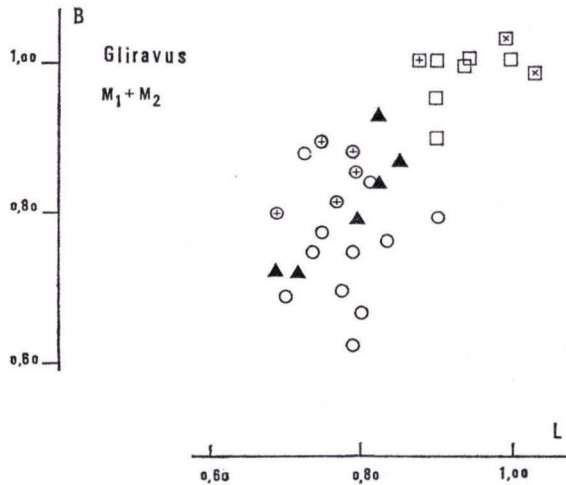


Abb. 3. Längen-Breiten-Diagramm der $M_1 + M_2$ von *Gliravus* cf. *priscus* (Neustadt, *Gl. priscus* [Perrière, Malpérié, La Débruge (= St. Saturnin), Montmartre] und *Gl. aff. priscus* (Sosis). Werte nach HARTENBERGER 1971a: Abb. 12. Montmartre- und La-Débruge-Werte ergänzt. Zeichenerklärung s. Abb. 2.

Peridyromys micio MISONNE (1957: 51), das stratigraphisch nächst jüngere Taxon aus dem „Tongrien supérieur“ von Hoogbutsel ist von *Gliravus* verschieden, worauf HUGUENEY (1969: 129) und HARTENBERGER (1971 a: 127) mit Recht hinweisen. Strukturell ist er komplizierter, könnte aber durchaus aus dem *priscus*-Formenkreis abgeleitet werden. VOLLMAYR (1966: 75, Taf. 7 Fig. 15) beschreibt einen stark beschädigten M_3 als *Gl. cf. priscus* aus dem älteren Chattium der süddeutschen Faltenmolasse (Schleifmühle II). Dieses Zähnchen ist dem M_3 von *Gl. bruijni* aus dem ebenfalls chattischen Coderet (HUGUENEY 1969: Abb. 69) auch nicht unähnlich.

2.1.2. *Suevosciurus fraasi*

Familie Pseudosciuridae ZITTEL 1893

Genus *Suevosciurus* DEHM 1937

Suevosciurus fraasi (MAJOR 1873)

1971 *Suevosciurus fraasi* — SCHMIDT-KITTLER, Abh. bayer. Akad. Wiss., **150**: 31 ff. (dort weitere Synonymie)

(Taf. 1 Fig. 8)

Material: 1 P⁴ sin.

Der P⁴ (Taf. 1 Fig. 8) dokumentiert die Anwesenheit des Genus *Suevosciurus* in der Neustadt-Lokalfauna. Der kräftig entwickelte, in zwei kleine Höcker aufgegliederte Vorderlobus liegt am Labialrand der Krone und gehört damit zum „ersten Ausbildungstyp“ des P⁴ bei SCHMIDT-KITTLER (1971: 42, Abb. 16d). Am Vorjoch findet sich ein kleiner Protoconulus, das gut ausgebildete Nachjoch ist dagegen ohne Metaconulus. Die Gratverbindung zwischen den beiden Innenhügeln ist nicht unterbrochen. Die Innenbucht ist ziemlich symmetrisch. Der Mesostyl entsendet einen kurzen Sporn in das Zahninnere. Die Schmelzoberfläche des noch nicht angekauften Zahnes ist gleichmäßig gerunzelt, aber ohne stärkere Leisten oder Wülste.

Damit entspricht der Zahn der von SCHMIDT-KITTLER (1971: 42) gegebenen Beschreibung des P⁴. In den Längen-Breiten-Dimensionen (L: 1,83, B: 1,62) fällt der Neustadt-P⁴ in die Größenverhältnisse von *S. fraasi*. *S. ehingensis* ist deutlich größer. Von *S. minimus* — der kleinsten der drei *Suevosciurus*-Arten — ist zwar bisher kein P⁴ bekannt geworden, aber ein Vergleich über die oberen Molaren beider Spezies zeigt, daß der Neustadt-P⁴ dimensionell nicht zu *minimus*, sondern zu *fraasi* gehört (SCHMIDT-KITTLER 1971: Abb. 20, 45).

SCHMIDT-KITTLER (1971: 46, Tab. 8) nennt 17 Spaltenfüllungen im Bereich des süddeutschen Juras (dazu nach Abb. 16d: Ehingen 12), in denen *S. fraasi* vorkommt. Sie verteilen sich auf folgende Niveaus: 1.) Montmartre: 3; 2.) Frohnstetten: 6; 3.) Ronzon: 5; 4.) La Sauvetat (folgt bei SCHMIDT-KITTLER auf das Niveau von Ronzon): 4. Diese stratigraphische Verteilung würde der unten diskutierten Altersstellung der Neustadt-Lokalfauna nicht widersprechen.

In Deutschland wurde *Suevosciurus* bisher nur in den Karstspalten des schwäbischen und fränkischen Juras angetroffen. Neustadt bringt zum ersten Mal ein Vorkommen in stratifiziertem Tertiär, sowie außerhalb Süddeutschlands.

2.1.3. *Theridomys (Theridomys) aquatilis*

Familie Theridomyidae ALSTON 1876

Genus *Theridomys* JOURDAN 1837

Subgenus *Theridomys* JOURDAN 1837 (VIANEY-LIAUD 1972)*Theridomys (Theridomys) aquatilis* AYMARD

- 1848—1852 *Theridomys aquatilis* — GERVAIS, Zool. Pal. franç.: 28, Taf. 46 Fig. 6—7; Taf. 47 Fig. 19.
 1853 *Isoptychus aquatilis* — POMEL, Catalogue méth.: 35.
 1951 *Isoptychus aquatilis* — STEHLIN & SCHAUB, Abh. schweiz. pal. Ges., 67: 362.
 1972 *Theridomys (Theridomys) aquatilis* — VIANEY-LIAUD, C. r. Ac. Sci., 274: 1007 (1972a).
 1972 *Isoptychus aquatilis* — BOSMA & INSOLE, Kon. nederl. Akad. Wet., B, 75: 138.

(Taf. 1 Fig. 9—13)

Material: 2 D⁴, 2 M^{1/2}, 1 M³, 1 D₄, 1 P₄, 3 M_{1/2}, 1 M₃.

Einige Zähne belegen diesen erstmalig aus Ronzon (Haute-Loire) beschriebenen Theridomyiden auch in Neustadt.

Die D⁴ (Taf. 1 Fig. 9, 10) sind in den Kronen deutlich niedriger und z. T. komplizierter als P⁴ und die Molaren. Protoloph (= 2. Antikline), Mesoloph (= 3. Antikl.), Metaloph (= 4. Antikl.) sind wohl entwickelt, das Schlußcingulum (= 5. Antikl.) ist dagegen etwas schwächlich. Differenzierter als am P⁴ ist die Vorderpartie der Krone. Gegenüber *Thalerimys-D⁴* (Taf. 2 Fig. 16, 17) sind diese Kronen bedeutend einfacher. Ns 179: L: 2,23, B: 1,72; Ns 186: L: 2,31, B: 1,88.

Die M^{1/2} (Taf. 1 Fig. 11) zeigen die 5 typischen Antiklinen, wobei die mittlere (Mesoloph-) Antikline etwas schwächer ist als die beiden direkt benachbarten. Die Innenbucht dringt nicht sehr tief labialwärts ein. Die Synklinen I und III (STEHLIN & SCHAUB 1951: Abb. 28) sind länger als die Synkline II. Ns 177: L: 1,74, B: 2,34; Ns 105: L: 1,95, B: —.

Der M³ hat die übliche, schräggestellte Außenwand, die Schlußantikline fehlt fast völlig, und die 4. Antikline ist sehr verkürzt und gegenüber M^{1/2} abgeschwächt. L: 1,95, B: 2,40.

Der vorn-innen defekte, in der Krone niedrigere und im Schmelz dünnere D₄ (Taf. 1 Fig. 12) ist im Vorderteil länger als der P₄ und hat im kesselartigen Vordersynklinid noch einen zusätzlichen Längswulst, der dem P₄ fehlt. L: ca. 2,80, B: 1,62.

Der vorn defekte P₄ (Ns 210) hat am linguale Ende des Mesolophides (= 3. Antiklinid) ein kurzes, längsgestelltes, nach hinten gerichtetes Wändchen, welches das vorletzte Synklinid nach innen teilweise verschließt. Andeutungsweise zeigt dies auch der P₄ in der bei STEHLIN & SCHAUB (1951: Abb. 318) abgebildeten Zahnreihe von *Th. siderolithicus* aus Mormont-Eclépens. Ähnlich angedeutet ist das Wändchen am P₄ von *Th. pseudosiderolithicus* aus La Débruge (DE BONIS 1964: Taf. 5 Fig. 1). Ganz verschlossen ist dagegen dieses III. (= vorletzte) Synklinid am P₄ des *Th. aquatilis* von Hoogbutsel (MISONNE 1957: Taf. 1 Fig. 1): offenbar ein evoluiertes Stadium, wobei der Neustadt-P₄ eine Vorstufe darstellt. L: —; B: 1,49.

Die drei M_{1/2} (Taf. 1 Fig. 13) zeigen ein im Vergleich zu den benachbarten Antikliniden schwächeres Mesolophid. Ähnliches findet sich bei *Th. pseudosiderolithicus* (DE BONIS 1964: Taf. 5 Fig. 1) von La Débruge. An den unteren M_{1/2} von Hoogbutsel (MISONNE 1957: Taf. 1 Fig. 1, 2) tritt dieser Unterschied nicht so hervor, ebenso bei denen von Ronzon (Material im Museum Paris). Die Neustadt-Molaren sind darin intermediär.

Das vordere Antiklinid (= Metalophid) ist ohne Andeutung der Bildung eines Synklinides I, wie es z. B. bei *Trechomys* vorkommt. Das labiale Ende ist vom Protoconid durch eine kleine, vertikale Furche abgetrennt, offenbar die letzte Erinnerung an das völlig reduzierte Anteroconid (= Paraconid bei STEHLIN & SCHAUB 1951). Der linguale Ausgang des hinteren Synklinides ist bereits weitgehend geschlossen, jedoch nicht so weit wie an den unteren Molaren von Hoogbutsel (MISONNE 1957: Taf. 1 Fig. 1, 2, sowie Material in Brüssel und Montpellier) und an den Molaren von Ronzon (Material in Paris), aber gleich wie, bzw. z. T. noch stärker als bei *Th. pseudosiderolithicus* (DE BONIS 1964: Taf. 5 Fig. 1, 2).

Ns 184: L: 2,01, B: 1,76; Ns 180: L: 2,21, B: 2,08, Ns 185: L: 2,24, B: —. Am M_3 ist das Mesolophid etwas kräftiger, das Metaconid-Antiklinid dagegen eher abgeschwächt, im Vergleich zu den vorderen Molaren. Ns 183: L: 2,24, B: 1,89.

Beziehungen und Vergleiche: In der gleichmäßigen Schmelzdicke entsprechen die Neustadt-Zähne der Definition des Subgenus *Theridomys* bei VIANEY-LIAUD (1972a: 1008). Keiner der unteren Molaren zeigt auch nur die Andeutung eines Synklinides I. Ein Anteroconid fehlt ebenfalls. Am nächsten stehen — nach Vergleichen in der Literatur und mit entsprechendem Material in Montpellier, Paris und Brüssel — *Th. pseudosiderolithicus* von La Débruge und *Th. aquatilis* von Ronzon und Hoogbutsel.

Danach entsprechen die Neustadt-Zähne in der absoluten Größe der Form von La Débruge. Die Populationen von Ronzon und Hoogbutsel²⁾ sind deutlich größer (Material in Paris, Brüssel und Montpellier). Strukturell sind die Neustadt-Zähne dagegen etwas weiter evoluiert als die von *Th. pseudosiderolithicus* (z. B. linguale Verschluß des IV. Synklinides an den unteren Molaren, partieller Verschluß des vorletzten Synklinides am P_4). Offensichtlich nimmt die Neustadt-Form eine intermediäre Stellung zwischen der Form von La Débruge und jenen von Ronzon und Hoogbutsel ein.

Ähnlich intermediär ist die Stellung der Neustadt-Molaren hinsichtlich der Hypsodontie (gemeint ist hier die besondere Form der Teilhypsodontie unter Beibehaltung der Wurzeln). Sie sind hochkroniger als die Molaren von La Débruge, die ich in Montpellier studieren konnte, aber weniger hypsodont — auch unter Berücksichtigung der Größenunterschiede — als die Molaren von Ronzon und Hoogbutsel.

Ein Ausdruck für das verschiedene Ausmaß der Teilhypsodontie ist die unterschiedliche Neigung von Lingual- und Labialwand der Molar- und Prämolarkronen zueinander; z. B. in der Kronenansicht von mesial. Im ursprünglichen, brachyodonten Stadium steht — an den unteren P und M — die Lingualwand beinahe vertikal, die Labialwand ist dagegen lingualwärts geneigt. An den oberen P und M ist dies umgekehrt. Dies findet sich nicht nur bei brachyodonten Rodentiern, sondern auch an anderen Säuger-Molaren und Prämolaren in gleicher Weise.

Mit Einsetzen der Teilhypsodontie, d. h. mit der Aufhöhung der Kronen, geht die Neigung der Seitenwände allmählich verloren. Innen- und Außenwände werden zunehmend parallel. Legt man mit geeigneten Hilfsmitteln (Zeichengerät zum Wild-Stereomikroskop M5) Querprofile — in Vorderansicht — über den Protoloph und

²⁾ Die Größenangaben bei MISONNE (1957: 51) sind sehr niedrig; offenbar sind sie an den Kauflächen abgenommen. Die obigen Werte wurden an der Kronenbasis gemessen.

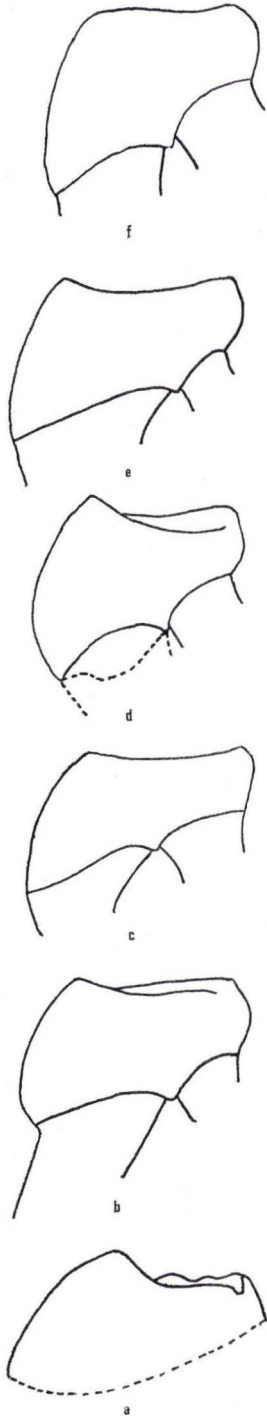


Abb. 4a—f. Querprofile über die Protoloph-Region verschiedener rechter *Theridomys*-M^{1/2}. Auf annähernd gleiche Größe gebracht, daher nicht maßstäblich. Ansicht von mesial; Bruchränder und Ergänzungen gestrichelt. Links: Lingualwand, rechts: Labialwand der Krone; oben: Usurfläche bzw. Gipfelpartie der Krone.

a: *Th. euzetensis*, Fons 4, dext., ohne Usur (Fs4—782, Lab. Paléo Montpellier);

b: *Th. euzetensis*, Fons 4, sin., Usur, invers (Fs4—802, Lab. Paléo. Montpellier);

c: *Th. pseudosiderolithicus*, La Débrouge, sin., Usur, invers (Db. 54, Lab. Paléo. Montpellier);

d: *Th. aquatilis*, Neustadt, dext., Usur (Ns 177, HLD);

e: *Th. aquatilis*, Hoogbutsel, sin., Usur, invers (796—830, Lab. Paléo. Montpellier);

f: *Th. aquatilis*, Ronzon, sin., Usur, invers (1890—5, No. 103; Museum Paris).

zugehörige Seitenwände der oberen Molaren sowie über das Metalophid, nebst zugehörigen Seitenwänden der unteren Molaren, so lassen sich derartige Neigungs-Unterschiede der Seitenwände der Molar-Kronen graphisch darstellen. Gibt man derartigen Profilen gleiche Größe und eliminiert damit die dimensionellen Unterschiede der verglichenen Molaren verschiedener Formen, so läßt sich damit eine Charakterisierung des Hypsodontie-Ausmaßes geben. Sie ist unabhängig vom Usurgrad, abgesehen natürlich von sehr weit abgetragenen Zähnen, die in Mesial-Ansicht nicht mehr viel von Lingual- bzw. Labial-Wänden zeigen. Nachstehend ist dieses Verfahren an einigen Beispielen von Angehörigen des *Th. aquatilis* und verwandter, stratigraphisch älterer Formen demonstriert:

Abb. 4a–f zeigt eine Serie von Querprofilen des $M^{1/2}$ dext. in Vorderansicht und in Höhe des Protolophes. Abb. 4a und 4b sind Profile von *Th. euzetensis* (DEP.) aus Fons 4 (= Niveau von Euzet). Hier ist die Konvergenz von Lingualwand (links) und Labialwand (rechts) noch sehr deutlich, d. h. der Hypsodontie-Grad ist noch relativ niedrig. Dies entspricht dem höheren biostratigraphischen Alter von Fons 4 (Gard) (HARTENBERGER 1971 b: 88), verglichen mit den anderen Lokalitäten der Profilsérie. Abb. 4c zeigt ein Querprofil von *Th. pseudosiderolithicus* aus La Débruge (Niveau von Montmartre), jünger als Euzet. Die Konvergenz der Seitenwände ist hier geringer als in Fons 4 und trotz der fortgeschrittenen Usur des Molaren noch gut sichtbar. Die auch sonst schon festgestellte größere Hypsodontie der La Débruge-Molaren gegenüber jenen von Fons 4 ist auch hier deutlich.

Noch geringer ist die Neigung der Seitenwände zueinander an einem Neustadt $M^{1/2}$ (Abb. 4d), während an den beiden M sup. von Hoogbutsel und Ronzon (Abb. 4e und f) – aus einem Niveau, das sicher jünger ist, als La Débruge – die Neigung der Seitenwände der Kronen extrem gering ist, d. h. die Teil-Hypsodontie in dieser Reihe ihren Maximalwert erreicht. Das Neustadt-Profil, d. h. die Hypsodontie, ist intermediär zwischen La Débruge und Ronzon/Hoogbutsel.

Ähnliches zeigen Profile über die Metalophid-Region (= Antiklinid 2) von Unterkiefer – $M_{1/2}$ sin. (Abb. 5a–e). Die Labialwand (links) ist bei Fons 4 am stärksten gegen die Lingualwand (rechts) geneigt (Abb. 5a). In La Débruge (Abb. 5b) ist die Neigung deutlich geringer, d. h. der Molar ist hypsodanter geworden. In Hoogbutsel und Ronzon (Abb. 5d u. e) sind die Kronen noch höher (dies läßt auch der unangekaute, in der Kronenhöhe gegenüber Ronzon und Hoogbutsel deutlich niedrigere La Débruge-Molar ersehen). Neustadt (Abb. 5c) dürfte intermediär sein. Die Befunde sind hier weniger deutlich als an den $M^{1/2}$; betrachtet man aber den lingualen Profilabschnitt bei Neustadt im Vergleich zu Ronzon und Hoogbutsel, so ist der obere, gegen das Usurprofil laufende Abschnitt bei Neustadt stärker eingebogen als an den zwei jüngeren Profilen, was geringere Hypsodontie bedeutet (vgl. dazu Abb. 5a u. 5b).

Die obigen Profildarstellungen als Ausdruck unterschiedlicher Hypsodontie sind nur als ein erster Versuch zu werten. Er enthält sicher Ungenauigkeiten (bekanntlich ist keine sichere Trennung von isolierten M_1^1 und M_2^1 bei Theridomyiden möglich; evtl. verhalten sich beide Molaren etwas verschieden in Bezug auf Hypsodontie). Nötig wäre auch eine Variabilitätsstudie an Molaren der gleichen Population, auch an P_4^1 und M_2^1 . Auch könnten Profile über Metaloph- bzw. Hypolophid-Region der oberen und unteren Molaren von Interesse sein.

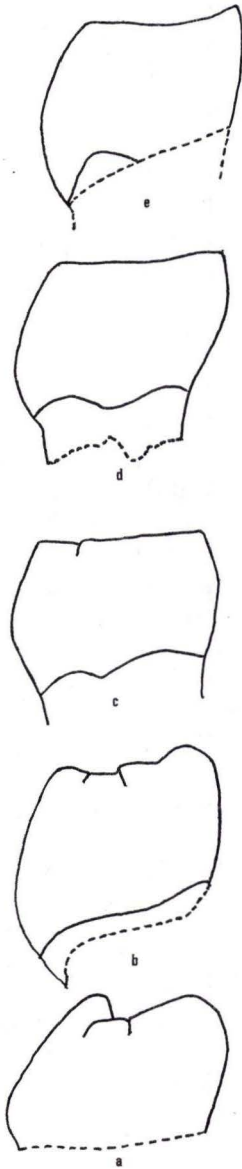


Abb. 5a—e. Querprofile über die Metalophid-Region verschiedener rechter *Theridomys*- $M_{1/2}$. Auf annähernd gleiche Größe gebracht, daher nicht maßstäblich. Ansicht von mesial; Bruchränder und Ergänzungen gestrichelt. Links: Labialwand, rechts: Lingualwand der Krone; oben: Usurfläche bzw. Gipfelpartie der Krone.

a: *Th. euzetensis*, Fons 4, dext., ohne Usur (Fs4—717, Lab. Paléo. Montpellier);

b: *Th. pseudosiderolithicus*, LaDébruge, dext., ohne Usur (ohne Nr., Lab. Paléo. Montpellier);

c: *Th. aquatilis*, Neustadt, dext., Usur (Ns 180, HLD);

d: *Th. aquatilis*, Hoogbutsel, dext., Usur (ohne Nr., Lab. Paléo. Montpellier);

e: *Th. aquatilis*, Ronzon, dext., Usur (1890—5, No. 8, Museum Paris).

Ideal wären frische Zähne: Neben der Konvergenz der Seitenwände wäre hier — bei vorhandener Schmelzgrenze an der Kronenbasis — der Hypsodontie-Grad direkt ablesbar, nachdem die Profile auf gleiche Größe gebracht worden sind. Derartige Molaren stehen jedoch nicht immer zur Verfügung.

Es erschien mir jedoch wert, hier auf diese Darstellungs-Möglichkeit unterschiedlicher Hypsodontie-Verhältnisse hinzuweisen.

Der *Th. aquatilis* von Neustadt ist strukturell identisch mit den einfacheren Exemplaren (d. h. ohne Synklinid I an den unteren Molaren) von *Isoptychus aquatilis* aus den Osborne Beds der Isle of Wight (BOSMA & INSOLE 1972: 138 und eigene Beobachtungen), ist aber deutlich größer. Dies dürfte mit dem gegenüber Neustadt höheren Alter der Osborne Beds (zwischen den Niveaus von Euzet und Montmartre) zusammenhängen.

Zu *Th. golpei* von San Cugat de Gavadons (Prov. Barcelona, Spanien, „Tongrien inf. = Niveau von Montmartre“) bestehen keine Beziehungen. Diese Spezies ist deutlich größer als die von Neustadt (und auch Hoogbutsel) sowie strukturell verschieden (vgl. HARTENBERGER 1971 b: 22,25).

2.1.4. *Thalerimys* (gen. nov.) cf. *fordi*

Familie: Theridomyidae ALSTON 1876

Unter-Familie: ?Theridomyinae ALSTON 1876

Genus *Thalerimys* gen. nov.

Typus-Spezies: „*Isoptychus*“ *fordi* BOSMA & INSOLE (1972: 140); Osborne Beds, Isle of Wight, England.

Diagnose: Theridomyide mit komplizierter Kronenstruktur der unteren und oberen Backenzähne. Mäßig hypsodont. An $P^4 - M^3$ zwischen Meso- und Metaloph – in Synkline III – zusätzliche Schmelzwülste und -Rippen, im Extremfalle ein eigenes Loph bildend. Dadurch bei oberen Molaren Tendenz zur Hexalophodontie. Weitere Schmelzbildungen zwischen Proto- und Mesoloph in Synkline II. Vorderpartie des P^4 komplizierter als die Vorderpartien der M sup. Sinus eng, aber nicht sehr tief anterolabial eingreifend. Synkline I und III länger als Synkline II. D^4 durch Schmelz-Accessorien und Längsdämme zwischen den Antiklinen komplizierter als P^4 .

Untere Molaren mit Anteroconid vor dem Protoconid und 2 Antikliniden vor dem Mesolophid. Die hintere manchmal undeutlich. Keine Schmelzwand vor dem Metaconid der unteren Molaren. Ein accessorisches, schwaches, z. T. unfertiges Antiklinid zwischen Mesolophid und Posterolophid (d. h. im hintersten Synklinid). Dadurch Tendenz zur Hexalophodontie auch an den unteren Molaren. Synusid eng, schräg nach linguo-caudal eingreifend, aber die Zahnmitte nicht erreichend.

P_4 und D_4 mit accessorischem Antiklinid im hintersten Synklinid. Vorderpartie beider Zähne durch accessorische Schmelz-Knospen, -Grate und -Dämme sehr komplex.

Derivatio nominis: für LOUIS THALER, Laboratoire de Paléontologie, Universität Montpellier, und seine Forschungen an tertiären Rodentiern sowie seine Förderung der Säugetierpaläontologie.

Beziehungen und Vergleiche: Die hierher gehörenden, bisher nur aus dem Paläogen-Profil der Isle of Wight und aus dem hessischen Melanienton bekannten Reste (TOBIEN 1960: 590; GRAY 1964: 192–215) bestehen z. Z. nur aus Einzelzähnen und Unterkiefer-Fragmenten. Von Schädelresten ist bisher nichts bekannt. Die Zuweisung zu einer der Unter-Familien der Theridomyiden (LAVOCAT 1951: 73 ff., THALER 1966: 51, HARTENBERGER 1971 b: 10) ist daher schwierig. Das gut entwickelte Anter-

oconid ist auch bei den älteren *Theridomys*-Arten des späten Eozäns noch vorhanden (z. B. *Th. euzetensis*), ebenso auch bei *Oltinomys* (STEHLIN & SCHAUB 1951: 363). Jedoch ist hier das Vorderende der M inf. durch Tendenz zur Entwicklung eines Schmelzwändchens vor dem Metalophid, d. h. die Ausbildung eines I. Synklinides eingeleitet, dazu sind die oberen Molaren zweigeteilt. Im Grundplan der oberen und unteren Molaren besteht dagegen mehr Übereinstimmung mit *Theridomys*. Ich stelle daher *Thalerimys* provisorisch, bis zur besseren Kenntnis des Schädels, zur Unter-Familie Theridomyinae, innerhalb welcher das Genus eine besondere Spezialisierungsrichtung darstellt.

Sie ist im Prinzip dadurch charakterisiert, daß — unter Beibehaltung des ursprünglichen Theridomyiden-Planes (geringe Tiefe der Sinus und Sinuside, keine Taeniodontie, keine extreme Hypsodontie, keine Zement-Bildung, keine Schmelzwand vor dem Metaconid der M inf., Beibehaltung des Anteroconides) — in einigen Synklinen und Synkliniden zusätzliche Schmelzhügel und -Joche auftreten, die im terminalen Falle eine hexalophodonte Struktur der oberen und unteren Molaren zustande bringen. Accessorische Schmelzbildungen finden sich manchmal, aber unregelmäßig und in geringerem Umfange, bei anderen Theridomyiden. Mir ist derartiges von *Trechomys bonduelli* aus den marnes blanches von Romainville bekannt: im hintersten Synklinid, vor allem des M₁, finden sich Spuren und Ansätze von Schmelzwülsten und -knospen (P.G. 20, 45, 46: Mus. Basel). Auch am M₁ der von STEHLIN & SCHAUB (1951: Abb.320) abgebildeten Zahnreihe von *Tr. bonduelli* sind diese Spuren vorhanden, sogar deutlicher als in der Abbildung.

Ebenso hat *Theridomys golpei* HARTENBERGER (1971 b: 22) aus dem „Tongrien inférieur“ von San Cugat de Gavadons (Prov. Barcelona) und Lascours (Gard) an oberen Molaren, vor allem am M³, zusätzliche Schmelzknospen (Material in Montpellier). In ähnlicher Weise zeigen einzelne M inf. von Ronzon (Material Mus. Paris) an der Hinterwand des vorderen Antiklinides sowie am Mesolophid Schmelzwülste und -Pfeilerchen. An dem oberen P⁴, M¹⁻³ von *Theridomys euzetensis* von Fons 4, eine der ältesten *Theridomys*-Arten, stößt man gelegentlich in der vorletzten Synklinid auf Verdickungen vorn am Metaloph bzw. hinten am Mesoloph [z. B. Fs. 4—788, 787, 792, 774, 766 (alles M^{1/2}), 817, ohne Nr. (M³), 772 (P⁴)]. Auch in den vorderen Synklinen(iden) der oberen und unteren Molaren treten manchmal Verdickungswülste an den Querjochen und Ansätze von Längsdämmen sowie kleine Wülste auf den Böden der Synklinen(ide) auf (vgl. auch HARTENBERGER 1971 b: 18, 19). Offenbar handelt es sich in den vorgenannten Fällen um gewisse Parallelerscheinungen in anderen *Theridomys*-Linien.

Eine Besonderheit an den unteren Molaren von *Thalerimys* ist das Anteroconid (= Paraconid bei STEHLIN & SCHAUB 1951: 212 etc.). Es ist deutlich entwickelt an den Materialien aus den Headon Beds der Isle of Wight (= „Bartonien supérieur“ = Niveau von Euzet) wie an mehreren Abbildungen bei CRAY (1964: Taf. 14 Fig. 5) und auch an dem Material im Geol. Inst. Utrecht ersichtlich ist. Auch an den Molaren aus den stratigraphisch nächst jüngeren Osborne Beds dieser Insel (BOSMA & INSOLE 1972: Taf. 1 Fig. 3, sowie weiteres Material in Utrecht) ist das Anteroconid zu beobachten, ebenso wie an den Neustadt-Molaren. Hier ist es jedoch schon in manchen Fällen reduziert, vor allem an den M₃ (Taf. 3 Fig. 28, 29).

Meistens, aber nicht immer, ist das Anteroconid mit dem Protoconid durch 2 kleine, nach hinten gerichtete Wändchen verbunden. Dadurch entsteht ein kleiner Trichter, der von dem lingual anschließenden Synklinid getrennt ist und auch anderer Entstehung als letzteres ist (Taf. 3, Fig. 26 a, Abb. 6 a:X; Siehe auch BOSMA & INSOLE 1972: Abb. 3, Taf. 1, Fig. 3).

Wie oben erwähnt, liegen vor dem Mesolophid zwei Antiklinide mit einem dazwischenliegenden Synklinid (bei BOSMA & INSOLE 1972: 140, 143: „doppeltes Metalophid“). Für die strukturelle Interpretation bieten sich zwei Möglichkeiten an: Entweder ist dieses Synklinid homolog dem Synklinid I bei *Trechomys*, entsprechend der Auffassung von VIANEY-LIAUD (1972: 1008, 1009, Manuskript), danach ist das vordere Antiklinid eine Neubildung und das ursprüngliche Metalophid wurde dadurch nach hinten gedrängt (Abb. 6 b), oder das vordere Antiklinid entspricht dem primären Metalophid und das hintere Antiklinid ist eine Neoformation (Abb. 6 a). Mit anderen Worten: im ersten Falle entsteht das Synklinid I vor dem alten Metalophid; im zweiten Falle entsteht ein Synklinid hinter demselben. Beide wären damit nicht identisch.

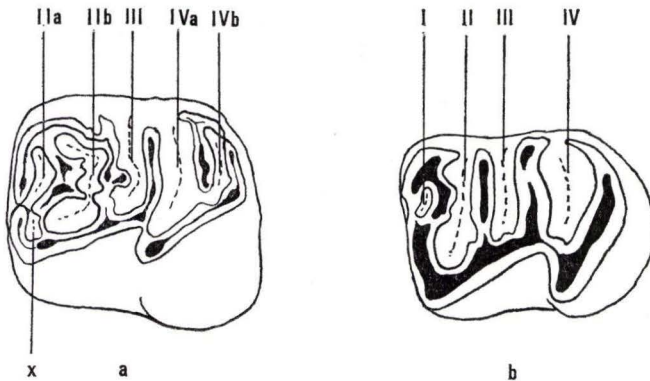


Abb. 6. a: *Thalerimys*, Neustadt, Unteroligozän, $M_{1/2}$ sin., von oclusal. IIa—IVb: Innensynklinide; x: kleines Synklinid hinter Anteroconid. $\times 12,5$.

b: *Trechomys*, $M_{1/2}$ sin. (nach STEHLIN & SCHAUB 1951: Abb. 321 b); I—IV: Innensynklinide. ca. $\times 13$.

Eine Entscheidung hierzu machen die Materialien von *Thalerimys* aus den Lower Headon Beds der Isle of Wight möglich. Aus den Beschreibungen und Figuren von CRAY (1964: Taf. 14, S. 192—215) ist ersichtlich, daß das hintere der beiden vorderen Antiklinide in dieser Population noch sehr unfertig ist (ebenso wie das zusätzliche Antiklinid im hintersten Synklinid der unteren P und M sowie die Accessorien an den oberen P und M). Erst in den jüngeren Osborne Beds wird dieses Element (wie die anderen genannten Accessorien) vollständiger und kräftiger (BOSMA & INSOLE 1972: Taf. 1 Fig. 3). Dies trifft in gleicher Weise für die Neustadt-Zähne zu, die jünger als die Materialien aus den Osborne Beds sind.

Diese Befunde sprechen eher zugunsten der zweiten Alternative, d. h. einer Neubildung des hinteren der beiden Vorder-Antiklinide. Das vordere Synklinid bei *Thaleri-*

mys kann daher nicht mit dem Synklinid I in den *Theridomys*-Linien (bei „*Trechomys*“, *Blainvillimys* etc.) homologisiert werden. Es ist vielmehr aus dem Synklinid II hervorgegangen, das durch das hinter dem Metalophid neugebildete Antiklinid in ein vorderes und hinteres Teilsynklinid zerlegt wurde. Ich bezeichne daher das vordere Teilsynklinid mit IIa, das hintere – vor dem Mesolophid gelegene Teilsynklinid – mit IIb (Abb. 6a).

Nicht zum Teilsynklinid IIa gehört der oben erwähnte labial gelegene kleine Trichter zwischen Anteroconid und Protoconid. Er stellt ein altes Element der Molarkrone von *Thalerimys* dar (x in Abb. 6a).

Danach entfallen die Beziehungen zu *Trechomys*, wie ich selbst, in Unkenntnis der Materialien aus den Headon Beds der Isle of Wight (TOBIEN 1960: 590), annahm. Auch CRAY's (1964: 192–215) provisorische Zuordnung der Headon-Beds-Funde zu „*Trechomys ? bonduelli*“ ist m. E. nicht mehr aufrechtzuerhalten. Dies gilt auch für die Unterbringung im Genus *Isoptychus* (BOSMA & INSOLE 1972). Dieses Genus hat eine wesentlich einfachere Kronenstruktur und gehört in den Formenkreis von *Theridomys* (VIANEY-LIAUD 1972a: 1008).

Auch zu *Steneofiber butselensis* MISONNE (1957: 5–6; Taf. 1 Fig. 11–17) von Hoogbutsel und Hoeleden bestehen keine engeren Beziehungen. So inseriert an den oberen Molaren der Protoloph vor dem Protocon; dadurch ist die Synkline I stark verkürzt und deutlich kürzer als die Synkline II. Bei *Thalerimys*, allen sonstigen *Theridomys*-Formen und auch bei miozänen Castoriden (STEHLIN & SCHAUB 1951: Abb. 79) inseriert der Protoloph in Höhe des Sinus, wodurch die Synkline I sehr lang wird, meist länger als die Synkline II.

Bei *Steneofiber* von Hoogbutsel verbindet sich die Antikline 4 (Metaloph) durchweg nicht nach hinten mit der Antikline 5 (Schlußcingulum) – wie bei *Thalerimys* und allen sonstigen Theridomyiden –, sondern läuft direkt auf den hinteren Teil des Längsgrates hinter dem Sinus zu. Ähnlich wie bei *Thalerimys* gehen accessorische Schmelzleisten von der 4. Antikline aus, aber in anderer Art als dort (vgl. hierzu MISONNE 1957: Taf. 1 Fig. 11–14, 17).

An den Unterkiefer-Zähnen fehlt stets das für *Thalerimys* charakteristische, kleine, accessorische Antiklinid im hintersten Synklinid (MISONNE 1957: Taf. 1 Fig. 15, sowie eigene Beobachtungen am Material im Museum Brüssel). Statt dessen findet sich an frischeren Hoogbutsel-Molaren am Vorderabhang des 4. Antiklinides ein kleines, accessorisches Antiklinid, das sich lingualwärts mit dem Entoconid verbindet (bei MISONNE Taf. 1 Fig. 15 undeutlich sichtbar.)

Die Beziehungen der Hoogbutsel-Form zu den stampischen und aquitanen Castoriden bedürfen m. E. noch weiterer Klärung.

***Thalerimys cf. fordi* (BOSMA & INSOLE 1972)**

1960 *Trechomys* n. sp. ex aff. *bonduelli* – TOBIEN. Z. deutsch. geol. Ges., **112**: 590.

1964 *Trechomys ?bonduelli* – CRAY. Diss. Bristol: 192–215.

1971 *Trechomys* – TOBIEN. Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**:22.

1972 *Isoptychus fordi* – BOSMA & INSOLE. Kon. Ned. Akad. Wet., Proc. B, **75**:140.

(Taf. 2, 3 Fig. 14–29)

Material: 1 Max.-Fragm. P⁴—M¹, ohne Zähne; 20 D⁴, 13 P⁴, 40 M^{1/2}, 17 M³; 6 P₄, 13 D₄, 23 M_{1/2}, 13 M₃: Geol. Pal. Abt. Hess. Landesmuseum Darmstadt.
1 M^{1/2}, 1 M_{1/2}: Geol. Pal. Inst. Univ. Marburg.

Die in Neustadt gefundenen Einzelzähne stimmen mit der von BOSMA & INSOLE (1972: 140–44) aus den Osborne Beds der Isle of Wight unter „*Isoptychus fordi* n. sp.“ beschriebenen Form weitgehend überein. Mit Ausnahme eines rechten Maxillarfragmentes, die Alveolen für P⁴ und M¹ enthaltend (Ns 48), liegen leider nur isolierte Zähne vor, die jedoch die einzelnen Zahnkategorien recht gut belegen und im folgenden kurz geschildert werden sollen.

P⁴ (Taf. 2 Fig. 14, 15): Der einzige Prämolare zeigt 5 Antiklinen, die durch 4 Synklinen getrennt sind, wie es für den *Theridomys*-Bauplan typisch ist. Die vorderste Antikline ist schwach entwickelt, die 2. Antikline etwas schief – von vorn-außen nach hinten-innen gestellt; beides sind typische Merkmale für den P⁴ – zum Unterschied gegen die Molaren, wie sie sich auch bei anderen Theridomyiden finden. Die 3. Antikline ist schwächer als die 2. und 4. und die hinterste wiederum schwächer als die beiden letzteren. Die 4. Antikline inseriert, wie für Theridomyiden typisch, nicht an der hinteren Innenantikline, sondern an der lingualen Partie der 5. Antikline. Der Sinus – die vordere und hintere Innenantikline trennend – ist eng, schneidet in Richtung auf die 2. Außenantikline ein, ohne über die linguale Hälfte der Krone bzw. Kaufäche labialwärts hinauszugreifen.

Dies sind allgemeine, für den Theridomyiden – P⁴ typische Merkmale. Dazu treten eine Anzahl weiterer, für die Neustadt-Population überaus charakteristischer, accessorischer Schmelzelemente:

1. Die 2. und 3. Antikline sind – etwa in Kronenmitte – durch einen kurzen Längsdamm verbunden. Dadurch wird die II. Synkline in einen größeren buccalen und einen kleineren lingualen Trichter geteilt. Dieser Längsdamm ist nicht immer geschlossen.

2. Die II. Synkline ist durch einen Schmelzpfiler nach außen abgedämmt (Taf. 2 Fig. 14a, b; 15), der meist gratartig noch in das Lumen der Synkline lingualwärts vorspringt. Dazu können noch 1 oder 2 weitere kleine Schmelzpfiler treten, die sich vom Boden der II. Synkline gipfelwärts erheben oder an die Stelle der eben geschilderten, gratartigen Verlängerungen treten.

3. Der labiale Randhügel der 4. Antikline (= Metacon) ist schlingenartig nach innen umgebogen und in das Lumen der III. Synkline verlängert. Zwischen dem labialen Ende der 3. Antikline (= Mesostyl) und dem schlingenartigen Metacon liegt ein tiefer Einschnitt in der sonst nahezu geschlossenen Labialwand (Taf. 2 Fig. 14a, b; 15).

4. Von der Vorderwand der 4. Antikline ragen konstant 2 kräftige Schmelzleisten mesialwärts in das Lumen der III. Synkline hinein: die lingual gelegene entspringt dort, wo die 4. Antikline nach hinten abbiegt, um zu ihrem Insertionspunkt an der 5. Antikline zu gelangen. Labial davon entspringt die 2., meist wesentlich kräftigere Leiste. Sie kann mit dem Ende der Metacon-Schlinge Verbindung aufnehmen.

5. Gelegentlich findet sich eine ähnliche Leiste an der Vorderwand der 2. Antikline (Taf. 2 Fig. 14a); sie ragt dann in das Lumen der I. Synkline hinein.

Wie üblich sind 3 Wurzeln vorhanden, wobei die große Innenwurzel linguo-labial komprimiert ist und an der Labialwand mit einer seichten Längsfurche versehen ist, der eine Knochenleiste an der Alveolenwand entspricht. Das Wurzelende ist mesiodi-

stal verbreitert. Von den beiden kleineren Labialwurzeln ist die vordere etwas kräftiger als die hintere und nach vorn abgespreizt. Die hintere ist in labio-lingualer Richtung etwas quergedehnt.

D⁴ (Taf. 2 Fig. 16, 17): Die Kronenstruktur zeigt die 5 Antiklinen nebst den zugehörigen IV Synklinen in wesentlich undeutlicherem und offenbar unfertigem Zustande. Vorderste und hinterste Antikline sind noch am klarsten ausgebildet, auch die 2. und 3. Antikline sind noch gut erkennbar, unfertiger erscheint die 4. Antikline. In der I. Synkline sind meist 3 größere Schmelzpfleiler vorhanden, die sich von ihrem Boden erheben und in unregelmäßiger, von Individuum zu Individuum verschiedener Weise, teils mit der Außenwand, teils mit den benachbarten Antiklinenwänden verbunden sind. Der meist etwas geschwungene Längsdamm oder ein entsprechendes Hügelchen in der II. Synkline ist nahezu ständig vorhanden, ebenso der kleine, labial zwischen Mesostyl und Paracon gelegene und die II. Synkline nach außen abdämmende Grat (Taf. 2 Fig. 16a, 17). Ferner sind die beiden Leisten an der Vorderwand der 4. Antikline sowie die schlingenartige Umbiegung des Metacons lingualwärts vorhanden. Die 4. Antikline inseriert auch am D⁴ an der hintersten, gleich wie am P⁴ und an den Molaren.

Das ganze Kronenmuster ist jedoch — verglichen mit P⁴ und M¹ — auf den ersten Blick viel unübersichtlicher, die Hauptantiklinen, vor allem die 2. und die 4., treten längst nicht so deutlich hervor, sie sind kleiner und unbestimmter in ihrem Verlauf.

Die Krone wird von 3 Wurzeln in etwa gleicher Größe und Verteilung wie am P⁴ und an den Molaren gestützt.

M¹ und M² (Taf. 2 Fig. 18–20) sind in den meisten Fällen nicht sicher voneinander zu unterscheiden, sie werden daher gemeinsam behandelt. Die erste Antikline ist kräftiger als am P⁴ und geht mit einem deutlichen Knick in die vordere Innenantikline über. Die 2. Antikline ist jetzt transversal gestellt. Der Paracon tritt an ihrem Labialende noch etwas hervor. Die 3. Antikline (= Mesostylantikline) ist ebenfalls kräftiger als am P⁴; sie ist jedoch, wie die 1. Antikline, immer noch schwächer als die 2. und 4. Antikline.

Die Accessorien sind weniger reichhaltig als am P⁴: Immer und in gleicher Lage vorhanden sind die beiden Leisten an der Vorderwand der 4. Antikline, ebenso die schlingenartige Umbiegung des Metacones, der häufig mit der labialen Leiste eine Verbindung eingeht, so daß dadurch eine kleine, in der III. Synkline gelegene Antikline zustande kommt, die nach hinten an die 4. Antikline angeschlossen ist (Taf. 2 Fig. 18–20). Den die II. Synkline teilenden Längsdamm habe ich nur an 5 von 35 Exemplaren beobachtet, Ansätze dazu finden sich gelegentlich an den die II. Synkline begrenzenden Wänden. Ebenso fehlt der Hügel am labialen Ausgang der II. Synkline meist völlig oder ist nur in wenigen Fällen angedeutet (Taf. 2 Fig. 20). In Labialansicht (Taf. 2 Fig. 18b) ist dadurch eine vor der 3. (Mesostyl-) Antikline befindliche Einkerbung bedingt, von annähernd gleicher Tiefe wie die auch am P⁴ vorhandene, zwischen 3. und 4. Antikline gelegene Kerbe. Ähnlich selten wie am P⁴ finden sich auch eine oder sogar zwei Leisten an der Vorderwand der 2. Antikline. Gelegentlich finden sich auch 1–2 kleine Leisten an der Hinterwand der 1. Antikline. Im ganzen ist die Kronenstruktur der beiden vorderen Molaren etwas einfacher als die des P⁴. Dazu kommt, daß der Prämolare größer ist (s. Maßtabelle 3).

Die große Innenwurzel hat auf der Außenseite eine tiefe Längsfurche, die an der Alveolenwand durch eine entsprechende Knochenleiste abgebildet ist. Von den beiden Außenwurzeln ist die vordere kleiner und senkrecht gestellt, die hintere größer und wie am P^4 quergedehnt.

M^3 (Taf. 2 Fig. 21, 22): Wie bei anderen Theridomyiden ist auch hier der Kronenumriß rundlicher, bedingt durch die Einziehung der Hinteraußen- und Hinterinnenecke, im Zusammenhang mit der beträchtlichen Rückbildung der 5. Antikline. Wie an den voranstehenden Backenzähnen ist auch am M^3 die Innensynkline eng und mit der Achse auf die 2. Antikline gerichtet.

Die Accessorien an der 4. Antikline sind durchweg kräftig entwickelt, ebenso der Hügel, der den buccalen Ausgang der II. Synkline abdämmt. Ähnlich wie am P^4 ist er auch hier als ein kurzer aber deutlicher Grat entwickelt, der antiklinenartig zwischen Mesostyl- und Paracon-Antikline liegt. Dieses an den M^1 und M^2 gewöhnlich fehlende Accessorium taucht am M^3 somit wieder auf. Häufig ist der Schlingenteil des Metacons von diesem selbst abgetrennt. Häufig sind ferner an der Vorder- und Rückwand der Mesostylantikline je eine \pm kräftige Schmelzleiste, die teils isoliert bleiben, teils mit der accessorischen Antikline in der II. Synkline, teils mit den Accessorien in der III. Synkline in Verbindung treten können. Accessorien an den beiden vorderen Antiklinen fehlen oder sind undeutlich.

Die große Innenwurzel ist etwas kleiner als am M^1 und M^2 , die hintere Außenwurzel immer noch kräftiger als die vordere.

P_4 (Taf. 3 Fig. 23, 24): Wie bei vielen Theridomyiden ist auch am langgestreckten P_4 die distale Kronenpartie molariform, während die vordere Komplikationen besitzt, die einzelne Elemente der Molarkrone in statu nascendi aufweisen. Von den Hauptantikliniden des *Theridomys*-Planes sind die letzte und die vorletzte erkennbar; diese inseriert am Längsgrat, direkt gegenüber der Außenbucht. In dem zwischen beiden gelegenen IV. Synklinid ist das charakteristische, auch an M_1 und M_2 vorhandene, kleine accessorische Antiklinid zu sehen, das etwa parallel dem vorletzten Antiklinid verläuft. Vor dem letzteren liegt ein schwaches, transversal gestelltes Antiklinid, das am Innenrand beginnt, aber den äußeren Längsgrat vor der Außenbucht nicht erreicht, sondern vor ihm endet: Es handelt sich hierbei wohl um ein Teilstück des Mesolophides.

Am äußeren Längsgrat setzt etwas vorderhalb dem zuletzt genannten Antiklinid ein weiteres Antiklinid an, das zunächst lingual gerichtet ist, dann sich bogenförmig nach vorn wendet und an der Kronenvorderwand endet. Dieses, für viele Theridomyiden- P_4 charakteristische Längsantiklinid ist mit Schmelzleisten besetzt, ebenso wie die ihr zugekehrte Seite der Außen- und Innenwand. Sie zeigen in unterschiedlichem Ausmaß Verschmelzungstendenzen und Dammbildung, so daß bei Abkautung ein unübersichtliches Bild von kleinen und großen Schmelztrichtern entsteht. Die Komplikation ist ähnlich aber noch weitergehend als z. B. am P_4 von *Trechomys bonduelli*, vor allem hinsichtlich der Zahl der sekundären Leisten und Pfeiler (STEHLIN & SCHAUB 1951: Abb. 320). Eine Homologisierung dieser Partie mit dem Vorderende der Molaren mit ihren 3 vorderen Antikliniden ist kaum möglich. Die Lingualwand (Taf. 3 Fig. 23 b) ist an frischen P_4 nahezu geschlossen, bis auf eine Kerbe vor dem vorletzten Antiklinid. Die Krone wird von 2 Wurzeln getragen: einer kleineren, um Umriß rundlichen vorn, und einer größeren, quergedehnten hinten.

D_4 (Taf. 3 Fig. 25): Ähnlich wie am P_4 ist auch hier die distale Kronenpartie molariform, mit letztem und vorletztem Antiklinid und Sinusid. Das accessorische Antiklinid im hintersten Synklinid ist schwächlich entwickelt. Ganz außerordentlich kompliziert ist das Gewirr von kleinen Graten, Dämmen, Trichtern und Gräben, das sich in der gegenüber dem P_4 noch stärker ausgelängten Vorderpartie vorfindet. Die Abbildungen zeigen dies deutlich. Die Vorderpartie des D_4 macht einen noch unfertigeren, noch „ungeordneteren“ Eindruck, als es am P_4 der Fall ist. Vor allem fehlt der am P_4 stets deutliche Längsgrat.

In der Innenansicht (Taf. 3 Fig. 25 b) ist die am P_4 beschriebene Kerbe in der sonst kaum gegliederten Innenwand ebenfalls vorhanden. Die Wurzeln sind denen am P_4 ähnlich.

M_1 und M_2 (Taf. 3 Fig. 26, 27): Ähnlich wie im Oberkiefer sind auch die beiden ersten Molaren des Unterkiefers nicht in jedem Falle mit Sicherheit zu trennen. Sie besitzen – im besten Falle – 6 Antiklinide, deren Interpretation oben (S. 21) behandelt wurde. Das 2. (= accessorische) Antiklinid hat unregelmäßig gewundenen, im ganzen nach hinten konvexen Verlauf und ist an seiner Vorder- und Rückwand mit kleinen Leisten besetzt, die zu Längsverbindungen mit dem 1. und auch 3. Antiklinid führen können. Letzteres ist verhältnismäßig schwach entwickelt und kann ebenfalls mit Pfeilerchen besetzt sein. Häufig ist ein zwischen 2. und 3. Antiklinid an der Innenwand entspringender und in das Innere des II. Synklinides hineinragender Sporn als weiteres Accessorium, so daß der linguale Ausgang des II. Synklinides abgedämmt ist.

Das 4. Antiklinid ist das kräftigste, was durch das voluminöse Entoconid noch unterstrichen wird. Das Schlußantiklinid hat bogenförmigen Verlauf; in dem zwischen ihm und dem 4. Antiklinid gelegenen IV. Synklinid findet sich das bereits am P_4 erwähnte zusätzliche Antiklinid, das für *Thalerimys* typisch ist. Es entspringt von einem kleinen selbständigen, hinter dem Entoconid gelegenen Hügel, zieht etwas schräg von vorn-innen nach hinten-außen quer durch das IV. Synklinid und endet frei vor der labialen Wand des hintersten Antiklinides.

Die Bewurzelung besteht, wie bei Theridomyiden üblich, aus 2 kleinen, etwa gleichgroßen vorderen Wurzeln, die rundlichen Querschnitt haben und nebeneinander stehen, sowie einer größeren, quergedehnten hinteren Wurzel.

Die Lingualwand frischer $M_{1/2}$ (Taf. 3 Fig. 26 b) ist reicher gegliedert; Metaconid und Entoconid sind die dominierenden Elemente.

M_3 (Taf. 3 Fig. 28, 29): Abgesehen von dem distal zugespitzteren Kronengrundriß unterscheidet sich der M_3 in folgenden Punkten von den vorderen Molaren: 1.) das 2. Antiklinid geht wie auch sonst vom Metaconid aus, endet aber nicht, wie bei M_1 und M_2 in der Nähe des Protoconides, sondern inseriert etwa in der Mitte der Hinterwand des 1. Antiklinides; es wirkt dadurch unvollständig.

2. Von dem accessorischen Antiklinid innerhalb des IV. Synklinides sind nur Spuren vorhanden, oder es fehlt gänzlich. Das Anteroconid ist deutlich schwächer als an $M_{1/2}$. Die Lingualansicht (Taf. 3 Fig. 28 b) ist der an $M_{1/2}$ ähnlich, nur der distale Teil des Kronenrandes ist nicht so markant. Die Bewurzelung ist wie an M_1 und M_2 , nur ist hier, wie sonst auch bei Theridomyiden, die hintere Wurzel etwas nach distal abgepreizt.

Im Hypsodontie-Grad [s. Loph(id)-Profile Abb. 7 a, b] sind die oberen Molaren eher denen von *Theridomys aquatilis* von Ronzon und Hoogbutsel vergleichbar (Abb. 4 e, f). Das *Theridomys*-Profil von Neustadt (Abb. 4 d) weist demgegenüber stärkere Konvergenz der Seitenwände auf. Dagegen zeigt das Profil des $M_{1/2}$ -Keimes von *Thalerimys* (Abb. 7 a) ein nicht so hypsodontes Verhalten und ist dem von Fons 4 und Neustadt ähnlicher als dem von Ronzon und Hoogbutsel (Abb. 5 a–e).

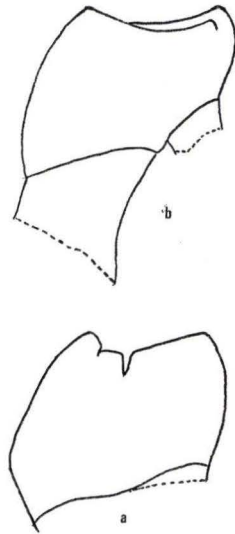


Abb. 7. *Thalerimys* cf. *fordi*. Unter-Oligozän, Neustadt. a: Querprofil über die Metalophid-Region eines $M_{1/2}$, sin., ohne Usur, invers (Ns 211, HLD). Ansicht von mesial, nicht maßstäblich. Vgl. Abb. 5a–e.
b: Querprofil über die Protoloph-Region eines $M^{1/2}$, sin., leichte Usur, invers (Ns 212, HLD). Ansicht von mesial, nicht maßstäblich. Vgl. Abb. 4a–f.

Das Ausmaß der Teilhypsodontie von *Thalerimys* entspricht in jedem Falle den verglichenen *Theridomys*-Formen. Mit der erheblichen Komplikation der Kronenstruktur ist keine besondere Zunahme der Hypsodontie verbunden. Notwendig wäre ein Vergleich mit den *Thalerimys*-Formen der Isle of Wight, wozu mir aber z. Z. das Material fehlt.

Beziehungen und Vergleiche: Die Neustadt-Form zeigt engste Beziehungen zu „*Isoptychus*“ *fordi* (BOSMA & INSOLE 1972: 140, Taf. 1 Fig. 3, 5, 7, 9, 10) aus den Osborne Beds der Isle of Wight. Dies gilt für die Größenmaße (Tab. 3), wie auch für die morphologischen Merkmale. Jedoch ist dort das Anteroconid an den unteren $M_{1/2}$ noch deutlicher, ebenso der dahinter liegende Anteroconid-Trichter (s. S. 21, 22), während an den Neustadt-Molaren diese Elemente teils noch vorhanden, teils aber schon – offenbar durch Reduktion – undeutlich geworden sind. So ist der kleine Damm, der den Anteroconid-Trichter lingualseitig gegen das Synklinid IIa begrenzt, in mehreren

Fällen verschwunden, an den Osborne-Beds-Exemplaren meist noch vorhanden. Diese Rückbildung des Anteroconides dürfte als progressives Merkmal gelten (THALER 1966: 25, HARTENBERGER 1969: 55, 1971 b: 91³⁾).

Ferner finden sich unter den Osborne-Beds-M_{1/2} eine Anzahl Exemplare (9 von 16: ca. 56%), in denen das accessorische Antiklinid im hintersten Synklinid fehlt. Dieses Element ist dagegen an allen Neustadt-M_{1/2} (100%) vorhanden. Auch dieser Sachverhalt kann für die Neustadt-Population als progressiv, gegenüber der aus den Osborne Beds, gewertet werden.

Kleiner (Tab. 3) und primitiver sind die Materialien aus den Headon-Beds. Hier sind nach CRAY (1964: 202–203, Taf. 14 Fig. 2–5) die accessorischen Antiklinidie im Synklinid II und IV noch ganz unfertig („small loops and finger-like lobes of enamel are often present, projecting from the anticlines into the synclines – especially synclines 2 and 4“). Nur an einigen wenigen Exemplaren ist offensichtlich das hintere, accessorische Antiklinid bereits deutlicher entwickelt [„in some specimens anticline 5 (gemeint ist das Schluß-Antiklinid) internally forms a small cusp, separated from the entoconid by a constriction“]. Das Anteroconid ist wesentlich deutlicher als an den Neustadt-Molaren. So zeigt der M₁ in CRAY Taf. 14 Fig. 2 ein kräftiges Anteroconid, den zwischen ihm und dem Protoconid liegenden kleinen Trichter, der lingualwärts durch das hier schräg von vorn-innen nach hinten-außen laufende Metalophid begrenzt ist, sowie das Synklinid IIa hinter dem Metalophid.

Auch die Accessorien an den oberen Backenzähnen sind nicht so ausgeprägt und weitgehend differenziert wie am Neustadt-Material (vgl. CRAY Taf. 13 Fig. 6–8).

Tab. 3. *Thalerimys fordi* und cf. *fordi*: Längenmaße einiger Gebiß-Elemente

Headon Beds (rodent bed *)				Osborne Beds **)			Neustadt		
	n	min.-max.	M	n	min.-max.	M	n	min.-max.	M
D ⁴		—		8	2,59–3,03	2,86	3	2,38–2,65	2,54
P ⁴		—		4	2,56–2,69	2,63	4	2,52–2,77	2,63
M ^{1/2}		—		8	2,22–2,34	2,28	10	2,31–2,51	2,39
M ³		—		5	2,14–2,56	2,36	7	2,31–2,50	2,46
P ₄		—		4	2,81–3,18	3,06	2	3,16–3,24	3,20
M _{1/2} } M ₃ }	160	2,0–2,6	2,3	11	2,26–2,82	2,53	8	2,40–2,76	2,60
				6	2,61–2,80	2,71	1	2,70	2,70

*) Berechnet nach CRAY 1964: Tab. VI, S. 210.

***) Nach BOSMA & INSOLE 1972: 142.

Wieweit Unterschiede innerhalb der Headon Beds, d. h. zwischen den Formen aus den Unteren und Oberen Headon Beds bestehen, und zu weiteren Einzelheiten möchte ich auf die kommenden Arbeiten von Frl. A. BOSMA-Utrecht und Mr. ALLAN INSOLE-

³⁾ Dies gilt auch dann, wenn man das Anteroconid nach STEHLIN & SCHAUB 1951 mit dem Paraconid homologisiert.

Bristol verweisen.⁴⁾ Nach den Daten bei CRAY (1964) und BOSMA & INSOLE (1972) ist die *Thalerimys*-Form aus den Headon Beds etwas archaischer als jene aus den Osborne Beds. Dies ist verständlich, da die Säugerfauna aus den Headon Beds älter (= Niveau von Euzet, s. CRAY 1964: 98–101), die aus den Osborne Beds jünger und zwischen die Niveaus von Euzet und Montmartre zu stellen ist (BOSMA & INSOLE 1972: 133).

Offensichtlich etwas weiter evoluiert als *Thalerimys fordii* aus den Osborne Beds ist die Neustadt-Form. Sie könnte damit in das Montmartre-Niveau gehören, aber auch noch etwas jünger sein. Diesem Zeitabschnitt entsprechen im Profil der Isle of Wight der Bembridge Limestone und die Bembridge Marls. Bisher sind jedoch aus diesen Schichten – nach einer freundlichen, mündlichen Mitteilung von Frl. A. BOSMA-Utrecht – keine Reste von *fordii* oder ähnlichen Formen angetroffen worden. Offensichtlich stellt – beim derzeitigen Stand der Kenntnis – die Neustadt-Population das strukturelle Endglied dieser Evolutionsreihe dar.

Wegen der oben angeführten Unterschiede der Neustadt-Materialien gegenüber denen aus den Osborne Beds bezeichne ich die Neustadt-Form zunächst als *Thalerimys cf. fordii*.

Die von CRAY (1964) aus den Headon Beds beschriebenen Funde stellen z. Z. die stratigraphisch ältesten Populationen dar. Nichts kann z. Z. über ältere Vorläufer andernorts ermittelt werden. *Theridomys euzetensis* von Euzet ist gleich alt wie die Form aus den Headon Beds. Sie zeigt zwar Ansätze zu einer sekundären Komplikation (s. S. 20), sie sind aber längst nicht so weitgehend und überall vorhanden wie an den von CRAY (1964) abgebildeten Materialien. *Theridomys*-Formen aus Niveau, älter als Euzet, Fons 4, Sosis etc., in denen eventuelle Ascendenten von *Thalerimys* zu erwarten wären, sind bisher nicht beschrieben worden (HARTENBERGER 1971 b: 88 bis, Tab. 8).

2.2. Nordshausen bei Kassel

Aus alten Sammlungsbeständen des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Univ. Marburg kommen von obiger Lokalität (Einzelheiten zu Lage und Stratigraphie bei TOBIEN 1971: 13) 3 isolierte Backenzähne von *Thalerimys*, die mir dankenswerterweise von Herrn Dr. GRAMANN (jetzt Hannover) zur Untersuchung übergeben wurden.

2.2.1. *Thalerimys cf. fordii* (BOSMA & INSOLE 1972)

1960 *Trechomys* n. sp. ex aff. *bonduelli* LARTET – TOBIEN, Z. deutsch. geol. Ges., **112**: 590.

1971 „*Trechomys*“ – TOBIEN, Notizbl. hess. L.Amt Bodenforsch., **99**:25.

Material: 1 M³ sin., 1 D₄ dext., 1 M_{1/2} sin.: Smlg. Geol. Pal. Inst. Marburg.

⁴⁾ Ich möchte auch an dieser Stelle Herrn Dr. PETER E. CRAY-Bath, England, für Diskussionen und die freundliche Demonstration seines Materials in Bristol im Herbst 1964 sehr danken.

Der M^3 – in mittlerer Usur – stimmt mit den M^3 von Neustadt in Größe und Bau überein. Die accessorische Antikline zwischen Meso- und Metaloph ist ziemlich vollständig ausgebildet und inseriert am Metaloph. L: 2,53, B: 2,47.

Der angekaute D_4 entspricht in Größe und Struktur dem Taf. 3 Fig. 25 abgebildeten Milchmolaren von Neustadt. L: 3,25, B: 1,95.

Der voll usierte $M_{1/2}$ hat ein gut entwickeltes Zusatz-Antiklinid im Synklinid II mit 2 Längsverbindungen nach vorn zum Metalophid sowie das ebenfalls von Neustadt bekannte (Taf. 3 Fig. 26, 27) zusätzliche Lophid im hintersten Synklinid. Die Vorderwand zeigt keine Andeutung eines Anteroconides mehr. L: 2,47, B: 2,01.

Im Ganzen entsprechen die 3 Zähne denen von Neustadt. Angesichts dieser wenigen Reste gibt es keine Anzeichen dafür, daß in Nordshausen eine etwas archaischere oder progressivere Population vorliegen könnte.

3. Schlußbemerkungen

3.1. Die Altersstellung der Fundpunkte und des hessischen Melanientones

Nach den oben beschriebenen Arten und TOBIEN (1971) ergibt sich nachstehende Liste der Kleinsäuger-Taxa aus dem Melanienton von Neustadt (Kr. Marburg) und Nordshausen (bei Kassel):

- Peratherium* sp.
- Saturninia* cf. *gracilis* STEHLIN (auch in Nordshausen)
- Insectivorum gen. et sp. indet.
- Pseudoloris* cf. *reguanti* CRUSAFONT
- Gliravus* cf. *gracilis* STEHLIN & SCHAUB
- Suevosciurus fraasi* (MAJOR)
- Theridomys* (*Theridomys*) *aquatilis* AYMARD
- Thalerimys* cf. *fordi* (BOSMA & INSOLE) (auch in Nordshausen).

Bereits der Insectivore *Saturninia* und der Prosimier *Pseudoloris* erweckten den Verdacht (TOBIEN 1971: 26), die Lokalfauna von Neustadt, aus den in der Tongrube „Am Struth“ anstehenden Melanientonschichten, enthalte Elemente, die auf ein etwas jüngeres Alter hinweisen, als jener Komplex von Lokalfaunen, welche mit der klassischen Fauna aus der Oberen Gipsmasse des Montmartre gleichgesetzt wird [dazu u. a. La Débruge (= St. Saturnin – wohl ein wenig älter –), San Cugat, Bembridge Limestone, Ober-Gösgen, Mähringen etc.].

Die vorstehend behandelten Rodentier deuten in die gleiche Richtung: *Gliravus* cf. *priscus* ist, vor allem an $M_1 - M_3$, modernisierter als *Gliravus priscus* von La Débruge und Montmartre (s. S. 11). Ebenso ist der *Theridomys* (*Th.*) *aquatilis* von Neustadt weiter evoluiert als *Th. pseudosiderolithicus* von La Débruge und steht dem typischen *Th. aquatilis* von Ronzon und Hoogbutsel entschieden näher (s. S. 15). Auch der hexalophodonte Theridomyide *Thalerimys* cf. *fordi* ist in der Evolutionshöhe seines Gebisses weiter fortgeschritten als der *Th. fordi* aus den Osborne Beds der Isle of Wight (s. S. 28). Im dortigen Profil müßte er in einer der auf die Osborne Beds folgenden Schichten: Bembridge Limestone oder Bembridge Marls – den Niveaus von

Montmartre bzw. von Frohnstetten (FRANZEN 1968: 162, 163, Tab. S. 166) angehörend – zu erwarten sein.

Aus der Evolutionshöhe mehrerer Komponenten der Lokalfauna ergäbe sich danach ein stratigraphisches Niveau^{4a)}, das jünger ist als jenes von Montmartre/La Débruge: Das Niveau von Frohnstetten wäre das nächst jüngere. Seine Charakterisierung ist neuerdings durch FRANZEN (1968: 163) mittels der Palaeotherien schärfer präzisiert worden. Mit ihm operiert auch SCHMIDT-KITTLER (1972: Tab. 8). Das darauffolgende Niveau wäre Ronzon, wozu auch die Fauna von Hoogbutsel gehört. Gegen eine Gleichsetzung von Neustadt mit Ronzon und Hoogbutsel sprechen folgende Gründe:

1. Der *Theridomys* von Neustadt ist kleiner als der von Ronzon und Hoogbutsel, in einigen Punkten auch weniger weit evoluiert; er dürfte daher ein etwas höheres Alter indizieren.

2. Von *Gliravus* cf. *priscus* oder nahe verwandten Formen kann der *Peridyromys micio* von Hoogbutsel abgeleitet werden.

3. Hoogbutsel und wahrscheinlich Ronzon enthalten die ältesten Cricetiden (VIANEY-LIAUD 1972b: 4, 37). Diese Formen-Gruppe ist in Neustadt nicht vertreten, sie weist auf ein jüngeres Alter hin. Die Großsäuger in Ronzon und Hoogbutsel erweisen ferner, daß beide Lokalfaunen Elemente der großen Einwanderungswelle zu Beginn des Oligozäns enthalten; d. h. sie liegen – biostratigraphisch gesehen – unmittelbar über STEHLIN's „grande coupure“ (1909), das Niveau von Frohnstetten dagegen dicht unterhalb von ihr (Tab. 4). Damit würde auch die Neustadt-Lokalfauna noch unterhalb dieses Faunenschnittes zu plazieren sein. Der *Eucricetodon* von Hoogbutsel ist wahrscheinlich ein Einwanderer, ähnlich wie die Anthracotherien, Rhinocerotiden, Entelodonten usw. unter den Großsäugern.

4. Weitere Rodentier, die wohl ebenfalls als Einwanderer anzusehen sind und den Lokalfaunen unterhalb der „grande coupure“ fehlen, sind der – in den oberen Molaren eigenartige – *Steneofiber* in Hoogbutsel (MISONNE 1957: 51) und *Eomys* in Ronzon (LAVOCAT 1951: 40). Sie sind bisher auch nicht in Neustadt angetroffen worden.

Im Pariser Becken (Tab. 4) müßte das Niveau von Frohnstetten über der obersten Gipsmasse des Montmartre mit der CUVIER'schen Fauna (= Niveau von Montmartre) liegen, d. h. es würde in die „Marnes supragypseuses“ fallen. Nun ist nach VIANEY-LIAUD (1972a: 1007–8) der *Theridomys* (olim *Trechomys*) *bonduelli* aus den marnes blanches von Romainville und Pantin (die zu den marnes supragypseuses gehören) etwas evoluiertes als der *Th. aquatilis* von Hoogbutsel. Da der Neustadt-*Theridomys* wiederum etwas primitiver als jener von Hoogbutsel ist, kämen als lithostratigraphisches Äquivalent des Frohnstetten-Niveaus und damit von Neustadt die „marnes bleues d'Argenteuil“ – zwischen die oberste Gipsmasse und die marnes blanches eingeschaltet – in Betracht.

Diese Zuweisung ist allerdings durchaus hypothetisch. Sie setzt die Richtigkeit der *Theridomys*-Evolutionsreihe von VIANEY-LIAUD und die Gleichsetzung der marnes blanches mit dem Niveau von Ronzon/Hoogbutsel voraus. Elemente der oligozänen

^{4a)} Zu Wort und Begriff „Niveau“ siehe: FRANZEN 1968: 160, TOBIEN 1970: 78.

Tab. 4. Versuch der Einordnung des hessischen Melanientones in

Serien-Grenzen Eo/Oligozän nach BEYRICH- Konzept	Nannoplankton- Zonen	Mainzer Becken, Rheingraben	Hessische Senke	Isle of Wight	Belgien
Mittel-Oligozän	NP 23	Mittl. ----- Rupelton Unt. + Meeressd. pp.	Mittl. ----- Rupelton Unt.		Sande von Berg
Unter- Oligozän	? NP 23 ? NP 22	Obere Pechelbronner Schichten	(Lücke)	Lower Hamstead Beds	Sande von Kerkom ----- S. & M. Boutersem ----- Hor. Hoog- butsel
	NP 22	Mittlere Pechelbronner Schichten	Melanienton	Bembridge Marls	Sande von Neerrepn
	NP 21	Untere Pechelbronner Schichten	Blau-weiße Serie	Bembridge Limestone	Sande von Grimmer- tingen
Ober-Eozän	NP 20	? Lymnaeen- Mergel		Osborne Beds ----- Headon Beds + Brockenhurst Bed	Diskordanz Paleozän

Ob. Tongr.

Unteres Tongrium

Einwanderung sind jedoch in den marnes blanches und bleues bisher nicht angetroffen worden (RAT 1965: 254). In jedem Falle käme jedoch das Frohnstetten-Niveau in einen der tieferen Teile der marnes supragypseuses zu liegen.

In der Isle of Wight (Tab. 4) entsprechen nach FRANZEN (1968: 163, 166) die Bembridge Marls dem Frohnstetten-Niveau, während der unterlagernde Bembridge Limestone, wie schon lange postuliert, dem Niveau von Montmartre zugeordnet werden kann. Die Korrelation Bembridge Marls – Niveau von Frohnstetten – würde auch durch die Befunde an den Neustadt-Micromammaliern gestützt, die mit mehreren Taxa aus verschiedenen Gruppen weiter evoluiert sind als die verwandten Formen aus dem Montmartre-Niveau⁵).

Im Oberrheingraben und Mainzer Becken (Tab. 4) stellen die Unteren Pechelbronner Schichten mit den Vorkommen von Rot-Malsch und Mülhausen Äquivalente des

⁵ Dieser Sachverhalt macht die Annahme einer gleichzeitigen Existenz progressiver (Neustadt-Lokalfauna) und weniger progressiver (Lokalfauen des Montmartre/La-Débruge-Niveaus) Taxa an geographisch verschiedenen Orten unwahrscheinlich (vgl. hierzu allgemein TOBIEN 1939: 175–176).

zeitlich und räumlich benachbarte Schichtfolgen (Literatur s. Text)

N-Deutschland	Pariser Becken	Säuger- fundpunkte Rheingraben, Mainzer Becken, hess. Senke	Andere Säuger- Lokalitäten	Säugerniveaus	Serien-Grenzen Eo/Oligozän nach BEYRICH- Konzept
Rupelton	Faluns de Jeurre/ Morigny, marnes & Huîtres	Meeressand- Mainzer Becken		MONTALBAN	Mittel-Oligozän
	Marnes vertes, calcaire de Brie ----- Marnes blanches	Pechelbronn, Lobsann	Hoogbutsel, Ronzon	RONZON	
Piepenhagen Hankensbüttel Süd 32	Marnes bleues	Neustadt, Nordshausen Bodenheim	»grande coupure« Frohnstetten, Vaulruz, Soumaillies, Bembridge Marls	»grande coupure« FROHNSTETTEN	Unter- Oligozän
Latdorf, Helmstedt (Silberberg- Schichten)	Montmartre Gips Obere Masse	Rot-Malsch, Mülhausen	Montmartre, La Débruge, Ober-Gösgen, Bembridge Limestone, etc.	MONTMARTRE + LA DÉBRUGE	
Wöhrden?	Basis der Montmartre- Gipse	-----	Euzet, Fons 4, Headon Beds, Mormont- Eclépens, Sosis	EUZET	Ober-Eozän

Montmartre-Niveaus dar. Die Oberen Pechelbronner Schichten enthalten Elemente der unteroligozänen Einwanderung (Lobsann, Pechelbronn), liegen somit oberhalb der „grande coupure“ und gehören danach in das Niveau von Ronzon (TOBIEN 1949, FRANZEN 1968: 163, Tab. S. 166). Wo das Niveau von Frohnstetten in der Abfolge der Pechelbronner Schichten liegt, ist z. Z. — nach säugetierpaläontologischen Daten — schwierig zu definieren. In Frage kommen die Mittleren Pechelbronner Schichten. Sie haben bei Bodenheim (südl. Mainz, TOBIEN 1968: 304) 3 Zähne (1 M³, 1 D⁴, 1 M inf.) von *Theridomys aquatilis* geliefert. Sie sind kleiner als entsprechende Zähne von Ronzon und Hoogbutsel, ähneln aber in Größe und Struktur eher den Neustadt-Materialien. Dies gilt auch für den D⁴. Danach könnten — mit allem Vorbehalt — die Mittleren Pechelbronner Schichten, möglicherweise mit anschließenden Teilen der Oberen und Unteren Pechelbronner Schichten⁶⁾, dem Niveau von Frohnstetten gleichzusetzen sein (s. hierzu auch FRANZEN 1968: 163).

⁶⁾ Der Fund von *Acerotherium* cf. *filholi* in den Oberen Pechelbronner Schichten bei Pechelbronn lag 60 m über der „versteinerungsreichen Zone“ (= Mittlere Pechelbronner Sch.) und 250 m unterhalb der Basis des Rupeltones (GIGNOUX 1928: 147).

RITZKOWSKI (1967, 1969) gliederte den Melanienton (max. Mächtigkeit ca. 90 m) in eine untere, limnisch-oligohaline Abteilung und eine obere, brackische Abteilung. Im obersten Teil findet sich eine Rotfärbung, die als Paläoboden gedeutet wird, sowie eine Sandlage. Der überlagernde Rupelton ist durch eine schwache Erosionsdiskordanz vom Melanienton getrennt. Unterlagert wird der Melanienton von der „Weißblauen Serie“ (25–30 m, Tab. 4), einer fossilleeren Kaolinton-Folge. Sie geht konkordant aus dem Borkener Flöz und dessen Begleitsedimenten hervor. Das Borkener Flöz hat *Lophiodon cf. cuvieri* WATT. geliefert (TOBIEN 1961). Der Fund weist auf Lutetium, evtl. höheres Lutetium, hin.

RITZKOWSKI vermutet die Säugerfundschiicht von Neustadt in der älteren Abteilung des Melanientones. Ähnliches gelte für Nordshausen (1969: 256). Nach obigen Ausführungen würde danach zumindest der ältere Teil des Melanientones in das Niveau von Frohnstetten gehören und nur den tiefsten Teilen der marnes supragypseuses äquivalent sein, d. h. vor der „grande coupure“ liegen. Zwischen dieser Abteilung und dem überlagernden Rupelton (dem in Westeuropa Säuger-Lokalfaunen entsprechen, die jünger als Hoogbutsel/Ronzon sind, und das Niveau von Montalban (VIANEY-LIAUD 1972a, b) charakterisieren) liegt der höhere, brackische Teil des Melanientones mit der Bodenbildung, der Sandlage und der Erosionsdiskordanz. Aus diesem Teil des Melanientones sind bisher keine Säugerreste bekanntgeworden. Es muß daher offen bleiben, ob in ihm das Niveau von Ronzon vertreten ist oder ob dieser höhere Teil auch noch zum Frohnstetten-Niveau gehört. RITZKOWSKI (1967: 99) parallelisiert – mit paläogeographischen und mikropaläontologischen Gründen – den oberen, stärker salinaren Teil des Melanientones mit den Mittleren Pechelbronner Schichten und sieht in der Bodenbildung, der Sandlage und der Erosionsdiskordanz gegen den Rupelton die Äquivalente der Oberen Pechelbronner Schichten. In Tab. 4 folge ich dieser Auffassung bis zum Beweise des Gegenteils (s. auch SCHELLMANN 1968: 54).

Die obigen, aus stratifiziertem Eo/Oligozän stammenden Säugervorkommen geben auch gewisse – direkte oder indirekte – Möglichkeiten für eine Korrelation mit den marinen Nannoplankton-Zonen (Tab. 4):

1. Das Brockenhurst Bed an der Basis der Mittleren Headons/Isle of Wight gehört in die Zone NP 20 (MARTINI 1970: 227). Die das Brockenhurst Bed begleitenden Lower und Upper Headon Beds haben eine nach CRAY (1964: 98 ff.) identische Säugerfauna geliefert, die in das Euzet-Niveau gehört. Demnach würde dieses Niveau – mehr oder weniger – in die NP-20-Zone der Nannoplankton-Zonierung gehören.

2. Die Sande von Grimmertingen, im Unteren Tongrium Belgiens, und die Typusvorkommen des BEYRICH'schen Unteroligozäns von Latdorf haben Nannoplankton der NP-21-Zone erbracht (MARTINI & MOORKENS 1969: 126, bzw. MARTINI & MÜLLER 1971: 382). Mit dem Latdorfium, d. h. dem BEYRICH'schen Unteroligozän bzw. dem Unteren Tongrium, ist schon von BEYRICH selbst und späteren Autoren die Montmartre-Säugerfauna parallelisiert worden. Danach würde das Montmartre-Niveau – mehr oder weniger – in die NP-21-Zone der Nannoplankton-Zonierung gehören.

3. Die Mittleren Pechelbronner Schichten (= „Versteinerungsreiche Zone“) enthalten in Bodenheim, südl. Mainz, Nannoplankton der Zone NP 22 (MARTINI & MÜLLER 1971: 383). Demnach würde dem Niveau von Frohnstetten – vorausgesetzt

die Mittleren Pechelbronner Schichten und der Melanienton von Neustadt sind altersgleich, wofür vieles spricht (RITZKOWSKI 1967: 99) —, die Zone NP 22 — mehr oder weniger — äquivalent sein.

Ob die Oberen Pechelbronner Schichten und ihre Äquivalente (Lower Hamstead Beds, Oberes Tongrium in Belgien mit der Hoogbutsel-Fauna, die höheren Teile der marnes supragypseuses und deren Äquivalente, z. B. Calcaire de Brie) auch noch in die Zone 22 gehören oder schon NP 23 zuzurechnen sind, ist mangels einschlägiger Daten offen.

Der Untere und Mittlere Rupelton im Rheingraben und Mainzer Becken, in der hessischen Senke, die Sande von Berg in Belgien, Teile des Meeressandes im Mainzer Becken gehören in die Zone NP 23 (MÜLLER 1971).

Die Tab. 4 versucht, die geschilderten Sachverhalte und Erörterungen zu den biostratigraphischen Daten in einem Korrelationsschema zum Ausdruck zu bringen.

Aus BERGGREN (1972: Fig. 1) lassen sich für den hier behandelten Zeitabschnitt einige radiometrische Daten entnehmen: für die Basis des Latdorfiums werden 37,5 Ma, für die Obergrenze des Rupeliums (Mittel-Oligozän) 30 Ma angegeben (Zwischenwerte sind noch nicht bekannt?).

Damit kämen für die Niveaus Montmartre + La Débruge, Frohnstetten, Ronzon und Montalban ca. 7,5 Ma Dauer in Betracht.

Für die Basis des Obereozäns (Bartonium/Priabonium) finden sich 43 Ma. In die Zeitspanne von 5,5 Ma zwischen den Basen des Unteroligozäns (37,5) und des Obereozäns würden die Niveaus von Euzet und das nächst ältere Robiac gehören. Darunter folgt das Lutetium.

3.2. Biostratonomische Bemerkungen

Die 1971 und vorstehend behandelten Mikromammalier-Reste aus dem Neustadt-Profil bestehen aus Einzelzähnen, Bruchstücken von Unterkiefern und Maxillen. Auch die Extremitätenknochen sind zerstückelt, abgesehen von kleinen, widerstandsfähigen Skelett-Elementen, wie Phalangen, Podialien oder kurzen Metapodien. Im Verband befindliche Skelett-Teile oder vollständige Skelette sind nicht angetroffen worden. Ebenso fehlen bisher jegliche Reste von Großsäugern. Ähnlich fragmentiert sind auch die Skelettreste der übrigen Vertebraten (Fische, Amphibien, *Ophisaurus*, Krokodilier, Schildkröten). Es sind Schuppen, Flossenstrahlen-Bruchstücke, Otolithen, Wirbel- und Extremitätenreste, Einzelzähne, Hautverknöcherungen und Panzerplatten-Fragmente. Der bei den Grabungen und Schlämmungen von über 3 t Rohgut angetroffene größte Rest ist das Panzerfragment eines Emydiden von 5×4 cm.

7) In Fig. 2 bei BERGGREN (1972: 199) ist in der Spalte "North German Basin" für die Silberberg-Schichten des Helmstedter Profiles und die darin liegende *E. subdisticha*-Zone (NP 21) ein Alter von $45,2 \pm 2$ Ma angegeben und die Folge deshalb in das Lutetium gestellt. Der Wert $45,2 \pm 2$ wurde von ODIN et al. (1970: 220) an Glaukoniten ermittelt und von den Autoren selbst angezweifelt. Tatsächlich liegen die Silberberg-Sch. mit der NP-21-Zone höher im Profil und gehören in das Latdorfium.

Diese Befunde lassen auf längeren Transport und damit verbundene Aufbereitung und Zerstückelung der Skelette oder Teilen davon schließen, um so mehr, als dies nicht nur für die terrestrischen Vertebraten (Kleinsäuger, *Ophisaurus*), sondern auch für die permanenten Wasserbewohner (Fische) und die „amphibischen“, zeitweiligen Wasserbewohner (Krokodilier, Emydiden) gilt. Abrollungserscheinungen in größerem Ausmaß – wie manchmal bei Skelett-Material aus Flußsanden zu beobachten – finden sich jedoch an den Neustadt-Vertebraten nicht. Dies dürfte mit dem Einbettungs-Medium – einem grünlichen, mergeligen Ton – in Zusammenhang stehen, das auf energiearme Transportverhältnisse hinweist.

Die Schichtenfolge an der Fundstelle Neustadt, wie der Melanienton überhaupt, hat eine reiche aquatische Wirbellosen-Fauna geliefert (GRAMANN 1966: 500, RITZKOWSKI 1969, HUCKRIEDE 1971), die auf limnisch-oligohaline, bzw. – im oberen Teil des gesamten Melanientones – stärker saline Verhältnisse hinweist (s. S. 34). Danach und nach den Sedimenten dürfte eine größeres oder mehrere größere Sedimentationsbecken vorhanden gewesen sein, mit langsam fließenden oder stagnierenden Wässern, wobei die meist unreinen und geringmächtigen Braunkohlen-Lagen gelegentliche Versumpfungen anzeigen.

In diese Gewässer wurden die Kleinsäuger-Reste zeitenweise vom benachbarten Festland eingeschwemmt, zerlegt und fragmentiert, wobei es in bestimmten Lagen zu größeren Anreicherungen kam, wie am Profil von Neustadt ersichtlich ist (TOBIEN 1971: 12–13).

Als Säugertierlagerstätte ähnelt das Vorkommen von Neustadt (und vermutlich auch Nordshausen) damit den untermiozänen Hydrobien-Schichten im Mainzer Becken. Hier sind ebenfalls Kleinsäugerreste in einem größeren See-Becken in stark fragmentierter Form lagenweise in feindetritischen, geringmächtigen, tonig-mergeligen Sedimenten angereichert worden. Dies ist der Typus der Säugervorkommen in „Binnenseen größerer Ausdehnung“ (TOBIEN 1968: 562).

4. Zusammenfassung

Die Rodentier-Reste aus dem unteroligozänen hessischen Melanienton von Neustadt (24 km ENE Marburg) und Nordshausen (SW-Vorort von Kassel) verteilen sich auf folgende Arten: 1) *Gliravus* cf. *priscus* (Gliride), 2) *Suevosciurus fraasi* (Pseudosciuride), 3) *Theridomys aquatilis* (Theridomyide), 4) *Thalerimys* cf. *fordi* (Theridomyide).

Thalerimys – ein neues Theridomyiden-Genus – ist durch besondere Komplikationen der Backenzähne unter Beibehaltung des ursprünglichen Theridomyiden-Bauplanes charakterisiert. Innerhalb dieser Gruppe stellt es eine besondere Entwicklungslinie dar. Außerhalb des Melanientones ist das Genus aus dem Eo/Oligozän der Isle of Wight (England) bekannt.

Die Rodentier geben, zusammen mit den anderen Kleinsäufern, Hinweise für die Altersstellung der Fundschichten: Danach gehören die Kleinsäuger von Neustadt (und wohl auch von Nordshausen) in das säugetier-paläontologisch definierte Niveau von Frohnstetten, das zwischen den Niveaus von Montmartre und Ronzon liegt. Damit

entsprechen die Fundschichten – und wahrscheinlich auch der ganze Melanienton – den Mittleren Pechelbronner Schichten im Rheingraben und Mainzer Becken, den Bembridge Marls der Isle of Wight, dem Unteren Tongrium Belgiens, den tieferen Teilen der marnes supragypseuses (marnes bleues) im Pariser Becken und sind jünger als die Typus-Lokalität Latdorf und die Silberberg-Schichten im Helmstedter Profil NW-Deutschlands. Die Zone NP 22 ist das Äquivalent in der Nannoplankton-Zonenfolge.

Biostratonomisch stellen die Vorkommen von Neustadt (und wohl auch von Nordshausen) den Säugerlagerstätten-Typus dar, wie er in Ablagerungen von Binnenseen größerer Ausdehnung angetroffen wird.

Summary: The rodent remains from the Lower Oligocene Melanienton (Melania clay) at Neustadt (24 km ENE Marburg) and Nordshausen (SW suburb of Kassel), both Northern Hesse, belong to: 1) *Gliravus* cf. *priscus* (a glirid) 2) *Sueveosciurus fraasi* (a pseudosciurid) 3) *Theridomys* (*Theridomys*) *aquatilis* (a theridomyid) 4) *Thalerimys* cf. *fordi* (a theridomyid).

Thalerimys, a new theridomyid genus, is characterised by a particular complication of the cheek teeth that superimposes the primitive *Theridomys* pattern. In the family Theridomyidae *Thalerimys* represents a separate evolutionary lineage. Outside the Hessian Melanienton the genus is known from the Eo/Oligocene of the Isle of Wight (England).

Together with the other micromammals the rodents deliver data to the biostratigraphical age of the section at Neustadt and the Melanienton in general: The local fauna of Neustadt (and probably also the some remains of Nordshausen) belongs to the Frohnstetten niveau (of the palaeomammalogical time scale), that inserts between the Montmartre and the Ronzon niveau respectively. By this the Neustadt section and probably the whole Melanienton can be correlated with the Mittlere Pechelbronner Schichten of the Rhine graben and the Mainz basin; with the Bembridge marls of the Isle of Wight; the Lower Tongrian of Belgium; the lower parts of the marnes supragypseuses (marnes bleues) of the Paris basin; and is slightly younger than the Latdorf type locality and the Silberberg-Schichten of the Helmstedt section. The nannoplanktonic zone NP 22 should be the approximate equivalent of these terms.

Biostratonomically the local fauna of Neustadt (and probably also the remains of Nordshausen) belong to a type of mammal deposits that has been encountered in lakes of larger scale with limnic and/or brackish regime.

Résumé: Le Melanienton (Argile à Mélanies) de l'Oligocène inférieur du Hesse septentrional a délivré des rongeurs à Neustadt (24 km ENE de Marburg) et à Nordshausen (SO banlieue de Kassel) comme: 1) *Gliravus* cf. *priscus* (gliridé), 2) *Sueveosciurus fraasi* (pseudosciuridé), 3) *Theridomys aquatilis* (théridomyidé), 4) *Thalerimys* cf. *fordi* (théridomyidé).

Thalerimys, genre nouveau des théridomyidés, est caractérisé par une complication particulière des dents jugales, superposée à la structure archaïque théridomyidienne. Dans le cadre de la famille *Theridomyidae* le genre *Thalerimys* représente une lignée évolutive spéciale. Hors du Melanienton le genre est connu de l'Eo/Oligocène de l'Isle of Wight (Angleterre).

Ensemble avec les autres micromammifères les rongeurs permettent des précisions concernant la datation biostratigraphique des couches fossilifères: D'après cela la faune locale de micromammifères de Neustadt (et très probablement de Nordshausen) appartient au niveau-repère de Frohnstetten, défini par des mammifères et intercalé entre les niveaux-repères de Montmartre et de Ronzon. Ainsi les couches de Neustadt et vraisemblablement tout l'ensemble du Melanienton peut être corrélé avec les Mittlere Pechelbronner Schichten du Fossé Rhénan et du Bassin de Mayence, avec les Bembridge Marls de l'Isle of Wight, avec le Tongrien inférieur de la Belgique, avec les parties inférieures des marnes supragypseuses (marnes bleues) du Bassin de Paris et ils sont plus jeunes que le type du Latdorfien ou les Silberberg-Schichten de la section de Helmstedt. C'est la zone nannoplanctonique NP 22, qui est plus ou moins son équivalent.

En sens biostratonomique Neustadt (et probablement Nordshausen) appartient au type des gisements de mammifères tertiaires qui est rencontré dans des grands lacs continentaux du caractère d'eau douce et/ou saumâtre.

5. Schriftenverzeichnis

- BERGGREN, W. A. (1972): A Cenozoic time-scale — some implications for regional geology and paleobiogeography. — *Lethaia*, **5**: 195—215, 9 Abb.; Oslo.
- BOSMA, A. A. & INSOLE, A. N. (1972): Theridomyinae (Rodentia, Mammalia) from the Osborne Beds (Late Eocene), Isle of Wight, England. — *Koninkl. Nederl. Akad. Wetensch., Proc., B*, **75**: 133—144, Taf. 1.
- CRAY, P. E. (1964): The Mammalian Fauna of the Headon Beds of Hampshire and the Isle of Wight. — *Diss. Univ. Bristol (Masch.Schr.)*, I—VIII, 1—297, 20 Taf.; Bristol.
- DE BONIS, L. (1964): Étude de quelques Mammifères du Ludien de la Débruge (Vaucluse). — *Ann. Paléont. (Vertébrés)*, **50**, fasc. 2: 121—154, 5 Taf.; Paris.
- FRANZEN, J. L. (1968): Revision der Gattung *Palaeotherium* CUVIER 1804 (Palaeotheriidae, Perissodactyla, Mammalia). **1** und **2**. *Diss. Univ. Freiburg i. Br.*, 181 S., 35 Taf.; Freiburg i. Br.
- GERVAIS, P. (1852): Zoologie et Paléontologie française (animaux vertébrés). **1**: text, IV + 271 pp.; **2**: explication des planches; **3**: atlas, 45 pls. (1848—52); Paris.
- GIGNOUX, M. (1928): Sur la découverte d'un rhinocéridé (*Acerotherium* cf. *Filholi* OSBORN) dans les couches pétrolifères oligocène de Pechelbronn (Bas Rhin). — *Bull. Serv. carte géol. d'Als. et Lorr.* **1**: 145—152, Taf. 9.
- GRAMANN, F. (1966): Das Oligozän der Hessischen Senke als Bindeglied zwischen Nordseebecken und Rheintalgraben. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, Jg. 1963, **115**: 497—514, 1 Abb.; Hannover.
- HARTENBERGER, J.-L. (1969): Les Pseudosciuridae (Mammalia, Rodentia) de l'Éocène moyen de Bouxwiller, Egerkingen et Lissieu. *Palaeovertebrata*, **3**: 27—61, 6 Abb., 4 Taf.; Montpellier.
- (1971a): Contribution à l'étude des genres *Gliravus* et *Microparamys* (Rodentia) de l'Éocène d'Europe. *Palaeovertebrata*, **4**: 97—135, 18 Abb., 5 Taf.; Montpellier.
- (1971b): Étude systématique des Theridomyidae (Rodentia) de l'Éocène supérieur. 129 S., 29 Taf. Thèse Univ. Montpellier.
- HUCKRIEDE, R. (1971): Die Typ-Lokalität des Hessischen Melanientons (Kirchhain), ein intensiv gestörtes Tertiär-Profil. — *Geologica et Palaeontologica*, **5**: 165—169, 1 Abb.; Marburg.
- HUGUENEY, M. (1969): Les Rongeurs (Mammalia) de l'Oligocène supérieur de Coderet-Bransat (Allier). — *Thèse Fac. Sci. Univ. Lyon*, **596**: 1—227, 5 Taf.; Lyon.

- LAVOCAT, R. (1951): Révision de la Faune des mammifères oligocènes d'Auvergne et du Velay. 153 S., 26 Taf.; Paris.
- MARTINI, E. (1970): The Upper Eocene Brockenhurst Bed. — *Geol. Mag.*: 225–228, 1 Tab.
- & MOORKENS, T. (1969): The Type-Locality of the Sands of Grimmeringen and calcareous Nannoplankton from the Lower Tongrian. — *Bull. Belg. Ver. Geol., Paleont. Hydrol.*, **78**, 2: 111–130; Brüssel.
- & MÜLLER, C. (1971): Das marine Alttertiär in Deutschland und seine Einordnung in die Standard Nannoplankton Zonen. — *Erdöl u. Kohle — Erdgas — Petrochemie vereinigt mit Brennstoff-Chemie*, **24**: 381–384.
- MISONNE, X. (1957): Mammifères oligocènes de Hoogbutsel et de Hoeleden. — *Inst. royal Sci. natur. Belgique, Bull.*, **33**, Nr. 51: 1–16, 2 Taf.; Bruxelles.
- MÜLLER, C. (1970): Nannoplankton aus dem Mittel-Oligozän von Norddeutschland und Belgien. — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **135**, 1: 82–101, 2 Tab., Taf. 9–12; Stuttgart.
- (1971): Nannoplankton-Gemeinschaften aus dem W-deutschen Mittel-Oligozän. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**: 43–53. 1 Tab., Taf. 5; Wiesbaden.
- ODIN, G. S. et al. (1970): Géochronologie de niveaux glauconieux paléogènes d'Allemagne du Nord (méthode potassium-argon). Résultats préliminaires. — *C. R. Somm. Séances Soc. Géol. France*, **6**: 220; Paris.
- POMEL, A. (1852): Catalogue méthodique et descriptif des vertébrés fossiles découverts dans les bassins de la Loire et de l'Allier (part): 1–193; Paris.
- RAT, P. (1965): La succession stratigraphique des Mammifères dans l'Éocène du bassin de Paris. — *Bull. Soc. géol. de France* (7), **7**: 248–256.
- RITZKOWSKI, S. (1967): Die Feingliederung des Hessischen Melanientons (Unteroligocän, nördliches Hessen). — *Geologica et Palaeontologica*, **1**: 97–100, 2 Abb.; Marburg.
- (1969): Stratigraphie der Eozän/Oligozänen Sedimente im nördlichen Hessen und ihre Parallelisierung zu anderen Tertiaergebieten. — *Mém. B. R. G. M.*, Nr. 69: 255–258 Paris.
- SCHELLMANN, TH. (1968): Alte und neue Gedanken zur Altersstellung und Gliederung des marinen Tertiärs in Niederhessen. II. Die Beziehungen des marinen Tertiärs zum sogenannten Melanienton. — *Jber. wetterau. Ges. ges. Naturkde.*, **119–120**: 27–63; Hanau.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (1971): Odontologische Untersuchungen an Pseudosciuriden (Rodentia, Mammalia) des Alttertiärs. — *Bayer. Akad. Wiss., mathem.-naturwiss. Kl., Abh., N.F.*, **150**: 133 S., 2 Taf., München.
- STEHLIN, H. G. (1909): Remarques sur les faunules de Mammifères des couches éocènes et oligocènes du Bassin de Paris. — *Bull. Soc. geol. France*, (4) **9**: 488–520; Paris.
- & SCHAUB, S. (1951): Die Trigonodontie der simplicidentaten Nager. — *Schweiz. Paläont. Abh.*, **67**: 1–385, 620 Abb.; Basel.
- THALER, L. (1966): Les Rongeurs fossiles du Bas-Languedoc dans leurs Rapports avec l'Histoire des Faunes et la Stratigraphie du Tertiaire d'Europe. — *Mém. Mus. National Hist. natur., nouvelle Sér., Sér. C., Sciences de la Terre*, **17**: 1–295, 27 Taf.; Paris.
- TOBIEN, H. (1939): Die Insektenfresser und Nagetiere aus der aquitanen Spaltenfüllung bei Tomerdingen (Ulmer Alb). — *Ber. naturforsch. Ges., Freiburg i. Br.*, **36**: 159–180, 1 Taf.; Freiburg i. Br.
- (1949): Säugetierpaläontologische Daten zur Altersbestimmung des tieferen Tertiärs im Rheintalgraben. — *Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br.*, **39**, 1943/49: 17–52; Freiburg i. Br.
- (1960): Säugetierpaläontologische Daten zur Altersstellung des Hessischen Melanientones. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **112**: 1–590; Hannover 1961.
- (1961): Ein Lophiodon-Fund (Tapiroidea, Mamm.) aus den niederhessischen Braunkohlen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **89**: 7–16, 1 Abb., Taf. 1; Wiesbaden.
- (1968): Mammifères éocènes du bassin de Mayence et de la partie orientale du Fossé Rhénan. — *Mém. B. R. G. M.*, Nr. 58 (Colloque sur l'Éocène, Paris, Mai 1968): 297–307; Paris.

- TOBIEN, H. (1968): Typen und Genese tertiärer Säugerlagerstätten. — *Eclogae geol. Helv.*, **61**, Nr. 2: 549–575, 2 Abb.; Basel.
- (1970): Biostratigraphy of the Mammalian Faunas at the Pliocene-Pleistocene Boundary in Middle and Western Europe. — *Palaeogeography, Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **8**: 77–93.
- (1971): Mikromammalier aus dem alttertiären Melanienton von Nordhessen. Teil 1: Marsupialia, Insectivora, Primates. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**: 9–29, 1 Abb., 2 Tab., Taf. 1–3; Wiesbaden.
- VIANEY-LIAUD, M. (1972a): Un cas de parallélisme intragénérique: l'évolution du genre *Theridomys* (Rodentia, Theridomyidae) à l'Oligocène moyen. — *C. r. Ac. Sc. Paris*, **274**: 1007–1010, 2 Abb.
- (1972b): Contribution à l'étude des Cricéidés oligocènes d'Europe occidentale. — *Palaeovertebrata, Montpellier*, **5**: 1–44, 12 Abb., 5 Taf.; Montpellier.
- VOLLMAYR, TH. (1966): Oberoligozäne Gliridae (Rodentia, Mammalia) aus der süddeutschen Faltenmolasse. — *Mitt. bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **6**: 65–107, 1 Abb., 1 Tab., Taf. 7–9; München.

Manuskript eingegangen am 8. 5. 1972

Im UV-Licht nachweisbare Färbungsmuster bei Pectiniden aus dem Unteren Meeressand des Mainzer Beckens

Von

FR. OTTO NEUFFER, Mainz*

Mit den Tafeln 4-6

Kurzfassung: Die Lumineszenz im ultravioletten Licht, meist hervorgerufen durch Reste organischer Substanzen im Bereich der früheren Pigmentierung einer Molluskenschale, wird benutzt, um ehemalige Färbungsmuster an fossilen Pectinidenschalen wieder sichtbar zu machen. Es werden erstmals Färbungsmuster von vier Arten der Gattung *Chlamys* aus dem Mitteloligozän des Mainzer Beckens unter UV-Licht nachgewiesen und abgebildet.

Abstract: The luminescence in ultraviolet light, caused by remains of organic substances in the area of former pigmentation of the molluscan shell is used to show former colour patterns of pectinid shells. In this study colour patterns of four species within the genus *Chlamys* from the Middle-Oligocene in the Mainz Basin are detected and figured for the first time.

Inhalt

1. Einführung		41
2. Material		42
3. Untersuchungsmethode		43
4. Beschreibung der untersuchten Formen		43
4.1. <i>Chlamys picta</i>		43
4.2. <i>Chlamys decussata</i>		44
4.3. <i>Chlamys permista</i>		44
4.4. <i>Chlamys weinheimensis</i>		45
5. Zusammenfassung		45
6. Schriftenverzeichnis		45

I. Einführung

Fossile Farberhaltung an Molluskenschalen, insbesondere Bivalven, ist recht selten zu beobachten (FOERSTE 1930, NUTALL 1969). Die Beleuchtung mit ultraviolettem Licht bietet hingegen häufig die Möglichkeit, an fossilen Molluskengehäusen ihre ehe-

*) FR. O. NEUFFER, Paläontologisches Institut der Universität, 65 Mainz, Saarstraße 21.

maligen Färbungsmuster durch Lumineszenz sichtbar zu machen (MIETHE & BORN 1928, BOHN et al. 1966). In einer vorläufigen Übersicht werden Färbungsmuster von Pectiniden der Gattung *Chlamys* aus dem Unt. Meeressand im Mainzer Becken erstmals abgebildet und beschrieben. Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden im Normallicht photographisch aufgenommene Schalen der rezenten Art *Chlamys varia* LINNÉ abgebildet, die aus einer Aufsammlung an der französischen Biskaya-Küste stammen (Taf. 4–6). Die Gegenüberstellung zeigt, daß die im UV-Licht auftretenden Färbungsmuster fossiler Pectiniden auch heute noch bei rezenten Arten der Gattung *Chlamys* zu finden sind. Das wiederholte Auftreten gleicher Muster bei den untersuchten fossilen Pectinidenschalen lassen den Schluß zu, daß diese auf ehemalige Färbungspigmente zurückgehen und nicht als zufällige Erscheinungen infolge diagenetischer Prozesse gedeutet werden können. Die Hell-Dunkel-Verteilung innerhalb der unter UV-Beleuchtung sichtbaren Muster geben meist das Negativ der ehemaligen Verhältnisse wieder (NEUFFER 1971: 124). Es muß dabei noch offenbleiben, ob die Lumineszenz allein durch die Pectinidenschale hervorgerufen wird und an den Stellen der früheren Einlagerung von Pigmenten (z. B. Melanin) Lumineszenzlöschung eintritt, so daß sich auf diese Weise das frühere Pigmentierungs (Färbungs-) muster im UV-Licht abzeichnet, oder ob die Lumineszenzverteilung gerade umgekehrt gedeutet werden muß (FISCHER 1967: 94, OBERLING: 1968). Auf die im Tageslicht sichtbare „Bänderung“, die schon SANDBERGER (1863: 370, 372) erwähnt, wird hier nicht näher eingegangen. Sie gehört ebenfalls zu den hier besprochenen Färbungsmustern und läßt sich meist auch unter UV-Licht nachweisen.

2. Material

Für diese Untersuchung konnten Funde aus den Sammlungen des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt, des Karl-Geib-Museums in Bad Kreuznach, des Naturhistorischen Museums in Mainz, des Museums Wiesbaden und des Paläontologischen Institutes der Universität Mainz herangezogen werden. Die zur Abbildung gebrachten Objekte stammen aus verschiedenen, bekannten Vorkommen des Unt. Meeressandes im Mainzer Becken: Eckelsheim, Neu-Bamberg, Weinheim/Trift, Wöllstein. Sie werden in der Sammlung des Paläontologischen Institutes der Universität Mainz unter PIM Nr. F . . . aufbewahrt. Fundorte und Katalognummern sind aus den Tafelerläuterungen zu entnehmen.

Die besten Ergebnisse lieferten die Funde aus den Sandgruben am Steiger Berg bei Eckelsheim. Auf die gute Erhaltung der Pectiniden von dieser Fundstelle hat schon SANDBERGER (1863: 372) hingewiesen. Allerdings ist auch hier die Ausbeute an Schalen mit deutlich sichtbaren Lumineszenzmustern gering; sie liegt bei etwa 4%. Bei den anderen angegebenen Fundorten ist dieser Prozentsatz noch geringer. Der Erfolg der Methode hängt damit einerseits von den spezifischen Erhaltungsbedingungen der einzelnen Fundorte und andererseits vom Vorhandensein einer großen Materialmenge ab. Dem Verfasser standen für die Untersuchung ca. 10000 Einzelklappen zur Verfügung aus den o. a. Fundstellen.

3. Untersuchungsmethode

Die Untersuchungen sowie die fotografischen Aufnahmen erfolgten am Panphot der Fa. Leitz. Für die UV-Beleuchtung wurde ein Quecksilber-Höchstdruckbrenner als Lichtquelle benutzt. Als Erregerfilter wurden die UV-durchlässigen Schwarzgläser UG1 und UG5 der Fa. Schott & Gen. eingeschaltet. Zur Vermeidung störender Nebeneffekte diente ein einfaches, gelb-grünes Farbglas (aus der Panphot-Ausstattung) vor dem Objektiv (Leitz Summar 1: 4,5; $f = 12$ cm). Die Aufnahmen erfolgten auf Illford FP4, 22 DIN (Belichtung wie 17 DIN, Entwicklung mit Microphen). Die Belichtungszeiten lagen je nach Objekt zwischen 30 und 120 s, bei halbgeöffneter Blende des Summar. An den für die fotografischen Aufnahmen aussortierten Schalen wurden die Außenseiten nur mit Pinsel und Präpariernadel gereinigt. Eine chemische Behandlung erfolgte nicht.

4. Beschreibung der untersuchten Formen

An Exemplaren folgender Arten der im Unt. Meeressand vorkommenden Pectiniden konnten Färbungsmuster nachgewiesen werden: *Chlamys picta*, *Chlamys decussata*, *Chlamys permista*, *Chlamys weinheimensis*.

Eine Revision der Pectiniden des Mainzer Beckens ist vom Verf. in Arbeit und soll in Kürze abgeschlossen werden. Daher kommen hier für obige Arten noch die bisher gebräuchlichen Namen zur Anwendung.

Die beobachteten Lumineszenzmuster emittieren ein gelbes bis gelbgrünes Licht. Eine eindeutige Unterscheidung zwischen Fluoreszenz und Phosphoreszenz konnte nicht gemacht werden (RIEHL 1971). Allerdings scheint es sich bei der Lumineszenz der Muskelansatzstellen auf der Innenseite der Pectinidenschalen (Taf. 6 Fig. 6b) um Phosphoreszenz zu handeln. Im weiteren wird daher zur Vereinfachung immer von Fluoreszenz gesprochen.

4.1. *Chlamys picta* (GOLDFUSS, 1834)

Taf. 4 Fig. 1–5; Taf. 5 Fig. 1–4; Taf. 6 Fig. 2 u. 6

Diese sehr veränderliche und massenhaft im Unt. Meeressand vorkommende Art zeigt vier verschiedene Färbungsmuster, die bei dem untersuchten Material vorwiegend auf der linken Klappe nachgewiesen werden konnten. Worauf dieses bevorzugte Auftreten von unter UV-Licht nachweisbaren Färbungsmustern auf der linken Klappe zurückzuführen ist, läßt sich bei dem jetzigen Stand der Untersuchungen noch nicht sagen. Es steht auf jeden Fall nicht im Gegensatz zu den bei rezenten *Chlamys*-Arten gemachten Beobachtungen.

Radial verlaufende Muster wurden auf Taf. 4 Fig. 1–3 abgebildet. Es treten immer 3–4 in ihrer Breite veränderliche Streifen auf, die sich unter UV-Licht als dunkle Stellen auf der sonst hell leuchtenden Schale abheben. Taf. 4 Fig. 2 zeigt den einzigen dem Verf. bekanntgewordenen Fall, bei dem auch in normalen Licht helle radiale Streifen zu erkennen sind, wobei das Fluoreszenzbild an den gleichen Stellen breitere, dunkle Streifen aufweist. Diese Beobachtung deutet die Möglichkeit der Fluoreszenzlöschung an Stellen ehemaliger Pigmentierung an.

Mehr konzentrisch angeordnete Muster zeigen die auf Taf. 5 Fig. 1, 3, 4 dargestellten Beispiele. Hierbei wird nie die sehr regelmäßige Anordnung der im Normallicht erkennbaren „Bänderung“ (s. S. 42) erreicht, sondern es sind mehr wellenförmig verlaufende Muster zu erkennen. Die einfachste Form dieser Musterung stellt Taf. 5 Fig. 1 dar, wogegen Taf. 5 Fig. 3 schon zu der sehr unregelmäßig geschwungenen Form von Taf. 5 Fig. 4 überleitet.

Als Beispiel für eine Kombination aus einem konzentrischen und einem radial angeordneten Grundmuster können die auf Taf. 4 Fig. 4 und Taf. 5 Fig. 2 abgebildeten Färbungsmuster angesehen werden.

Als vierte Möglichkeit sind die unregelmäßig aufgebauten „Fleckenmuster“ zu betrachten, wie sie in Taf. 4 Fig. 5 und Taf. 6 Fig. 2 dargestellt wurden. Bei der Deutung dieser letzten Färbungs-„Muster“ ist Vorsicht geboten, da unregelmäßig verteilte Flecken im UV-Licht nicht nur von einer früheren Pigmentierung verursacht werden können, sondern z. B. auch bei nicht sorgfältig genug gereinigten Schalen auftreten.

Die Häufigkeit des Auftretens bei den hier gezeigten Färbungsmustern verteilt sich wie folgt: Die Kombination aus konzentrischen und radialen Grundmustern ist in dem untersuchten Material am häufigsten aufzufinden; danach folgen mit etwa gleichen Anteilen das konzentrisch angeordnete und das radial ausgerichtete Färbungsmuster; die unregelmäßigen „Fleckenmuster“ sind nicht häufig vertreten.

4.2. *Chlamys decussata* (MÜNSTER in GOLDFUSS, 1834)

Taf. 6 Fig. 5

Von dieser im Mainzer Becken selten vorkommenden Art standen nur wenige vollständig erhaltene Exemplare zur Verfügung. Es war infolge der geringen Zahl daher zu erwarten, daß nicht alle bei *Chl. picta* aufgetretenen Färbungsmuster auch bei dieser Art zu finden sein würden. Das abgebildete Beispiel zeigt ein verwaschen aussehendes „Fleckenmuster“. Da diese Form der Musterung bei den untersuchten Exemplaren mehrfach festgestellt werden konnte, dürfte ein Zufallsbefund ausgeschlossen sein.

4.3. *Chlamys permista* (BEYRICH, 1848)

Taf. 6 Fig. 4

Diese Art ist im Unt. Meeressand des Mainzer Beckens nur als große Seltenheit anzutreffen. Wegen ihrer sehr dünnen Schale kamen nur wenige vollständig erhaltene Stücke für diese Untersuchung in Frage. Darüber hinaus behinderte die sehr zerbrechliche Schale eine sorgfältige Reinigung ihrer Oberfläche, was für das Aufspüren von Färbungsmustern im UV-Licht unerlässlich ist. Das hier abgebildete Exemplar zeigt ein, wegen seiner schwachen Fluoreszenz undeutlich hervortretendes „Fleckenmuster“ das vom Verf. nur mit Vorbehalt als ehemaliges Färbungsmuster angesehen wird. Eine Bestätigung dieses Befundes müssen weitere Untersuchungen an Material aus dem belgischen Tertiär ergeben.

4.4. *Chlamys weinheimensis* (WENZ, 1932)

Taf. 6 Fig. 1–2

An dieser für das Mainzer Becken typischen Art konnten zwei Formen von Färbungsmustern im UV-Licht nachgewiesen werden. Das auf Taf. 6 Fig. 1 abgebildete Stück weist die am häufigsten festgestellte Form einer „Fleckenmusterung“ auf, die noch deutlich eine konzentrische Anordnung erkennen läßt.

Seltener kommen radiale Streifen vor (und zwar immer 3–4), wie sie auf Taf. 6 Fig. 2 abgebildet sind. Sie sind augenscheinlich nicht an die Skulptur der Schale (Rippen) gebunden.

5. Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, daß die Verwendung des ultravioletten Lichtes die Möglichkeit bietet, an fossilen Pectiniden innerhalb einer systematischen Einheit verschiedene Färbungsmuster nachzuweisen, die auch bei rezenten Vertretern dieser Einheit noch auftreten. Eine Anwendung in taxonomischer Hinsicht lassen die bisherigen Ergebnisse noch nicht zu. Es wird weiterer Untersuchungen bedürfen, um auch für die hier nicht erwähnten, im Unt. Meeressand des Mainzer Becken noch vorkommenden Arten Färbungsmuster aufzeigen zu können, was z. T. wegen fehlender, gut erhaltener Exemplare noch nicht möglich war.

Für die freundliche Bereitstellung des Materials aus den o. a. Museen bin ich den Leitern dieser Institutionen zu besonderem Dank verpflichtet. Für die rege Anteilnahme an dem Fortgang der Untersuchungen sowie für kritische Hinweise und Diskussionen danke ich allen Mitarbeitern des Paläont. Institutes. Herrn Prof. ROTHAUSEN und Herrn Prof. BERG danke ich für die Durchsicht des Manuskriptes.

6. Schriftenverzeichnis

- BOHN, P., HAVAS, M. B. & LENARD, T. (1966): Fluoreszenzuntersuchungen in der Geologie. — Földt. közl., **96**: 460–468, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Budapest. (Ungarisch)
- FISCHER, P.-H. (1967): La Fluorescence chez les Mollusques fossiles. — J. Conchyl., **106** (3): 89–99; Paris.
- FOERSTE, A. (1930): The colour patterns of fossil cephalopods and brachiopods, with notes on gasteropods and pelecypods. — Univ. Michigan, Mus. Pal. Contr., **3**: 109 bis 150, 5 Taf.; Ann Arbor.
- MIETHE, A. & BORN, A. (1928): Die Fluorographie von Fossilien. — Paläont. Z., **9**: 343 bis 356, 6 Abb.; Berlin.
- NEUFFER, FR. O. (1971): Nachweis von Färbungsmustern an tertiären Bivalven unter UV-Licht. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60** (HEINZ-TOBIEN-Festschr.): 121 bis 130, 3 Taf.; Wiesbaden.
- NUTTALL, C. (1969): Coloration. — In: MOORE, R. C. (Edit.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part N, **1**, Mollusca 6, Bivalvia, S. N 70–N 72, 1 Abb.; Kansas.
- OBERLING, J. J. (1968): Remarks on colour patterns and related features of the Molluscan shells. — Mitt. naturforsch. Ges. Bern, N.F. **25**: 3–56, 11 Taf.; Bern.
- RIEHL, N. (Edit.) (1971): Einführung in die Lumineszenz. 350 S., München (Thiemig).
- SANDBERGER, C. L. F. (1863): Die Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens. 458 S., Atlas mit 35 Taf.; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 25. 4. 1972

Palökologischer Vergleich zweier berühmter Fossilagerstätten des deutschen Rotliegenden (Unterperm, Saar-Nahe-Gebiet)

Von

JÜRGEN A. BOY, Mainz*

Mit 2 Abbildungen

Zusammenfassung: Die Fauna der Fossilfundstellen Odernheim/Glan und Lebach/Saar wird hinsichtlich ihrer autökologischen und biostratinomischen Aussagekraft untersucht. Unter Berücksichtigung der Sedimentologie und Paläogeographie kommt man zu dem Ergebnis, daß in beiden Fällen kleine, ± abgeschlossene und ± thermisch stratifizierte Seebecken sowohl als Sedimentations- als auch als Lebensraum vorlagen.

Der Odernheimer See war wahrscheinlich relativ flach, im Hypolimnion war er sicherlich sauerstofffrei und im Epilimnion wechselnd gut durchlüftet. Folglich ist nur eine verarmte nektonische Fauna mit den Charakterformen *Branchiosaurus* und *Micromelerpeton* überliefert.

Der Lebacher See war vermutlich tiefer und, bedingt durch die Nähe eines Deltas, im Hypo- wie Epilimnion besser durchlüftet. Charakteristisch für diesen Lebensbereich sind neben einzelnen nektobenthonischen Invertebraten die nektonischen Gattungen *Archegosaurus*, *Rhabdolepis* und *Xenacanthus*.

Summary: An autecological and biostratinomical comparison of the fossil records from Odernheim and Lebach sites gives the following results:

Owing to oxygen free water in the hypolimnion and varying oxygen content in the epilimnion of a fairly shallow lake, the Odernheim locality has an impoverished nectonic fauna characterised by *Branchiosaurus* and *Micromelerpeton*.

In contrast, the Lebach fauna lived in water of greater depth and higher oxygen content both in the hypolimnion and epilimnion. Lebach, therefore, is characterised by some nectobenthonic invertebrates and by the nectonic genera *Archegosaurus*, *Rhabdolepis* and *Xenacanthus*.

Inhalt

1. Einleitung	47
2. Palökologie der Odernheimer Fauna	47
3. Palökologie der Lebacher Fauna	51
4. Paläogeographischer Rahmen	56
5. Ergebnis	57
6. Schriftenverzeichnis	58

*) Dr. J. A. Boy, Paläontologisches Institut der Universität, 65 Mainz, Saarstr. 21.

1. Einleitung

Das an Fossilien nicht gerade reichhaltige Rotliegende (Unterperm) enthält im Bereich des Saar-Nahe-Beckens zwei hervorragende Fossilfundstellen: Odernheim/Glan und Lebach/Saar. Diese lieferten im Laufe vieler Jahrzehnte das grundlegende Material zum Studium zahlreicher, in allen Lehrbüchern enthaltener Fossilformen wie *Eugereon*, *Uronectes*, *Acanthodes*, *Xenacanthus*, *Amblypterus*, *Branchiosaurus*, *Archegosaurus* u. a. Unser derzeitiges Wissen über die Organisation verschiedener Fossilgruppen, etwa der Acanthodier (MILES 1964, 1968; NELSON 1968), Xenacanthodier (MOY-THOMAS & WHITE 1939) und Branchiosaurier (BOY 1971 a) basiert sogar weitgehend auf diesem Material.

Die Lebacher Fauna wurde bereits in der Mitte des vorigen Jahrhunderts z. T. in großen Monographien bearbeitet. Besonderes Interesse erweckten die Amphibien (u. a. MEYER 1858, BURMEISTER 1850, HOFKER 1927) und Fische (u. a. AGASSIZ 1843, KNER 1868, REIS 1895, 1896, 1897).

Die Odernheimer Fundstelle wurde dagegen bedeutend später in den frühen zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts entdeckt. Sie ist im wesentlichen durch ihre einzigartig erhaltenen Branchiosaurier (BULMAN & WHITTARD 1926, WATSON 1963, BOY 1972) berühmt geworden.

Die Fauna beider Fundpunkte weist lediglich geringe Übereinstimmungen auf, obwohl die Fundhorizonte altersmäßig nur geringfügig voneinander abweichen. Diese Unterschiede und ihre Ursachen sollen im folgenden kurz erörtert werden.

Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich allerdings bei einem lithostratigraphischen Vergleich der beiden Fundhorizonte. Das Odernheimer Niveau kann mit Sicherheit in die mittleren Partien der Odernheimer Schichten (= Mittlere Lebacher Gruppe) eingestuft werden. Die fossilführenden Toneisensteine von Lebach kommen dagegen in einer randlichen Sonderfazies vor, die sich weder litho- noch biostratigraphisch mit der Normalabfolge der Beckenfazies vergleichen läßt. Vermutlich entsprechen sie etwa dem Grenzbereich Odernheimer -/Disibodenberger Schichten (= Mittlere-/Obere Lebacher Gruppe).

Die vorliegende Arbeit basiert auf zahlreichen Untersuchungen und Geländearbeiten, die oft in Zusammenarbeit mit Kollegen des Geologischen und des Paläontologischen Institutes Mainz durchgeführt wurden. Ihnen allen sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Besonderen Dank schulde ich den Herren BAHLO, DREYER, Dr. LORENZ, SCHUCHMANN, Dr. STAFF (alle Mainz) und Dr. ZANGERL (Chicago).

2. Palökologie der Odernheimer Fauna

Die in der Umgebung von Odernheim/Glan an verschiedenen Stellen aufgeschlossenen „Stegocephalenkalke“ haben eine ungewöhnlich individuenreiche, aber artenarme Tierwelt hervorgebracht.

In dem sehr umfangreichen Fundgut ist die Pflanzenwelt nur begrenzt vertreten. Häufig sind lediglich Ast- oder Zweigstückchen ohne Belaubung, selten sind dagegen Farnwedel (Pecopteriden), Coniferen-Äste (*Ernestriodendron*) und Früchte. Es fehlen also typische Uferpflanzen (Calamiten); nur die relativ indifferenten Pecopteriden könnten in direkter Nachbarschaft des Ufers gestanden haben. Eigentümlicherweise herrschen die an relativ trockene Standorte angepaßten und somit vorwiegend im Hinterland des Sedimentationsraumes beheimateten Pflanzen, wie die Walchien, vor.

Evertebraten wurden bislang nicht gefunden, und die Fische sind auf ein oder zwei Arten der Gattung *Amblypterus* beschränkt. Diese Formen waren wahrscheinlich auf Grund ihres relativ plumpen Körpers nur mittelmäßige Schwimmer, die sich wohl, wie ihre kleinen stiftförmigen Zähne vermuten lassen, vorwiegend von pflanzlicher Substanz und tierischen Kleinstlebewesen ernährten. Sie verkörpern also einen verhältnismäßig wenig spezialisierten Fischtyp und bevorzugten wahrscheinlich ihrem Körperbau und ihrer Ernährungsweise zufolge kleinere stehende Gewässer oder die Uferregion großer Seen.

Zahlenmäßig herrschen die Amphibien und unter diesen die Branchiosaurier (mit zwei Gattungen: *Branchiosaurus* und *Micromelerpeton*) vor. Sie stimmen in Größe und Gestalt mit den heutigen Molchen (BOY 1971 a, 1972) überein. Vermutlich besitzen sie auch einen seitlich abgeplatteten Schwanz und Andeutungen eines Flossen-saumes. Verschiedene eindeutig larvale Merkmale, insbesondere die langen, fadenförmigen äußeren Kiemen, weisen auf eine hervorragende Anpassung an das Wasserleben hin. Die kräftige Bezahnung der Kiefer und Gaumenelemente zeigt an, daß sich diese Tiere vorherrschend von kleinen Evertebraten, die uns leider nicht fossil überliefert sind, ernährten.

Aus Gestalt und Nahrungsweise kann also in Analogie zu den rezenten Schwanzlurchen auf einen bevorzugten Aufenthalt in flachen, stehenden oder fließenden Gewässern geschlossen werden. In Frage kommen hierfür Teiche, kleine Seen, sowie Randzonen oder flache Seitenbecken großer Seen.

Zusammen mit den Branchiosauriern tritt in sehr geringer Zahl und fast nur im larvalen Zustand ein weiteres Amphib *Sclerocephalus* auf (BOY 1972). Diese Form, die eine Gesamtlänge von vielleicht 60 cm erreichen kann, besitzt einen großen, schweren Schädel mit mächtigen, kräftig bezahnten Kiefern, einen breiten Schultergürtel und schwache, kurze Extremitäten. Der Bau des Bewegungsapparates spricht für eine weitgehend aquatische Lebensweise. Infolge seiner Schwerfälligkeit hielt sich *Sclerocephalus* vermutlich, entsprechend den rezenten Riesensalamandern (Cryptobranchidae, vorherrschend am Grunde flacher Gewässer auf, um vorbeikommenden Beutetieren aufzulauern. Er bevorzugte deshalb wahrscheinlich Flüsse und die Uferregion der Seen. Seinen Larven kommt aber auf Grund ihres branchiosaurierähnlichen Baues eine weit aktivere Lebensweise zu. Sie bewohnten möglicherweise andere, ökologisch getrennte Lebensräume, die den adulten Exemplaren größtenteils verschlossen waren. Dafür spricht z. B. die große Seltenheit halberwachsener Individuen und das völlige Fehlen ausgewachsener Exemplare innerhalb der Odernheimer Fauna.

Für den Odernheimer Fundstellen-Typus ist also sehr bezeichnend, daß artenmäßig wenige Vertreter des Nekton überliefert sind und daß jegliche Spuren eines Nekto-benthos oder gar eines Benthos fehlen. – Zu klären wäre allerdings noch, ob diese Fossilgemeinschaft autochthoner oder allochthoner Natur ist. Dazu ein kurzer Blick auf das umhüllende Sediment.

Die Fossilien treten ausschließlich in dunkelgrauen, warvenartig geschichteten Tonsteinen und ähnlich geschichteten, braungrauen, mergeligen Dolomiten bis Kalken¹⁾ auf. Bis auf den unterschiedlichen Kalk-Dolomit-Gehalt verkörpern beide Ge-

¹⁾ Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. STAFF überwiegt der Dolomitgehalt.

steinsarten einen ähnlichen Sediment-Typus, nämlich einen feinlaminierten Tonstein mit einer Wechselfolge von dunklen, stark bituminösen und von hellen, bitumenarmen Lagen sowie mit hohem Pyritgehalt – (Der Pyrit manchmal in kleinen kugeligen Aggregaten = ? Bakterien). Dieser insgesamt ca. 20 cm mächtigen Abfolge ist nur in zwei Niveaus eine millimeterstarke, gröber detritische, helle Schicht mit selten irregulärer Basisfläche zwischengelagert. – Hier waren also über einen längeren Zeitraum hinweg gyttja- bis sapropelartige Sedimente (vgl. WASMUND 1930 a, KREJCI-GRAF 1955) zur Ablagerung gelangt, wobei dieser Prozeß nur zweimal für kurze Zeit durch stärkere Frischwasserzufuhr unterbrochen worden war. Auch die vorzügliche, komplette Erhaltung der Fische und Amphibien läßt auf O₂-freie oder zumindest sehr O₂-arme Verhältnisse in bodennahen Wasserzonen schließen.

Zudem beweist die Art der Erhaltung, daß die überlieferte Fauna in dichter Nähe des Todesortes gelebt haben muß. Jeglicher Transport der Fischleichen würde nämlich zu längerem Aufenthalt in O₂-führendem Milieu, somit zur verstärkten Bildung von Verwesungsgasen in der Leibeshöhle und einem längeren Driften des Kadavers an der Wasseroberfläche geführt haben (s. die aktuopaläontologischen Beobachtungen von SCHÄFER 1962: 63–72). Als Folge wären die Leichen unter tropischen Klimaverhältnissen binnen Stunden völlig zerfallen (ZANGERL mündl. Mitt., s. a. ZANGERL & RICHARDSON 1963:164, WALDMAN 1971: 111), oder unter gemäßigten Klimabedingungen würden sich im Laufe von Tagen einzelne Skelettelemente herausgelöst haben (SCHÄFER 1962).

Basierend auf diesen Beobachtungen kann die Entstehung dieser Fossilagerstätte mit einigem Vorbehalt wie folgt rekonstruiert werden.

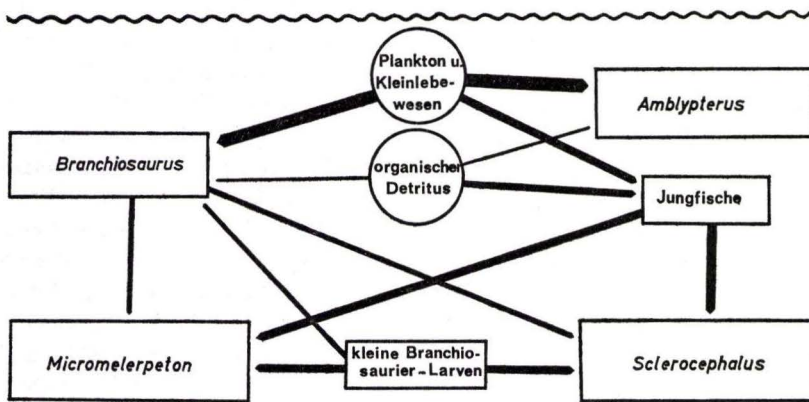


Abb. 1. Vermutete Nahrungsbeziehungen innerhalb der „Odernheimer Fauna“.

Vermutlich lag ein räumlich begrenztes, flaches Gewässer (etwa ein kleiner, flacher See oder eine abgeschirmte Bucht), das eventuell durch dichten Uferbewuchs gegen stärkere Windeinflüsse abgeschirmt war und das nur geringen Wasserzufluß hatte, vor. Möglicherweise war es auch von dichten Algenmatten bedeckt. Infolge der so geschützten Lage konnte sich trotz der geringen Beckentiefe eine im wesentlichen

temperaturbedingte, vielleicht auch durch saline Dichteunterschiede verstärkte Sprungschicht entwickeln, die O₂-arme, lebensfeindliche Bedingungen im Hypolimnion schuf (vgl. HUTCHINSON 1957). Nur planktonische oder nektonische Lebewesen, die in dem relativ O₂-reichen, oberflächennahen Epilimnion gediehen, konnten sich in einem derartigen Lebensraum halten.

Vermutlich war auch die O₂-Führung des Epilimnion während bestimmter Zeitabschnitte beträchtlich herabgesetzt, so daß trotz des reichen planktonischen Nahrungsangebotes von den vielfältigen nektonischen Formen der Rotliegend-Seen lediglich besonders ausdauernde oder an O₂-arme Verhältnisse angepaßte Formen überdauern konnten. Nur so, glaube ich, ist einerseits das Fehlen von Süßwasserhaien (*Xenacanthus*), Acanthodien und *Archegosaurus* und andererseits die Beschränkung auf den im Rotliegenden sehr weit verbreiteten, daher wahrscheinlich sehr anpassungsfähigen *Amblypterus* und die mit Hilfe ihrer spezialisierten Kiemen gegenüber O₂-Mangel sehr widerstandsfähigen Branchiosaurier zu erklären. Leider sind diejenigen Organismen, die die Nahrungsquelle dieser Vertebraten darstellen, – wahrscheinlich Algen, tierisches Plankton und kleine Nektonten –, nicht überliefert (Abb. 1).

Ich möchte sogar vermuten, daß der O₂-Gehalt des oberflächennahen Wassers so sehr schwanken konnte, daß während kurzer, günstiger Zeitperioden auch andere Tiere (etwa halberwachsene *Sclerocephalus*-Exemplare) auf der Suche nach reichlicher Beute in diesen Lebensraum gelangten.

Die Ursachen für derartige, saisonbedingte Schwankungen könnten in der periodischen „Blüte“ planktonischer Algen, die einen starken O₂-Verbrauch bewirkte, zu suchen sein. Auch durch Hitzeperioden könnte der O₂-Gehalt beträchtlich herabgesetzt worden sein. Zum Austrocknen des Gewässers, wie dies etwa im Falle der Achanarras-Kalksteine vermutet wird (RAYNER 1963), ist es sicherlich nicht gekommen. Dafür fehlen jegliche Anzeichen. Der katastrophale O₂-Mangel führte häufig zum Massensterben des Nekton. Daß die starke Fossilanreicherung bei Odernheim auf Katastrophen (durch Vergiftung oder Ersticken) zurückzuführen ist, wird u. a. durch die altersmäßige Zusammensetzung der Fauna (speziell der Branchiosaurier) belegt.

Theoretisch könnten solche Katastrophen auch durch plötzliches Einsetzen einer Vollzirkulation und damit durch Vergiftung der Oberflächen-Zonen mit H₂S-reichem Wasser aus dem Hypolimnion hervorgerufen worden sein². Derartige Vollzirkulationen können in tropischen Klimaten durch plötzlichen Temperaturabfall und in gemäßigteren Zonen durch jahreszeitlichen Temperaturwechsel ausgelöst werden (BRADLEY 1948, HUTCHINSON 1957). Da in unserem Falle in den Sedimenten eine ausgesprochen strenge Periodizität festzustellen ist, käme nur der zweite Fall eines jahreszeitlichen Wechsels bei etwa subtropischem Klima in Betracht, – vergleichbare Sedimente kennt man aus den eozänen Greenriver-Shales von Wyoming (BRADLEY 1948, 1970).

Allerdings spricht wenig für die Existenz typischer Jahreszeiten. Einerseits gibt es hierfür aus der unterpermischen Tier- und Pflanzenwelt bisher keine eindeutigen An-

²) Allerdings ist die Chance sehr gering, daß sich nach einer Vollzirkulation im Hypolimnion so schnell O₂-freie Verhältnisse einstellen, daß die herabsinkenden Leichen, zumal in einem warmen Klima, komplett erhalten bleiben.

zeichen, und andererseits besitzen die vorliegenden Sedimente nicht den typischen warvenartigen Charakter jahreszeitlich bedingter Ablagerungen, der durch die wechselnde Transportenergie der zuleitenden Flüsse bedingt ist. In unserem Falle herrschten vielmehr bezüglich der Zufuhr an anorganischem Material stets gleichbleibende Bedingungen, die nur in zwei Fällen (dokumentiert durch die beiden helleren, gröber detritischen Bänder) unterbrochen wurden. Die ausgeprägte Lamination wurde fast ausschließlich durch den wechselnden Anfall an organischer Substanz bestimmt. Der Sedimentcharakter wurde also geprägt durch biogene Rhythmen, die somit auch das katastrophenhafte Absterben eines Großteils der Makrofauna und die allgemeine Verarmung dieser Fauna am ehesten verständlich machen.

Jedoch ist das gelegentliche Vorkommen der oben beschriebenen, gut erhaltenen Pflanzenreste, die nicht aus der direkten Nähe des Gewässers zu stammen scheinen, schwer zu erklären; denn es fehlen, wie bereits ausgeführt wurde, alle Anzeichen für reichliche Wasserzufuhr von außen oder für stärkere Windeinflüsse. Vielleicht müssen wir hier von der etwas schablonenhaften Theorie, daß die Walchien vorwiegend im Hinterland des Sedimentationsbeckens stationiert waren, abrücken und annehmen, daß die Uferzone dieses Gewässers nicht sumpfig und von Calamiten bestanden, sondern ziemlich trocken und von Pecopteriden und Walchien besiedelt war. Deren Reste wurden gelegentlich in den Sedimentationsraum eingeweht.

3. Palökologie der Lebacher Fauna

Der überwiegende Teil der Fossilreste mit der Fundortangabe „Lebach“ stammt aus alten Tagebauen in der Nähe der Dörfer Rümmelbach und Gresaubach nördlich von Lebach/Saar. Diese Bergbaue gingen in dem sogenannten Lebacher Toneisensteinlager um, das in dieser Gegend aus dunklen Tonsteinen mit lagenweise angereicherten Toneisensteingeoden besteht. Seine räumliche Ausdehnung ist recht bechränkt. Im SW wird es durch ein Grabensystem abgeschnitten, und nach NE spaltet es sich in zwei dünnere Pakete auf, wobei der obere Horizont bereits nach wenigen Kilometern auskeilt (BAHLO 1967). Auch hört in diesem nordöstlichen Bereich die Fossilführung schlagartig auf (BAHLO 1967, KRÜGER 1969).

Über das horizontierte Vorkommen der Fossilien sind, da die Tagebaue schon seit vielen Jahrzehnten nicht mehr zugänglich sind, keine genauen Daten zu erhalten. Die meisten Funde dürften aus dem unteren Teil des Lagers stammen (BAHLO mündl. Mitt.). Das sehr umfangreiche Fossilmaterial, das sich in den Museen befindet, kommt ausschließlich aus den Geoden. Dies könnte den falschen Eindruck erwecken, daß das Begleitgestein fossilifer ist. Aber sowohl in den schwarzen Tonsteinen als auch in den mit ihnen vergesellschafteten Papierschieferlagen konnten guterhaltene Fossilreste nachgewiesen werden, — Estherien und Insektenflügel in den Tonsteinen, Fische in den Papierschiefern (s. hierzu BAHLO 1967:89 ff.). Wie so oft wurden die Fossilien in den Toneisensteinen eben stärker beachtet als in dem unscheinbaren, anscheinend wertlosen Nebengestein, zumal ihre Erhaltung in den Geoden besser ist.

Die hier überlieferte Lebewelt ist sehr verschieden von der der Odernheimer Stegocephalenkalke. Pflanzenreste dürften sehr selten sein oder gar fehlen, — im Gegensatz zu einem anderen Toneisensteinvorkommen bei Berschweiler b. Birkenfeld, wo

sie häufig auftreten, während Tierreste von untergeordneter Bedeutung sind. Besonders zahlreich sind bei Lebach Koprolithen (bei Odernheim nur selten). Man findet sie in den meisten kleinen Toneisensteinknollen, die man heute noch auf den ehemaligen Halden bei Rümmelbach sammeln kann. Manche von ihnen enthalten Paläoniscidenschuppen und zeigen einen spiraligen Aufbau. Sie dürften von Xenacanthodiern stammen.

An Evertebraten kennt man einmal Branchiopoden, nämlich mehrere Arten der Gattung *Cyzicus* (*Lioestheria*). Fast die gleichen Formen leben heute als Nektobenthonten überwiegend in Pfützen und Tümpeln, wo sie sich von organischem Detritus ernähren (TASCH 1969: R 147). Selten nur sind sie in den Uferregionen großer Seen anzutreffen. Während des Rotliegenden scheinen sie aber in letzterem Lebensbereich stärker verbreitet gewesen zu sein. — Zusammen mit ihnen kommt ein kleiner, nur wenige Zentimeter langer Krebs *Uronectes* vor, der nektobenthonisch als ausgesprochener Räuber wohl von kleinen Insektenlarven und ?Anneliden sowie Branchiopoden und Ostracoden lebte (vgl. BROOKS 1969).

Weiterhin wurden neben diesen ausgesprochenen Wasserbewohnern auch eingewehte oder eingeschwemmte Landtiere, nämlich Myriapoden (*Archivulus*) und schabenartige Insekten (*Phylloblatta*, *Olethrobatta*) gefunden (GUTHÖRL 1934).

Unter den Wirbeltieren sind die Fische vielfältig vertreten. Zu nennen wäre einmal der „Stachelhai“ *Acanthodes*. Sein langer, schlanker Körper mit der kräftigen Schwanzflosse und den zur Steuerung dienenden, bestachelten Flossensegeln weist ihn als sehr guten Schwimmer aus. Seine Nahrung bestand vermutlich in erster Linie aus Plankton; denn seine Kiefer sind zahnlos. Auf Grund dieser Merkmale möchte ich annehmen, daß er sich bevorzugt in oberflächennahen Wasserschichten sowohl in Ufernähe als auch in Uferferne aufhielt; nur allzu flaches Wasser und kleine Teiche dürften ihm nicht gelegen haben. Zu ähnlichen Rückschlüssen kommt auch MILES (1971: 75) bezüglich der jungpaläozoischen Acanthodier im allgemeinen.

Der mit den echten Haien entfernt verwandte Süßwasserhai *Xenacanthus* besitzt, abweichend von den übrigen Haiartigen, eine diphyckerke Schwanzflosse und Brustflossen vom Archipterygium-Typ. Darin ist er den rezenten Lungenfischen ähnlich. Vermutlich entsprach auch seine Lebensweise eher der der Lungenfische als der der typischen Haifische. Anstatt im offenen Wasser zu jagen, lauerte er wohl lieber in Bodennähe, gegen unliebsame Angreifer durch einen Nackenstachel geschützt, seiner Beute (vorherrschend Paläonisciden) auf. Neben Flüssen und kleineren Seen (vgl. OLSON 1958: 436) bewohnte er wahrscheinlich auch die Litoral- und Sublitoralregion großer Seen, schien aber schlecht durchlüftete Gewässer zu meiden.

Der Lungenfisch *Conchopoma* stimmt in seiner Körpergestalt fast völlig mit dem rezenten *Neoceratodus* überein. Allerdings fehlen ihm die typischen, durophagen Zahnplatten (WEITZEL 1926). Wahrscheinlich lebte er in Bodennähe von Evertebraten ohne harte Schale (Insektenlarven, ?Anneliden, *Uronectes*, Branchiopoden, Ostracoden) und vielleicht auch von Pflanzen. Auf Grund dieser Lebensweise bevorzugte er wohl kleine, gut durchlüftete Seen und den Litoral- bis Sublitoralbereich großer Seen.

Der Paläoniscide *Amblypterus* ist, wie ich oben schon erwähnte, in vielen verschiedenen Gesteinen des saarpfälzischen Rotliegenden anzutreffen. Ich möchte daher an-

nehmen, daß er bezüglich Nahrung und Sauerstoffbedarf von allen Rotliegend-Fischen am anpassungsfähigsten und anspruchslosesten war. — Ein anderer Paläoniscide *Rhabdolepis* ist dagegen außer bei Lebach nur noch selten fossil überliefert. Sein schlanker Körper mit den großen Flossen und die starke Bezahnung seiner Kiefer lassen vermuten, daß er als hervorragender Schwimmer und ausgesprochener Räuber sowohl im gut durchlüfteten Litoral- bis Sublitoralbereich als auch im oberflächennahen, uferferneren Wasser von kleinen Evertebraten (*Uronectes*) und kleinen Fischen, zeitweilig wohl auch von größeren Bodentieren, lebte.

Unter den Amphibien ist zahlenmäßig *Archegosaurus* weitaus am stärksten vertreten. Körpergestalt und Bau der Extremitäten weisen auf gutes Schwimmvermögen und die schlanke, mit starken Zähnen bestückte Schnauze auf räuberische Lebensweise hin. Wahrscheinlich hielt er sich außer in Ufernähe auch gerne in uferferneren Regionen auf, wo er nach Fischen, speziell Paläonisciden, jagte.

Neben *Archegosaurus* kommt sehr selten ein zweites großes Amphib „*Actinodon*“ *latirostris* vor. Im Gegensatz zu *Archegosaurus* suchte sich diese Form ihre Beute, die gleichfalls zur Hauptsache aus Paläonisciden bestand, vermutlich in der direkten Uferzone oder an den Rändern von Flüssen und Teichen.

Schließlich ist noch der Schädel eines kleinen lepospondylen Amphibs *Paramicrobrachis* (s. KUHN 1959) zu erwähnen. Falls dieses Tier in seiner Lebensweise mit dem dem Schädel nach nahe verwandten Microsaurier *Microbrachis* übereinstimmt, dürfte es als aquatische Form im nahen Uferbereich oder in Teichen gelebt haben.

Das hier aufgezeigte Fossilpektrum hat einen vielschichtigen Charakter; denn es sind Landtiere mit litoralen und pelagischen Tieren vereint. In ihrer Nahrungsweise miteinander konkurrierende, aber ihrer Lebensweise nach verschiedenen spezialisierte Formen wie *Archegosaurus* und *Actinodon* kommen nebeneinander vor. Es ist also anzunehmen, daß nicht alle der hier fossilisierten Individuen auch in der näheren Umgebung des Einbettungsortes lebten. Sicherlich allochthon, nämlich eingeweht oder eingeschwemmt, sind die terrestrischen Myriapoden und Insekten. Theoretisch könnten auch *Uronectes* und die Branchiopoden eingeschwemmt sein. Allerdings dürfte dies für *Uronectes* kaum zutreffen; denn dieser ist so vorzüglich mit allen Extremitäten und Antennen erhalten, daß mit einem längeren Transport nicht gerechnet werden kann.

Unter den Fischen ist *Conchopoma* sehr selten, und tritt *Amblypterus* deutlich hinter *Rhabdolepis* zurück. Auch bei den Amphibien herrschen Formen, die das gut durchlüftete, offenere Wasser lieben, vor. So fehlen etwa die meiner Meinung nach an Flachwasser gebundenen Branchiosaurier völlig. Da die meisten dieser Amphibien und Fische komplett erhalten sind, ist mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß sie in der Nähe des Einbettungsortes starben (s. S. 49)

Schon auf Grund der zahlenmäßigen Verteilung der Tiere möchte ich vermuten, daß das hier überlieferte Sedimentationsgebiet zum eigentlichen Lebensraum großer carnivorer Amphibien und Fische, die das offene Wasser der etwas uferferneren Zonen bevorzugten (*Archegosaurus*, *Rhabdolepis*), gehörte — deshalb auch die vielen großen Koprolithen. Gute Lebensbedingungen fanden sich in einem derartigen Gebiet auch für einen „Planktonfresser“ wie *Acanthodes* und für eine „Allerweltsform“ wie *Amblypterus*.

Das bodennahe Hypolimnion war dagegen nur begrenzt besiedelt. Jegliche Anzeichen benthonischer Organismen fehlen. Lediglich das Nekto-benthos scheint durch *Uronectes* und die Branchiopoden gut vertreten zu sein. Infolgedessen sind wahrscheinlich die bevorzugt in Bodennähe lebenden Vertebraten, wie *Conchopoma*, nur selten bis in diesen Lebensraum vorgedrungen. Am ehesten waren wohl *Xenacanthus* und verschiedene Paläonisciden hier zu finden (Abb. 2).

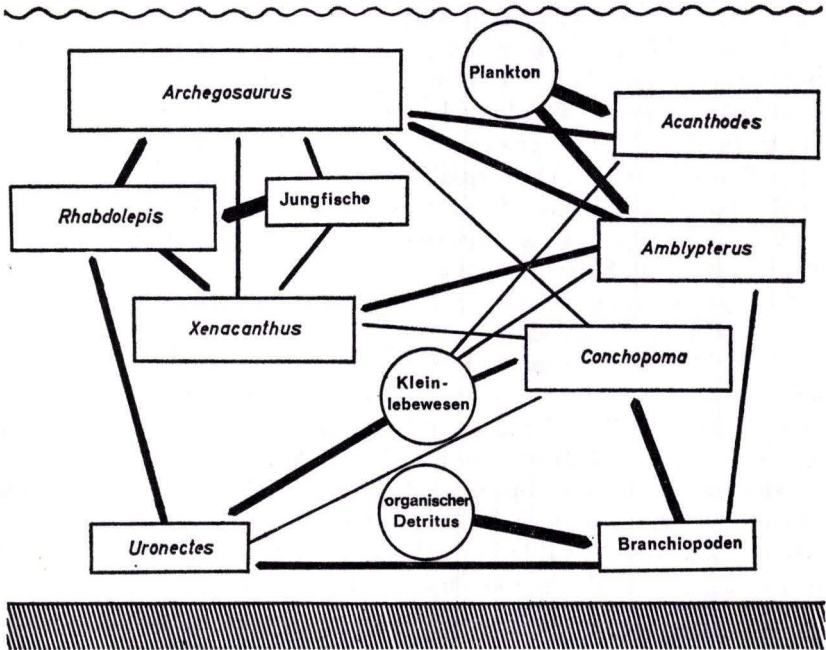


Abb. 2. Vermutete Nahrungsbeziehungen innerhalb der „Lebacher Fauna“.

In einem etwas größeren Rahmen könnte ich mir diesen Lebensraum folgendermaßen vorstellen: Zur Zeit der Lebacher Gruppe bildete sich in einem vormalig weiten Delta- und Flußniederungsbereich am SW-Rand der großen Saar-Nahe-Seen ein lokales Sedimentationsbecken, das möglicherweise mit den Hauptseen in Verbindung stand, heraus. Vermutlich lag es in dichter Nachbarschaft eines Deltas. Durch den steten Wasserzufluß wurden wahrscheinlich Oberflächenströmungen und Zirkulationen im Epilimnion hervorgerufen, die eine Verteilung der zugeführten Pflanzen- und Landtierreste über das Becken bewirkten. Zudem scheint auch die Zufuhr an Nährstoffen recht beträchtlich gewesen zu sein, so daß sich speziell im Epilimnion eine reiche Kleinlebewelt, die uns leider nicht fossil überliefert ist, entwickeln konnte. Diese bildete die Ernährungsgrundlage für einzelne Fische (*Acanthodes*, *Amblypterus*, weniger *Rhabdolepis*), die ihrerseits wieder von Großräubern wie *Archegosaurus* und *Xenacanthus* gejagt wurden.

Allerdings ist der zahlenmäßig hohe Anteil an ausgesprochen räuberischen Formen (*Archegosaurus*, *Xenacanthus*, z. T. *Rhabdolepis*) sehr ungewöhnlich. Dies ist wohl nur

dadurch zu erklären, daß ein Teil der ihnen als Nahrung dienenden Formen fossil nicht überliefert wurde. Auch bildete das Epilimnion sicherlich kein abgeschlossenes Ökosystem, sondern es herrschte wohl ein reger Nahrungsaustausch mit dem Hypolimnion.

Damit ergibt sich die Frage nach der Stratifizierung dieses Seebeckens. Da die fossilführenden Toneisensteingeoden von dunkelgrauen, feingeschichteten Tonsteinen umgeben sind, ist zu vermuten, daß eine recht stabile, thermisch bedingte Schichtung vorlag, die nur gelegentlich zusammenbrach und einen Austausch zwischen Epi- und Hypolimnion ermöglichte. Über den zeitlichen Rhythmus solcher Vollzirkulationen liegen keine eindeutigen Hinweise vor; denn dem Sediment fehlt der regelmäßige warvenartige Charakter. Deshalb halte ich einen jahreszeitlichen Rhythmus für unwahrscheinlich und glaube eher an eine Regulierung durch gelegentliche, plötzlich einsetzende Temperaturabfälle unabhängig von jeglichen Jahreszeiten.

Das Hypolimnion war vermutlich auf Grund dieser recht stabilen Stratifizierung relativ schlecht durchlüftet. Besonders in tieferen Depressionen des Seegrundes dürfte es lokal zur Bildung von gyttja- bis sapropelartigen Gesteinen gekommen sein. Unter derartig ungünstigen Lebensbedingungen konnte sich schwerlich benthonisches Leben entwickeln. Nur die beweglicheren Nektobenthonten, hier vertreten durch *Uronectes* und die Branchiopoden, verstanden das reiche Nahrungsangebot dieses Lebensraumes zu nutzen. Sie bildeten wahrscheinlich eine gute Nahrungsergänzung für einzelne Nektonten (in erster Linie wohl für *Rhabdolepis*, daneben auch für *Amblypterus* und *Conchopoma*), die ihrerseits wiederum einzelne Großräuber, speziell *Xenacanthus*, nach sich zogen. Ausgesprochene Flachwasserformen, wie die Branchiosaurier und *Sclerocephalus*, konnten nicht mehr in diesen zwar nicht uferfernen, aber verhältnismäßig tiefen Wasserraum vordringen. Etwas überraschend ist aus dieser Sicht nur das Vorkommen des semiaquatischen „*Actinodon*“ *latirostris*. Obwohl dessen Reste sehr selten und öfters disartikuliert sind (BOY 1971 b: 33), halte ich es für unwahrscheinlich, daß sie post mortem eingeschwemmt wurden. Aus ihrer Erhaltung möchte ich eher schließen, daß die Tiere lebend eingedriftet wurden und direkt nach dem Tode eingebettet wurden. Ihr eigentlicher Lebensraum lag vielleicht im Uferbereich der zuleitenden Flüsse. Dies würde möglicherweise erklären, warum hier als Vertreter der Küstenbewohner nicht der in Flachwasserablagerungen des Rotliegenden gelegentlich überlieferte *Sclerocephalus* sondern der aus anderen Ablagerungen unbekanntes „*Actinodon*“ auftritt.

Besonders schwierig ist die Frage nach der Todesursache und den Gründen für die vorzügliche Erhaltung dieser reichen Fauna zu beantworten. Wie im Falle der Odernheimer Fundstelle müssen wir auch hier mit dem katastrophenhaften Absterben der Fauna rechnen; denn anders lassen sich die Häufigkeit und die ontogenetische Verteilung der überlieferten Formen schwerlich deuten. — In vielen Eigenschaften stimmen die Lebacher Geoden mit den Mazon-Creek-Geoden (Pennsylvanian, Illinois) überein. Für diese wird vielfach als Entstehungsursache angenommen, daß durch „turbidity currents“ komplette Tierleichen sehr rasch eingebettet wurden und daß der sofortige bakterielle Abbau ihrer Weichteile zur Bildung von „Proto-konkretionen“ führte (ZANGERL mündl. Mitt.). Ähnliche Vorgänge könnten auch bei der Bildung der Lebacher Konkretionen wirksam gewesen sein; die topographischen

Voraussetzungen dafür waren wahrscheinlich durch die Nachbarschaft des Delta-Forset-Gebietes gegeben. Da aber bei Lebach, im Gegensatz zu Mazon Creek, jegliche Zeugen eines benthonischen Lebens fehlen, mag die vorzügliche Erhaltung der Fossilien möglicherweise auch durch annähernd anaerobe Verhältnisse in Bodennähe und schnelle pelitische Sedimentation, bedingt durch die Delta-Nähe, erklärt werden. — Die Gründe für ein Massensterben der Fauna sind mit den vorhandenen Mitteln kaum festzustellen. Hierfür könnten Vollzirkulationen im Zusammenhang mit „turbidity currents“ oder Vergiftungen infolge von „Algenblüten“ ausschlaggebend gewesen sein.

Es bleiben also hinsichtlich einer endgültigen genetischen Klärung dieser Fossilagerstätte noch viele Fragen offen. Dadurch mag der modellhafte und hypothetische Charakter dieses Rekonstruktionsversuches, der sicherlich noch vieler späterer Berichtigungen bedarf, aufgezeigt werden. Als Ergebnis wäre jedoch festzuhalten, daß die eigenartige Zusammensetzung der Lebacher Fossilwelt und der Gegensatz zu der fast gleichaltrigen, aber an einem anders gestalteten Lebensort fossilisierten Odernheimer Fauna durch die besonderen topographischen und chemisch-physikalischen Verhältnisse am Fossilisationsort (uferfernerer Bereich in Deltanähe, relativ tiefes Wasser, stabile thermische Stratifizierung, Zufuhr von Frischwasser aus dem Delta und damit Nahrungsreichtum und gute Durchlüftung des Epilimnion) erklärt werden kann.

4. Paläogeographischer Rahmen

Beide Fundschichten, die von Odernheim und die von Lebach, entstanden in einem ausgedehnten Deltabereich während einzelner „Rückzugsphasen“ der randlichen Deltasedimentation, die zu einem Übergreifen vorwiegend tonig-siltiger Beckensedimente der Unterrotliegend-Seen über die größer klastischen, z. T. rotgefärbten Deltaablagerungen führte.

Im Gebiet des nordöstlichen Saar-Nahe-Beckens bei Odernheim ist zur Zeit der Unteren und Mittleren Lebacher Gruppe (Jeckenbacher- und Odernheimer Schichten) ein mehrfach wechselndes Vor- und Zurückweichen der hier gut ausgebildeten Deltaflächen zu beobachten. Während einer solchen „Transgressionsphase“ der Süßwasserseen zur Zeit der Mittleren Lebacher Gruppe wurde der bis dahin zu einem randlichen Deltaflächen gehörige Raum von Rehborn–Odernheim–Langenthal stärker überflutet. Durch kurzfristige Unterbrechung dieser Entwicklung kam es zur Verflachung und somit zur Bildung von geschützten Buchten oder Seen, in denen sich für kurze Zeit günstige Fossilisationsbedingungen einstellten. Wie die Aufschlüsse bei Odernheim belegen, griff aber bald darauf der Delta-Forset- und der vorderste Delta-Upset-Bereich mit seinen Silten und Sanden, sowie kleinen channels, Pflanzenhäcksel-Lagen und vielen Strömungsmarken auf diesen Raum über.

Verfolgt man die Schichten dieser „Deltarückzugsphase“ vom Nordostrand des Saar-Nahe-Beckens bei Langenthal–Odernheim nach SW, so bemerkt man sehr bald im Raume Rehborn–Meisenheim ein Verschwinden der bituminösen Schiefer und Kalke und ein Vorherrschen tonig-siltiger bis feinsandiger Ablagerungen der Becken- und vordersten Delta-Forset-Fazies im Raume von Lauterecken–Kusel (Boy 1965,

THEUERJAHR 1967, HOLLINGER 1967). Hier befinden wir uns im Zentrum des Delta-Einflußbereiches. Südwestlich von Kusel scheint sich das Vor- und Zurückwandern der großen Deltafächer während der Mittleren Lebacher Zeit kaum noch ausgewirkt zu haben. Die Schichten nehmen hier an Mächtigkeit ab (s. die Autobahn-Aufschlüsse bei Albessen; nach mündl. Mitt. von Herrn DREYER, Mainz).

Leider kennen wir von hier aus nicht den direkten Anschluß zum südwestlichen Randgebiet des Saar-Nahe-Beckens, so daß wir die dort bei Lebach anstehende Gesteinsfolge auf Grund der ausschließlich lithostratigraphischen Korrelationsmöglichkeiten nicht mit den oben beschriebenen, gut in das Standardprofil einzufügenden Schichten parallelisieren können.

Basierend auf den Beschreibungen von BAHLO (1967), KRÜGER (1969) und DROZDZEWski (1969) ist anzunehmen, daß der Lebacher Raum bis zur Zeit der Mittleren Lebacher Gruppe (= Odernheimer Schichten) fast ausschließlich im Einflußbereich eines großen Deltafächers gelegen war. Erst gegen Ende der Mittleren Lebacher Zeit scheint er ziemlich plötzlich vom Saar-Nahe-Becken her überflutet worden zu sein. Dabei scheint sich ein relativ kleines, lokales Sedimentationsbecken mit einer vom Haupttrog abweichenden Gesteinsabfolge herausgebildet zu haben. So entstand eine mehrere zehn Meter mächtige Serie von dunklen Tonsteinen mit einzelnen Papierschiefer-Horizonten und Toneisenstein-Lagen, die lokal günstige Fossilisationsbedingungen boten. Diese Sonderausbildung war allerdings nicht von langer Dauer. Sie wurde von gröber klastischen Delta-Ablagerungen der typischen Disibodenberg (= Obere Lebacher Gruppe)-Fazies abgelöst. Möglicherweise ist sie den obersten Odernheimer und untersten Disibodenberger Schichten der Standardabfolge gleichzusetzen.

Wahrscheinlich zur gleichen Zeit entwickelten sich auch am W-Rand des Saar-Nahe-Beckens im Gebiet der heutigen Prims-Mulde ähnliche Lokalbecken mit vergleichbarer Sedimentation aber etwas abweichenden Lebensbedingungen. Sie sind insbesondere durch hervorragende Pflanzen- und Insektenfunde bekannt geworden.

Zur Zeit der Odernheimer und Disibodenberger Schichten (= Mittlere und Obere Lebacher Gruppe) scheinen sich also im Saar-Nahe-Becken zwar nicht gleichzeitig, aber chronologisch nur wenig voneinander getrennt, kleine randliche Sedimentationsbecken herausgebildet zu haben, die auf Grund ihrer günstigen Lage gute Voraussetzungen zur Fossilisation reicher Vertebraten-Faunen boten. Die Zusammensetzung dieser Faunen ist aber infolge unterschiedlicher Lebensbedingungen (am stärksten wirkten sich wohl Durchlüftung und Wassertiefe aus) gänzlich verschieden.

5. Ergebnis

Es läßt sich zeigen, daß zwei annähernd zeitgleiche Faunenvergesellschaftungen des limnischen Unterperm auf Grund unterschiedlicher Biotope sehr verschieden zusammengesetzt sein können. Zur Deutung derartiger Unterschiede reichen nicht allein sedimentologische oder biostratinomische Untersuchungen aus, sondern es ist auch im gleichen Maße auf aut- und synökologische Faktoren, soweit diese rekonstruierbar sind, und ihre Auswirkung auf die Verbreitung der Tiere zu achten.

6. Schriftenverzeichnis

- AGASSIZ, L. (1843): Recherches sur les poissons fossiles. 2: 1—336, Taf. 1—75; Neuchatel.
- BAHLO, E. (1967): Zur Geologie des Raumes Lebach-Eppelborn-Thalexweiler (Saarland). Dipl.-Arbeit Univ. Mainz, masch.-schr.: 1—101, 17 Abb., 1 geol. Kte.; Mainz.
- BOY, J. (1965): Zur Geologie im Raume Lauterecken-Sien (Bl. 6311 Lauterecken). Dipl.-Arbeit Univ. Mainz, masch.-schr.: 1—218, 12 Taf., 1 geol. Kte.; Mainz.
- (1971a): Zur Problematik der Branchiosaurier (Amphibia, Karbon-Perm). — Paläont. Z., 45 (3/4): 107—119, 2 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- (1971b): Ein bemerkenswerter Schädelrest eines unterpermischen Labyrinthodontiers (Amphibia) aus dem Saargebiet. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 60 (TOBIEN-Festschr.): 31—43, 5 Abb.; Wiesbaden.
- (1972): Die Branchiosaurier (Amphibia) des saarpfälzischen Rotliegenden (Perm). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 65 (im Druck).
- BRADLEY, W. H. (1948): Limnology and the Eocene lakes of the Rocky Mountain Region. — Bull. Geol. Soc. Amer., 59 (7): 635—648, 6 Abb., 2 Taf.; New York.
- (1970): Green River oil shale — concept of origin extended. — Geol. Soc. Amer. Bull., 81: 985—1000, 2 Abb., 7 Tab.; Boulder, Color.
- BROOKS, H. K. (1969): Syncarida. — In: MOORE, R. C. (Edit.): Treatise on Invertebrate Paleontology. R: Arthropoda, 4 (1): 345—359, Abb. 162—174; Lawrence, Kans.
- BULMAN & WHITTARD (1926): On *Branchiosaurus* and allied genera (Amphibia). — Proc. Zool. Soc., 1926 (2): 533—579, 5 Abb., 4 Taf.; London.
- BURMEISTER, H. (1850): Die Labyrinthodonten aus dem Saarbrücker Steinkohlengebirge. 74 S., 4 Taf.; Berlin.
- DROZDZEWSKI, G. (1969): Sedimentation und Struktur des nordöstlichen Saarbeckens. — Oberrhein. geol. Abh., 18 (1/2): 77—117, 8 Abb., 2 Tab., Taf. 3—6, 1 geol. Kte.; Karlsruhe.
- GUTHÖRL, P. (1934): Die Arthropoden aus dem Carbon und Perm des Saar-Nahe-Pfalz-Gebietes. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., 164: 219 S., 116 Abb., 30 Taf.; Berlin.
- HALLAM, A. (1967): The depth significance of shales with bituminous laminae. — Marine Geol., 5 (5/6): 481—493, 4 Abb.; Amsterdam.
- HOFKER, J. (1927): *Archegosaurus decheni* GOLDFUSS, Untersuchung des Schädelbaues. — Palaeontologia Hungarica, 2 (2): 109—130, 16 Abb.; Budapest.
- HOLLINGER, J. (1967): Zur Geologie des Meisenheimer Berglandes im Glan-Nahe-Dreieck. Dipl.-Arbeit Univ. Mainz, masch.-schr.: 1—111, 5 Taf., 1 geol. Kte.; Mainz.
- HUTCHINSON, G. E. (1957): A treatise on limnology. 1: Geography, Physics and Chemistry. 1015 S., 228 Abb., 132 Tab., 10 Taf.; New York (Wiley).
- KNER, R. (1868): Über *Conchopoma gadiforme* nov. gen. et spec. und *Acanthodes* aus dem Rothliegenden (der unteren Dyas) von Lebach bei Saarbrücken in Rheinpreußen. — Sitz.-Ber. kaiserl. Akad. Wiss., 1. Abt., 57: 1—28, Taf. 1—8; Wien.
- KREJCI-GRAF, K. (1955): Erdöl, Naturgeschichte eines Rohstoffes. — Verständliche Wissenschaft, 28: 1—165, 32 Abb.; Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- KRÜGER, J. (1969): Zur Geologie im Raume Eppelborn-Dirmingen, Thalexweiler-Sotzweiler (Saarland). Dipl.-Arbeit, masch.-schr., 91 S., 9 Abb., 1 geol. Kte.; Mainz.
- KUHN, O. (1959): Ein neuer Microsaurier aus dem deutschen Rotliegenden. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1959: 424—426, 1 Abb.; Stuttgart.
- v. MEYER, H. (1858): Reptilien aus der Steinkohlen-Formation in Deutschland. 126 S., 1 Abb., 16 Taf.; Cassel (Th. Fischer).
- MILES, R. S. (1964): A reinterpretation of the visceral skeleton of *Acanthodes*. — Nature, 204: 457—459; London.
- (1968): Jaw articulation and suspension in *Acanthodes* and their significance. — In: ØRVIG, T. (Edit.): Current Problems of Lower Vertebrate Phylogeny. 4. Nobel Sympos.: 109—127, 4 Abb.; Stockholm.
- (1971): In: MOY-THOMAS: Palaeozoic Fishes. 259 S., 158 Abb.; London (Chapman and Hall).

- MOY-THOMAS, J. A. & WHITE, E. I. (1939): On the palatoquadrate and hyomandibula of *Pleuracanthus sessilis* JORDAN. — Geol. Mag., **76**: 459—463; Hertford.
- NELSON, G. J. (1968): Gill-arch structure in *Acanthodes*. — In: ØRVIG, T. (Edit.): Current Problems of Lower Vertebrate Phylogeny. 4. Nobel Sympos.: 129—143, 6 Abb.; Stockholm.
- OLSON, E. C. (1958): Fauna of the Vale and Choza: 14. Summary, review and integration of the geology and the faunas. — Fieldiana: Geol., **10** (32): 397—448, Abb. 176—186, 1 Kte.; Chicago, Ill.
- RAYNER, D. H. (1963): The Achanarras limestone of the Middle Old Red Sandstone, Caithness, Scotland. — Proc. Yorkshire Geol. Soc., **34** (2): 117—138, 2 Abb., Taf. 17 bis 18; Leeds.
- REIS, O. (1895): Illustrationen zur Kenntnis des Skeletts von *Acanthodes Bronni* Agassiz. — Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., **19**: 49—64, Taf. 1—6; Frankfurt a. M.
- (1896): Über *Acanthodes Bronni* Agassiz. — Morpholog. Arbeiten, **6** (1): 143—220, 3 Abb., Taf. 6+7; Jena.
- (1897): Das Skelett der Pleuracanthiden und ihre systematischen Beziehungen. — Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., **20**: 55—156, 1 Taf.; Frankfurt a. M.
- SCHÄFER, W. (1962): Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee. 666 S., 277 Abb., 36 Taf.; Frankfurt a. M. (Kramer).
- STAESCHE, K. (1964): Übersicht über die Fauna des deutschen Rotliegenden (Unteres Perm). C. Wirbeltiere. — Stuttgarter Beitr. Naturkde., **135**: 1—12, Tab. 5; Stuttgart.
- TASCH, P. (1969): Branchiopoda. — In: MOORE, R. C. (Edit.): Treatise on Invertebrate Paleontology. R: Arthropoda, **4** (1): 128—191, Abb. 43—72; Lawrence, Kans.
- THEUERJAHN, A. (1967): Zur Geologie der Nordwestflanke des Pfälzer Sattels im Gebiet von Lauterecken-Hundsbach-Bärweiler-Breitenheim (Oberes Nahebergland, Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland). Dipl.-Arbeit Univ. Mainz, masch.-schr.: 1—196, 4 Abb., 30 Taf., 1 geol. Kte.; Mainz.
- WALDMAN, M. (1971): Fish from the freshwater Lower Cretaceous of Victoria, Australia, with comments on the palaeoenvironment. — Spec. Pap. Palaeont., **9**: 1—124, 37 Abb., 6 Tab., 18 Taf.; London.
- WASMUND, E. (1926): Biocoenose und Thanatocoenose. — Arch. Hydrobiol., **17** (1): 1—116, 16 Abb., Taf. 1—4; Stuttgart.
- (1930a): Bitumen, Sapropel und Gytjtja. — Geol. Fören. Förhandl., **52** (3): 315—350; Stockholm.
- (1930b): Lakustrine Unterwasserböden. — In: BLANCK, E. (Herausg.): Handbuch der Bodenlehre. **5**: 97—189, 42 Abb.; Berlin.
- WATSON, D. M. S. (1963): On growth stages in branchiosaurs. — Palaeontology, **6** (3): 540—553, 4 Abb.; London.
- WEITZEL, K. (1926): *Conchopoma gadiforme* KNER, ein Lungenfisch aus dem Rotliegenden. — Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., **40** (2): 159—178, Taf. 18—23; Frankfurt a. M.
- ZANGERL, R. & RICHARDSON, E. jr. (1963): The paleoecological history of two Pennsylvanian black shales. — Fieldiana: Geol. Mem., **4**: 1—252, 51 Abb., 11 Tab., 56 Taf.; Chicago, Ill.

Abgrenzung und Untergliederung der Oberems-Stufe, mit Bemerkungen zur Unterdevon-/Mitteldevon-Grenze

Von

GERHARD SOLLE, Darmstadt*

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung: Die frühere Ems-Stufe wird in selbständige Unterems- und Oberems-Stufen aufgeteilt, die im Umfang dem Gedinne und Siegen ungefähr gleichwertig sind. Das Ende des Unterems wird besonders durch das Erlöschen von *Burmeisterella armata*, *Treveropyge prorotundifrons*, *Bembexia alta*, *Schizophoria provulvaria*, *Strophodonta virgata*, *Tropidoleptus carinatus* (in Europa), etwas eingeschränkt durch *Euryspirifer dunensis* und *Acrospirifer arduennensis latestriatus* β und *antecedens* bestimmt (vgl. für alle gen. Lebenszeiten Abb. 1, S. 69). Die Gliederung des Oberems erfolgt in die Lahnstein-Unterstufe, mit Erscheinen von *Treveropyge rotundifrons*, *Kayserops kochi*, *Burmeisteria (Digonus) gigas* und *Brachyspirifer ignoratus*, und geringfügig eingeschränkt durch *Euryspirifer paradoxus*, lokal etwas unschärfer durch *Acrospirifer arduennensis arduennensis*; die Laubach-Unterstufe mit Erscheinen von voll ausgebildetem *Paraspirifer praecursor*, aber ohne begleitende Übergangsformen von *Brachyspirifer ignoratus*; die Kondel-Unterstufe mit *Acrospirifer mosellanus mosellanus* im unteren Kondel und *Acrospirifer mosellanus dahmeri* in der oberen Kondel-Unterstufe. In Bemerkungen zur Grenze Unterdevon/Mitteldevon wird mit vielen Einzelheiten empfohlen, den Wetteldorfer Richtschnitt in der Eifler Mischfazies als Typprofil zu verwenden, unter möglichst eingehender Mitverwendung der Profile der rheinischen Magnafazies.

Abstract: The former Emsian is divided into the Lower Emsian- and Upper Emsian-Stages, being approximately equivalent to the Gedinian and the Siegenian. The top of the Lower Emsian is indicated particularly by the extinction of *Burmeisterella armata*, *Treveropyge prorotundifrons*, *Bembexia alta*, *Schizophoria provulvaria*, *Strophodonta virgata*, *Tropidoleptus carinatus* (in Europe) and not as pronounced by the disappearance of *Euryspirifer dunensis* and *Acrospirifer arduennensis latestriatus* β and *antecedens* (see fig. 1, p. 69). The Upper Emsian is divided into the Lahnstein-Substage, the Laubach-Substage and the Kondel-Substage. The Lahnstein-Substage is marked by the first occurrence of *Treveropyge rotundifrons*, *Kayserops kochi*, *Burmeisteria (Digonus) gigas* and *Brachyspirifer ignoratus*, not so definite by the occurrence of *Euryspirifer paradoxus* and locally less distinct by the occurrence of *Acrospirifer arduennensis arduennensis*. The Laubach-Substage is defined by the perfect development of *Paraspirifer praecursor*, but without accompanying transitional forms of *Brachyspirifer ignoratus*. For the

*) Prof. Dr. G. SOLLE, Geologisch-Paläontologisches Institut der TH Darmstadt, 61 Darmstadt, Schnittspahnstraße 9.

Kondel-Substage the appearance of *Acrospirifer mosellanus mosellanus* in the lower and of *Acrospirifer mosellanus dahmeri* in the upper part of the substage is significant. In remarks concerning the boundary between the Lower and Middle Devonian detailed recommendations are given to regard the Wetteldorf section as a standard section of the mixed facies of the Eifel Mountains, by taking also into consideration the other sections of the rhenish magnafacies.

Résumé: L'ancien étage Emsien est subdivisé en deux étages: Emsien inférieur et Emsien supérieur, presque équivalents au Gedinnien et au Siegénien. La fin de l'Emsien inférieur est marquée en particulier par l'extinction de *Burmeisterella armata*, *Treveropyge prorotundifrons*, *Bembexia alta*, *Schizophoria provulvaria*, *Strophodonta virgata*, *Tropidoleptus carinatus* (en Europe), moins distinctement marquée par la disparition de *Euryspirifer dunensis* et *Acrospirifer arduennensis latestriatus* β et *antecedens* (voir fig. 1, p. 69). La division de l'Emsien supérieur est faite comme suit: Sous-étage Lahnstein, commençant avec l'apparition de *Treveropyge rotundifrons*, *Kayserops kochi*, *Burmeisteria (Digonus) gigas* et *Brachyspirifer ignoratus*, moins distinctement avec l'apparition de *Euryspirifer paradoxus*, dans quelques localités plus indistinctement par l'apparition d'*Acrospirifer arduennensis arduennensis*; Sous-étage Laubach, commençant avec l'apparition de *Paraspirifer praecursor* bien développé, mais sans les formes de transition accompagnantes de *Brachyspirifer ignoratus*; Sous-étage Kondel, commençant avec *Acrospirifer mosellanus mosellanus* dans la partie inférieure et *Acrospirifer mosellanus dahmeri* dans la partie supérieure du Sous-étage Kondel.

Les remarques qui se réfèrent à la limite entre le Dévonien inférieur et le Dévonien moyen recommandent avec beaucoup de détails l'adoption de la «Coupe Wetteldorf» du faciès mélangé du Eifel comme coupe typique, mais d'utiliser aussi, en tant que possible, les coupes du magnafaciès du Rhin.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ: Древний эмский ярус разделится на самостоятельный нижний эмский ярус и верхний эмский ярус, являющиеся приблизительно – по объёму – эквивалентными жединским и сигенским ярусам. Конец **нижнего Эмса** характеризуется особенно затуханием *Burmeisteria armata*, *Treveropyge prorotundifrons*, *Bembexia alta*, *Schizophoria provulvaria*, *Strophodonta virgata*, *Tropidoleptus carinatus* (в Европе), немного ограничено *Euryspirifer dunensis*, *Acrospirifer arduennensis latestriatus* β и *antecedens* (см. для всех обознач. веков рис. I, стр. 69).

Расчленение **верхнего Эмса** происходит на **ланштейнский нижний ярус** в связи с явлением о *Treveropyge rotundifrons*, *Kayserops kochi*, *Burmeisteria (Digonus) gigas*, *Brachyspirifer ignoratus* и *Euryspirifer paradoxus* незначительно ограниченным, местно немного неточнее *Acrospirifer arduennensis arduennensis*. **Нижний лаубаховский ярус** в связи с явлением о полно образованном *Paraspirifer praecursor*, но без сопровождающих переходных форм *Brachyspirifer ignoratus*, **нижний кондельский ярус** в связи с *Acrospirifer mosellanus mosellanus* на нижнем кондельском ярусе и с *Acrospirifer mosellanus dahmeri* на верхнем кондельском ярусе. Ввиду предела нижнего девона/среднего девона рекомендуется вдаваясь в детали, применять веттельдорфский направляющий разрез в эйфельской смешанной фации как типовая профиль. При этом должно было бы применить профили рейнской магнафации.

Inhalt

1. Anlaß und Möglichkeiten	62
2. Aufteilung des Ems in zwei Stufen	64
3. Der Grad der Schärfe der Wende Unterems-/Oberems-Stufe	65
4. Einige Einzelheiten zum Erlöschen der Fauna des Unterems	67
5. Grundsätzliches zur Gliederung der Oberems-Stufe	71

6. Definition der Unterstufen	72
6.1. Lahnstein-Unterstufe und Liegendgrenze des Oberems	73
6.2. Laubach-Unterstufe	76
6.3. Kondel-Unterstufe	78
7. Bemerkungen zur Grenze Unterdevon/Mitteldevon	80
8. Zusammenfassung	87
9. Schriftenverzeichnis	88

1. Anlaß und Möglichkeiten

Seit langer Zeit beabsichtigen wir, zur biostratigraphischen Abgrenzung des gesamten Ems erneut Stellung zu nehmen und die Untergliederung besonders des Oberems biostratigraphisch schärfer zu bestimmen. Die Notwendigkeit liegt besonders darin, daß die namengebenden Typstufen, wie sie sich in der klastischen typischen rheinischen Fazies darstellen, zunehmend über weite Teile der Erde zur Korrelation benutzt werden. Das gilt weitgehend für Nord-Afrika, zunehmend für Australien, teilweise für Süd- und Südost-Asien, und unter Führung besonders von BOUCOT für Nord-Amerika. Wenn sich dort über die altbekannte Brücke über Maine, Gaspé u. a. bis zu den westlichen Gebirgen z. B. Verbindungen zum europäischen Siegen zeigen, Einzelheiten zum Oberems und recht genaue Verbindungen zur Grenze Unterdevon/Mitteldevon erkennbar werden, dann wird es dringender, die Typregionen genauer zu definieren. Wir hielten uns bisher mit den Definitionen zurück, da der moderne Bearbeitungszustand der Faunen noch große Lücken aufweist. Biostratigraphisch auswertbar ist die Spiriferen-Gruppe um *arduennensis - intermedius* (SOLLE 1953), die für das Unterems die bisher einzige über weitere Entfernung verfolgbare biostratigraphische Untergliederung nach *Acrospirifer arduennensis latestriatus* α und β gebracht hat (in der SE-Eifel von MARTIN und RÖDER erfolgreich angewandt und von MITTMEYER als Basis für die von ihm aufgestellte, gut durchführbare Untergliederung in die Singhofen- und Vallendar-Gruppe benutzt, in der E-Eifel von G. FUCHS (1971) zur Neugliederung verwendet); sie hat für das Oberems besonders mit *Acrospirifer mosellanus mosellanus* die Abtrennung der Kondel-Unterstufe ermöglicht. Die Bearbeitung der *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* (SOLLE 1971) hat für das Oberems verwertbare Untergliederungs-Ergebnisse gebracht bzw. bestätigt, insbesondere den schon lange angestrebten Ansatz zur ersten, einigermaßen brauchbaren Abgrenzung der Laubach-Unterstufe gegen das Liegende, deren Berechtigung und Notwendigkeit wir schon immer vertreten haben. Bei der Mehrzahl der Trilobiten darf noch auf die Arbeiten von R. & E. RICHTER zurückgegriffen werden, obwohl sich beide Autoren stets mehr auf die Eifel als das klassische Mittelrhein-Gebiet gestützt haben. Für die Lebensdauer wichtiger Arten in der Eifler Fazies haben die Arbeiten der Frankfurter Gruppe, insbesondere um Dr. STRUVE und WERNER, Korrekturen gebracht. Von den übrigen Tiergruppen lassen, langjährigen Beobachtungen zufolge, die Orthida und Strophomenida gute biostratigraphische Ergebnisse erwarten, in ähnlichem oder z. T. geringerem Ausmaß weitere Spiriferen, einige Choneten und kleinere Teilgruppen der Rhynchonellida und Terebratulida. Bei der formenreichen Gruppe der Lamelli-branchiaten mag noch einige Zurückhaltung zur Mitverwendung im Kern biostratigraphischer Definitionen geboten sein (obwohl die Spezialisten längst vorsichtig damit

arbeiten), denn die Abhängigkeit auch von kleinen Faziesänderungen und die Gefahr von Rekurrenzen ist hier besonders groß. Von der Menge der Gastropoden, für deren zusammenfassende Bearbeitung noch jeder Ansatz fehlt, gelten die Vorbehalte der Lamellibranchiaten ebenso, obwohl auch hier einzelne Formen von hohem Leitwert vorliegen, z. B. für die Grenze Unterems/Oberems von unten her das Erlöschen der leicht bestimmbareren *Bembexia* (*Bembexia*) *alta* (DREVERMANN); vgl. S. 68. Von allen übrigen Gruppen sind bisher nur einige Formen als biostratigraphisch wirklich wertvoll erkannt.

Trotz der angedeuteten Mängel kann eine Definition der Grenzen nicht mehr hinausgeschoben werden. Die Beschränkung auf das Erscheinen jeweils nur einer Leitart im Sinne strenger Zonen-Chronologie erscheint nicht immer zweckmäßig. Es mußte versucht werden, Übergriffe in andere Faziesräume zu gewinnen, soweit dies bei der ungewöhnlichen Vielfalt besonders der unterdevonischen Biofazies überhaupt möglich ist.

Das Manuskript war praktisch fertig und in einigen Einzelheiten bereits mit Prof. ERBEN und Dr. MITTMAYER diskutiert, denen wir wertvolle Hinweise verdanken, als im Februar 1972 bei einer Sitzung der Deutschen Stratigraphischen Kommission, Subkommission Devon, die noch ungedruckten Ergebnisse der Arbeit CARLS et al. (1972) vorgelegt wurden, die zu einer Umarbeitung von Fragen zur Grenze Unterdevon/Mitteldevon nötigten. Wir danken Herrn Prof. WALLISER und Dr. JAHNKE für Übermittlung des Manuskripts der in Druck befindlichen Arbeit zur Einsicht.

Eine weitere Anregung verdanken wir Prof. ZIEGLER, die anlässlich einer Exkursion der o.gen. Subkommission zur Diskussion gestellt wurde, nämlich die, ob man auf die weiter unten biostratigraphisch definierten, z. T. bereits alten Begriffe verzichten solle zugunsten einer neuen Gliederung nach Biozonen. Ausgehend von den klassischen Gebieten der rheinischen Fazies ließe sich so z. B. eine Zone des *Brachyspirifer ignoratus* aufstellen, begriffsgleich mit der Lahnstein-Unterstufe, oder eine Zone des *Acrospirifer mosellanus dahmeri*, begriffsgleich der oberen Kondel-Unterstufe. Aber für das obere Unterems, dessen Beginn wir bereits früher mit *Acrospirifer arduennensis latestriatus* Form β markiert haben, ergibt sich dann hinsichtlich des Erlöschens eine weniger scharfe Grenze; genau dasselbe gilt für *Acrospirifer mosellanus mosellanus* in der unteren Kondel-Unterstufe, und noch größere Schwierigkeiten entstehen in der Laubach-Unterstufe. Das bedeutendste Bedenken gegen die Aufstellung von Biozonen anstelle der bisherigen Stufen und Unterstufen sehen wir aber in dem schnellen Wandel der einzelnen Faunen-Provinzen und -Subprovinzen, die die weltweite Konnektierung gerade im Unterdevon so viel schwieriger als im Silur oder im Mittel- und Oberdevon gestaltet. Aber trotzdem stellen wir die Anregung Prof. ZIEGLERS hier zur Diskussion. Sie mag vielleicht in Zukunft zu besseren Ergebnissen führen, wenn die uns durchaus vertrauten erheblichen Schwierigkeiten in der Übertragung der klassischen rheinischen Fazies auf weite Räume zu groß bleiben.

Diese Arbeit soll mit der Beschränkung auf ganz wenige leitende Arten nur ein Gerüst darstellen, das zur Diskussion gestellt wird. Später soll dieses Gerüst durch die große Menge derjenigen Arten ausgefüllt werden, denen voller oder wenigstens eingeschränkter Leitwert zukommt. Überprüfung der veröffentlichten Fossilisten sowohl hinsichtlich der Stellung im Profil als auch am Material ist dazu Voraussetzung. Zur Gewinnung einer ersten Übersicht aus dem sehr großen und ungleichwertigen Schrifttum sei in Auswahl für die Lahnstein- und Laubach-Unterstufe der Typregion trotz mäßiger Unstimmigkeiten (aber ohne die Miellener Liste!) noch immer auf FOLLMANN (1925) hingewiesen, für den Emsquarzit auf SOLLE (1936), für die Kondel-Unterstufe auf SOLLE (1942a-c), für alle Teile besonders auf die vielen Arbeiten DAHMERS, für das Oberems der Eifel bevorzugt auf WERNER (1969).

2. Aufteilung des Ems in zwei Stufen

Es ist eine alte Diskussion, ob man noch im ursprünglichen Sinne das gesamte Ems als Stufe bezeichnen solle, oder ob dem Unterems und Oberems der Rang selbständiger Stufen zuzuweisen sei. Wir sprechen uns für die Trennung aus.

Im rheinischen Typgebiet ist die Wende Unterems/Oberems trotz weiter unten angeführter Einschränkungen, zweifellos die schärfste und auch praktisch am besten anwendbare biostratigraphische Grenze im ganzen Unterdevon. Der Wandel bei den Trilobiten und Brachiopoden ist erheblich, bei den Lamellibranchiaten, trotz einiger Einschränkung nach neuerer Erfahrung, noch immer unverkennbar. In irgendeiner Weise tragen auch die übrigen Tiergruppen \pm deutlich zur Abgrenzung bei. Dies bleibt auch dann noch klar bestehen, wenn man den regressiven Fazieswechsel während des hohen Unterems berücksichtigt. Der lange Zeit hindurch angeführte Hauptgrund gegen die Trennung war die Einführung des Emsien moyen in den Ardennen. Inzwischen läßt sich die rheinische Grenze aber auch dort verwenden, ebenso in weiten Gebieten Europas und N-Afrikas, und eine recht brauchbare Scheidung kann auch in N-Amerika und Australien benutzt werden.

Demgegenüber ist die Siegen-Stufe in den bekannten, großen Faunen viel einheitlicher. Die gewaltige Schichtmächtigkeit der Typregion darf darüber nicht täuschen. In der Entwicklung der Faunen wiegt die gesamte Siegen-Zeit kaum schwerer als das Unterems, aber leichter als das Oberems für sich. Im Hauptteil des Siegen sind erst geringe Ansätze echter Biostratigraphie bekannt, obwohl wir bei einigen Tiergruppen nach moderner Bearbeitung bessere Ergebnisse voraussehen. Bisher ist biostratigraphisch von der Hauptmasse nur eine „Ulmen-Zeit“ abtrennbar (ob wir unsere Ulmen-Gruppe als Ulmen-Unterstufe im ursprünglichen Umfang beibehalten können, Beginn mit dem Erlöschen von *Rhenorensaelaeria crassicosta*, Mitte mit Aussterben von *Acrospirifer primaevus*, Ende mit dem Verschwinden von *Hysterolites hystericus*, muß neu diskutiert werden), demgegenüber der Großteil der Unterems-Fauna unscheinbar und allmählich vom mittleren Siegen an erscheint und bislang noch keine Handhabe zu verwertbarer Untergliederung bietet. Wir haben uns lange Zeit vergeblich darum bemüht.

Klarer untergliedert ist das Gedinne durch das Vorhandensein hervorragend geeigneter Zonen-Trilobiten, obwohl nach oben hin schwer gegen das Siegen abgrenzbar, es sei denn durch die seltenen Fische. Früher vielfach als etwas kümmerlicher Beginn des Unterdevons abgewertet, sogar mit dem Versuch der völligen Ausscheidung, genießt das Gedinne längst den Ruf einer vollwertigen Stufe mindestens desselben Ranges wie das Siegen.

Soweit sich die volle Durchgliederung des Unterdevons nach Graptoliten (Hauptarbeiten von JAEGER) und von etwa der Mitte an nach Ammonoiten (Hauptarbeiten von ERBEN) einpassen läßt, sprechen die Ergebnisse durchaus für eine Untergliederung in vier ungefähr gleichwertige Stufen.

Ein weiterer Vorteil der Trennung des Ems in zwei selbständige Stufen, denen man, um nomenklatorischen Ballast zu vermeiden, die Namen **Unterems-Stufe** und **Oberems-Stufe** belassen sollte, liegt darin, daß so wenigstens das Oberems an der Basis scharf abzugrenzen wäre, und auch für die Hangendgrenze, die Grenze Unter-

devon/Mitteldevon, wird sich eine verbindliche, klare Lösung finden lassen. Dort, wo sich eine Unterems- von einer Oberems-Stufe nicht abgrenzen läßt, mag die alte Bezeichnung „Ems“ als behelfsweise „Oberstufe“ (die es streng nicht gibt) bestehen bleiben. Man könnte sich auf diese Weise in weiten Gebieten der Erde im jeweils möglichen Grad verständlich machen. Für eine klare Liegendgrenze des Unterems — und damit auch einer ungeteilten Emsstufe — sehen wir z. Z. noch keinen wirklich befriedigenden Ansatz.

3. Der Grad der Schärfe der Wende Unterems-/Oberems-Stufe

In der mittelhheinischen Typregion liegt diese Wende noch in der vollen geosynkly-nalen Trogabsenkung, z. T. sogar mit besonders großen Sediment-Mächtigkeiten, die kürzeste Zeiten repräsentieren können. Auszuscheiden ist nur die Hunsrück-Insel (SOLLE 1970: 71), aber bereits nicht mehr das großenteils aus mächtigen Platen und Watten bestehende, die Insel einrahmende Gebiet mit z. T. besonders hoher Sedimentations-Rate (s. hierzu z. B. F. WUNDERLICH 1966 und 1970 und die nur teilweise einschränkende Bemerkung SOLLE 1970: 66). Unmerkliche kurzfristige Sedimentations-Unterbrechungen infolge Aufbereitung, submarin oder im Wattengebiet, sind sicher vorhanden, z. B. am klassischen Nellenköpfchen selbst (Bl. Koblenz), aber nur wenige km entfernt, bei Grenzau (Bl. Bendorf), kennen wir ein Profil, das bereits außerhalb der Regressionszone liegt. Zwischen beiden Punkten liegt der hochbedeutende Fundpunkt Kretzersmühle nahe der SE-Ecke von Bl. Bendorf (MAUZ 1935: 16—18), im Gebiet ausklingender Wattfazies, dicht unter dem dort nicht ganz typischen, aber noch unverkennbaren tiefsten Emsquarzit, mit ganz geringer tektonischer Störung, unbedeutender, als es Bl. Bendorf angibt. Die Fauna, die umfangreichste überhaupt bekannte in Grenzau, ist noch eine überraschend vielfältige, typische Unterems-Fauna. Auch nach sedimentologischem Vergleich des Fp. Kretzersmühle mit zahlreichen gesicherten Profilen gehört er in die oberen Nellenköpfchen-Schichten, höher als der klassische Fundpunkt am Nellenköpfchen selbst, dicht unter dem Emsquarzit.

Der überlagernde Emsquarzit, sorgfältig zu scheiden von z. T. sehr ähnlichen Quarziten des hohen Unterems, die z. B. durch *Tropidoleptus carinatus* als sicher unteremsisch abzutrennen sind (S. 70), führt bereits reiche Oberems-Fauna, deren Nachweis aber in den tiefen Teilen der Quarzitfolge, die nur ganz selten Faunen führt, noch auf weniger Arten beschränkt ist; Übersicht trotz inzwischen erfolgter Ergänzungen und Umbestimmungen noch brauchbar bei SOLLE (1936). Eine große Fauna, die später angeblich aus dem Emsquarzit bekannt wurde, diejenige vom Distr. Sautal am Rand des Kleinbornstals (Grenze Bl. Koblenz/Boppard), von DAHMER (1948) bearbeitet, stammt nicht aus echtem Emsquarzit, sondern aus tiefen Hohenrheiner Schichten, dicht über dem Emsquarzit. Bereits 1936 haben wir den größeren Teil der alten Emsquarzit-Faunen in die tiefen Hohenrheiner Schichten versetzt, und MITTMEYER denkt daran, mündlicher Mitteilung zufolge, die Zahl echter Emsquarzit-Faunen noch weiter einschränken zu müssen. Wenn man von völlig belanglosen Einzelfunden absieht, bestätigt sich bis heute, daß es keine einzige leitende Emsquarzit-Art gibt.

Alle Beobachtungen, die wir seit rund 40 Jahren an vielen, meist längst vergangenen Aufschlüssen und Profilen gewannen, sprechen dafür, daß der Emsquarzit als Oberems-Basis eine sehr kurze Zeit darstellt. Die schnellen Mächtigkeitssprünge, die wir vielfach kennen, z. B. mehrere 100 m, über 500 m nicht auszuschließen, im Montabaurer Wald gegen 20 m zur Lahn hin, 80 bis über 200 m unweit Koblenz, 50–20 m an der unteren, 43–10 m an der Mittelmosel, sind nicht nur Fazieswechsel, anderwärts bis zum Verschwinden der Quarzitzfazies, sondern bevorzugt das Ergebnis synd sedimentärer Bruch- oder Flexurtektonik. Die begrenzten Zonen hoher Mächtigkeit stellen wohl nur Sediment-Fallen in solchen Bruchgebieten dar, mit noch so gleichmäßiger und nicht zu schneller Teilabsenkung, daß die aufbereitende Strömung wirksam blieb. Aber Sedimentations-Unterbrechungen fanden wir nicht.

Zur Vermeidung von Mißverständnissen sei betont, daß der eigentliche Faunenwandel vom Wechsel der Lithofazies zu den Glaswacken des typischen Emsquarzits selbstverständlich unabhängig ist. Die Faunen liegen weit überwiegend in solchen Gesteinsbänken, wie sie in fast genau derselben Ausbildung immer wieder zwischen obersten Unterems-, Emsquarzit- und tieferen Hohenrheiner Schichten auftreten. Eine Abgrenzung zur Kartierung wäre am Mittelrhein sogar einfacher mit dem ersten Erscheinen heller Quarzite zu ziehen, biostratigraphisch aber dann noch im höchsten Unterems. Bereits seit Jahrzehnten wird aus biostratigraphischer Erfahrung die Grenze innerhalb der Folge quarzitischer Gesteine gezogen, wobei – zur Vermeidung von Fehldeutungen hervorgehoben! – Anreicherungen gelblicher oder grauer, bankiger, aber selten klotziger Quarzite, die u. a. auch *Tropidoleptus carinatus* führen, noch im höchsten Unterems verbleiben. Für den Rand der Olkenbacher Mulde und die Westeifel gilt dies sogar für ganz typische Linsen blauweißer Glaswacken, die „Vorläuferquarzite“, über denen noch sichere Unterems-Fauna nachgewiesen ist. Daß die Biogrenze am Mittelrhein in guter Annäherung, aber keineswegs präzise, mit den am stärksten quarzitischen Glaswacken zusammenfällt, ist reiner Zufall, der aber z. B. bereits in der W-Eifel nur noch z. T., in der mittleren Eifel sicher nicht mehr gilt. Die Grenze ist oft nicht leicht im Profil zu erfassen! Vorhand behalten immer die Faunen, und wenn einmal außerhalb des engeren Mittelrhein-Gebietes, z. B. in der Eifel, einzelne wichtige Oberems-Arten \pm dicht unter dem Quarzit gefunden werden, dann können sie das Auftreten bereits im Unterems nur dann belegen, wenn sie zusammen mit weiteren, bewährten Arten gesicherten Alters auftreten. Andernfalls ist etwas jüngerer Erscheinung des Quarzits wahrscheinlicher. Das lithologische Gesamtbild erscheint angesichts der lebhaften Bodenunruhe der Geosynklinale zu jener Zeit so auch ungezwungener. – Sorgfältige Analyse der Monographie LIPPERT (1938) gab für den Quarzit im Raum Daleiden in der W-Eifel zwar keinen erkennbaren Anlaß für etwas jüngere Einstufung, aber auch nichts dagegen, weder aus der Fauna selbst noch einer der obersten unterlagernden Klerfer Schichten. Der Verdacht ist nicht auszuschließen, seit HEIBEL (1969, bes.: 538 u. 572) gezeigt hat, daß der Einsatz des Berler Quarzits, früher dem Emsquarzit vorbehaltlos gleichgesetzt, von etwa der Basis des Oberems zur Gerolsteiner Mulde hin bis zur Basis der Kondel-Unterstufe hinaufreichen kann.

Wenn nun, wieder von der Typregion ausgehend, das Schichtenpaket von oberster

Vallendar-Unterstufe des Unterems (= obere Nellenköpchen-Schichten des Mittelrheins) bis zum obersten Emsquarzit oder tiefen Hohenrheiner Schichten, mit einigen Zehnern, oft aber 200 oder mehr Meter Mächtigkeit, einen ganz geringen Zeitraum darstellt, dann erregt es den Verdacht schubweiser Faunen-Einwanderung, da z. B. die recht große Oberems-Fauna eines zweifellosen Emsquarzit-Fundpunktes im Rhenser Mühlthal (FOLLMANN) zeitlich recht dicht über der Unterems-Fauna der Kretzersmühle folgt. Diesen Verdacht hatten wir früher für mindestens einen großen Teil des Faunenwechsels. Wir gehen aber davon, wenigstens für die Trilobiten und Brachiopoden, wieder ab; für den umfangreichsten Faunenwandel im Bereich der faziesempfindlicheren Lamellibranchiaten und der wenig erforschten Gastropoden mag der Vorbehalt weiterhin gelten. Aus eigenen Funden und Sammlungs-Bearbeitungen und nicht zuletzt aus Neufunden MITTMEYERS, des erfolgreichsten horizontal sammelnden Geologen am Mittelrhein der letzten Jahre, zeigt sich zunehmend, daß die erhebliche Faunenwende zwar auf kurze Zeit konzentriert, aber z. T. doch etwas verwischt nach und nach erfolgt, als echte Umwandlung (vgl. hierzu die Angaben zu den Spiriferen der *dunensis*- und *arduennensis*-Gruppe S. 70f.).

Solche Beobachtungen zeigen eine zwar im ganzen schneller als übliche, aber noch natürliche Faunen-Umwandlung an. Die Zahl echter Leitfossilien, im Rang strenger Zonen-Fossilien, sinkt so gegenüber früherem Gebrauch ab. Aber man sollte nicht zuviel an Erkenntnis aufgeben! Arten wie z. B. der besonders wichtige *Euryspirifer paradoxus* (S. 74) bleiben „Nahezu-Leitfossilien“. Die verhältnismäßig großen Schichtmächtigkeiten bis zu 200 oder mehr Meter, auf die sich das Erscheinen verteilt, stellen, wie oben ausgeführt, nur sehr kurze Zeiten dar. Wir halten es für entscheidend, daß diese kleinen Zeit-Verwischungen in der Konnektierungs-Praxis auf weitere Entfernungen bedeutungslos werden. Sie liegen auf Distanz innerhalb des Unsicherheits-Bereichs infolge nicht erkennbarer, lokaler Wanderbewegungen von einzelnen Faunen-Elementen, mit der bei bentonischen Faunen immer gerechnet werden muß.

Man darf hieraus, ohne einen spürbaren Fehler zu begehen, u. a. die Folgerung ziehen, an der Basis der Hohenrheiner Schichten erstmals erscheinende Arten als leitend für das Oberems oder Teile davon zu bezeichnen, da die Zeit des Emsquarzits sehr kurz ist und der Quarzit angesichts der Fossilarmut sicherlich kein vollständiges Faunenbild vermittelt.

4. Einige Einzelheiten zum Erlöschen der Fauna des Unterems

Von der großen Menge derjenigen Arten, die das Wesen der Unterems-Fauna darstellen und z. B. die Fauna des Humerich bei Oberstadtfeld oder der Vallendarer Schichten am Mittelrhein so bezeichnend gestalten, ist nur ein kleinerer Teil bis dicht an die Wende zum Oberems nachgewiesen. Von sehr hoch hinaufreichenden Faunen bleibt besonders die genannte der Kretzersmühle (S. 65) mit bezeichnenden Unterems-Arten wichtig, daneben zu nennen der höchst-unteremische Teil der Roteisen-Fauna von Walderbach, über dem in ganz geringem Abstand die Oberems-Fauna folgt.

Ungefähr der Nellenköpfchen-Fauna gleichaltrige, z. T. umfangreiche Faunen, insgesamt fast 200 Formen, haben wir aus den Klerfer Schichten am Rand der Olkenbacher Mulde bestimmt (noch nicht veröffentlicht). Manche der bezeichnenden Unterems-Arten reichen nun näher bis zur Hangendgrenze, bisher als Oberems-Arten bezeichnete erscheinen dagegen bereits früher, so daß der Wandel im ganzen etwas diffuser wird.

Nachfolgend sollen nur einige wenige Arten aufgeführt werden, die beim Stand der Erkenntnis als vorrangige Unterems-Formen gelten dürfen:

Burmeisterella armata (BURMEISTER 1843). Die bezeichnende Form, wie sie C. KOCH (1883) gut abgebildet hat, reicht bis ins höchste Unterems hinauf, z. B. Fp. Kretzersmühle (det. R. & E. RICHTER). C. KOCH hat davon *B. subarmata* abgetrennt, eine seltenere Form, die in Rand, Umriß und Spindel des Pygidiums sowie besonders der viel geringeren Zahl der Dornen abweicht, in Bruchstücken aber mit *armata* verwechselbar bleibt. Einzelheiten s. KOCH 1883: 18, Taf. 1. Lebenszeit von *B. subarmata* unvollkommen bekannt, vielleicht ungefähr mittleres Unterems bis (noch unsicherer) unteres Oberems.

Burmeisteria rhenana (C. KOCH 1883), gleichfalls hoch hinaufreichend, sollte z. Z. noch zurückhaltend bewertet werden, da es im unteren Oberems gleichfalls unverzierte, bei mäßiger Erhaltung nicht oder schwer unterscheidbare Formen gibt. Daher fehlt u. E. die Sicherheit, ob *B. rhenana* einwandfrei unteremsisch bleibt. Als cf.-Bestimmung wurde *B. rhenana* bereits aus dem tiefen Oberems zitiert. Handelt es sich hier nur um eine Bearbeitungs-Lücke?

Treveropyge prorotundifrons R. & E. RICHTER 1943 ist trotz verhältnismäßig seltenen, dafür aber verbreiteten Vorkommens wichtig, da die mit Beginn des Oberems einsetzende und bald häufiger werdende *Treveropyge rotundifrons* (EMMICH) als unmittelbarer Nachfolger zu betrachten ist. *T. prorotundifrons* darf somit im hohen Unterems erwartet werden, überschreitet es jedoch nicht.

Die übrigen bekannten unteremsischen Asteropyginae sollten hier nicht genannt werden, da noch nicht hinreichend bekannt ist, wie weit sie zur Grenze hin aufsteigen.

Bembexia (*Bembexia*) *alta* (DREVERMANN) ist in der Typregion vielleicht die einzige Schnecke, die sich ohne Vorbehalt als gutes Unterems-Leitfossil bis fast zur Grenze verwenden läßt. Sie ist häufig, wenig faziesempfindlich, leicht zu bestimmen. Die im Oberems häufige *Bembexia* (*Bembexia*) *daleidensis* (F. ROEMER) erscheint nicht so häufig bereits im Unterems. Auslaufende weniger hohe Formen als *alta*, aber stets deutlich höher als *daleidensis*, von beiden gut zu scheiden, kennen wir im tiefsten Oberems.

Unter den Lamellibranchiaten sind zahlreiche, die nur aus dem Unterems bekannt sind, auch solche, die sich der Hangendgrenze \pm dicht nähern. Trotzdem sollte man sie der höheren Fazies-Abhängigkeit wegen mit Vorbehalt bewerten. Z. B.: *Proso-coelus beushauseni aequivalva* R. & E. RICHTER 1917, im mittleren (selten) und vor allem hohen Unterems verbreitet, z. T. massenhaft, dort aber stets an bezeichnende Bio- und Lithofazies gebunden, leicht zu bestimmen, nie im Oberems gefunden, trotzdem kein Leitfossil im strengsten Sinne, denn die betreffende Biofazies ist im Oberems noch nicht bekannt; *Limoptera* (*Klinoptera*) *rhenana* (DIENST 1934) ist ausschließlich aus höchstem Unterems bekannt, leicht zu bestimmen, häufig bis zur Bankbil-

Unter-Ems-Stufe		Ober - Ems - Stufe			Eifel - Stufe
Singhofen- Unterstufe	Vallendar- Unterstufe	Lahnstein- Unterstufe	Laubach- Unterstufe	Kondel - Unterstufe	
				unt. ob.	
	prorotundifrons	Treveropyge	rotundifrons		
		Kayserops	kochi		
		Burmeisteria	(Digonus)	gigas	
→	Burmeisterella armata				
→	Bembexia (B.) alta				
		Bembexia (Bembexia) daleidensis			
→	Acrospirifer α	arduennensis			
		latetriatus β			
→	Acrospirifer α	arduennensis	arduennensis	mosel- lanus mosel- lanus	mosel- lanus dah- meri
		antecedens			intermedius vetustus
	Euryspirifer	dunensis			
			Euryspirifer	paradoxus	
			Brachyspirifer	ignoratus	
				Paraspirifer	praecursor
			Rhenothyris	compressa	
→	Schizophoria	provulvaria	Sch. vulvaria		
→	Tropidoleptus	carinatus			
				Uncinulus	orbignyanus
			Meristella	follmanni	
				Sellanarcestes	wenkenbachi

Abb. 1. Lebenszeit der im Text angeführten leitenden und einiger ergänzender Arten. Zur Darstellung der Wende Unterems/Oberems wesentliche Unterems-Arten mit eingesetzt. Benennung der Unterstufen des Unterems nach MITTMAYER. — Nennung der in der Eifel-Stufe neu erscheinenden Arten bis zur Bearbeitung des Wetteldorfer Richtschnitts zurückgestellt.

dung, aber an extrem engen Faziesbereich im Watt bis Vorwatt gebunden, daher tatsächliche Lebensdauer unbekannt, da die entsprechende Fazies im vergleichbaren Oberems noch fehlt — die Beispiele ließen sich leicht vermehren. Obwohl die Zwischaler seit FRECH und besonders BEUSHAUSEN und erneut MAILLIEUX weit vor den meisten anderen Gruppen im Grundstock bearbeitet zur Verfügung stehen, liegt die Lebensdauer vieler Arten noch keineswegs so fest wie bei der Mehrzahl der Brachiopoden, da selbst kleine Fazieswechsel immer wieder Vor- oder Nachläufer bringen.

Unter den Brachiopoden hervorzuheben:

Schizophoria provulvaria (MAURER 1886). Nicht selten, großes Muskelfeld im Steinkern leicht zu bestimmen, bis zum höchsten Unterems bekannt, unmittelbarer Vorläufer der im Oberems häufigen *Schizophoria vulvaria* (SCHLOTHEIM). Eine Übergangsform aus *Schizophoria provulvaria* in *vulvaria* kennen wir als Einzelfund aus ganz tiefem Oberems, dicht über dem dort geringmächtigen Emsquarzit, aus dem Kondelwald (NE-Teil der Olkenbacher Mulde; Gebiet der Mittelmosel). Auch dort erscheint die echte *Sch. vulvaria* nicht selten in gleicher Zone und etwas tiefer, an der Basis des Oberems.

Strophodonta virgata (DREVERMANN 1902). Nicht sonderlich häufig, aber über den größeren Teil des Unterems bis dicht an die Hangendgrenze verbreitet.

Tropidoleptus carinatus (CONRAD 1839). Diese Art, deren Gleichheit mit dem späteren *T. rhenanus* FRECH schon zur Jahrhundertwende diskutiert und von MITTMAYER, freundlicher Mitteilung zufolge, durch Vergleich mit reichlichem Material in Amerika bestätigt wurde, ist wohl der brauchbarste Vertreter des Unterems bis unmittelbar zur Hangendgrenze hinauf. Daß die Art in Amerika bis ins Givet und sogar das untere Oberdevon reicht, bei erstem hohen Aufsteigen bereits in Marokko (G. & H. TERMIER 1950), schadet der sicheren Verwendung in Europa nicht. Häufig, leicht zu bestimmen, in verschiedenen Biofazies, von der küstenferneren Flachsee bis zur Vordelta-Zone bei weitgehend verarmter Begleitfauna bis zur *Globithyris*-Fazies, in sandigen bis siltigen Sedimenten aller Körnungen, grau oder rot, nur in weitgehend tonigen Gesteinen selten oder fehlend.

Unter den Spiriferen blieb *Brachyspirifer* enttäuschend, da die Gattung im höchsten Unterems kaum bekannt ist. Daher ist die genaue Lebenszeit so bezeichnender Formgruppen wie *crassicosta* und *transiens* mit Unterarten nicht bekannt. Mit Ausnahme einer der *crassicosta crassicosta* sehr nahestehenden Form aus dem tieferen Oberems der Wiltzer Schichten bleiben aber beide Gruppen gute Unterems-Leitfossilien, denn trotz der für *Brachyspirifer* besonders günstigen Fazies sind sie im unteren Oberems unbekannt. — *Subcuspidella* erfordert weitgehende Neubearbeitung.

Ein besonders gutes „Nahezu-Leitfossil“ ist der von MITTMAYER, der sich mit dem Formenkreis näher befaßt, wieder aufgenommene *Euryspirifer dunensis* (KAYSER 1889) (vielleicht = *hercyniae* GIEBEL [pessime]; nur z. T. gleich *pellico* VERNEUIL & ARCHIAC, vom Typus 1845, S. 472, Taf. 15 Fig. 1 und neueren Bildern spanischer Formen abweichend). Wir verfügten bereits 1939 über ein umfangreiches Material zur Bearbeitung, bis dicht unter die Grenze zum Oberems. Mit Ausnahme einiger Konvergenzformen aus hohem Unterems konnten wir in mäßig oder nicht verdrückten Stücken die wichtige Unterems-Art gegenüber *E. paradoxus* stets unterscheiden. Leider teilte uns MITTMAYER kürzlich mit, er habe ein von *dunensis* nicht abtrenn-

bares Stück in ganz tiefen Hohenrheiner Schichten des nördlichen Taunus gesammelt, das erste im sicheren Oberems. Einer der besten Unterdevon-Brachiopoden ist damit zeitlich zwar ganz wenig (vgl. Kap. 3) abgewertet, aber für die Praxis auf weite Entfernung doch wohl noch recht gut brauchbar.

Gleichfalls „Nahezu-Leitfossilien“ bilden die Unterarten von *Acrospirifer arduennensis* (SCHNUR), wenn auch weniger gut als *Euryspirifer dunensis*. Bereits 1953 wiesen wir auf vielfache Konvergenzen und kleinere Zeit-Überschneidungen hin, z. B. S. 68. Einzelstücke sind oft unbestimmbar oder werden als Konvergenzen nicht erkannt; die Variabilität ist erheblich. Als Ergebnis ist z. Z. festzustellen: Diejenige Form des vielleicht aufzuteilenden *Acrospirifer arduennensis antecedens*, die einen besonders hohen, sehr steil aufgereckten Muskelzapfen im Steinkern besitzt, ist mit keiner anderen zu verwechseln, wohl die am sichersten zu bestimmende Form der ganzen Gruppe. Sie ist auf hohes bis höchstes Unterems begrenzt. Das hervorragend erhaltene, sehr reiche Material, besonders vom Schämmerich a. d. Alf, ging im Krieg verloren und konnte 1953 nicht durch ähnlich gute Stücke im Bild ersetzt werden. Solche Formen dagegen, wie wir sie abgebildet haben, können sehr selten, aber nicht abtrennbar, im ganz tiefen Oberems auftreten. *A. arduennensis latestriatus* β löst sich gegen Ende seiner Lebenszeit lokal neben typisch bleibenden Stücken in verschiedene Konvergenzformen auf, die bisweilen die Basis des Oberems überschreiten können und jede sichere Unterscheidung zwischen den Unterarten aufheben, während anderwärts *latestriatus* β und *arduennensis arduennensis* an der Wende zum Oberems klar voneinander getrennt bleiben. Insgesamt überschreitet diese Gruppe die Oberems-Basis in etwas verwaschener Weise.

5. Grundsätzliches zur Gliederung der Oberems-Stufe

Das Oberems haben wir 1937, S. 12, in eine Lahnstein-, Laubach- und Kondelgruppe untergliedert, die beiden erstgenannten in einiger Anlehnung an die ältere Gliederung im Mittelrhein-Gebiet (FOLLMANN 1925 und ältere Arbeiten und SCHMIEBER & QUIRING 1933), wenn auch mit Abweichungen, die Kondelgruppe dagegen neu aufgestellt, unter Mitverwendung der bis dahin recht nebelhaften „obersten Koblenzschichten“.

Dieser Untergliederung haben wir damals expressis verbis zeitlichen Rang als Unterstufen (substage sensu HEDBERG) zugemessen. Nur deshalb, weil der Ausdruck „Unterstufe“ sprachlich umständlicher ist, haben wir den Namen „Gruppe“ mit gleicher Bedeutung einführen wollen. Das war damals zulässig, da „Gruppe“ frei verfügbar war (nur in Amerika abweichend gebraucht, wenn auch nicht immer scharf definiert), ohne irgendwie geartete Vorbehalte. Inzwischen ist, entgegen unserer Priorität, der terminus „Gruppe“ faziell eingeschränkt und so verbindlich definiert worden. Dieser Begriffsveränderung wegen sind wir seit langer Zeit stets mißverstanden worden; man unterlegte unseren Gruppen die fazielle Beschränkung auf die sandig-schiefrige rheinische Magnafazies im engeren Sinne.

Da der Versuch nutzlos wäre, den Begriff „Gruppe“ in unserem Sinne von 1937 rein zeitlich wieder aufzunehmen, greifen wir den damals als sprachlich weniger gut

erklärten Begriff „Unterstufe“ wieder auf, zumal er in den letzten Jahrzehnten auch anderwärts häufiger verwendet wurde als früher. Wir benennen unsere Glieder nun Lahnstein-, Laubach- und Kondel-Unterstufe, als biostratigraphische Zeitgliederung, mit der seit 1937 geltenden Priorität.

6. Definition der Unterstufen

Während die leicht durchführbare Abtrennung der Kondel-Unterstufe sogleich anerkannt wurde, blieb die Trennung des unteren vom mittleren Oberems schwieriger. So haben z. B. MITTMEYER & GEIB (1967) vorgeschlagen, dort, wo eine Trennung nicht möglich sei, die Bezeichnung Lahnstein-Laubach-Gruppe zu verwenden, auch von D. E. MEYER (1970) so gebraucht. Dort, wo die entsprechenden Faunenelemente fehlen oder in weiter entfernten Gebieten, in denen unteres und mittleres Oberems vereinigt der Kondel-Unterstufe gegenübergestellt werden kann, wie es in weiten Gebieten zwischen Polen und Spanien möglich, bis Libyen wohl zu erwarten ist, sollte die Bezeichnung Lahnstein-Laubach-Unterstufe gebraucht werden. Die Erwägung klang aber durch, ob nicht überhaupt mit zeitlicher Zweigliederung des Oberems auszukommen sei. Diese Frage beschäftigt uns seit vielen Jahren, und die Monographie der rheinischen *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* 1971 verfolgte als wesentliches Teilziel, zur präziseren Untergliederung des Oberems beizutragen. Die Gunst, aber auch Schwierigkeit, lag darin, daß im Mittelrhein-Gebiet, aus dem die erste ausgebaute Gliederung stammt, lückenlose Sedimentation und die natürliche schnittlose Faunenentwicklung vorliegt, daneben aber ein mäßiger Fazieswandel vom gut durchlüfteten, stark sandigen Bereich zu etwas weniger bewegtem Wasser hin und häufigerer Vormacht sandig-siltiger bis siltig-toniger Sedimente. Der Einfluß dieses Wechsels auf die Faunen ist, trotz aller Revisions-Bedürftigkeit, noch immer am besten aus dem Vergleich der vielen Listen bei FOLLMANN 1925 zu erkennen.

Die nachfolgende Definition wird durch den mangelhaften Bearbeitungszustand des überwiegenden Teiles der Faunen beeinträchtigt, spätere Korrekturen bleiben möglich. Zu verwenden sind in erster Linie Spiriferen, andere Brachiopoden vorerst noch seltener, Trilobiten eingeschränkt, da die genauen Einsatzpunkte großenteils erst unsicher bekannt sind, Lamellibranchiaten und Gastropoden mit großer Zurückhaltung, da sie faziesempfindlicher sind und sehr deutliche Rekurrenzen bekannt wurden (z. B. SOLLE 1942a: 52). Cephalopoden sind nur eingeschränkt für die Kondel-Unterstufe zu berücksichtigen. Trotz vieljähriger Suche haben sich keine Ansätze für eine in der Typregion anwendbare Conodonten-Stratigraphie finden lassen. Die erneute Ausbeutung zahlreicher kalkiger Knollen und Bänke in der oberen Kondel-Unterstufe und im tiefen Mitteldevon ergab trotz sorgfältigster Aufbereitung, wofür wir Herrn Dr. BUGGISCH/Darmstadt sehr danken, nur wenige, unbestimmbare Conodonten-Reste.

Folgende Definitionen des Unterstufen-Beginns werden vorgeschlagen, unter Beschränkung auf ganz wenige Leitarten, von deren Lebensdauer aus zahlreiche andere Arten anzuschließen sind:

6.1. Lahnstein-Unterstufe und Liegendgrenze des Oberems

Die Basis wird bestimmt durch das Erscheinen von:

Treveropyge rotundifrons (EMMRICH 1839)

Kayserops kochi (KAYSER 1884)

Burmeisteria (Digonus) gigas (A. ROEMER 1843)

Brachyspirifer ignoratus (MAURER 1883)

und, mit geringer, meist zu vernachlässigender Einschränkung durch

Euryspirifer paradoxus (SCHLOTHEIM 1813)

sowie lokal etwas stärker eingeschränkt durch

Acrospirifer arduennensis arduennensis (SCHNUR 1853).

Die Nennung vorstehender vier bzw. sechs Arten, aber nicht nur einer, ist zu beantworten, da die vier erstgenannten nach aller Erfahrung soweit gleichzeitig einsetzen, wie es unter den Bedingungen der schnell und unregelmäßig einsinkenden Geosynklinale überhaupt erkennbar ist. Andererseits beheben sich so leichter Schwierigkeiten, die dem Fehlen der einen oder anderen Art auf weitere Entfernung anhaften.

Treveropyge rotundifrons (EMMRICH). Von allen Trilobiten erscheint uns diese relativ häufige Art als Leitform orthochronologisch besonders wertvoll; sie ist aus *Tr. prorotundifrons* (R. & E. RICHTER) hervorgegangen (vgl. S. 68). *Tr. rotundifrons* ist zwar weitgehend faziesunabhängig, tritt aber etwas bevorzugt in sandigen Schichten auf. Solche Gesteine sind fossilführend, auch mit Trilobiten, zwischen hohem Unterems und mittlerem Oberems weit verbreitet, führen *Treveropyge rotundifrons* aber ausschließlich vom Emsquarzit ab, ebenso im dort ungefähr gleichalten Berler Quarzit der W-Eifel, auch von WERNER (1969: 172) nachgewiesen. Die Art ist eines der besten Leitfossilien des Oberems überhaupt (womit sich RUD. RICHTER hinab bis 1909 immer wieder bestätigt), aus vielen Fundpunkten bis in die oberen Kieselgallen-Schiefer der oberen Kondel-Unterstufe bekannt; sie ist in den Heisdorfer Schichten der Eifel bis recht dicht unter deren Hangendgrenze nachgewiesen (WERNER 1970). Die einzige Nennung aus dem Unterems, aus einer alten Fossiliste von ASSELBERGHS aus den Ardennen, Bestimmung älter als die revidierenden Arbeiten von R. & E. RICHTER, dürfen wir wohl übergehen und auf den ähnlichen *prorotundifrons* R. & E. RICHTER 1943 verweisen, der nur aus dem Unterems bekannt ist. Zudem ist das Stück, einer Anfrage noch bei LECOMTE zufolge, nicht mehr nachweisbar.

Kayserops kochi (KAYSER) liegt in der Lebensdauer nahezu gleich *Treveropyge rotundifrons*. Den Nachweis aus dem mittelhheinischen Emsquarzit haben wir (1936: 169) zwar zu den tiefsten Hohenrheiner Schichten geringfügig angehoben, was nach S. 67 praktisch bedeutungslos bleibt. WERNER (1969: 169) nennt zudem *K. kochi* aus dem dort dem Emsquarzit sehr altersähnlichen Berler Quarzit der W-Eifel. Zum höchsten Oberems hinauf, bis dicht unter die Grenze zum Mitteldevon, wird *K. kochi* noch häufiger als *Treveropyge rotundifrons*, so daß die Art, die bisher nie außerhalb des Oberems zitiert wurde, ein ideales Leitfossil abgeben kann, zudem recht leicht zu bestimmen ist.

Nur ein Stück aus Luxemburg kann möglicherweise eine sehr geringe und praktisch zu vernachlässigende Unschärfe in der Lage an der Basis des Oberems bringen. Es

wurde, lt. Mitteilung von Herrn MITTMEYER, von dritter Seite aus einer Schuppe gesammelt, deren Lage nicht tiefer als dicht unter dem Berler Quarzit möglich ist. Die untere Zeitgrenze des Quarzits liegt aber auch dort nicht überall verbindlich an der Basis des Oberems.

Burmeisteria (Digonus) gigas A. ROEMER. Die Art erscheint im tieferen bis mittleren Emsquarzit und ist in den unteren und mittleren Hohenrheiner Schichten der häufigste, oft lagenweise angereicherte Trilobit. Die Art kennzeichnet zwar, wie viele Homalonoten, besonders die küstennahe Flachsee, bleibt gegen Fazieswechsel nur mäßig empfindlich. Erst im Lauf der oberen Kondel-Unterstufe erlischt, über der Laubach-Unterstufe selten geworden, die an der bezeichnenden Dornenskulptur leicht erkennbare, große Form; daher fehlt ihr etwas am Rang eines Leitfossils für das gesamte Oberems.

Weder rheinisch noch irgendwo anderwärts kennen wir *gigas* aus dem Unterems, bis auf eine Nennung aus der ardennischen Grauwacke de Pesche im tiefen Unterems (ASSELBERGHS & MAILLIEUX 1938: 9) und aus den Bergen von Portalegre in Portugal, wo *gigas* von der „base du Dévonien“ zitiert wird, eine Nennung, die wir wohl übergehen dürfen. Das ardennische Stück, das wir dank der Freundlichkeit von Prof. VANDERCAMMEN aus Brüsselausleihen konnten, ist ein kleines Bruchstück, vielleicht ein jugendlicher Occipitalring, von einer Gestalt, die von *gigas* offenbar abweicht, aber mit ähnlichen, dicht stehenden Dornen. Das Stück mag vielleicht einer noch unbekannteren Vorgängerart angehören, doch fehlt jede Möglichkeit näherer generischer und spezifischer Bestimmung, zumal da vergleichbare Oberflächen-Elemente auch bei entfernteren Homalonotiden auftreten. Da noch nie ein bestimmbarer Kopf oder Schwanz von *Burmeisteria (Digonus) gigas* tiefer als im Oberems gefunden wurde, obwohl andere Homalonotiden im Unterems reichlich vorkommen, dürfen wir *gigas* als guten Nachweis des Oberems ansehen.

Brachyspirifer ignoratus (MAURER) wird, wenn man die auf S. 66f. vorgeschlagene Abgrenzung Lahnstein- gegen Laubach-Unterstufe zugrunde legt, ein einwandfreies Leitfossil für die Lahnstein-Unterstufe; inzwischen auch im Emsquarzit nachgewiesen. Näheres zur Art und stammesgeschichtlichen Einordnung vgl. SOLLE 1971: 48 ff. und 155. Zuverlässiger als jeder andere *Brachyspirifer* läßt sich *ignoratus* auf das Oberems begrenzen, auch in der Bestimmungspraxis. Damit lebt eine alte Anregung DAHMERS wieder auf, auch wenn diese von etwas anderer Abgrenzung der Art ausging. Abträglich bleibt lediglich, daß die Art in sehr unterschiedlicher Häufigkeit auftritt: punktweise massenhaft, anderorts und wahrscheinlich verbreiteter als gegenwärtig bekannt in Einzelexemplaren, aber in weiten Gebieten, selbst Bezirken des Mittelrheins, selten oder anscheinend ganz fehlend.

Euryspirifer paradoxus (SCHLOTHEIM) kennen wir, ganz einwandfrei in Flügelung, Sinus mit Randrippen sowie Muskelzapfen von *dunensis* unterscheidbar, vom Emsquarzit an, besonders häufig in den Hohenrheiner Schichten von tiefen Lagen ab, nicht mehr so häufig, aber fast allenthalben vertreten in zahlreichen Exemplaren bis zur sehr hohen oberen Kondel-Unterstufe hinauf, und nunmehr auch aus einer dünnen Einlagerung im höchst-unterdevonischen Teil der Wissenbacher Schiefer der Olkenbacher Mulde (S. 82). Die in neuerer Zeit mehrfach vertretene Meinung, *E. paradoxus* erreiche das höchste Unterdevon nicht mehr (was anscheinend für die Eifeler

Mischfazies tatsächlich gilt), muß damit korrigiert werden. Die Art ist besonders fazies-unempfindlich; sie ist von grobem, reinem Quarzit an bis zu milden Tonschiefern in allen Gesteinen der Flachmeer-Fazies vorhanden.

Die Art ist somit beinahe wieder das klassische Leitfossil des Oberems, als das es Jahrzehnte hindurch galt. Bei einer 1939 begonnenen Bearbeitung (die die Aufteilung von *paradoxus* in eine tiefere und eine höhere Unterart erwarten ließ; Material und Aufzeichnungen sind kriegszerstört) ergaben sich vorläufig nicht abtrennbare Konvergenzformen zwischen *dunensis* und *paradoxus* im höchsten Unterems und, soweit erinnerlich, auch in einigen Stücken aus dem Emsquarzit. Wir hofften, die Trennung an neuen Aufsammlungen später variationsstatistisch vollziehen zu können. Nun teilt uns Dr. MITTMEYER mit, er habe in höchsten Klerfer Schichten des obersten Unterems der Mosel ganz einwandfreien *Euryspirifer paradoxus* gesammelt. Damit dürfte das Erscheinen dicht unter der Grenze zum Oberems besiegelt sein, und gleichzeitig die geringe Überlappung beider Arten (vgl. S. 70). Aber die Unschärfe der Konnektierung der Grenze auf weitere Entfernung bleibt damit sehr gering, da die einschließenden Schichten nur ganz unbedeutende Zeit umfassen (S. 65 ff.).

Acrospirifer arduennensis arduennensis (SCHNUR), in dem von uns 1953 gegebenen Umfang, ist in der Masse ein gutes Leitfossil des Oberems, mit Lebenszeit von der Basis der Lahnstein- zum Dach der Laubach-Unterstufe. Aber die Variabilität und Ausbildung lokaler Sonderformen ist bei *arduennensis* besonders groß und nicht leicht abzugrenzen. Auf solche Unsicherheit wiesen wir bereits 1953 (: 68) hin. In der Mehrzahl der Fälle sind zwar auch Einzelstücke sicher zu bestimmen. Aber es können ebenso schwer abtrennbare Übergangsformen zu *arduennensis arduennensis* hin schon im höheren Unterems vorkommen, wie auch seltene Nachläufer von *arduennensis antecedens* im tiefen Oberems, wenn auch nie solche mit steilem, besonders hohem Muskelzapfen, wie S. 71 erwähnt. Auch bei *A. arduennensis latestriatus* β können gelegentlich Zweifel bleiben, vielleicht etwas häufiger, als wir früher glaubten. Der Übergang von Formen des Unter- zum Oberems erscheint uns jetzt etwas fließender, als wir es bereits 1953 angegeben haben. Bei allem bleibenden Wert typischer *arduennensis arduennensis*, besonders in den häufigen Massenvorkommen, sollte die Unterart dort nicht allein als Leitfossil benutzt werden, wenn noch irgendwelche Bestimmungszweifel bestehen oder nur Einzelfunde vorliegen. Zeitlich gilt auch hier, daß die Spanne des Übergangs kurz bleibt.

Die Unsicherheit in der stratigraphischen Verwendung von *arduennensis arduennensis* braucht jedoch nicht so groß zu werden, wie es aus JAHNKE 1971: 22ff. und Taf. 9, Fig. 1—4, 6—7 zu erschließen wäre. Nach dem sehr großen Material, das uns durch die Handlung und die beiden Variationskreise zu beurteilen gestattete, können wir uns — bei aller Anerkennung vieler Fortschritte, die die Arbeit JAHNKES gebracht hat — nicht mit der Vereinigung von *extensus* mit *arduennensis arduennensis* abfinden. Die gut erhaltenen Stücke der Fig. 1 und 2 weichen von den inzwischen weit über tausend uns bekannten Exemplaren, die sich um den Typus von *arduennensis arduennensis* gruppieren, beträchtlich ab. Besonders in der Zahl der Rippen und ihrer gleichmäßigeren Abschwächung zu den Flügeln hin, daneben auch dem breiteren, eher angenährt flach-dreieckigen, meist viel weniger geschweiften Umriß, finden wir nur ein geringes Eindringen in die Variationsbreite von *arduennensis arduennensis*, dagegen weit größere Nähe zu *extensus*. Diesen kannten wir bereits früher aus dem Unterems, wenn auch selten; für die Grenze Unterems/Oberems blieb er immer ohne wesentliche Bedeutung. — Fig. 3 gehört u.E. mit cf. zur selben Art,

Fig. 4 mag eine Lokalform sein, die noch am ehesten randlich in die Variationsbreite von *arduennensis arduennensis* gehören kann.

Die Nennung weiterer, uns so gut wie sicher erscheinender Arten stellen wir bis zur paläontologischen Bearbeitung zurück. Im Vordergrund könnte *Schizophoria vulvaria* (SCHLOTHEIM) stehen, vom Emsquarzit an häufig, tiefer aber, soweit wir z. Z. sehen, immer nur durch *provulvaria* (MAURER) vertreten. Es deutet sich sogar an, daß sich *Sch. vulvaria* anhand der ventralen Muskeleindrücke in eine Form der Lahnstein- und der Laubach-Unterstufe aufteilen lasse.

Weiterhin ist auf das im sehr tiefen Oberems (tiefster sicherer Punkt ganz tiefe Hohenrheiner Schichten im Distr. Saustall, Grenze Bl. Koblenz/Boppard), nur vereinzelt, aber in sicheren Exemplaren einsetzende und sich ab Laubach-Unterstufe allmählich zu größerer Häufigkeit steigernde Vorkommen von *Rhenothyris compressa* (MAURER) [unterdevonische Form von *Eoreticularia curvata* olim; teste STRUVE 1970: 479] hinzuweisen. Diese Art, früher allgemeiner und z. T. jetzt noch als „eigentlich“ mitteldevonisch angesehen (russische Autoren) ist ein fast vollgültiges Leitfossil praktisch des gesamten Oberems, lediglich mit dem Nachteil sehr seltenen Vorkommens in der Lahnstein-Unterstufe und nach STRUVE des geringfügigen Aufsteigens einiger Nachläufer in die tiefste Eifel-Stufe. Das Odium des „eigentlich“ mitteldevonischen Alters entfällt vollgültig durch die überzeugende spezifische Abtrennung der Masse der mitteldevonischen Arten der *curvata* Spiriferen durch STRUVE. Nach unten hin glaubte man bisher, irgendwie an „*Spirifer*“ *bornicensis* anschließen zu müssen. Daß diese Frage keineswegs einfach ist, zeigt ein Vergleich z. T. nicht übereinstimmender Befunde bei STRUVE (1970: 526 u. 537) und JAHNKE (1971: 45). Es läßt sich aber herauslesen, daß die unteremsischen Formen nicht *compressa* sind und eher *Kymatothyris* oder sogar einer weit entfernten Gattung angehören. Da solche Formen nicht zu übersehen sind, wird die Basis für das Erscheinen von *Rhenothyris compressa* an oder dicht über dem Beginn des Oberems recht fest.

Meristella follmanni (DAHMER), ursprünglich als Leitform der Kondel-Unterstufe angesehen, beansprucht fast dieselbe vertikale Verbreitung wie *Rhenothyris compressa*; das älteste Stück aus der gleichen Fauna ist von DAHMER selbst bestimmt.

6.2. Laubach-Unterstufe

So sicher typische Laubach- von Lahnstein-Faunen abzutrennen sind, wenn nach äußeren und inneren Merkmalen voll durchentwickelte *Paraspirifer praecursor* SOLLE 1971 und etwas eingeschränkt der *sandbergeri*-Gruppe vorliegen, oft häufig bis massenhaft und ohne begleitende Frühformen, so schwierig ist z. Z. noch eine in allen Fällen gültige Abgrenzung durchzuführen.

Am besten bietet sich *Paraspirifer praecursor* an, der unmittelbare Vorläufer und im Kondel noch Begleiter der *cultrijugatus*-Gruppe (SOLLE 1971: 155), aber keinesfalls *Paraspirifer* als Gattung, denn *P. eos* SOLLE erscheint voll ausgebildet bereits im sicheren Emsquarzit, und die ersten, noch vereinzelt, ganz fertigen Exemplare von Unterarten der *sandbergeri*-Gruppe liegen einwandfrei bereits in nicht abtrennbaren Teilen der höchsten Lahnstein-Unterstufe vor, geringfügig tiefer und von häufigeren Vorformen begleitet als *praecursor*. Aus SOLLE 1971, vielen Textstellen und Diagramm

S. 155, ist zu entnehmen, daß sich die *sandbergeri*-Gruppe und *praecursor* Schritt für Schritt aus *Brachyspirifer ignoratus* in einer Stammwolke während der Lahnstein-Zeit entwickelt haben. In der Lahnstein-Unterstufe haben wir noch nicht voll ausgebildete Formen häufig nachgewiesen, zunehmend nach oben hin, und ganz hoch vereinzelte, echte Stücke mit allen *Paraspirifer*-Merkmalen in voller Ausbildung. Da diese durchentwickelten Stücke aber in derselben Bank neben Frühformen gewonnen wurden, somit noch innerhalb der Stammwolke liegen, verbietet sich wohl auch der einfache Schnitt an der Basis der ersten voll ausgebildeten *P. praecursor* (noch weniger *P. sandbergeri*), denn der Übergang erfolgt ganz allmählich, und darüber hinaus eine Grenze in eine Stammwolke hineinzulegen erscheint bedenklich. So bleibt nur das erste häufige Auftreten großer und typischer Stücke von *Paraspirifer praecursor*, ohne begleitende Übergangsformen aus *Brachyspirifer ignoratus* her, als zwar nicht ideale, aber an Mittelrhein und Mosel oft gut verfolgbare und kartierbare Basis der Laubach-Unterstufe. Häufigere bis sogar bankweise Vorkommen von *Paraspirifer sandbergeri* aller Subspezies haben sich bisher ohne Ausnahme als der Laubach-Unterstufe zugehörig erwiesen.

Alle weiteren Umgestaltungen der Fauna, soweit nicht einfach durch Fazieswechsel vorgetäuscht, vollziehen sich nacheinander und zumeist in so vereinzelt Exemplaren wichtiger Arten, daß vorerst noch keine Sicherheit besteht, deren Basis gefunden zu haben. Das gilt bei den Brachiopoden z. B. bei der in der Kondel-Unterstufe so verbreiteten *Alatiformia alatiformis* (DREVERMANN), die in zwar seltenen, aber einwandfreien Stücken spätestens in der mittleren Laubach-Unterstufe erscheint; den *Uncinulus orbignyianus* (VERNEUIL), bezirkweise eines der bezeichnendsten Fossilien besonders in der oberen Kondel-Unterstufe, von der Eifel-Fazies an nach W erst in der tiefen Eifel-Stufe häufig, fanden wir in einem zweifellosen Stück in der tieferen Laubach-Unterstufe im Dörrbachtal bei Koblenz; gleichfalls erst innerhalb der Laubach-Unterstufe ist, nach seltenen Vorformen in der Lahnstein-Unterstufe, *Plebejochonetes* (?) *crassus* (MAURER) fertig ausgebildet, eine meist übersehene, für mittleres und oberes Oberems recht wesentliche Art, deren Vorläufer in der Lahnstein-Unterstufe abtrennbar sind; ungefähr dasselbe dürfte für die noch unbenannte oberemsi-sche Vorform von *Schizophoria schnuri* STRUVE (= *striatula* SCHLOTHEIM alten Sinnes) gelten; die recht wesentlichen *Douvillinella bispinosa* (A. FUCHS) und *Ivanothyris trisectus* (KAYSER) tauchen gleichfalls erstmals in der Laubach-Unterstufe auf; *Aulacella prisca*, bisher als leitend für höchstes Oberems und Eifel-Stufe betrachtet, erscheint sehr wahrscheinlich in der höchsten Laubach-Unterstufe erstmals ganz einzelt, usw. Bei den Trilobiten wird bisher zu Beginn und während der Laubach-Unterstufe keine wesentliche Entwicklung erkennbar. Die faziesempfindlicheren Lamellibranchiaten lassen während der Laubach-Unterstufe eher einen Rückgang des Formenreichtums als Neuentwicklung erkennen. Die Gastropoden sind fast un bearbeitet, Cephalopoden und andere Gruppen zur Praxis der Gliederung \pm bedeutungslos.

Insgesamt sind Laubach- gegenüber Lahnstein-Faunen oft gut unterscheidbar, beim Vorhandensein von *Paraspirifer*-Arten fast immer. Man sollte daher auf die Unterstufe nicht verzichten. Wir sehen mehrere Ansätze zur schärferen Abgrenzung der Laubach-Unterstufe, die sich aus den aus-

stehenden Bearbeitungen verschiedener Tiergruppen ergeben werden. Zur paläontologischen Bearbeitung der wesentlichen Gruppen, wohl besonders aus dem Kreis der Brachiopoden, gehört die bankweise Aufsammlung in besonders geeigneten Profilen, die das Bild zuverlässig gestalten kann. Veröffentlichung des ersten Profils dieser Art durch MITTMEYER ist bald zu erwarten. Dort, wo sich vorläufig oder dauernd mangels wesentlicher Faunen-Elemente keine Abgrenzung gewinnen läßt, sollte, wie bereits S. 72 empfohlen, nach MITTMEYERS & GEIBS Vorschlag die Bezeichnung Lahnstein-Laubach-Unterstufe verwendet werden. Die gemeinsame Verwendung beider Namen ist nur scheinbar schwerfällig; tatsächlich ist sie der klarste Ausdruck des Möglichen.

6.3. Kondel-Unterstufe

Die Basis läßt sich gut mit dem Erscheinen von *Acrospirifer mosellanus mosellanus* festlegen, der häufig und verbreitet bis zum Ende der unteren Kondel-Unterstufe durchläuft, selten etwas höher hinaufreicht mit kleiner Überlappung zum höheren *A. mosellanus dahmeri*. Diese Grenze entspricht unserer ursprünglichen Definition mit „*Spirifer intermedius maturus*“, unter welcher Bezeichnung damals die *mosellanus*-Gruppe zusammengefaßt war. Die Unterart ist in den typischen Teilprofilen der Olkenbacher Mulde in sehr verschiedener Fazies unmittelbar von der Basis an häufig, auch anderwärts in der normalen rheinischen Magnafazies verbreitet, mindestens aber vorhanden (z. B. unsere vielen alten Zitate von *Spirifer intermedius maturus* bei SOLLE 1942 a-c aus der unteren Kondel-Unterstufe gehören zum größten Teil zu *mosellanus mosellanus*); das gilt auch bis West-Frankreich und Spanien. Lediglich im nördlichen Rheinischen Schiefergebirge und im Harz fehlt *Acrospirifer mosellanus mosellanus*, trotz großer lithofazieller Ähnlichkeit. Überhaupt steht in mancher Hinsicht eine größere Fauna des Bergischen Landes einer mittelrheinischen ferner als manche spanischen oder nordafrikanischen, bis zum südlichen Libyen hin.

Über die stattliche Anzahl von Arten verschiedener Tiergruppen, die nur in der Kondel-Unterstufe auftreten oder von dort an bis in die Eifel-Stufe reichen, größtenteils von tieferen Kondel-Horizonten an, unterrichten trotz einiger inzwischen erfolgter Abstriche und Zusätze noch immer gut die Tabellen bei SOLLE (1942a: 15 und 17). Fast alle Gruppen der Brachiopoden werden nach moderner Bearbeitung beitragen können; für ganz tiefe Zonen, vielleicht sogar Hilfe für den Grenzschnitt, erwarten wir gute Ergebnisse besonders bei den Orthida, vielleicht auch den Strophomenida. Von den Trilobiten gelten zwar *Acastellina nolens nolens* und *A. nolens praenolens* (R. & E. RICHTER) als Kondel-Formen, doch ist dies einzuschränken, denn die Angaben zur Art selbst bei R. & E. RICHTER (1952: 89 ff.), die nur die beiden genannten Unterarten einschließen, beinhalten als Fundpunkt auch Alken a. d. Mosel. Dieser Fundpunkt gehört aber sicher in die Laubach-Unterstufe. WERNER hat 1970 auch den Übertritt in sichere Eifel-Stufe nachgewiesen. Von den Lamellibranchiaten und Gastropoden, die DAHMER von 1914 an in vielen Veröffentlichungen bearbeitet hat und die überwiegend der unteren, z. T. der ganz tiefen Kondel-Unterstufe angehören, dürfte ein beträchtlicher Teil Leitwert besitzen. Für jede Einzelart geklärt ist dies jedoch noch nicht, denn manche sind an die Eisenfazies („Mandelner Fazies“ =

Mandelner Schichten sensu DAHMER 1923: 656) gebunden; mehrere dieser Formen haben wir in vergleichbarer Fazies bereits in der Laubach-Unterstufe gefunden, einzelne sogar in der Lahnstein-Unterstufe.

Von der bereits spürbar abweichenden Eifler Fazies der Kondel-Unterstufe (überwiegend bis ganz Heisdorfer Schichten, an der Basis Wetteldorfer Sandstein, wo vorhanden), bereits zur Mischfazies sensu ERBEN (1962a) gehörig, soll hier nur andeutend gesprochen werden, um den nach Neuaufnahme des Wetteldorfer Richtschnitts wieder fortgesetzten Arbeiten des Senckenberg-Museums nicht vorzugreifen. Es sei nur hervorgehoben, daß *Acrospirifer mosellanus mosellanus* der Eifler Fazies fehlt — ein recht schwerwiegender Mangel, da diese Art besser als jede andere in ihrer weiten Verbreitung und Häufigkeit in der rheinischen Magnafazies einen sicheren Schnitt gestattet. Es kann aber vorweg gesagt werden, daß das Gesamtbild der Eifler Faunen eine Kennzeichnung der Kondel-Fauna von der Basis an erlaubt.

Die biostratigraphische Abtrennung einer oberen Kondel-Unterstufe ist durch das Erscheinen des *Acrospirifer mosellanus dahmeri* SOLLE möglich geworden, der noch häufiger und verbreiteter als *A. mosellanus mosellanus*, dabei am sichersten bestimmbar, bis zum Dach der Kondel-Unterstufe durchläuft. Auch diese Unterart ist bis mindestens Spanien horizontbeständig zu verfolgen.

Für die Hangendgrenze der Kondel-Unterstufe bietet sich, von unten her, das Erlöschen von *Acrospirifer mosellanus dahmeri* nach bisheriger Kenntnis als mindestens sehr nahekommend an, wenn nicht gar zur Definition (S. 85). Diese Unterart von *mosellanus*, die einzige mit verhältnismäßig hoher Area, ist zudem leicht bestimmbar und oft häufig.

Mit Nachdruck vertreten wir, daß *Euryspirifer paradoxus* bis in die höchsten Teile der rheinischen Magnafazies hinaufreicht, auch in Einschübe in den tiefen Teil der Wissenbacher Schiefer von höchst-unterdevonischem Alter (S. 82). Diese Art, jahrzehntelang als sicherstes Stufenfossil des Oberems betrachtet, dann hinsichtlich des Erlöschens in Mißkredit geraten (vermutlich deshalb, weil *paradoxus* etwa dem oberen Drittel bis Viertel der Heisdorfer Schichten bereits fehlt), haben wir vielfach bis zur Grenze hinauf in der oberen Kondel-Unterstufe und gemeinsam mit vielen bezeichnenden Kondel-Formen gesammelt, nicht zuletzt zusammen mit den klassischen Oberems-Trilobiten. Daß es in der Eifel ein vorzeitiges Verschwinden ist, läßt sich u. a. daraus erschließen, daß anderwärts sehr verbreitet *paradoxus* im Profil nahe an Spiriferen der *intermedius*-Gruppe heranrückt, deren tief-mitteldevonischer Einsatz in weiter Verbreitung unbestritten ist. Sehr dicht nähern sie sich nach LEGRAND (1967: 265) in der algerischen Sahara; in einem Transgressions-Konglomerat *Euryspirifer paradoxus*, 1 m darüber *Paraspirifer cultrijugatus* und in den unmittelbar überlagernden Schichten *Acrospirifer intermedius intermedius*, der sogar etwas später einsetzt. Aus der Appalachischen Provinz nennt BOUCOT (in BOUCOT, JOHNSON & TALENT 1969: 25) eine ihm wohlkannte Form naher Verwandtschaft zu *paradoxus*, die in die Wende Ems-Eifel einzustufen sei. Der weiten Verbreitung und leichten Bestimmbarkeit wegen sollte *paradoxus* in Fragen der Grenze Unterdevon/Mitteldevon stets mitberücksichtigt bleiben.

Unter den seltenen Cephalopoden gewinnt in der rheinischen Magnafazies hinsichtlich leidlicher Verbreitung nur *Sellanarcestes wenkenbachi* (KAYSER) Bedeutung. Die

Typ-Lokalität, die Grube Königsberg im Rupbachtal, liegt zuverlässig sicher in hoher Kondel-Unterstufe, in Wissenbacher Fazies (SOLLE 1942 c: 164). Die Art ist dort, nach SCHINDEWOLF (1933: 98) und nach eigener Sammlungs-Durchsicht im Hessischen Landesmuseum Darmstadt, durchaus häufig. Noch häufiger soll sie, KAYSER (1884: 42) zufolge, in der benachbarten Grube Gabelstein bei Cramberg gewesen sein. Bekannt ist die Art, inzwischen nach WALLISER (1965: 92f.) gut von anderen abzutrennen, von verschiedenen Fundpunkten bis zur tieferen Kondel-Unterstufe hinab. Soweit wir übersehen, ist der tiefste Fund derjenige von Mandeln, den HERM. SCHMIDT (1926: 293) abgebildet hat. Zonenfossil für die gesamte Unterstufe kann *Sellanarcestes wenkenbachi* jedoch nicht werden, da die Zone des *Anarcestes lateseptatus* ganz oder z. T. in die Kondel-Unterstufe hinabrückt (S. 82). Wertvoll ist, trotz der relativen Seltenheit, die Verbreitung zwischen Oberharz und Nordafrika.

7. Bemerkungen zur Grenze Unterdevon/Mitteldevon

Zur oberen Grenze der Kondel-Unterstufe, in erster Linie auf rheinische Magnafazies und Eifler-ardennische Mischfazies bezogen, damit u. E. auch überzeugend zur Grenze Unter-/Mitteldevon, sind einige kurze Erwägungen angezeigt, da es, nach dem ersten verstärkten internationalen Bemühen bei der Arbeitstagung Bonn-Brüssel 1960, in absehbarer Zukunft durch verstärkte gemeinsame Arbeit zur internationalen Vereinbarung der Grenze führen soll.

Aus gegenwärtiger Sicht stehen wir auch jetzt zu der von uns 1942 eingehend begründeten Grenze, von der rheinischen Fazies aus (Hinabrücken der hercynischen Fazies bleibt dabei ohne Bedeutung!), mit der Eifler Grenze Heisdorf/Lauch gleichgesetzt, mit Parallelisierung zum ardennischen C o l b, nun verschärft: zum unteren C o l b. Auch WERNER (1969) kommt in der sehr präzisen Neubearbeitung der Grenzschichten der Prümer Mulde, auf die hier verwiesen werden kann, zum selben Ergebnis. In der Diskussion um die verschiedenen Möglichkeiten der Grenze hatte sich ERBEN (1962 b) gleichfalls für diese Grenzlage ausgesprochen, von winzigen Einzelheiten abgesehen.

Für eine internationale Vereinbarung wäre es wünschenswert, im unterdevonischen Teil die rheinische Magnafazies nachdrücklich zu berücksichtigen, genauer: die biostratigraphischen Befunde am Mittelrhein und im Moselgebiet, denn diese Faunen gelten der Priorität nach als klassisch und sind am weitesten verbreitet (trotz inzwischen erfolgter Ergänzungen noch beste Übersicht bei ERBEN 1962 a, nach S. 56), sie haben sich in W-Frankreich und vor wenigen Jahren wieder bis in alle Einzelheiten in Spanien bewährt, sind in N-Afrika bis Marokko, Mauretanien, Algerien und Libyen verfolgt. So eng wie möglich sollte damit die Eifler Mischfazies verbunden werden, am sinnvollsten durch den Wetteldorfer Richtschnitt. Die nordrheinischen und Harzer Faunen der Kondel-Unterstufe sind zwar parallelisierbar, weichen gegenüber dem Mittelrhein und damit gegenüber dem weiten Gebiet bis Afrika bereits so stark ab, daß man sie als Basis für eine allgemeine Konvention nicht benutzen sollte. Damit wird dieses Gebiet auch für ein Typprofil zur Grenze Unter-/Mitteldevon weniger geeignet, obwohl die Fazies ziemlich unverändert durchläuft. Südlich und südöstlich des Siegerlandes setzt sich zwar in beschränktem Raum die mittelrheinische Fazies zuver-

lässig sicher bis in die untere Eifel-Stufe fort, insbesondere in der Wittgensteiner Mulde, doch sind die Faunen trotz intensiver Suche viel zu klein geblieben (SOLLE 1942 b).

Bisher haben wir unter Beachtung einer kleinen, nicht korrigierbaren Unsicherheit vertreten, das Dach der Kieselgallen-Schiefer der Olkenbacher Mulde mit der Grenze Heisdorfer/Laucher Schichten im Wetteldorfer Richtschnitt am Rand der Prümer Mulde unmittelbar gleichzusetzen. Von der Olkenbacher Mulde auszugehen hielten wir deshalb für zweckmäßig, weil hier die Kondel-Unterstufe besonders typisch in der rheinischen Magnafazies vorliegt, zudem mit weitem Abstand am fossilreichsten (Ergebnisse erst zum kleineren Teil veröffentlicht). Wir sahen in der Olkenbacher Mulde die am besten begründete Aussicht, die Kondel-Unterstufe mit dem mächtigen, fossilreichen Ober-Kondel vollständig und damit den Fazieswechsel rheinischer Glieder gegen hercynische Wissenbacher Schiefer hier (anderwärts meist nicht!) an der Grenze Unterdevon/Mitteldevon zu haben.

Wir versuchten, unseren alten Hinweis wieder aufzunehmen, über die Cephalopoden-Zonen mit *Sellanarcestes wenkenbachi* (in Übereinstimmung bereits mit HERM. SCHMIDT 1926) als Vertreter des größten Teiles der Kondel-Unterstufe, und *Anarcestes lateseptatus* als Vertreter der tiefen Eifel-Stufe, auch die Verbindung zwischen rheinischer Magnafazies und der hercynischen in den Wissenbacher Schiefen herzustellen. Alle bekanntgewordenen *Sellanarcestes wenkenbachi* ließen sich über den größten Teil der Kondel-Unterstufe verteilen, so daß es schien, mit dieser Art allmählich einen Leitgoniatiten für die Kondelzeit zu gewinnen. Zahlreiche *Anarcestes lateseptatus*, bis 7 cm große Stücke, sehr evolut und nur ganz allmählich an Windungshöhe zunehmend, wie sie sich in den unteren Wissenbacher Schiefen der Olkenbacher Mulde zwar schlecht erhalten, aber nicht anders bestimmbar fanden, schienen die Sequenz zu bestätigen, wie sie aus den Dachschiefer-Gruben von Wissenbach und dem Rupbachtal zusammengesetzt wurde, und die sich auch (im wichtigsten Rupbachtal-Profil allerdings über den Massenvorkommen von *S. wenkenbachi* ein fossilerees Band, über dem die Zone des *Foordites occultus* folgt; E. KAYSER 1884) in den guten Aufschlußfolgen Marokkos (HOLLARD 1960) wiederfinden ließ. Für den Vergleich zum Rheinland wesentlich war uns ein Hinweis, den Herr ERBEN freundlichst gab: Zwischen den Bänken mit den genannten Arten in Marokko fand er auf einer von HOLLARD geführten und bei ihm 1967 (: 235) im Ergebnis kurz genannten Exkursion eine ca. 20–25 m mächtige Folge, die in der unteren Hälfte in weiter Verbreitung *Latanarcestes cf. neglectus* (BARRANDE) und in der oberen eine neue Form enthielt. Der die Lebenszeit von *S. wenkenbachi* und *A. lateseptatus* teilweise überdeckende *Sellanarcestes tenuior* WALLISER 1965 steht damit in Einklang. Diese eingeschobenen ein oder zwei Zonen sind in Mitteleuropa bisher, soweit wir sehen, zwischen den bekannten Zonen und von ihnen getrennt, nicht nachgewiesen. Verbergen sie sich in der fossilereen Zone im Rupbachtal, oder sind es Mitteleuropa nicht erreichende Einschübe von anderer Seite her? So ist *A. lateseptatus* weit verbreitet, in Auswahl zu nennen u. a. von PETER (1959) bis weit in die Sahara verfolgt worden, und HOUSE (1962) und HOUSE & PETER (1963), die aus den Vereinigten Staaten und Kanada viele mitteleuropäische Gattungen und Arten nachgewiesen haben, nennen auch den dem *lateseptatus* nahestehenden *Anarcestes (Latanarcestes) cf. praecursor* (FRECH) = *plebejus* (BARRANDE) z. T.; aber nirgends kehren die marokkanischen Zonen zwischen *S. wenkenbachi* und *A. lateseptatus* wieder. Sicherheit in dieser biostratigraphisch wichtigen Teilfrage ist noch nicht zu gewinnen.

Neue Wege weist dagegen eine Arbeit von CARLS, GANDL, GROOS-UFFENORDE, JAHNKE & WALLISER, die wir dankenswerterweise während ihres Drucks aus dem Manuskript einsehen konnten. Aus Profilen in Aragón, in denen während des Ems

rheinische und hercynische Fazies mit hinreichender Faunenführung wechseln, wird nach Vergleich und neuen Aufsammlungen bei anderen Profilen der folgenschwere Schluß gezogen, die böhmische Zlichov-Daleje-Grenze müsse wesentlich tiefer hinabrücken, wohl etwa zur Basis des Oberems. Diese erhebliche Änderung wird sich behaupten müssen. CARLS & al. weisen selbst auf Unstimmigkeiten hin, die noch nicht behoben sind. Aber ein soeben gelungener Fund deutet bereits darauf hin, daß eine Tieferlegung der bisherigen Grenze Unterdevon/Mitteldevon in Böhmen erforderlich ist. Die Wissenbacher Schiefer in der Olkenbacher Mulde, die auf mächtigem, überreich fossilführendem Oberkondel folgen, führen an der Basis Goniatiten, die nur als *Anarcestes lateseptatus* bestimmt werden können. Zu bankweiser Einschaltung bentonischer Faunen-Elemente in etwas höherem Horizont, hauptsächlich Brachiopoden und Korallen (bereits 1937 veröffentlicht, inzwischen erweitert) trat nun während einer Exkursion der Subkommission Devon der Fund einer Lage unreiner Schiefer hinzu, in der sich u. a. *Euryspirifer paradoxus* nachweisen ließ. Dieser erste Fund von *E. paradoxus* (auch bei fortlaufender rheinischer Fazies niemals im Mitteldevon gefunden) im gesicherten Profil dicht über *A. lateseptatus* beweist, daß diese Goniatiten-Zone in das höchste Unterdevon hinabrücken muß, allerdings auch nicht tiefer als sehr hohes Kondel. Für den Einsatz der Wissenbacher Fazies i. allg. ist damit nichts gesagt; bereits 1942 begründeten wir, was heute unverändert gilt, daß die Basis der Wissenbacher Cephalopoden-Fazies zwischen oberer Kondel-Unterstufe und unterer Eifel-Stufe in recht weitem Bereich pendelt. Wenn *Anarcestes lateseptatus* und diejenigen böhmischen *plebejus*, die aus dem großen Artumfang sensu BARRANDE in die Nähe von *lateseptatus* gehören, ungefähr gleichalt sind, was sehr wahrscheinlich ist, bestätigt sich die Tieferlegung der Zone des *A. lateseptatus* ins höchste Unterdevon hinein auch von außen her¹).

Den mehrfach hervorgehobenen Diskussionspunkt aus der überaus anregenden Arbeit CARLS & al., der sich mit sehr frühem Erscheinen von *Pinacites jugleri* befaßt, müssen wir aufgreifen. Bereits 1942 hatten wir betont, daß *Pinacites jugleri* tief im Mitteldevon vorkommen kann, vereinzelt in der höheren *lateseptatus*-Zone von Banfe (1942b: 149), und vielleicht noch ein wenig tiefer bei Dorf Asslar in dem längst vergangenen, einst berühmt gewesenen Profil von „Klein-Altenstädten“ (BURHENNE, HOLZAFFEL u. a.). Von dort lag uns vor dem Krieg ein recht gut erhaltenes Stück mit gut erkennbarer, typischer Lateralsutur vor. Das Stück braucht nicht unmittelbar mit *Paraspirifer cultrijugatus* alten Sinnes zusammen vorzukommen, wie HERM. SCHMIDT (1926: 292) aus zu summarischen Angaben BURHENNES (1899) schloß, aber es kann höchstens ganz wenig darüber gelegen haben. Aus CARLS & al. zu schließen, müßten die Stücke von Banfe und Asslar nun wohl ins höchste Unterdevon umzustufen sein. Ähnlich tiefe Position der Frühformen deutete sich auch aus Mauretanien an. Wir fanden in einer Arbeit von SOUGY (1969), die CARLS & al. nun erneut ausgewertet haben, *Pinacites jugleri* unter dem ersten Auftreten von *Paraspirifer cultrijugatus* und *Uncinulus lodanensis* (BURHENNE).

¹ Die alte Meldung LUDWIGS (1853), *Euryspirifer paradoxus* am Hausberg bei Butzbach am E-Rand des Taunus in Wissenbacher Schiefeln u. a. zusammen mit *Anarcestes sub-nautilus* (v. BUCH) gefunden zu haben, gewinnt als mögliche Parallele erneut Bedeutung. Wir hatten (1942c: 204) den Fund von *E. paradoxus* als ganz unwahrscheinlich bezweifelt, müssen aber jetzt wieder mit der Möglichkeit rechnen. Da die Halde uns vor 35 Jahren gut erhaltene Tentaculiten geliefert hat, weisen wir auf die Möglichkeit neuer Aufsammlungen hin, zum Ersatz unserer überholten Bestimmungen, was hier von Wert wäre.

Beide Arten — der wenig beachtete *U. lodanensis* hat sich, noch unveröffentlicht, als nicht seltener Begleiter von *U. orbignyanus* (VERNEUIL) in den Kieselgallen-Schiefern der oberen Kondel-Unterstufe herausgestellt — leben in Kondel und tiefster Eifel-Stufe; die afrikanischen tiefen *Pinacites jugleri* (die Hauptmasse der marokkanischen *jugleri* liegt, ebenso wie in Europa, in höherer Zone, in großen Zügen der mittleren bis oberen Eifel-Stufe entsprechend) können also nicht höher als dicht über der Basis des Mitteldevons eingestuft werden, gehören wahrscheinlicher sogar noch in die Kondel-Unterstufe, das höchste Unterdevon, in weitgehender Übereinstimmung mit den rheinischen Funden von Banfe und Asslar.

Zur Kontrolle einer so wesentlichen Tieferlegung der Basis des *Pinacites jugleri* hat auf unsere Bitte Herr ERBEN die unvollständige Abbildung bei SOUZY begutachtet, mit dem Ergebnis, es könne sich, da die Dorsalkante des Steinkerns fehle, ebenso um die gestaltlich ganz gleiche, nur in der Lobenlinie durch den Adventivlobus abweichende Form handeln, die BOGOSLOVSKIJ als *Augurites mirandus* beschrieben hat und die vielleicht mit *Celaeceras praematurus* (BARRANDE) aus dem Zlichov zu vereinigen ist.

Zu diesem wichtigen Hinweis, für den wir Herrn ERBEN besonders danken, fügen wir der Bedeutung wegen seine genaueren Angaben nachstehend im Wortlaut bei:

„Was das angeblich unterdevonische Auftreten von *Pinacites jugleri* betrifft, so müßten entsprechende Funde wegen der schwerwiegenden Konsequenzen der stratigraphischen Schlußfolgerungen besonders sorgfältig bestimmt werden. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, daß es zwei Formen des höheren Unterdevons gibt, mit welchen *Pinacites jugleri* bei ungünstiger Erhaltung leicht verwechselt werden könnte. Es handelt sich um den aus dem Zlichovium Böhmens bekannten *Celaeceras praematurus* (BARRANDE) [BARRANDE 1877: 110, Taf. 522 Fig. 1—4]²⁾ und den aus dem Ural beschriebenen *Augurites mirandus* BOGOSLOVSKIJ 1961³⁾.

(Der Autor der letzteren Art bezeichnet sie zwar als dem tiefen Eifium angehörig, doch entspricht dies der russischen lokalen Grenzziehung zwischen Unterdevon und Eifium, nicht aber der im klassischen Gebiet vorgenommenen. Die goniatische Begleit-

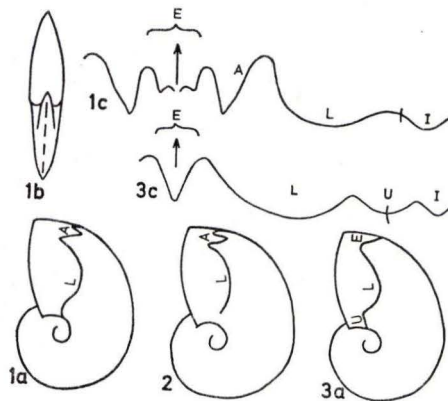


Abb. 2. 1. *Augurites mirandus* BOGOSLOVSKIJ. a. Seite; b. Stirn; c. Suture. — 2. *Celaeceras praematurus* (BARRANDE). — 3. *Pinacites jugleri* (A. ROEMER). a. Seite; c. Suture.

²⁾ Von HOUSE 1964: 264 für conspezifisch mit *Augurites mirandus* BOGOSLOVSKIJ 1961 gehalten und aus dem Zlichovium zitiert.

³⁾ Trotz des Hinweises von HOUSE 1964 hält BOGOSLOVSKIJ 1969: 150 die beiden genannten Formen für Vertreter von selbständigen Arten, ja sogar Gattungen, obwohl er einräumt, daß sehr enge morphologische und taxonomische Beziehungen bestehen.

fauna hat jedenfalls — darin ist HOUSE 1964 zuzustimmen — unterdevonischen Charakter. Ferner ist mir mindestens eine Goniatitenfauna Rußlands (u. a. mit *Anetoceras*) bekannt, die in jenem Niveau (mit *Favosites forbesi*) auftritt, das von den sowjetischen Stratigraphen als „tiefes Eiffium“ bezeichnet wird, das aber auf Grund dieser Fauna im Sinne unserer Profile mit Sicherheit unmittelbar älter als das Niveau mit *Anarcestes lateseptatus*, also hoch unterdevonisch sein muß.)

Sowohl *Celaeceras praematurus* als auch *Augurites mirandus* werden — ganz gleichgültig, ob sie im Sinne von HOUSE conspezifisch sind oder ob sie es i. S. v. BOGOSLOVSKIJ nicht sind — in ihrer gesamten Gehäusegestalt *Pinacites jugleri* ganz außerordentlich ähnlich. Mit den anschließend genannten Einschränkungen gilt dies auch für die Lobenlinie.

Was die Unterschiede betrifft, so wird der in der Anfangswindung bestehende — bei *Pinacites* kein Nabelfenster — ohne mühevollere Präparation nicht sichtbar und der auf Grund der Lobenlinie gegebene nur bei deren vollständiger Erhaltung feststellbar. Bei verdeckter oder beschädigter Externseite kann der externe, apicalwärtige Abstieg des Adventivlobus von *Augurites* bzw. *Celaeceras* leicht für den Abstieg des breiten Externlobus von *Pinacites* gehalten werden. Wenn gleichzeitig der umbilikale Flankenbereich beschädigt oder verdeckt ist, könnte dem Beschauer entgehen, daß der für *Pinacites* typische Umbilikallobus primär nicht ausgebildet ist.“

Daraus eröffnet sich die Möglichkeit bzw. Wahrscheinlichkeit, die oben genannten stratigraphisch tiefen Formen, deren Basis CARLS & al. zufolge vielleicht noch tiefer hinabreicht als wir vermuteten, von den altbekannteren der mittleren oder höheren Eifel-Stufe ganz zu trennen. Da nur noch Bestimmungen, die in der vollständigen Sutura bis zur Dorsalkante überprüfbar sind, gelten dürfen, scheidet *Pinacites jugleri* vorerst aus der Diskussion um die Grenze Unterdevon/Mitteldevon aus. Bis zur Abtrennung aller neu zu bestimmenden *Celaeceras* vom echten *Pinacites jugleri* sollte man diese Art auch nicht mehr als Zonenfossil verwenden; *Foordites occultus* allein kennzeichnet die höheren Wissenbacher Schiefer wohl besser. — Paläontologisch bleibt von Interesse, daß eine relativ komplizierte Sutura bei mindestens zwei Gattungen bereits im Unterdevon vorhanden ist.

Zurück zur Frage der Typ-Festlegung der Grenze Unterdevon/Mitteldevon. Die Arbeit CARLS & al. zeigt, unabhängig davon, wie sich die verbleibenden Unstimmigkeiten mögen lösen lassen, hinreichend deutlich, daß *Sellanarcestes wenkenbachi* bereits unter der Grenze erlischt, die erkennbare Lebenszeit von *Anarcestes lateseptatus* noch zu diffus bleibt, auch die Tentaculiten noch keine widerspruchsfreie Antwort geben. Man wird daher im Rahmen eines Typprofils auf den Sprung zwischen rheinischer und hercynischer Fazies verzichten müssen. Da in der grenzüberschreitenden echt rheinisch bleibenden Magnafazies mittelrheinischer Prägung die Faunen viel zu dürftig sind, wie bereits oben erwähnt, wird für die Festlegung der Grenze wieder der kleinere Sprung zur Eifler Mischfazies, dort am besten im Wetteldorfer Richtschnitt, vertreten. Einige Vor- und Nachteile sind aber auch hier abzuwägen.

Der Schnitt zeigt unbestreitbare Vorzüge des Faunenreichtums, geringer, gut überblickbarer Mächtigkeit und nur mäßiger Fazieswechsel. Hinzu tritt für den mitteldevonischen Teil die rasch fortschreitende Bearbeitung der Eifler Brachiopoden und Trilobiten, besonders durch STRUVE. Andererseits erscheint uns aber abträglich, daß die Eifler Fazies, Mischfazies sensu ERBEN, bereits deutlich von der typisch mittelrheinischen abweicht und, obwohl ihre Verbreitung im Mitteldevon stark zunimmt, etwas geringere Möglichkeit der Parallelisierung bietet: zwar sehr gut zum Polnischen

Mittelgebirge hin, aber eindeutig gegenüber der typischen rheinischen Magnafazies unterlegen an den vielen Punkten, die über ganz Frankreich verstreut sind (abgesehen von Cabrières und dem Hereyn) und sich über Spanien bis Libyen ausdehnen. In Marokko dürfte sich die Vergleichbarkeit zur normalen rheinischen und zur Eifler Mischfazies wohl die Waage halten. Weitere Hinweise, gültig für rheinische und ebenso die Mischfazies, aus BOUCOT, JOHNSON & TALENT (1969) zu entnehmen, besonders aus dem reichen dort genannten Schrifttum. Unbestritten sei RUD. RICHTERS Hinweis (1956) von der weiten geographischen Verbreitung einiger bekannter Heisdorfer Trilobiten, doch wird der biostratigraphische Wert wesentlicher Formen von WERNER (1970) abgeschwächt. Ferner stellen sich innerhalb der Eifler Fazies, auf die unbedeutende Entfernung der Prümer Mulde gegenüber den Ardennen, trotz guter Übereinstimmungen auch fühlbare Unterschiede ein, gut aus GODEFROID (1968) und besonders BULTYNCK (1970) zu entnehmen. Das Erscheinen neuer Trilobiten, für die Basis des Eifler Mitteldevons stets als wesentlich betrachtet, beschränkt sich auf wenige Formen anscheinend geringer Verbreitung, von denen *Proetus cultrijugati* R. & E. RICHTER sowie *Schizoproetus onyx* (R. & E. RICHTER) hervorgehoben werden; Formen, die orthostratigraphisch und faziell den Phacopida, besonders den Asteropyginae, unterlegen sind.

Wir wollen, ohne die laufenden Frankfurter Arbeiten zu berühren und auch ohne Diskussion derjenigen Fossilgruppen, die nur der Eifler Mischfazies eigen sind, auf eine uns wichtig erscheinende Gruppe besonders hinweisen.

U. E. wesentlich zur Grenze Unterdevon/Mitteldevon ist der orthostratigraphische Übergang *Acrospirifer mosellanus dahmeri* (dessen Wert für die obere Kondel-Unterstufe vgl. S. 79) zu *A. intermedius vetustus* (SOLLE 1953). Der Übergang ist lückenlos zu verfolgen. Im südlichen und westlichen Rheinischen Schiefergebirge ist keine Überlappung beider Unterarten bekannt. Trotz der Seltenheit von *intermedius vetustus* in der Eifel, vorerst noch ein Nachteil des Wetteldorfer Richtschnitts, ist aber ein hinreichend dichter Anschluß möglich. Im Harz folgen im Profil am Schalker Teich *A. mosellanus dahmeri* und *intermedius vetustus* recht dicht aufeinander, und unmittelbare Übergangsformen aus Thüringen haben wir für die Arbeiten von G. ALBERTI (1957: 200; 1960: 125) bestimmt, auch von CARLS & al. bestätigt. Unser 1953 (: 106) geäußelter Vorbehalt, *A. mosellanus dahmeri* könne im nördlichen Rheinischen Schiefergebirge vielleicht noch ins tiefste Mitteldevon aufsteigen, bestätigt sich anscheinend nicht. Wichtiger ist es, daß die Gruppe des *Acrospirifer intermedius*⁴⁾ in der 1953 umschriebenen Abgrenzung (samt einigen nächststehenden, kaum mehr als unterartlich abgrenzbaren Formen) in weitester Verbreitung im tiefen Mitteldevon erscheint, mehrfach nachgewiesen an der Basis. Das gilt nach Süden über Frankreich und Spanien bis mindestens Algerien hin, nach Osten bis Ostasien, Nord-Vietnam und Südchina. Der noch ausstehende Nachweis des höchst unterdevonischen *A. mosellanus dahmeri* über Europa hinaus, den wir erwarten, hängt u. E. nur am nach-

⁴⁾ Für die *intermedius*-Gruppe hatten wir 1953, aus unserer Abneigung gegen zu viele neue Gattungen, *Acrospirifer* beibehalten, uns 1971 (: 14) aber mit generischer Abtrennung einverstanden erklärt. Da CARLS & al. bis zur Klärung nur noch „*Spirifer*“ als Notgattung anwenden, wollen wir, um diesen unbefriedigenden Zustand zu beenden, für die *intermedius*-Gruppe die Gattungsfrage regeln, sobald wir die Zeit dazu finden.

drücklichen Hinweis auf die wichtige Form. In den Gebieten bevorzugter Kalkeralterhaltung in Asien sollten künstliche Steinkerne hergestellt werden! Anknüpfungspunkte sehen wir besonders in älteren Arbeiten von MANSUY aus dem ehemaligen Indochina sowie in neueren südchinesischen Arbeiten; auch die vorsichtigen Erwägungen von BOUCOT, JOHNSON & TALENT (1969; 19) bestärken uns. Beim Vergleich im Schrifttum, besonders dem französischen und von dort beeinflussten, bleibt zu beachten, daß dort die Grenze Unterdevon/Mitteldevon vielfach etwas tiefer gelegt wird, wodurch sich z. Z. noch fehlerhafte Einstufungen von *A. mosellanus dahmeri* und *intermedius* ergeben können.

Auf die Bedeutung von *Euryspirifer paradoxus* von unten her haben wir S. 79 hingewiesen.

Eine Bemerkung zur Grundsatzfrage der Ziehung der Grenze in anderen Gebieten, an der Basis der Kondel-Unterstufe in Belgien und Frankreich zum Teil, an der Basis des Oberems in Rußland. Ein wesentlicher, nicht auf Prioritätsfragen begründeter Teil der Diskussion beruht auf dem Wunsch, die typischen Mitteldevon-Arten auch in dieser Abteilung beisammen zu haben. Man vergißt aber leicht, daß dieser Wunsch nur historisch begründet ist und auf der alten Dominanz früher weit besserer Kenntnis der mitteldevonischen Faunen beruht. Inzwischen sind wesentliche oberemische Arten, die früher die Namen mitteldevonischer Formen trugen, abgetrennt und scheiden damit aus der Diskussion, „eigentlich“ mitteldevonisch zu sein, aus. Die Abscheidung der *Rhenothyris compressa* (S. 76) von dem altbekannten mitteldevonischen „*Spirifer curvatus*“ ist ein gutes Beispiel, wovon sich weitere bringen ließen. Daß die *cultrijugatus*-Frage nicht mehr verwendbar ist, geht aus unserer stammesgeschichtlichen Darstellung (SOLLE 1971) und aus dem sehr unterschiedlichen Einsatz in den verschiedenen Gebieten hinlänglich hervor. Die historische Betrachtung geht auch sehr viel weniger auf Einsätze stammesgeschichtlicher Entwicklung als einfach auf Leitarten zurück, die im ursprünglichen Sinne zumeist keine mehr sind.

Zu den weiteren Eifler Brachiopoden und einigen Trilobiten, die sich einer vertretbaren Grenze nähern, wohl auch einigen aus der großen Zahl von Lamellibranchiaten nach der umfassenden Bearbeitung durch DAHMER (1943), wird die Frankfurter Gruppe Stellung nehmen.

Zur Überwindung von Fazieswechsellagen noch innerhalb des rheinisch-ardennischen Devons mögen die Tuff-Bentonite beitragen, z. B. die „Horologium-Lage“ nach WINTER (1969: 436). Aber wir empfehlen hierin besondere Vorsicht. Neben unbestreitbar weit ausgedehnten, altersgleichen Tuffen gibt es zahllose von ganz geringer Ausdehnung. In mehrere Jahre hindurch fortgesetzten Beobachtungen am rezenten Vulkanismus auf den Kanarischen Inseln, auf La Palma auch sehr bald nach einem kleineren Ausbruch von 1971 mit ganz frischer Tuff-Beobachtung, ließ sich die oft ganz geringe Begrenzung erkennen. Auch chemische Vergleiche helfen nicht immer verbindlich weiter. So haben wir mehrfach zentimeterscharfe Wechsel zwischen dunkelbraunen und weißen Tuffen gesehen, am schönsten auf den Cumbres von Teneriffa, die mit aller Sicherheit in rascher Folge aus demselben Eruptionsschlot gefördert wurden. Daß bei submariner Ablagerung von solch extrem unterschiedlichen Tuffen bereits unbedeutende Strömungsaufbereitung zu weitgehender Verwischung führt, liegt auf der Hand.

Es bleibt zu hoffen, daß die Conodonten doch noch zur Konnektierung zwischen Eifler und mittlrheinischer Fazies beitragen werden, wohl auch noch die weitgehend unbearbeiteten Tentaculiten dieser beiden Fazies, vielleicht auch die Sporen. Seitens der Conodonten sind zwischen Ardennen und Eifel wohl am ehesten positive Ergeb-

nisse zu erwarten, nachdem aus vergleichbaren Gesteinen der Ardennen BULTYNCK eine gute Fauna beschrieben hat, die wohl auch Aussicht bietet, in die allgemeine Conodonten-Stratigraphie hineinzupassen (Übersicht s. ZIEGLER 1971; 244–256). Noch keine brauchbaren Ansätze zeigt dagegen die Übertragung auf die typische mittelrheinische Fazies, wo sich, trotz allseitiger Bemühungen, außer kümmerlichen Resten noch keine brauchbaren Conodonten gefunden haben. Solange dieser gravierende Mangel nicht behoben werden kann, darf auch keine zu entscheidend auf Conodonten aufgebaute Leitstratigraphie für das Unterdevon und die Grenze zum Mitteldevon errichtet werden, denn andernfalls blieben alle typischen mittelrheinischen Stufen und Unterstufen nicht mehr einstuftbar.

Zusammenfassend befürworten wir nun, den Wetteldorfer Richtschnitt im Vergleich zu anderen Möglichkeiten als die günstigste Stelle zur internationalen Fixierung der Grenze Unterdevon/Mitteldevon, aus der Nähe der klassischen Typregionen heraus, zu wählen.

8. Zusammenfassung

Die über weite Teile der Erde verstärkten Bemühungen, örtliche Profile mit der rheinischen Typregion zu verbinden, erfordern schärfere biostratigraphische Definitionen. Trotz noch ausstehender moderner Bearbeitung wesentlicher Faunenelemente stehen hinreichende Leitarten zur Verfügung.

Es wird begründet, das Ems in zwei selbständige Stufen, die Unterems- und die Oberems-Stufe, aufzuteilen. Diese beiden Stufen sind in Zeitdauer und Entwicklung dem Gedinne und Siegen ungefähr gleichwertig.

Der Grad der Schärfe der Wende Unterems-/Oberems-Stufe wird untersucht, da sich zwar typische Unterems- und Oberems-Faunen im Profil benachbart gegenüberstehen, bei wesentlichen Arten aber auch ein geringfügiges Überlappen der Lebensdauer eintritt, das den Faunenwandel etwas verwischt. Es wird festgestellt, daß die besonders durch synsedimentäre Tektonik rasch wechselnden, z. T. aber erheblichen Sediment-Mächtigkeiten der Übergangsschichten, zu denen der Emsquarzit als Basis des Oberems gehört, eine vergleichsweise sehr kurze Zeit repräsentieren, aber noch genug für einen natürlichen Wandel einzelner Arten. Es wird betont, daß Über- oder Unterschreiten der Wende Unter-/Oberems zwischen oberen Nellenköpfechen-Schichten und etwa Basis der Hohenrheiner Schichten im Mittelrhein-Profil auf weitere Entfernungen kaum noch einen spürbaren Übertragungsfehler ergibt.

Als Abgrenzung von unten her wird auf das Erlöschen einiger wesentlicher Unterems-Arten eingegangen: *Burmeisterella armata*, *Burmeisteria rhenana* (mit Vorbehalt), *Treveropyge prorotundifrons*, *Bembexia alta*, einige Lamellibranchiaten, *Schizophoria provulvaria*, *Strophodonta virgata*, *Tropidoleptus carinatus* (in Europa), *Euryspirifer dunensis* und *Acrospirifer arduennensis* mit den Unterarten *latestriatus* β und *antedens* (zur Lebenszeit aller gen. Arten vgl. Abb. 1, S. 69).

Die Untergliederung der Oberems-Stufe erfolgt in die Lahnstein-, Laubach- und Kondel-Unterstufe. Sie entspricht im Prinzip unserer Gliederung von 1937, aber der damals verfügbare Ausdruck „Gruppe“ wird, da inzwischen nicht mehr als Zeiteinheit verwendbar, durch „Unterstufe“ ersetzt.

Die Basis der Lahnstein-Unterstufe und damit des Oberems wird durch das Erscheinen von *Treveropyge rotundifrons*, *Kayserops kochi*, *Burmeisteria (Digonus) gigas* und *Brachyspirifer ignoratus* bestimmt, mit geringer, meist zu vernachlässigender Einschränkung durch *Euryspirifer paradoxus* und dazu, lokal etwas stärker verwaschen, durch *Acrospirifer arduennensis arduennensis*. Von weiteren Arten, die ungefähr denselben Rang einnehmen dürften, werden zusätzlich *Rhenothyris compressa* und *Meristella follmanni* behandelt. Die Basis der Laubach-Unterstufe wird durch das Erscheinen voll durchgebildeter *Paraspirifer praecursor*, aber ohne begleitende Übergangsformen von *Brachyspirifer ignoratus* her, bestimmt; einige weitere Arten werden behandelt, die innerhalb der Laubach-Unterstufe erstmals erscheinen. Der Einsatz der Kondel-Unterstufe wird durch das Erscheinen von *Acrospirifer mosellanus mosellanus* bestimmt, der das untere Kondel kennzeichnet und nur ganz geringfügig die Grenze zum Ober-Kondel überschreitet. Die obere Kondel-Unterstufe wird durch *Acrospirifer mosellanus dahmeri* festgelegt, der bis zur Hangendgrenze durchläuft. Zur oberen Grenze wird bes. auf *Euryspirifer paradoxus* eingegangen.

Beigefügt werden Bemerkungen zur Grenze Unter-/Mitteldevon. Es wird begründet, daß ihre Festlegung am besten von der klassischen rheinischen Magnafazies ausginge, dies mit Sprung zur hercynischen Fazies nach neuesten Ergebnissen von CARLS & al. aber nicht mehr möglich ist, da die Zone des *Anarcestes lateseptatus* ins Unterdevon rückt; ein Neufund von *Euryspirifer paradoxus* etwa am Dach dieser Zone steht damit in Einklang. Aus der stratigraphischen Beweisführung von CARLS & al. wird *Pinacites jugleri* herausgenommen: Die bisher hierunter vereinigten Formen müssen auf den überwiegend unterdevonischen *Celaeceras praematurus* und den mitteldevonischen *Pinacites jugleri* s. str. aufgeteilt werden. Als die nunmehr beste Lösung erscheint es, die Grenze im Wetteldorfer Richtschnitt in der Prümer Mulde der Eifel festzulegen, zwar im Bereich der Eifler Mischfazies, aber unter möglichst starker Beteiligung aller Teilprofile und Faunen-Elemente aus der typischen rheinischen Magnafazies, die z. T. diskutiert werden. U. a. wird besonders auf den orthostratigraphischen Übergang *Acrospirifer mosellanus dahmeri* in *intermedius vetustus* als abgrenzungsgünstig hingewiesen.

9. Schriftenverzeichnis

(Auswahl)

- ALBERTI, G. (1957): Zum Unter- und Mitteldevon Ostthüringens. — Ber. geol. Ges., **2**: 199—202; Berlin.
- (1960): Trilobiten aus den Tentaculitenschiefen (Devon) von Schaderthal (Ost-Thüringen). — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **29**: 109—126; Hamburg.
- ASSELBERGHS, E. & MAILLIEUX, E. (1938): La limite entre l'Emsien et le Siegénien sur le bord sud du bassin de Dinant. — Bull. mus. roy. hist. nat. Belgique, **14**, Nr. 57; Bruxelles.
- BARRANDE, J. (1877): Système silurien du Centre de la Bohême, II. Mollusques, Céphalopodes, Supplément, Text- u. Tafelband. Prag und Paris.
- BOGOSLOVSKIJ, B. I. (1961): Eifelskije ammonoideji Urala i woprosi klassifikaciji agoniatitow. — Paleont. Zhurnal., Jg. **1961** (4): 60—70, Taf. 7.
- (1969): Devonskije Ammonoideji. I. Agoniatiti. — Trudy Paleont. Inst., **124**; Moskau.

- BOUCOT, A. J., JOHNSON, J. G. & TALENT, J. A. (1969): Early devonian brachiopod zoogeography. — Spec. paper geol. soc. America, **119**: 1—113, 19 Taf.; Boulder/Colo.
- BULTYNCK, P. L. (1970): Revision stratigraphique et paléontologique de la coup type du Couvinien. — Mém. Inst. géol. Univ. Louvain, **26**: 1—152, 39 Taf.; Louvain.
- BURHENNE, H. (1899): Beitrag zur Kenntnis der Fauna der Tentaculitenschiefer im Lahnggebiet. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., **29**: 1—56, 5 Taf.; Berlin.
- CARLS, P., GANDL, J., GROOS-UFFENORDE, H., JAHNKE, H. & WALLISER, O. H. (1972): Neue Daten zur Grenze Unter-/Mitteldevon. — Newsl. Stratigr. **2**, 3: 115—147; Leiden.
- DAHMER, G. (1923): Die Fauna der obersten Koblenzschichten am Nordwestrand der Dillmulde. — Jb. preuß. geol. L.-Anst., **42**: 655—693, Taf. 9—10; Berlin.
- (1948): Die Fauna des Koblenzquarzits (Unterdevon, Oberkoblenz-Stufe) vom Kühkopf bei Koblenz. — Senckenbergiana, **29**: 115—136; Frankfurt a. M.
- ERBEN, H. K. (1962a): Zur Analyse und Interpretation der rheinischen und hercynischen Magnafazies des Devons. — 2. Intern. Arbeitstagung Silur/Devon-Grenze u. Stratigr. Silur Devon Bonn-Bruxelles 1960, Sympos.-Bd.: 42—61; Stuttgart.
- (1962b): Unterlagen zur Diskussion der Unter/Mitteldevon-Grenze: — Ebenda: 62—70; Stuttgart.
- FOLLMANN, O. (1925): Die Koblenzschichten am Mittelrhein und im Moselgebiet. — Verh. naturhist. Ver. Rheind. u. Westf., **78/79**: 1—105; Bonn.
- FUCHS, G. (1971): Faunengemeinschaften und Fazieszonen im Unterdevon der Osteifel als Schlüssel zur Paläogeographie. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 78—105; Wiesbaden.
- GODEFROID, J. (1968): Contribution à l'étude du Couvinien entre Wellin et Jemelle (Bord sud du bassin de Dinant). — Mém. Acad. roy. Belgique, cl. sci., **17**, Fasc. 3: 1—87, 9 Taf.; Bruxelles.
- HEIBEL, B. (1969): Zur Stratigraphie und Sedimentation des Oberemsiums der Gerolsteiner Mulde (Eifel). — Fortschr. Geol. Rheind. Westf., **16**: 529—576, 2 Taf.; Krefeld.
- HOLLARD, H. (1960): La découverte de Goniatites du genre *Sellanarcestes* dans le Dévonien du Draa (Maroc présaharien) et ses conséquences stratigraphiques. — Notes serv. géol. Maroc, **19** (Notes et Mém. **149**): 55—60; Rabat.
- (1967): Le Dévonien du Maroc et du Sahara Nord-Occidental. — Intern. Sympos. Devon. Syst. Calgary, **1**: 203—244; Calgary.
- HOUSE, M. R. (1962): Observations on the Ammonoid succession of the North American Devonian. — J. Pal., **36**: 247—284, Taf. 43—48; Tulsa/Okla.
- & PETTER, A. E. H. (1963): Devonian Goniatites and stratigraphical correlations in Western Canada. — Palaeontology, **6**: 491—539, Taf. 70—77; London.
- (1964): Devonian Northern Hemisphere Ammonoid distribution and marine links. — In: Problems in Palaeoclimatology, edit. NAIRN, A. E. M.: 262—269 (Interscience Publ., Wiley & Sons).
- JAHNKE, H. (1971): Fauna und Alter der Erbslochgrauwacke (Brachiopoden und Trilobiten, Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge und Harz). — Göttinger Abh. Geol. Paläont., **9**: 1—105, 11 Taf.; Göttingen.
- KAYSER, E. (1884): Die Orthocerasschiefer zwischen Balduinstein und Laurenburg an der Lahn. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1883: 1—56, Taf. 1—6; Berlin.
- KOCH, C. (1883): Monographie der *Homalonus*-Arten des rheinischen Unterdevon. — Abh. geol. Spezialkarte Preußen, **4**, H. 2: 1—85, Atlas v. 6 Taf.; Berlin.
- LEGRAND, PH. (1967): Le Dévonien du Sahara algérien. — Intern. Sympos. Devon. Syst., **1**: 245—284; Calgary.
- LIPPERT, H. J. (1939): Geologie der Daleider Mulden Gruppe. — Abh. senckenberg. naturf. Ges., **445**: 1—66, 4 Taf.; Frankfurt a. M.
- MAUZ, J. (1935): Vergleichende Untersuchungen über die Unterkoblenz-Stufe bei Oberstadtfeld und Koblenz. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **429**: 1—94, 3 Taf.; Frankfurt a. M.

- MEYER, D. E. (1970): Stratigraphie und Fazies des Paläozoikums im Guldenbachtal/SE-Hunsrück am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges. Diss. Bonn, 307 S.; Bonn.
- MITTMEYER, H.-G. & GEIB, K. W. (1967): Gliederung des Unterdevons im Gebiet Warmstoth-Wald-Erbach (Stromberger Mulde). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 24–44; Wiesbaden.
- PETTER, G. (1959): Goniatites dévoniens du Sahara. — Publ. serv. carte géol. Algérie, N.S. Paléontol. Mém., **2**: 1–313, 26 Taf.; Alger.
- RICHTER, RUD. (1956): Chronologische Grenzen und die Grenze zwischen Unter-Devon und Mittel-Devon. — Senckenbergiana, **37**: 337–342; Frankfurt a. M.
- RICHTER, R. & E. (1943): Trilobiten aus dem Devon von Marokko mit einem Anhang über Arten des Rheinlands. — Senckenbergiana, **26**: 116–199; Frankfurt a. M. — (1952): Phacopacea von der Grenze Emsium/Eifium (Tril.). — Senckenbergiana, **33**: 79–108, Taf. 1–4; Frankfurt a. M.
- SCHINDEWOLF, O. H. (1933): Vergleichende Morphologie und Phylogenie der Anfangskammern tetrabranchiater Cephalopoden. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., **148**: 1–115, 4 Taf.; Berlin.
- SCHMIDT, HERM. (1926): Beobachtungen über mitteldevonische Zonen-Goniatiten. — Senckenbergiana, **8**: 291–295; Frankfurt a. M.
- SCHMIERER, TH. & QUIRING, H. (1933): Erläuterungen zur geol. Karte v. Preußen, Lief. **298**, Bl. Koblenz, 53 S.; Berlin.
- SOLLE, G. (1936): Revision der Fauna des Koblenzquarzits an Rhein und Mosel. — Senckenbergiana, **18**: 154–214; Frankfurt a. M. — (1937): Geologie der mittleren Olkenbacher Mulde. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **436**: 1–72, 3 Taf.; Frankfurt a. M. — (1942a–c): Die Kondelgruppe (Oberkoblenz) im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. I–III. Abh. senckenb. naturf. Ges., **461**. — IV–V. Ebenda, **464**. — VI–X. Ebenda, **467**; Frankfurt a. M. — (1953): Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im rheinischen Devon. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **5**: 1–156, 18 Taf.; Wiesbaden. — (1970): Die Hunsrück-Insel im oberen Unterdevon. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 50–80; Wiesbaden. — (1971): *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* im Rheinischen Devon. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **59**: 1–163, 20 Taf.; Wiesbaden.
- SOUGY, J. (1969): Présence inattendue de *Pinacites jugleri* (ROEMER) dans un calcaire situé à la base des silt-stones de Tighirt (Couvinien inférieur du Zemmour noir, Mauritanie septentrionale). — Bull. soc. géol. France, (7) **11**: 268–272; Paris.
- STRUVE, W. (1970): Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 16. „Curvate Spiriferen“ der Gattung *Rhenothyris* und einige andere Reticulariidae aus dem rheinischen Devon. — Senckenbergiana leth., **51**: 449–578, 15 Taf.; Frankfurt a. M.
- TERMIER, H. & G. (1950): Paléontologie marocaine. II. Invertébrés de l'Ère Primaire. Fasc. II. Bryozoaires et Brachiopodes. 254 S., Taf. 52–122; Paris.
- VERNEUIL, DE & D'ARCHIAC (1845): Note sur les fossiles paléozoïques des Asturies. — Bull. soc. géol. France, (2) **2**: 458–482, Taf. 13–15; Paris.
- WALLISER, O. H. (1965): Über *Sellanarcestes* SCHINDEWOLF 1933 (Ammonoidea, Unterbis Mitteldevon). — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **9**: 87–96, 2 Taf.; Krefeld.
- WERNER, R. (1969): Ober-Ems und tiefstes Mittel-Devon am N-Rand der Prümer Mulde (Devon, Eifel). — Senckenbergiana leth., **50**: 161–237, 7 Taf.; Frankfurt a. M. — (1970): Scutelluidea aus den Heisdorf-Schichten (Unterdevon) der Eifel. Mit einem Beitrag zur Trilobiten-Fauna der Heisdorf-Schichten der südlichen Eifeler Kalkmulden. — Senckenbergiana leth., **51**: 191–199; Frankfurt a. M.
- WINTER, J. (1969): Stratigraphie und Genese der Bentonitlagen im Devon der Eifeler Kalkmulden. — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **16**: 425–472, 6 Taf.; Krefeld.

- WUNDERLICH, F. (1966): *Genese und Umwelt der Nellenköpfchenschichten (oberes Unterems, rhein. Devon) am locus typicus im Vergleich mit der Küstenfazies der Deutschen Bucht*. Diss. Frankfurt, Auszugsdruck, 30 S., 1 Taf.; Frankfurt a. M.
- (1970): *Genesis and environment of the „Nellenköpfchenschichten“ (Lower Emsian. Rheinian Devon) at locus typicus in comparision of the German Bay*. — *J. Sedim. Petrology*, **40**: 102–130; Menasha, Wisconsin.
- ZIEGLER, W. (1971): *Conodont stratigraphy of the European Devonian*. *Mem. geol. soc. America*, **127**: 227–284, 3 Abb., 6 Tab.; Boulder, Colorado.

Manuskript eingegangen am 15. 5. 1972

Devon und Unterkarbon der Dill-Mulde südöstlich Herborn (Rheinisches Schiefergebirge)

Von

HELGA GROOS-UFFENORDE, Göttingen*

Mit 10 Abbildungen, 6 Tabellen und den Tafeln 7-8

Kurzfassung: Bei der Neuaufnahme des Südost-Randes der Dill-Mulde bei Herborn konnte östlich der Dill (Bl. Herborn und Ballersbach) erstmals mit Hilfe von Conodonten- und Ostracoden-Funden eine genauere Einstufung der faziell stark wechselnden devonischen und unterkarbonischen Schichtenfolge nördlich des Hörre-Zuges erreicht werden. Zwischen der geringmächtigen, vorwiegend kalkigen Abfolge der Bickener Schuppe im Südosten und der mächtigen Serie von vorwiegend sandig-tonigen Sedimenten mit Diabasen und Schalstein der Eiternhöll-Schuppe im Nordwesten vermitteln im Mittel- und Oberdevon die Sedimente der Lendelbach-Schuppe nordöstlich Sinn. Im Unterkarbon verschwinden die großen faziellen Unterschiede in der Eiternhöll- und Lendelbach-Schuppe, während in der Bickener Schuppe keine unterkarbonischen Sedimente nachgewiesen werden konnten.

Summary: Many new conodont faunas and several ostracod faunas permit a detailed zonation of the Devonian and Lower Carboniferous rocks of the southeastern part of the Dill-Syncline near Herborn/Dill (Rheinisches Schiefergebirge).

North of the "Hörre-Zug" three "Schuppen" can be distinguished from S to N:

The "Bickener Schuppe" is made up of shales and limestones, deposited on a rise ("Tiefschwelle" sensu RABIEN 1956) during the Middle and Upper Devonian.

The "Lendelbach-Schuppe" consists of Devonian rocks, showing the influence of the "Bickener Schwelle" in the SE and the basin of the central Dill syncline in the NW, whereas the Devonian of the "Eiternhöll-Schuppe" is built up mostly by clastic sediments and volcanic rocks. There is no distinct facies differentiation in the Lower Carboniferous of the "Lendelbach-Schuppe" and the "Eiternhöll-Schuppe".

The rocks of the investigated area have been deposited on the northern slope of the "mid-geosynclinal rise" (MEISCHNER 1971) of the Rhenish geosyncline.

Inhalt

1. Vorwort	93
2. Einführung	93
3. Schichtenfolge	95
3.1. Unterdevon	95
3.1.1. Unterems-Stufe	95
3.1.2. Oberems-Stufe	95

*) Dr. H. UFFENORDE, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, 34 Göttingen, Berliner Str. 28.

3.2. Mittel- und Oberdevon	95
3.2.1. Mitteldevon der Eiternhöll- und Lendelbach-Schuppe	95
3.2.1.1. Eifel-Stufe	95
3.2.1.2. Givet-Stufe	98
3.2.2. Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe	100
3.2.2.1. Dillenburger Schichten und Bänderschiefer	100
3.2.2.2. Höheres Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe	103
3.2.3. Oberdevon der Lendelbach-Schuppe	105
3.2.4. Mittel- und Oberdevon der Bickener Schuppe	108
3.2.4.1. Mitteldevon der Bickener Schuppe	111
3.2.4.2. Oberdevon der Bickener Schuppe	113
3.3. Unterkarbon	115
3.3.1. Hangenbergschiefer	115
3.3.2. Liegende Alaunschiefer und schwarze Kieselschiefer	116
3.3.3. Kulmkieselschiefer	116
3.3.4. Kieselige Übergangsschichten	119
3.3.5. Kulmtonschiefer und Kulmgrauwacken	120
4. Vulkanismus	121
4.1. Quarzporphyr und Diabasmandelstein im Mitteldevon	121
4.2. Unterkarbonischer Vulkanismus	122
4.2.1. Intrusivdiabas im Oberdevon und tiefsten Unterkarbon	122
4.2.2. „Deckdiabas“	123
4.2.3. Pikrit	124
5. Tektonik	124
6. Zusammenfassung	125
7. Schriftenverzeichnis	129

I. Vorwort

Da dem Wunsch von Herrn Prof. Dr. C. W. KOCKEL, die vorliegende Arbeit zusammen mit anderen Marburger Diplom-Arbeiten und Dissertationen als sogenannte „Hörre-Karte“ zu publizieren, nun doch nicht in vollem Umfang entsprechen werden kann, wird hiermit — wenn auch sehr verspätet — ein Auszug aus der auf Anregung von Herrn Prof. Dr. C. W. KOCKEL durchgeführten Diplom-Arbeit vorgelegt. Die Kartierung erfolgte im Sommer 1962 und 1963.

Das Belegmaterial ist im Geol.-Paläont. Institut der Universität Marburg/L. hinterlegt.

Für Ratschläge und Überprüfung meiner Faunenbestimmungen danke ich den Herren Dr. P. BENDER, Dr. K. LEUTERTZ, Dr. HENNING UFFENORDE, Prof. Dr. O. H. WALLISER und Dr. H.-P. WITTEKINDT.

2. Einführung

Das untersuchte Gebiet liegt zwischen Herborn, Ballersbach und Edingen (Bl. 5315 Herborn und 5316 Ballersbach) im Dillkreis und gehört zum südlichen Teil der Dill-Mulde.

Es wurden zwischen Dill und Aar folgende SW-NE streichende tektonische Einheiten kartiert, die im Südosten von dem Devon und Unterkarbon des Hörre-Zuges und im Nordwesten von dem Unterkarbon der Eisemröther Schuppe begrenzt werden:

Eiternhöll-Schuppe
Lendelbach-Schuppe
Bickener Schuppe

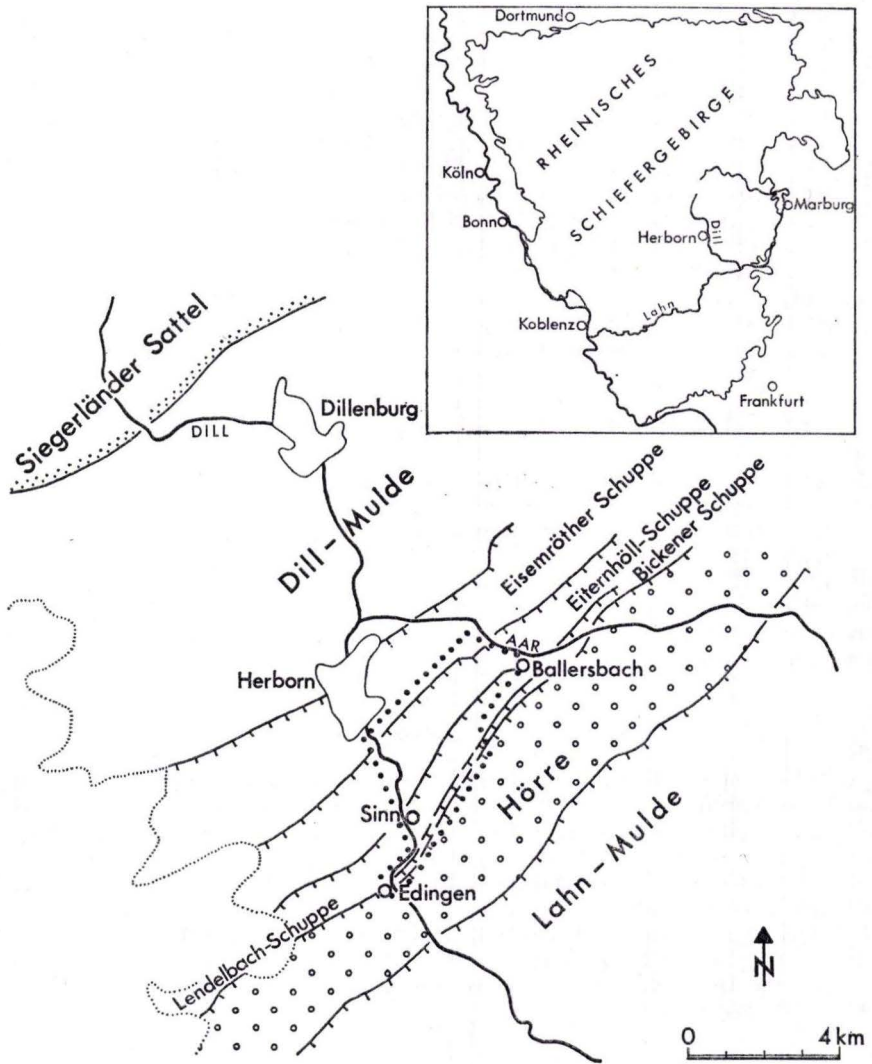


Abb. 1. Lage des Arbeitsgebietes (Kartiergebiet punktiert umrandet).

Die Lendelbach-Schuppe und die Bickener Schuppe wurden von KAYSER (1907) als Bickener Schuppe zusammengefaßt. Wegen der verschiedenen Fazies stellte KEGEL (1933 u. 1934 b) die liegende Lendelbachtelserie der hangenden Bickener Serie gegenüber. In der vorliegenden Arbeit wird nur die schmale Schuppe aus Mitteldevon und Oberdevon in Kalklinsenfazies am Nordwest-Rand des Hörre-Zuges als Bickener Schuppe bezeichnet, an die sich im Nordwesten die Lendelbach-Schuppe anschließt.

3. Schichtenfolge

3.1. Unterdevon

3.1.1. Unterems-Stufe

Die Gesteine der Unterems-Stufe bilden das älteste Schichtglied der Dill-Mulde SE Herborn. Sie treten nur im nördlichen Teil des Kartiergebietes in der Eiternhöll-Schuppe W Ballersbach auf. Der Unterems-Zug ist geteilt in einen schmalen nordwestlichen Zug direkt über der Überschiebung der Eiternhöll- auf die Eisemröther Schuppe und in einen etwas breiteren südöstlichen Zug, der aber bald unter den ihn auf beiden Seiten begleitenden Schalstein taucht.

Es handelt sich dabei vorwiegend um graugrüne bis graubraune rauhe, z. T. sandige und glimmerführende Tonschiefer, die mit grauen bis graugrünen quarzitischen, dünnbankigen Sandsteinen, Grauwacken und hellgrauen Quarziten wechsellagern.

Neben *Homalonotus*-Resten, *Michelinoceras*, Muscheln, Gastropoden, Crinoiden und Lebensspuren fanden sich folgende, für die Einstufung in die Unter-Ems-Stufe wichtigen Brachiopoden (det. H. JAHNKE, Göttingen):

Hysterolites (n. subgen.) *arduennensis latestriatus* (MAURER 1886)?

Leptostrophia explanata (SOWERBY 1842)

Plebejochonetes plebejus (SCHNUR 1853)

Trigonorhynchia (*Oligoptycherhynchus*) *daleidensis* (F. ROEMER 1844)

Fundpunkte:

Der nordwestliche Zug mit Gesteinen der Unterems-Stufe konnte nur mit Lesesteinen mit Choneten auf dem Acker zwischen Hain und Niederbachsberg 500 m ESE HP 243,0 nachgewiesen werden.

Im Weganriß 350 m WNW HP 354,2 folgt, überschoben auf massigen Schalstein, eine Wechselfolge von graugrünen Grauwackenschiefern und quarzitischen Sandsteinen und Grauwacken. Nach einer Aufschlußlücke fanden sich im südlichen Teil des Profiles in zwei graugrünen, glimmerführenden Sandstein-Bänken eine Schill-Lage vorwiegend mit Choneten und Stropheodontiden.

Daß der Nord-Hang des Niederbachsberges aus Gesteinen der Unterems-Stufe aufgebaut wird, konnte nur mit Lesestein-Faunen bewiesen werden. Vermutlich stammen auch die bei WALTHER (1903) erwähnten Faunen von hier.

Auf der Westseite des Dernbachtals, 300 m ESE HP 303 und in dem kleinen, verfallenen Steinbruch 180 m WNW HP 262,4 oberhalb des Aartales sind die quarzitischen Sandsteine fossilleer.

3.1.2. Oberems-Stufe

Gesteine der Oberems-Stufe konnten im Kartiergebiet zwischen Aar und Dill nicht gefunden werden. Es ist aber möglich, daß die mitteldevonischen Tonschiefer der Eiternhöll-Schuppe und die kieselgallenführenden Schiefer der Lendelbach-Schuppe schon in der Oberems-Stufe einsetzen.

3.2. Mittel- und Oberdevon

3.2.1. Mitteldevon der Eiternhöll- und Lendelbach-Schuppe

3.2.1.1. Eifel-Stufe

Dunkle, bräunlich anwitternde, z. T. feinsandige und glimmerhaltige Schiefer treten im SE von Herborn in drei NE-SW streichenden Zügen auf. Der nördlichste

Zug bildet zusammen mit Gesteinen der Unterems-Stufe den Kern der Eiternhöll-Schuppe, der südlich der Linie Herborn–Herbornseelbach auf das Kulmgebiet der Eisemröther Schuppe überschoben ist. Die beiden anderen Schieferzüge gehören zu der Lendelbach-Schuppe zwischen Sinn und Ballersbach.

Mangels geeigneter Fauna konnte die Unter- und Obergrenze dieser Tonschiefer nicht genau festgelegt werden. Es treten vereinzelt graugrüne, stark tonige und zum Teil glimmerhaltige Kalklinsen auf, die aber bis auf eine Ausnahme leider keine Fauna lieferten.

In dem nördlichen Schieferzug, also in der Eiternhöll-Schuppe etwa 400 m NW HP 354,2 westlich Ballersbach, stehen in der Wegböschung graugrüne und blaugraue, zum Teil feinsandige transversalgeschiefterte Schiefer mit Styliolinen, Tentaculiten, Brachiopoden, Orthoceren und verdrückten Ostracoden der Gattung *Entomis* an. Im südlichen Teil des Profils (R 345379; H 561685) fand sich eine kleine graue, feinkörnige Kalklinse (Pr. 149) mit *Polygnathus webbi* STAUFFER, und einer von Herrn Prof. WALLISER bestimmten Anarcestiden-Anfangswindung. 1 m unter dem auflagernden Schalstein befindet sich eine weitere tonige, graugrüne Kalkbank, die aber keine Fauna lieferte.

Weitere Aufschlüsse in den untermitteldevonischen Tonschiefern der Eiternhöll-Schuppe:

1. Am Waldrand von Forst 29, 500 m SE HP 243,0 W Ballersbach.
2. 80 m NNW HP 384 bilden graugrüne Tonschiefer mit Styliolinen und *Polygnathus linguiformis linguiformis* HINDE die Wegböschung (R 345345; H 561655).
3. Weganriß 260 m NW HP 294,7 SE Herborn (R 345237; H 561535).
4. SE Vogelsberg sind mitteldevonische Tonschiefer mit einem Diabasmandelstein auf Kulm der Eisemröther Schuppe geschoben. Das Mitteldevon-Profil beginnt 330 m WNW HP 294,7 (R 345228; H 561532) mit blauschwarzen, harten Schiefen, die nach Südosten in graugrüne, zum Teil feinsandige Schiefer mit lagenweise massenhaft Styliolinen übergehen.
5. In den graugrünen bis blaugrauen Tonschiefern am unteren Fußweg von Herborn nach Sinn, 520 m WSW HP 294,7 kommen Styliolinen, schlechterhaltene Brachiopoden und Trilobitenreste vor. In die Tonschiefer schalten sich zum Hangenden hin dünne, bräunlich verwitternde, styliolinenreiche Sandsteinbänkchen ein.

Aufschlüsse in der nordwestlichen Lendelbach-Schuppe:

1. Der Südost-Hang des Niederbachsberges südwestlich Ballersbach wird aus mitteldevonischen Tonschiefern aufgebaut, die auf Kulm der Eiternhöll-Schuppe aufgeschoben sind. In Feldweganrissen sind graugrüne und blaugraue Tonschiefer, die sich nur durch das Vorkommen von styliolinenreichen Lagen von den Kulmtonschiefern im Liegenden unterscheiden, aufgeschlossen.

Etwa 80 m S HP 283 fand sich auf einem Acker in milden, bräunlich anwitternden Tonschiefern ein kleiner, von Herrn Prof. WALLISER bestimmter, *Anarcestes* sp. (R 345449; H 561601), der das untermitteldevonische Alter dieser Tonschiefer beweist.

2. Graugrüne Tonschiefer mit Styliolinen stehen ebenfalls an folgenden Stellen an: Im Weg 435 m SW HP 283 (R 345422; H 561575). 340 m NNW HP 334,7, W Hohe Warte (R 345384; H 561565). 350 m NE HP 334,7, W Grabenbach (R 345418; H 561549).
3. Die Hänge des Lendelbachtals nordöstlich Sinn bestehen aus untermitteldevonischen Tonschiefern, die auf beiden Seiten von Schalstein umgeben sind. Aufschlüsse in den graugrünen, zum Teil harten Tonschiefern befinden sich sowohl an der Nordwest- als auch an der Südost-Seite des Lendelbachtals. Styliolinen und Tentaculiten fanden sich allerdings nur nördlich des Lendelbaches 130 m W HP 243 (R 345306; H 561439) und 90 m WSW HP 270,0 (R 345336; H 561483). Etwa 50 m NNE HP 270,0 fand sich in einem Hohlweg in graugrünen, harten Tonschiefern eine 20 cm mächtige

blaugraue, glimmerhaltige, stark tonige Kalkbank, die leider keine Fauna lieferte (R 345347; H 561491).

Im Bereich der südöstlichen Lendelbach-Schuppe kartiert KEGEL (1934a) fossilere kieselgallenführende Schiefer aus, die er im Gegensatz zu E. KAYSER von den „Tentaculitenschiefern“ altersmäßig glaubt abtrennen zu können. Bei der Neukartierung fanden sich zwar kieselgallenreiche Schiefer, aber in den sie begleitenden graugrünen, harten Tonschiefern fanden sich ebenfalls Styliolinen, so daß eine Abtrennung nicht erfolgte.

Aufschlüsse in der südöstlichen Lendelbach-Schuppe:

1. An der Straße von Sinn nach Ballersbach NE Sinn: mehrere Anrisse in graugrünen, harten Schiefen.
2. Bei der Verbreiterung des Forstweges vom Rennweg zum HP 377, W Rothestein, wurden im Straßengraben 230 m NW HP 392 milde, bräunlich verwitternde Tonschiefer mit Styliolinen, von Deckdiabas überschoben, aufgeschlossen (R 345412; H 561463).
3. Östlich der Straße von Sinn nach Ballersbach im Windbruch S HP 342 und im südlich anschließenden Wald: graugrüne Tonschiefer mit blauschwarzen Kieselgallen, die sich auch im Windbruch N HP 342 verfolgen lassen.
4. Am Forstweg, der bei HP 323 auf die Straße Sinn-Ballersbach trifft, stehen graugrüne, splittrige, zum Teil sandige Schiefer an, in die 100 m E HP 323 etwa 2 m Schalstein bzw. geschieferter Diabas eingeschaltet ist.
5. In mehreren Gräben, die von der Straße von Sinn nach Ballersbach in das Tälchen S HP 323 führen, sind Tonschiefer mit Styliolinen und Tentaculiten aufgeschlossen.
6. Bei dem Bau des neuen Freibades für Sinn bei HP 294,8 fanden sich in den Tonschiefern leider nur sandige Lagen und keine Kalklinsen.
7. An der Nordseite des ehem. Sportplatzes nordöstlich oberhalb Sinn, etwa 120 m S HP 294,8 sind Tonschiefer mit fossilereichen Kieselgallen gut aufgeschlossen.
8. Am Hang 150 m ENE HP 261 bilden kieselgallenführende Schiefer kleine Klippen.
9. 210 m NNW HP 279,3, E Sinn, werden östlich des Talweges Schiefer abgebaut, die eine etwa 20 cm mächtige glimmerhaltige, tonige, fossilfreie Kalklinse enthielten (R 345323; H 561351).

Die graugrünen styliolinenführenden Tonschiefer der Eifelstufe werden überall von Schalstein überlagert, dessen Einsetzen aber nicht genau gleichzeitig erfolgt sein muß.

Die Schalsteinsedimentation beginnt nach WITTEKINDT (1961) in der Eiternhöll-Schuppe nördlich der Aar schon in der oberen Eifel-Stufe. Es ist möglich, daß der Beginn des Schalstein-Vulkanismus der Lendelbach-Schuppe in Sinn ebenfalls noch in die obere Eifel-Stufe gestellt werden muß.

In dem Steingarten vor Haus Nr. 20 in der Hansasträße in Sinn (450 m ESE HP 204,0) steht über graugrünen, leicht gebänderten Tonschiefern ein 2 m mächtiger crinoidenreicher Kalk an, der *Polygnathus linguiformis linguiformis* HINDE enthielt (Probe 130).

Über diesem crinoidenreichen Kalk folgt in der Auffahrt zu Haus Nr. 20 (R 345259; H 531359) eine fast nur aus Schalenbruchstücken und Crinoiden bestehende Kalkbank (Pr. 131) mit:

Polygnathus linguiformis linguiformis HINDE
Polygnathus webbi STAUFFER
Icriodus nodosus (HUDDLE)

Dieser Kalk wird von Schalstein überlagert, der möglicherweise schon in der Eifel-Stufe einsetzt.

3.2.1.2. Givet-Stufe

Über den vermutlich untermitteldevonischen Tonschiefern folgt in der Eiternhöll- und in der Lendelbach-Schuppe der obermitteldevonische Schalstein mit Einschaltungen von Styliolinenschiefern und Diabasen. Eine genaue Abgrenzung gegen die darüberliegenden tuff- bzw. tuffitreiche Folge der tiefen Adorf-Stufe (Dillenburger Schichten sensu LIPPERT 1970) war in der Eiternhöll-Schuppe nicht möglich, da das Roteisenstein-Grenzlager an der Wende Mittel- zu Oberdevon nur in der Lendelbach-Schuppe, und auch dort nur sehr schwach, entwickelt ist.

Südöstlich von Herborn tritt der Schalstein im Bereich der Eiternhöll- und Lendelbach-Schuppe in drei Zügen auf. Im Gegensatz zu dem geringmächtigen südlichen Zug bildet der nördliche und der zweigeteilte mittlere Zug das Hangende von untermitteldevonischen Schiefern in Sätteln, die auf Kulm überschoben sind. Die Ausbildung des Schalsteins variiert sehr stark. Der von LIPPERT (1951) aufgestellte Typ II kommt nur sehr selten vor (Eiternhöll-Schuppe: Im Wald 350 m NNW HP 294, 7 ESE Herborn). Der Schalsteintyp I dagegen tritt häufig auf, aber mit unterschiedlichem Anteil an Sedimentmaterial, wobei aber zwischen allen Typen Übergänge bestehen können.

- a) Aufschlüsse in graugrünem, schmutzig braun verwitterndem, massigem, wenig geschiefertem Schalstein, reich an winzigen bis faustgroßen Mandelsteinbrocken und einzelnen Sedimentresten:
 1. Klippen oberhalb unterem Fußweg von Herborn nach Sinn 500 m SW HP 294,7, SE Herborn.
 2. Weganriß 120 m NW HP 294,7 (R 345250; H 561526).
 3. Schurf 70 m NW HP 294,7 (R 345251; H 561523).
 4. Anrisse am Betonwaldweg im Forst 13 zwischen Stützelberg und Hoher Warte, N HP 294,7.
 5. Kleiner Steinbruch SE HP 317,1 (R 345276; H 561605).
 6. Am Weg WSW HP 384, E Herborn (R 345336; H 561645).
 7. Weganriß NE HP 384 (R 345365; H 561664).
 8. Weganriß und Klippen im Wald NW HP 354,5 im Forst 29.
 9. Anriß bei Weggabelung 350 m SSE HP 328,4 NW Lendelbach (R 345285; H 561404).
- b) Stark geschieferte, graugüne, kalkige Schalsteine treten auf:
 1. In der Rinne 200 m SW HP 270,0 NW Lendelbachtal (R 345326; H 561474).
 2. Klippen oberhalb Lendelbach 250–300 m N HP 270,0 SE Hohe Warte, unterhalb Wanderweg D (Herborn–Stellbeutel).
- c) Aufschlüsse im graugrünen Schalstein mit faust- bis kopfgroßen Mandelsteinbrocken, wobei die Tuffkomponente stark zugunsten eines Bombenhauferkes zurücktreten kann, befinden sich WSW Ballersbach am NE- und SW-Hang der Höhe 384.
- d) In den Schalstein können graugüne Tonschiefer mit Styliolin und dünnplattige, bräunlich verwitternde Sandsteine eingelagert sein wie z. B. 620 und 550 m NW Beilstein am oberen Fußweg von Herborn nach Sinn.
- e) Einen Sonderfall stellen konglomeratische Schalsteine dar, die schon lange vom Bahneinschnitt Überthal bekannt sind und zuletzt von WITTEKINDT (1961) beschrieben wurden. In der Eiternhöll-Schuppe E Herborn, W Hohe Warte, kommen im mittleren Teil des Schalsteinprofils graugüne, feinkörnige Tuffe bis Tuffite vor, die massenhaft Mandelsteinbrocken und z. T. sehr gut gerundete Gerölle von winzigen bis über kopfgroßen, hell- bis mittelgrauen Quarziten, Massenkalk, Sandsteinen und Quarzporphyr enthalten. Bei den Quarzitgeröllen in diesem konglomeratischen

Schalstein handelt es sich wahrscheinlich um Quarzite der Unterems-Stufe. Daß es sich um Quarzite der oberen Eifel-Stufe handelt, ist unwahrscheinlich, da Eifelquarzit vom Südostrand der Dill-Mulde unbekannt ist.

Gute Aufschlüsse in diesem Horizont:

- α) Das größte Quarzitgeröll in dem konglomeratischen Schalstein 300 m NNW HP 294, 7 (R 345253; H 561545) ist auf Taf. 7 Fig. 1 abgebildet.
 β) Klippen im Wald 350 m NNE HP 294,7 (R 345258; H 561552).
 γ) Oberhalb Betonwaldweg 450 m NNW HP 294,7 (R 345249; H 561561).
 δ) Weganriß WSW Hohe Warte, 160 m NW HP 294,7 (R 345246; H 561528).
 ε) Klippe am Abhang E HP 384 (R 345364; H 561648).

Östlich der Bundesstraße 277 an den Wegprofilen zwischen Herborn und Sinn konnte dieser sehr grobe Horizont nicht nachgewiesen werden. Stattdessen fand sich am Hang 450 bis 500 m SW HP 294,7 ein Horizont mit blaugrauen, spätigen Kalkgeröllen mit Schalenresten und korallenreichen Massenkalkbrocken in graugrünem Schalstein, der vereinzelt kleine Gerölle von Mandelstein und Quarzporphyr enthält. Die Kalke (Pr. 136/I–IV lieferten leider außer *Belodella* sp. keine Conodonten.

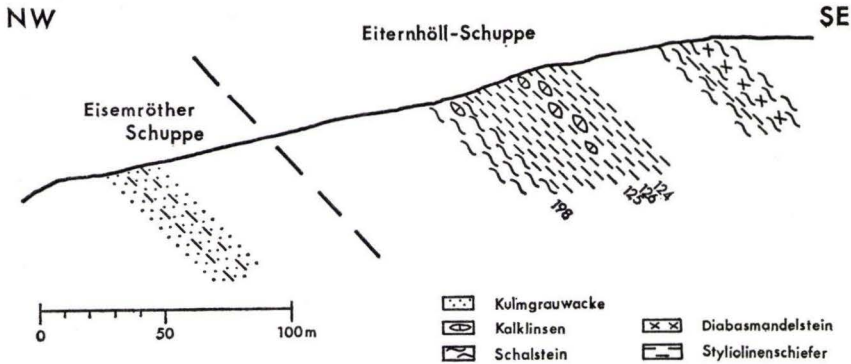


Abb. 2. Profil östlich Herborn, 300 m SW HP 317,1.

In den Devon-Profilen der Lendelbach-Schuppe (Abb. 4) sind im unteren Teil des Schalsteins Kalkbänke konkordant eingelagert. Diese stark tonigen, gelblich verwitternden Kalke lieferten leider auch keine Fauna (Probe 226 und 230). Einen Anhaltspunkt für das obermitteldevonische Alter des Schalsteins der Eiternhöll-Schuppe lieferte nur das Profil östlich des Stützelberges, 300 m SW HP 317,1 (Abb. 2): Probe 198 wurde im Weganriß 350 m SW HP 317,1 über einer größeren Mandelsteinbombe und unter Schalstein, der von graugrünen Tonschiefern mit Styliolinen überlagert wird, entnommen.

Tab. 1. Conodonten aus Kalklinsen im Schalstein

Pr.	198	125	126	185
<i>Polygnathus ling. linguiformis</i> HINDE	x	x	x	x
<i>Polygnathus varcus</i> STAUFFER		x	x	x

Am Hang oberhalb dieses Weganrisses werden kleine Klippen aus blaugrauen Tonschiefern mit Styliolinen und kleinen Kalkknoten (Pr. 124) gebildet, die keine Fauna lieferten. Es fanden sich aber Lesesteine grauer Kalke (Pr. 125 und 126) mit einer Conodontenfauna der oberen Givet-Stufe.

Im Hangenden dieser Styliolinschiefer folgt wieder Schalstein, der Lagen von körnigen Tuffen, dünne Tonschiefer einschaltungen und einen Mandelsteinstock enthält.

Eine weitere Kalklinse (Pr. 185) der Givet-Stufe (-do I δ) fand sich noch am Nordhang des Niederbachsberges in der Wegböschung 150 m S HP 265 im Schalstein dicht über den styliolinenführenden untermitteldevonischen Tonschiefern (R 345430; H 561724).

3.2.2. Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe

3.2.2.1. Dillenburger Schichten und Bänderschiefer

In der Eiternhöll-Schuppe dauert die Schalsteinsedimentation ohne größere Unterbrechungen bis in das tiefste Oberdevon an. Von KREBS (1958) werden tiefoberdevonische Tuffe und Tuffite mit Kalk- und Tonschieferzwischenlagen in der südwestlichen Dillmulde als „Dillenburger Tuffe“ bezeichnet, die er den kalk- und schieferreichen „Buchenauer Schichten“ des NE-Teiles der Dillmulde gegenüberstellt. Seit der Neuaufnahme von Blatt Dillenburg wurde der Name Dillenburger Schichten (LIPPERT & HENTSCHEL in LIPPERT et al. 1970:88) eingeführt.

Gute Aufschlüsse in den Dillenburger Schichten südöstlich Herborn befinden sich in der Eiternhöll-Schuppe am W-Fuß des Beilsteines (Abb. 3).

Profil A: Am oberen Fußweg von Herborn nach Sinn 130 m östlich der Bundesstraße 277 ist der Übergang von mitteldevonischem Schalstein zu den Dillenburger Schichten nicht aufgeschlossen. Da die graugrünen, kalkigen, hellgrau anwitternden Schalsteine mit Schieferbrocken einen Leithorizont in der Mitte des do I α zu bilden scheinen, muß am oberen Weg von Herborn nach Sinn auch das Liegende dieser Schalsteine schon zu den Dillenburger Schichten gerechnet werden.

Profil B: Am unteren Fußweg von Herborn nach Sinn, etwa 80 m östlich der Bundesstraße 277, folgen auf den mitteldevonischen graugrünen, wenig geschieferten Schalstein mit Massenkalk einschlüssen, konglomeratischen Lagen, Tonschiefer, körnigen Tuff- und Sandsteineinschlüssen und einem Diabasmandelsteinstock reine, stark geschieferte, graugüne Schalsteine, die von splittrigen Ton-

Tab. 2. Conodonten aus den Dillenburger Schichten der Eiternhöll-Schuppe (Abb. 3)

	Pr.									
	189	273	120	119	116	118	117	59	186	245
<i>Polygnathus varcus</i> STAUFFER	x	x	o	?	o	x	x	x		
<i>Polygnathus decorosus</i> STAUFFER	x	x	x		x		x	x	x	x
<i>Schmidhognathus</i> sp.		x								
<i>Polygnathus cristatus</i> HINDE					x	x	o			
<i>Polygnathus asymm. asymmetricus</i> BI & ZI.					x	x	x			x
<i>Palmatolepis transitans</i> MÜLLER						x				
<i>Spathognathodus</i> sp.	x	x						x		

o = cf.-Bestimmung

? = schlechte Erhaltung

NNW

SSE

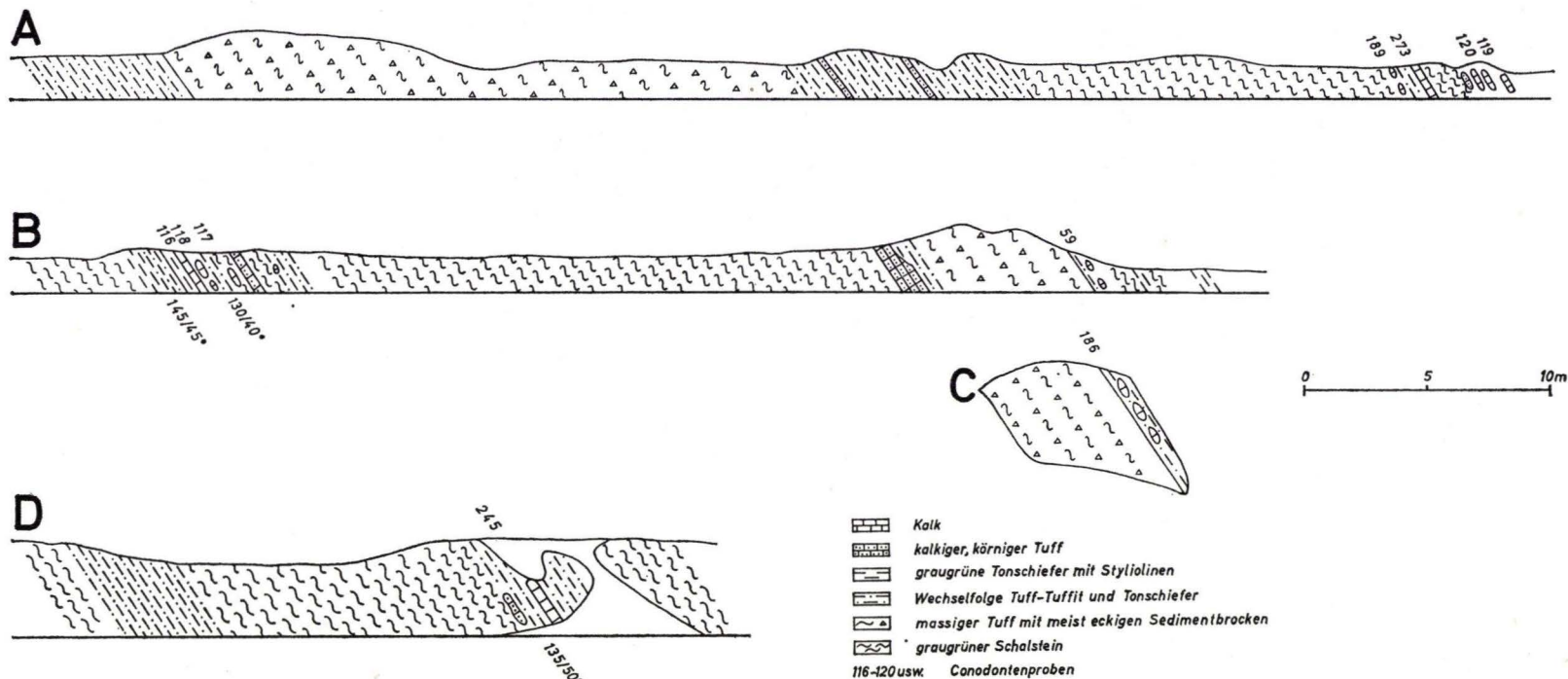


Abb. 3. Profile durch die Dillenburger Schichten der Eiternhöll-Schuppe.
 A: Weganriß 130 m E km 9,56 der Straße Herborn-Sinn,
 B: Weganriß 80 m E km 9,64 der Straße Herborn-Sinn,
 C: Steinbruch 40 m E km 9,75 der Straße Herborn-Sinn,
 D: Straßenböschung zwischen km 9,71 und 9,74 der Straße Herborn-Sinn (B 277).

schiefern und körnigen Tuffen bis Tuffiten und mandelsteinreichem Schalstein überlagert werden. Mit diesem mandelsteinreichen Schalstein beginnt das Profil auf Abb. 3. Ob diese Schalsteine schon zu den Dillenburg Schichten oder noch zu dem mitteldevonischen Schalstein zu rechnen sind, läßt sich bei dem Fehlen des Roteisenstein-Grenzlagers an der Grenze Mittel- zu Oberdevon nicht ermitteln. Die darauf folgende Serie aus Styliolinschiefern, gebankten körnigen Tuffen bis Tuffiten und Kalkbänken gehört sicher zu den Dillenburg Schichten, da die Kalke eine Conodontenfauna der tiefsten Adorf-Stufe lieferten (Tab. 2).

Profil C: In einem kleinen Steinbruch östlich der Bundesstraße 277 ist der graugrüne, hellgrau anwitternde, kalkige Schalstein mit dunklen, ungerundeten Schieferbrocken gut aufgeschlossen. Er wird in dem Steinbruch, wie auch an dem unteren Weg von Herborn nach Sinn von graugrünen, feinkörnigen Tuffen bis Tuffiten überlagert, die hellgraue bis blaugraue Kalklinsen enthalten. 30 cm über einer graublauen, feinkörnigen Kalklinse (Pr. 186) lieferte Pr. 187 nur Korallen und keine Conodonten.

Profil D: An der Bundesstraße 277 südlich Herborn folgen über mandelsteinreichem Schalstein eine Wechselfolge von Tonschiefern mit Styliolinen und gebänderten, feinkörnigen Tuffen bis Tuffiten. Diese Wechselfolge wird von Schalstein überlagert, in welchen bei km 9,73 der Bundesstraße 277 gebänderte Tuffe und Tonschiefer mit einer Kalkbank (Probe 245) der tiefen Adorf-Stufe eingelagert sind.

Die auf Abb. 3 dargestellten, sehr dicht beieinanderliegenden Profile zeigen, daß die Ausbildung der Dillenburg Schichten der Eiternhöll-Schuppe südöstlich von Herborn stark variiert. Außer dem klippenbildenden graugrünen, hellgrau anwitternden, stark kalkigen Schalstein mit dunklen Schieferbrocken läßt sich kein Horizont weiter verfolgen.

Die Obergrenze der Dillenburg Schichten ist von dem Hangschutt eines grobkörnigen Intrusivdiabases verdeckt. Es scheint aber, als ob die graublauen Tonschiefer mit Styliolinen am unteren Weg von Herborn nach Sinn (Profil B) schon das Hangende der Dillenburg Schichten bilden würden. Weiter im Nordosten, etwa 400 m NNW HP 363,8, fanden sich im Diabasgebiet Lesesteine von Bänderschiefern mit einer Ostracodenfauna der Mittleren Adorf-Stufe. Die Dillenburg Schichten scheinen also südöstlich von Herborn höchstens bis in die Mittlere Adorf-Stufe zu reichen. Außer an den vier beschriebenen Stellen konnten die Dillenburg Schichten in der Eiternhöll-Schuppe zwischen Aar und Dill nicht nachgewiesen werden. Es ist aber gut möglich, daß die Schalsteine und graugrünen, gebänderten, feinkörnigen Tuffe bis Tuffite nördlich und nordöstlich des Niederbachsberges, die auf der Neukartierung als mitteldevonischer Schalstein auskartiert wurden, bis in die tiefe Adorf-Stufe reichen, was aber ohne Fauna nicht festzustellen ist. Es ist aber auch denkbar, daß der mitteldevonische Schalstein ein Relief bildete, auf welchem die Dillenburg Schichten gar nicht überall zur Ablagerung kamen, und so im Westen von Ballersbach erst Tonschiefer der höheren Adorf-Stufe auf dem mitteldevonischen Schalstein liegen.

In der Eiternhöll-Schuppe folgen über den Dillenburg Schichten erst graugrüne und dann hellgrau und graugrün gebänderte Tonschiefer mit Ostracoden der Mittleren bis Oberen Adorf-Stufe, die bisher aus dem Gebiet südöstlich Herborn nicht beschrieben wurden. In hellgrau bis graugrün gebänderten Tonschiefern (Pr. 18) 170 m

SW HP 294,7 (N Beilstein) fanden sich folgende Ostracoden der Mittleren Adorf-Stufe:

Bertillonella cicatricosa (MATERN)
Entomoprimitia ? paeckelmanni (MATERN)

Von der Oberen Adorf-Stufe konnte nur die *splendens*-Subzone (tao 5 nach RABEN 1954), also höchstes do I δ gefunden werden. Aufschlüsse in hellgrau und graugrün gebänderten, bräunlich verwitternden, zum Teil feinsandigen Schiefen mit *Entomoprimitia splendens* (WALDSCHMIDT) und Abdrücken und Steinkernen schlecht erhaltener Ostracoden und Tentaculiten befinden sich:

1. Schürfe 130 m S HP 294,7, W HP 361 (Pr. 32) (R 345256; H 561503);
2. 330 m NE HP 294,7 an der Böschung des Betonforstweges (Pr. 26) (R 345273; H 561546).

Westlich Ballersbach, im nordwestlichen Teil der Eiternhöll-Schuppe, konnte die Adorf-Stufe nicht sicher nachgewiesen werden. Wahrscheinlich gehören aber die braun verwitternden, leicht gebänderten, zum Teil feinsandigen Schiefer über dem Schalstein auf den Äckern nordöstlich des Niederbachsberges und am Weg südwestlich des Niederbachsberges 250 m NW HP 357,1 mit schlecht erhaltenen Tentaculiten, Styliolinen und Ostracoden zu den Bänderschiefern.

Die Bänderschiefer der Adorf-Stufe werden in der Eiternhöll-Schuppe von grau grünen, feinsandigen Schiefen überlagert, aus denen an einigen Stellen eine Conodontenfauna der Nehden-Stufe gewonnen werden konnte.

3.2.2.2. Höheres Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe

In der Eiternhöll-Schuppe bilden Schichten des höheren Oberdevons einen breiten Streifen, der von westlich Ballersbach bis nördlich Sinn zieht. Die Sedimente sind sehr stark von Intrusivdiabas durchsetzt, welcher die höchsten Berge des neukartierten Gebietes wie Niederbachsberg, Hohe Warte und Beilstein bildet.

Die Schichtenfolge des höheren Oberdevons ist am besten am Westhang des Beilsteins aufgeschlossen.

- a) Am Weg 150 m S HP 294,7 folgen nach SE über den Bänderschiefern mit Ostracoden der höchsten Adorf-Stufe nach einer Aufschlußlücke graugrüne Sandsteine und graugrüne, glimmerhaltige Tonschiefer (Pr. 48a) mit *Palmatolepis glabra pectinata* ZIEGLER, die von Rotschiefern (Pr. 48b) der *quadrantinodosa*-Zone mit *Palmatolepis quadrantinodosa* ssp. indet. überlagert werden (R 345257; H 561502). Das Profil endet mit einem Intrusivdiabas, der noch Schollen von kontaktmetamorph verändertem Oberdevon enthält.
- b) Am Hang 250 m WNW HP 363,8 stehen etwa 4 m Rotschiefer (Pr. 53) der Oberen *quadrantinodosa*-Zone (do III α) an (R 345241; H 561470) mit:

Palmatolepis quadrantinodosa marginifera ZIEGLER
Palmatolepis quadrantinodosa ssp.
Entomozoe (Nehdentomis) tenera (GÜRLICH)
Richterina (F.) intercostata (MATERN)

Sie werden von graugrünem, glimmerhaltigem Sandstein überlagert.

- c) Am unteren Fußweg von Herborn nach Sinn östlich der Bundesstraße 277, WSW Beilstein folgen über 12 m kontaktmetamorph veränderten Bänderschiefern etwa 15 m graugrüne, harte, zum Teil feinsandige und glimmerreiche Schiefer, die von 10 m

graugrünem, bräunlich anwitterndem, dickbankigem Sandstein überlagert werden. Östlich dieser klippenbildenden Sandsteine sind oberhalb der Wegkurve an einem alten Meilerplatz etwa 6 m Rotschiefer (Pr. 134, 162) der hohen Nehdenstufe (do II β) aufgeschlossen (R 345236; H 561458) mit:

Palmatolepis glabra prima ZIEGLER & HUDDLE

Palmatolepis perlobata schindewolfi MÜLLER

Polygnathus triphyllatus (ZIEGLER)

Das Hangende des Rotschiefers bilden graugrüne, harte Schiefer und Sandsteine, die von einem Intrusivdiabas zum Teil kontaktmetamorph verändert wurden.

Das höhere Oberdevon besteht in der Eiternhöll-Schuppe, wie in dem größten Teil der zentralen Dill-Mulde, nur aus Tonschiefen mit Sandsteinen. In der Eiternhöll-Schuppe konnte nur ein Rotschieferhorizont (Grenzbereich Nehden-/Hemberg-Stufe) nachgewiesen werden. Dieser Rotschieferhorizont westlich des Beilsteins läßt sich leider nicht bis an die Aar verfolgen; er tritt nur noch in der Schonung am Niederbachsberg, 180 m ENE HP 362 auf, wo sich auf Lesesteinen (Pr. 168) außer Conodontenbruchstücken nur *Palmatolepis quadrantinodosa* cf. *inflexa* MÜLLER fand (R 345361; H 561615).

Über dem Rotschieferhorizont fanden sich keine Conodonten, so daß nicht geklärt werden konnte, wieweit die über dem Rotschiefer folgenden Schiefer und Sandsteine in das höchste Oberdevon hinaufreichen.

In den Oberdevonschollen im Intrusivdiabas konnte nur am Steilhang östlich der Bundesstraße 277 gegenüber der Neuhoffnungshütte Sinn in dunkelgrauen, milden Tonschiefen (Pr. 72, 263) *Palmatolepis gracilis gracilis* BRANSON & MEHL gefunden werden, der keine genauere Einstufung als do II β - V zuläßt (R 345246; H 561405).

Die oberdevonischen Sandsteine und Schiefer werden, soweit nicht ein Diabas an der Grenze Oberdevon/Unterkarbon intrudiert ist, von Sedimenten des Unterkarbons überlagert. Eine Schichtlücke zwischen höherem Oberdevon und Unterkarbon der Eiternhöll-Schuppe ist nicht nachzuweisen.

Weitere Aufschlüsse im höheren Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe:

1. In der Schonung am Niederbachsberg westlich Ballersbach, 75 m NW HP 354,2 fanden sich in graugrünen, zum Teil sandigen Schiefen (Pr. 158) Conodonten der tiefen Nehden-Stufe (do II α) (R 345404; H 561664) mit

Palmatolepis quadrantinodosalobata SANNEMANN.

2. 400 m W HP 405,6 stehen südlich oberhalb des Weges graubraune, feinglimmerhaltige Schiefer (Pr. 42) der Nehden-Stufe an (R 345284; H 561568) mit

Palmatolepis glabra prima ZIEGLER & HUDDLE

Palmatolepis glabra pectinata ZIEGLER

Palmatolepis minuta minuta BRANSON & MEHL.

3. In einem kleinen Steinbruch am Niederbachsberg, 350 m ENE HP 354,2 sind graugrüne Tonschiefer, stark glimmerhaltige, sandige Schiefer und graugrüne Sandsteine aufgeschlossen, die nur Pflanzenhäcksel enthielten (R 345445; H 561667).

4. Auf beiden Seiten des Tälchens, in welchem der Lendelbach entspringt, etwa 250 m NNE HP 361 stehen die graugrünen, harten, zum Teil feinsandigen und glimmerhaltigen Schiefer an, die auch die Böschung am Wanderweg D 350 m SSW HP 405,6 bilden. Außer Pflanzenhäcksel konnten keine Fossilien gefunden werden.

5. In dem großen Steinbruch gegenüber der Neuhoffnungshütte Sinn an der Bundesstraße 277 stehen im Hangenden eines Intrusivdiabases graugrüne, harte, selten glimmerhaltige Tonschiefer, im oberen Teil mit geringmächtigen Sandsteineinschaltungen an (R 345246; H 561395).

3.2.3. Oberdevon der Lendelbach-Schuppe

In den beiden Teilschuppen der Lendelbach-Schuppe zwischen Sinn und Ballersbach konnte ebenfalls die Adorf-Stufe nachgewiesen werden. Während für die Adorf-Stufe der Eiternhöll-Schuppe im unteren Teil Tuffe und im höheren Teil Bänderschiefer typisch sind, zeichnet sich die Adorf-Stufe der Lendelbach-Schuppe durch das Roteisenstein-Grenzlager, Tuffe und Kalke aus. Das Roteisenstein-Grenzlager wurde früher in der Lendelbach-Schuppe an mehreren Stellen über dem mitteldevonischen Schalstein erschürft. Leider sind die Stollen nicht mehr offen, so daß die genaue stratigraphische Lage des Roteisenstein-Grenzlagers nicht geklärt werden konnte. Es wird angenommen, daß es, wie im zentralen Teil der Dillmulde, an der Grenze Mittel- zu Oberdevon liegt und mit Nachläufern noch bis in die Adorf-Stufe hineinreicht.

Das nordöstlichste Grenzlager vorkommen der Lendelbach-Schuppe wurde südwestlich von Ballersbach Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts im Bereich des Grubenfeldes Scheppengraben abgebaut. Nach dem Grubenplan von Markscheider Fox (1916) 1:500 (im Bergamt Dillenburg hinterlegt) wurde das Roteisenstein-Grenzlager nur im Schacht Leopoldine und Schacht 2 über dem Schalstein angetroffen.

Der Grubenplan von Fox zeigt, daß westlich des Grabenbaches SW Ballersbach stark gestörte Profile mit Tonschiefern, Diabasen, Schalstein und Porphy durchteuft wurden, die auf der Kartierung durch Hangschutt und Löß verdeckt sind. Folgende neue Aufschlüsse bestätigen das Kartenbild von Fox (1916):

1. 1963 wurde der Schacht 3, etwa 500 m SW Ballersbach, in welchem das Grenzlager nicht angetroffen worden war, wieder geöffnet, da man aus dem alten Stollen Trinkwasser für Ballersbach gewinnen wollte. Dieser etwa 10 m tiefe Schacht wurde in graugrünen, reichlich Styliolinen führenden, vermutlich mitteldevonischen Tonschiefern niedergebracht.
2. Die Wasserbohrung im Grabenbachtal im Bereich des Schachtes 3 brachte zwar im Herbst 1963 Wasser aus dem Quarzporphyr, das aber aus hygienischen Gründen nicht genießbar war.

Folgende Profile östlich und südöstlich von Sinn sind für die Oberdevonstratigraphie der Lendelbach-Schuppe wichtig (Abb. 4):

a) Profil am Hang 200 m ESE HP 270,0:

Im Schutt des verfallenen Stollens zwischen mitteldevonischem Schalstein und oberdevonischem, graugrünem, glimmerhaltigem Sandstein fanden sich rötliche Mandelsteinbomben, Schalstein, Kalk und Roteisenstein. Etwa 50 m SSW des alten Stollens wird eine kleine Klippe aus etwa 1 m mächtigem, leicht rötlichem Flaserkalk gebildet, der eine Conodontenfauna der mittleren Adorf-Stufe lieferte (Pr. 229) (R 345363; H 561475). Das Liegende und Hangende dieses Kalkes ist leider nicht aufgeschlossen.

b) Profil am Stolleneingang 230 m SE HP 270,0:

An der Oberkante des graugrünen Schalsteins ist zwischen Mandelsteinbomben etwas Roteisenstein erhalten, der unter Ausfall von höherem Adorf direkt von graugrünen, harten, zum Teil feinsandigen und feinglimmerhaltigen Schiefen überlagert wird. Die Conodonten aus den Schiefen etwa 1 m über dem Roteisenstein (Pr. 243 und 308) (R 345359; H 561468) lassen nur eine Einstufung in das do II β – V zu:

Palmatolepis perlobata schindewolfi MÜLLER

Polygnathus sp. (*nodocostatus*-Gruppe)

Palmatolepis rugosa ssp. indet.

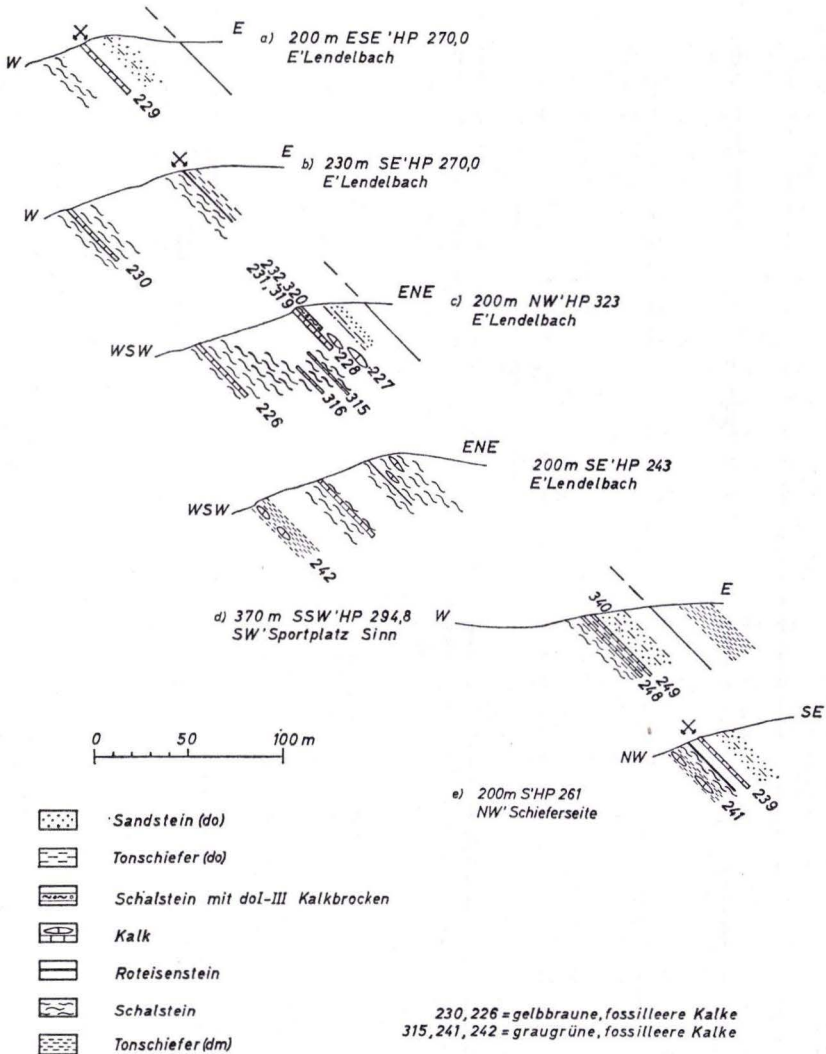


Abb. 4. Profile durch oberdevonische Schichten der Lendelbach-Schuppe NE Sinn.

- c) Über Dillenburger Schichten folgt im Profil am Abhang 200 m NW HP 323 grauer, plattiger, feinkristalliner Kalk der Mittleren Adorf-Stufe (Pr. 231 und 319). Das Hangende bildet 0,9 m blaugrauer, stark tuffitischer, brecciöser Kalk mit einer Mischfauna des do I–III (Pr. 232 und 320), in dessen Streichrichtung weiter südöstlich graugrüne Kalkknotenschiefer des do II α anstehen (Pr. 227 und 228) (R 345352; H 561455). Nach 10 m Aufschlußlücke folgen graugrüne sandige Schiefer und Sandsteine.
- d) Profil am neuen Straßenanschnitt 370 m SSW HP 294,8 SW unterhalb des ehem. Sportplatzes Sinn:

Tab. 3. Conodonten aus dem Devon der Lendelbach-Schuppe (Abb. 4)

o = cf.-Bestimmung ? = schlechte Erhaltung	Probe:	229	316	319	231	320	232	228	227	249	239	240
<i>Polygnathus cristatus</i> HINDE			?									
<i>Polygnathus decorosus</i> STAUFFER s. l.			x			x						x
<i>Ancyrodella curvata</i> (BRANSON & MEHL)				x			x					
<i>Ancyrodella gigas</i> MILLER & YOUNGQUIST												o
<i>Ancyrodella lobata</i> (BRANSON & MEHL)		x		x	o		x					
<i>Ancyrognathus triangularis</i> YOUNGQUIST		x		x	x		x					
<i>Palmatolepis punctata</i> (HINDE)		x			x							?
<i>Palm. subrecta</i> MILLER & YOUNGQUIST		x		x	x							
<i>Palm. crepida</i> SANNEMANN							x	x				
<i>Palm. quadrantinodosalobata</i> SANNEMANN							x	x	x			
<i>Palm. tenuipunctata</i> SANNEMANN								x	x			
<i>Palm. termini</i> SANNEMANN									x			
<i>Palm. minuta minuta</i> BRANSON & MEHL								x		x	x	
<i>Palm. glabra prima</i> ZIEGLER & HUDDLE							x					
<i>Palm. perlobata schindewolfi</i> MÜLLER							x			x	x	
<i>Palm. glabra pectinata</i> ZIEGLER							x				x	
<i>Palm. gracilis gracilis</i> BRANSON & MEHL										x	x	
<i>Palm. distorta</i> BRANSON & MEHL											x	
<i>Palm. quadr. quadrantinodosa</i> BR. & MEHL											x	
<i>Palm. quadr. marginifera</i> ZIEGLER							x				x	
<i>Palm. quadr. inflexa</i> MÜLLER											x	
<i>Palm. quadr. inflexoidea</i> MÜLLER											x	
<i>Palm. glabra lepta</i> ZIEGLER & HUDDLE										x	x	
<i>Polygnathus glaber glaber</i> U. & B.							x				x	
<i>Polygnathus diversus</i> HELMS										x		
<i>Polygnathus</i> sp. (<i>nodocostatus</i> -Gruppe)							x					
	Profil	a	b						d		e	

Über 2 m graugrünem, flasrigem, im hangenden Teil rötlichem und stark kalkigem Schalstein und 1 m splittrigen Rotschiefern folgt 0,1 m roter Kalk (Pr. 248) des höheren Oberdevons mit *Palmatolepis* cf. *perlobata sigmoidea* ZIEGLER. Im Hangenden von 0,6 m roten und grünen Schiefen lieferte ein 0,1 m mächtiger graugrüner, leicht rötlicher, dichter Kalk eine Conodontenfauna (Pr. 249) der *quadrantinodosa*- bis Unteren *velifer*-Zone (do II β –III α). Die darüberliegenden 14 m graugrünen Schiefer mit Sandsteinlinsen und Sandsteinbänken lieferten im östlichen Teil des Steinbruchs oberhalb der Straße (320 m SW HP 294,8) neben vielen Conodontenresten eine Ostracodenfauna der Unteren Dasberg-Stufe (Pr. 340):

Richterina (*R.*) *striatula* (RH. RICHTER)

R. (F.) intercostata (MATERN)

R. (M.) dichotoma (PAECKELMANN).

e) Profil am Abhang 200 m S HP 261, E Sinn:

Über styliolinenführenden Tonschiefern folgen wenige Meter Schalstein. Lesesteine von graugrünem, plattigem Kalk aus dem obersten Teil des Schalsteins enthielten Conodonten der Adorf-Stufe (Probe 240). Nördlich oberhalb der alten Halden wird eine kleine Klippe aus grauen Kalken der Unteren *quadrantinodosa*-Zone (do II β) gebildet (Pr. 239), die nach einer Aufschlußlücke von Sandsteinen und sandigen Schiefen überlagert werden.

Über den Dillenburger Schichten folgen im Profil a, c und vermutlich auch e etwa 2 m plattige, graue Kalke, in denen im Profil c außer vielen Conodonten der Mittleren Adorf-Stufe massenhaft kleine, glattschalige Brachiopoden und ein Gastropod gefunden wurden. Höchstes Adorf, das in der Eiternhöll-Schuppe durch Bänderschiefer vertreten ist, konnte in der Lendelbach-Schuppe nicht nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zu dem sandig-schiefrigen höheren Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe treten in der Lendelbach-Schuppe in der Nehden- und Hemberg-Stufe Kalke in den Schiefen auf. Graugrüne Kalkknotenschiefer der *crepida*-Zone (do II α) sind nur aus dem Profil c (Abb. 4) bekannt (Pr. 227, 228). Die höhere Nehden-Stufe (do II β) wird durch Schiefer und Kalke (Profil e, Abb. 4, Pr. 239) vertreten.

Ein Rotschieferhorizont fand sich außer im Profil d noch in einem Schurf am Hang zwischen den beiden alten Stollen östlich des Lendelbachtals, 200 m ESE HP 270,0 (R 345362; H 561473), wo er (Pr. 224) eine Fauna der Unteren *quadrantinodosa*-Zone (do II β) lieferte:

Palmatolepis glabra pectinata ZIEGLER
Palmatolepis gracilis gracilis BRANSON & MEHL
Palmatolepis quadrantinodosa inflexoidea ZIEGLER
Palmatolepis glabra lepta ZIEGLER & HUDDLE ?

Eine Besonderheit im Oberdevon der Lendelbach-Schuppe bilden Tuffe über den gebankten Kalken der Mittleren Adorf-Stufe. Diese Tuffe konnten nur im Profil c (Abb. 4) beobachtet werden. Eine Probe aus dem unteren Teil der etwa 90 cm mächtigen Serie lieferte aus graugrünem Tuff mit gelblichen, dichten und grauen, feinspätigen Kalkbrocken eine Mischfauna des do I – III (Pr. 232). Probe 320 etwa 50 cm über Probe 232 bestand hauptsächlich aus blaugrauem Stromatoporenkalk mit Tuffbrocken, Roteisensteinresten und gelblichen, dichten Kalkeinschlüssen.

Nach der Fauna der Probe 232 muß der Tuff der Lendelbachschuppe mindestens in die *quadrantinodosa*-Zone (do II β – III α) eingestuft werden. Der blaugraue Stromatoporenkalk, aus dem keine Conodontenfauna zu erwarten ist, ist aus der Lendelbach-Schuppe sonst nicht bekannt. Die schlecht gerundeten grauen und gelblichen Kalke der Probe 232 brauchen nicht weit transportiert worden zu sein, da sie in unmittelbarer Nachbarschaft des Tuffes anstehen. Ob der Tuffanteil dieser Serie von erneuter vulkanischer Tätigkeit im höheren Oberdevon oder von umgelagerten mittelbeziehungsweise tiefoberdevonischen Tuffen herrührt, konnte nicht entschieden werden. Der Tuff der Lendelbach-Schuppe wird nach einer Aufschlußlücke von hochoberdevonischen Schiefen und Sandsteinen überlagert.

In der südöstlichen Lendelbach-Schuppe werden die Schichten des Oberdevons von Unterkarbon überlagert, während sie in der nordwestlichen Lendelbach-Schuppe von mitteldevonischen Tonschiefern überschoben werden. Es wird, wie in der Eiternhöll-Schuppe, keine Schichtlücke zwischen Oberdevon und Unterkarbon angenommen.

3.2.4. Mittel- und Oberdevon der Bickener Schuppe

Im Bereich der Bickener Schuppe, also zwischen Lendelbach-Schuppe und Hörre-Zug, befand sich im Devon eine Schwellenregion (Tiefschwelle sensu RABLEN 1956), auf welcher in graugrünen, zum Teil feinsandigen Schiefen Kalklinsen unterschiedlicher Mächtigkeit abgelagert wurden.

Tab. 4. Conodonten aus Kalken des Mitteldevons und tiefen Oberdevons der Bickener Schuppe

Abb.	6			5			7											8											
Probe:	237	281	209	210	211	212	148	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	166	167	218	137	138	139	140	254	263	266	268	
<i>Polygnathus „webbi“</i> STAUFFER			x					o																					
<i>Pol. ling. linguiformis</i> HINDE	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x														
<i>Pol. angusticostatus</i> WITTEKINDT	x			o								o																	
<i>Spath. bidentatus</i> BISCHOFF & ZIEGLER		x		x																									
<i>Pol. eiflius</i> BISCHOFF & ZIEGLER																													
<i>Pol. xylus</i> STAUFFER																													
<i>Pol. pseudofoliatus</i> WITTEKINDT	x	x					x				x													x					o
<i>Pol. robusticostatus</i> BISCHOFF & ZIEGLER							o																						
<i>Pol. kockelianus</i> BISCHOFF & ZIEGLER	x	x								x	x																		
<i>Pol. trigonicus</i> BISCHOFF & ZIEGLER	x																												
<i>Pol. ling. mucronatus</i> WITTEKINDT																													
<i>Icriodus obliquimarginatus</i> BI. & ZIEGLER															x														x
<i>Pol. varcus</i> STAUFFER														x	x	x	x								x				
<i>Pol. decorosus</i> STAUFFER																													
<i>Pol. pennatus</i> HINDE									x																				
<i>Pol. ling. transversus</i> WITTEKINDT																													
<i>Schmidtnathus hermanni</i> ZIEGLER																													
<i>Schmidtnathus wittekindti</i> ZIEGLER																													
<i>Pol. cristatus</i> HINDE																													
<i>Pol. asym. asymmetricus</i> BISCHOFF & ZIEGLER																													
<i>Palmatolepis subrecta</i> MILLER & YOUNGQUIST																													
<i>Palmatolepis gigas</i> MILLER & YOUNGQUIST																													
<i>Ancyrodella curvata</i> (BRANSON & MEHL)																													
<i>Ancyrodella lobata</i> BRANSON & MEHL																													
<i>Ancyrognathus</i> sp.																													
<i>Polygnathus</i> sp.																													

Während sich bei Bicken (WITTEKINDT 1961) die Kalke zu ansehnlichen Komplexen zusammenschließen, treten im neu bearbeiteten Gebiet weniger Kalke auf. Der Kalkgehalt schwankt auf sehr kurze Entfernung.

Als ältestes Schichtglied der Bickener Schuppe konnte HELGA WITTEKINDT (1963) bei Ballersbach Kalke der Oberems-Stufe in Hercynfazies nachweisen.

Die Sedimentation auf der Bickener Schwelle dauerte durch das Mitteldevon bis in das höchste Oberdevon an. Als jüngstes Schichtglied wurde in der Bickener Schuppe bei Sinn hohes Oberdevon gefunden (Mittlere *costatus*-Zone, Pr. 143, Profil SW Rothestein, Abb. 7). In der nie mehr als 150 m breiten Bickener Schuppe bei Sinn gibt es kein durchgehendes Profil durch das Devon, da durch den Aufschub des Hörre-Zuges die kompetenteren Gesteine der Bickener Schwelle in mehrere kleine Schuppen zerlegt sind. Nur mit Hilfe von Conodonten konnten die bisher fossilleeren Kalke der Bickener Schuppe bei Sinn eingestuft werden.

3.2.4.1. Mitteldevon der Bickener Schuppe (Abb. 5–8, Tab. 4)

In der Bickener Schuppe bei Sinn treten graugrüne, zum Teil feinsandige Schiefer mit Styliolinen und Tentaculiten mit einzelnen Kalklinsen als Sattelkerne im Nordwestteil der Schuppe auf (Abb. 5).

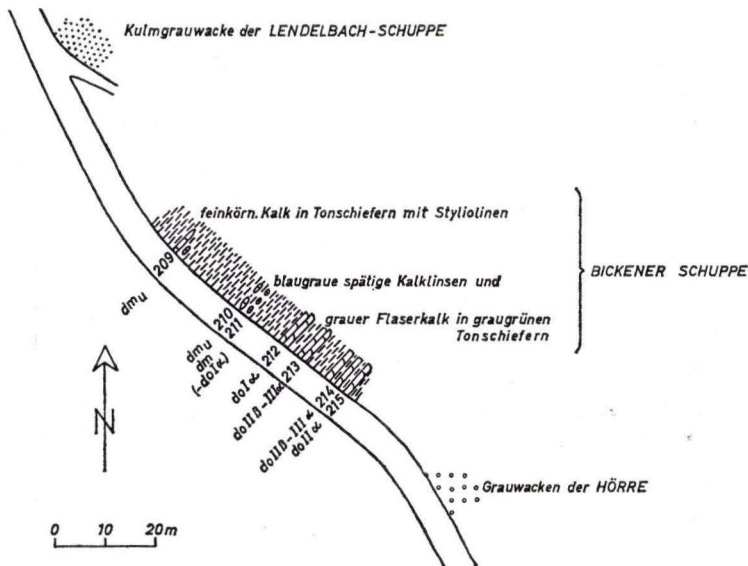


Abb. 5. Wegprofil durch die Bickener Schuppe 400 m NW HP 377, W Rothestein, NESinn.

Obwohl der Locus typicus des Ballersbacher Kalkes (Oberems-Stufe bis tiefe Eifel-Stufe) weniger als 2 km von den neu untersuchten Profilen entfernt ist, konnte bei Sinn erst der höhere Teil der Eifel-Stufe, die *kockelianus*-Zone nachgewiesen werden. Die reiche Conodontenfauna dieser Zone wurde immer aus dunkelblaugrauen, spätigen Kalklinsen (Pr. 237 im Profil an der Schieferseite, Abb. 6, und Probe 156 und

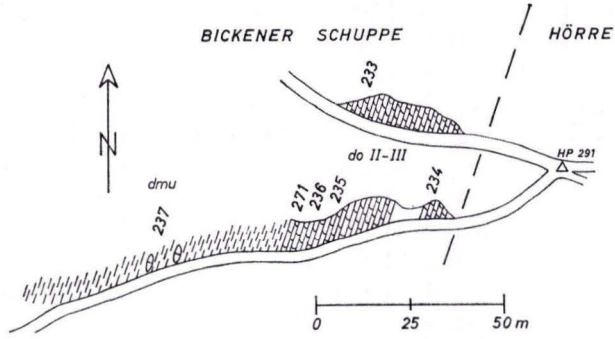


Abb. 6. Wegprofil durch die Bickener Schuppe an der Schieferseite E Sinn.

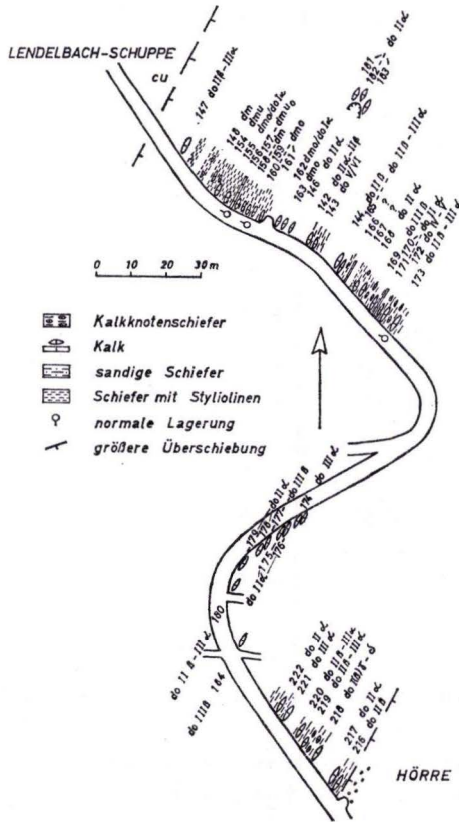


Abb. 7. Wegprofil durch die Bickener Schuppe SW Rothstein zwischen HP 377 und 261, NE Sinn.

157 im Profil SW Rothestein, Abb. 7) gewonnen, die nur östlich Sinn fast 1 m mächtig werden (Pr. 281 aus der Wegböschung 180 m SW HP 291 (R 345350; H 561305), s. Tab. 4). Vielleicht verbirgt sich aber die untere Eifel-Stufe in den grauen Kalklinsen am neuen Forstweg W Rothestein (Pr. 209) und am Weg SW Rothestein (Pr. 154) aus denen eine spärliche Conodontenfauna stammt, die nur eine Einstufung in die Eifelstufe im allgemeinen zuläßt.

Der Odershäuser Kalk der unteren Givet-Stufe wurde bisher nur aus der Bickener Schuppe nördlich der Aar beschrieben (WITTEKINDT 1961). Er fehlt schon in der Bickener Schuppe bei Ballersbach (HELGA WITTEKINDT 1963) und ist auch bei Sinn nicht gefunden worden.

Der *discoïdes*-Kalk, ein hellgrauer, dichter Kalk, vertritt den höheren Teil des Givets. Er wurde von H.-P. WITTEKINDT (1965) genau untersucht und in drei Conodontenzonen untergliedert. Bei Sinn fehlen aber häufig die für die einzelnen Zonen wichtigen Leitconodonten, so daß bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Pr. 163 im Profil SW Rothestein) nur eine Einstufung in die Givet-Stufe beziehungsweise Givet-Stufe bis Unter-Adorf-Stufe möglich war (Pr. 159, 160 im Profil SW Rothestein). Die für das oberste Mitteldevon und tiefste Oberdevon wichtigen Arten der Gattung *Schmidognathus* wurden nur in Pr. 212 (Profil W Rothestein) und Pr. 162 (Profil SW Rothestein) nachgewiesen.

3.2.4.2. Oberdevon der Bickener Schuppe (Abb. 5–8, Tab. 5)

Die Sedimentation der Kalklinsenschiefer der Bickener Schuppe setzt sich ohne Unterbrechung vom Mitteldevon in das Oberdevon fort. Eine lithologische Trennung der Kalke des Mitteldevons von den Oberdevonkalcken ist nicht möglich. Grauer Flaserkalk der tiefen Adorf-Stufe (unteres do I α) befindet sich im Profil am neuen Forstweg W Rothestein in graugrünen Tonschiefern (Pr. 212). Die höhere Adorf-Stufe (do I $\beta/\gamma-\delta$) besteht aus Kalkknotenschiefern (Pr. 137, 138, 140 im Profil zwischen Edingen und Sinn und Pr. 266 am Waldweg oberhalb Bundesstraße 277 zwischen Edingen und Sinn, Abb. 8) und hellgrauen, dünnplattigen Kalken (Pr. 218 im Profil SW Rothestein, Abb. 7 und Pr. 263 oberhalb der Bundesstraße 277 zwischen Edingen und Sinn). Der Kellwasserkalk konnte, wie bei Ballersbach (HELGA WITTEKINDT 1963), nicht nachgewiesen werden. Reiche Conodontenfaunen der tiefen Nehden-Stufe (do II $\alpha = crepida$ -Zone) lieferten vor allem Flaserkalke und Kalkknotenschiefer aus dem Profil SW Rothestein (Pr. 146, 168, 171, 175, 176, 179, 181, 182, 183, 217, 222) und in der Bickener Schuppe zwischen Edingen und Sinn (Pr. 129, 259). Nur oberhalb der Straße von Edingen nach Sinn konnte eine Conodontenfauna der *rhomboïdea*-Zone (unteres do II β) aus graugrünem Flaserkalk (Pr. 253) gewonnen werden.

Neben den Kalken der tiefen Nehden-Stufe (do II α) sind in der Bickener Schuppe bei Sinn Kalkknotenschiefer und Flaserkalke der hohen Nehden- bis tiefen Hemberg-Stufe (do II β –III $\alpha = quadrantinodosa$ -Zone) am häufigsten zu finden. Sie bilden im Profil am neuen Forstweg W Rothestein (Pr. 213 und 214, Abb. 5) und an der Schieferseite (Pr. 271, 236, 235 und 234, Abb. 6) das jüngste Schichtglied der Bickener Schuppe. An der Schieferseite überlagern die Kalke der *quadrantinodosa*-

Zone unter Ausfall der Kalke der Givet-Stufe und des tiefen Oberdevons kieselige Schiefer, in die im höheren Teil eine dünne Grauwackenbank eingeschaltet ist. Wenn das Profil ungestört ist, würden diese kieseligen Schiefer dem Grenzbereich Mitteldevon zu Oberdevon angehören.

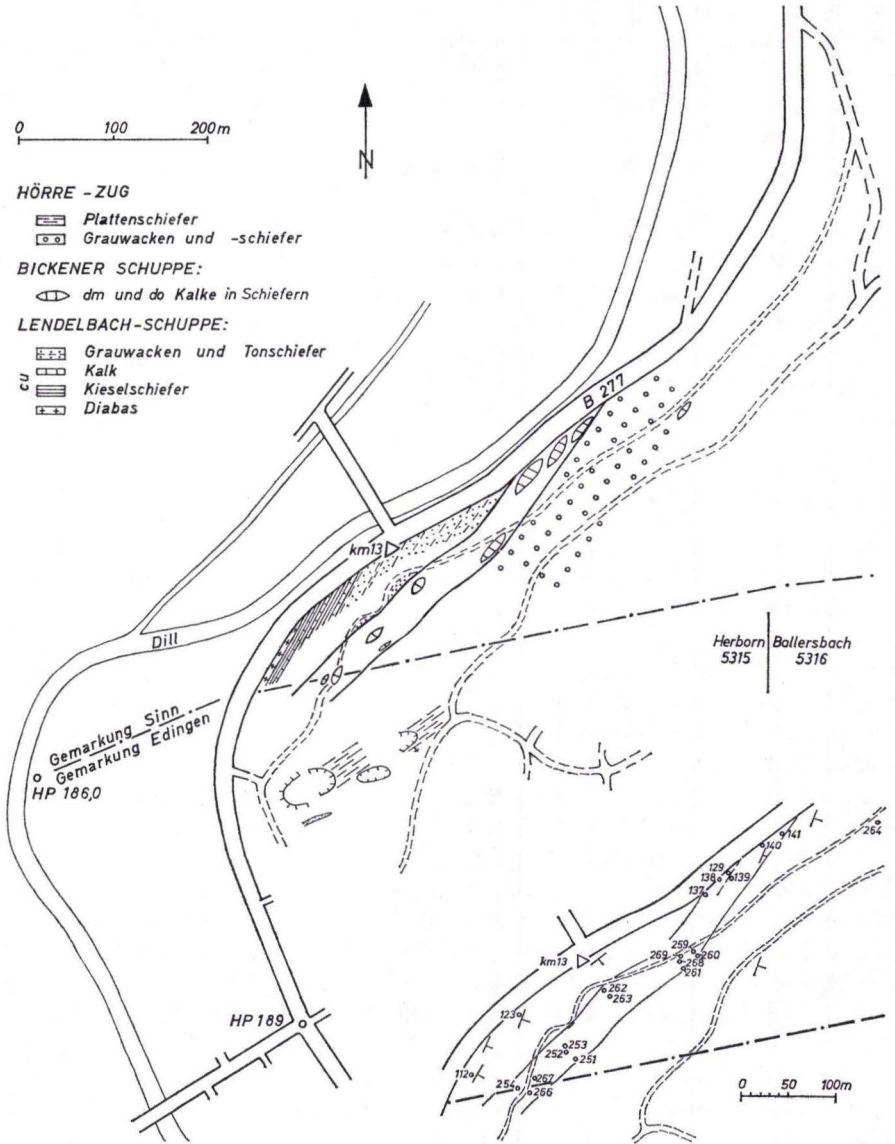


Abb. 8. Die Lendelbach-Schuppe und Bickener Schuppe zwischen Edingen und Sinn östlich Bundesstraße 277. (Dieses Gebiet schließt an die geologische Karte auf Taf. 8 SW Sinn an.)

Zwischen Edingen und Sinn lieferten die Proben 261, 262, 252, 253 eine Fauna der hohen Nehden- bis tiefen Hemberg-Stufe. Im Profil SW Rothstein (Abb. 7) treten Flaserkalke des do II β – III α mehrfach auf (Pr. 144, 147, 165, 173, 174, 180, 216, 219, 220, 221). Flaserkalke des do III β (Mittlere bis Obere *velifer*-Zone) stehen nur am Weg SW Rothstein an (Pr. 169, 177 und 184).

Daß die Kalklinsenfazies der Bickener Schuppe bis in das höchste Oberdevon reicht und nicht von der „Hörre-Fazies“ abgelöst wird (entgegen KEGEL 1934a), beweisen die Faunen der Proben 141 (do III – IV im höchsten Teil des Profils an der Bundesstraße zwischen Edingen und Sinn, Abb. 8), 172 (*styriacus*-Zone, oberes do IV – V) und 143 (Mittlere *costatus*-Zone aus dem Profil SW Rothstein (Abb. 7).

Der Übergang von Gesteinen der Bickener Schwelle zu den Gesteinen des südöstlich anschließenden „Hörre-Zuges“ konnte nicht gefunden werden. Sandige Einschaltungen in der Bickener Schuppe sind selten: In einer sandigen Lage zwischen Probe 222 und 221 im Profil SW Rothstein (Abb. 7) fanden sich schlecht erhaltene Entomozoen der *serratostrata*-Gruppe, die (wie Probe 222) für eine Einstufung in die Nehden-Stufe sprechen. Sandige Schiefer mit Entomozoen fanden sich auch als Lesesteine im Grenzgraben Edingen–Sinn.

Es wird vermutet, daß der Übergangsbereich zwischen Kalklinsenfazies der Bickener Schuppe und den vorwiegend sandig-tonigen Gesteinen des Hörre-Zuges tektonisch unterdrückt ist.

3.3. Unterkarbon

Unterkarbonische Schichten wurden 1) in der Eisemröther Schuppe unter der Überschiebung der Eiternhöll-Schuppe östlich Herborn, 2) in der Eiternhöll-Schuppe südwestlich Ballersbach unter der Überschiebung der Lendelbach-Schuppe und 3) in der Lendelbach-Schuppe bei Sinn unter der Überschiebung der Bickener Schuppe auskartiert. In der Bickener Schuppe ist kein Unterkarbon nachgewiesen worden.

Die Ausbildung des Unterkarbons der Eisemröther, Eiternhöll- und Lendelbach-Schuppe schließt sich eng an die Entwicklung in der südwestlichen Dillmulde (Fazies des Kulm) an. Es bestehen keine faziellen Unterschiede in den einzelnen Schuppen, so daß eine zusammenfassende Darstellung möglich ist.

3.3.1. Hangenbergschiefer

Die ältesten Sedimente des Unterkarbons der Dill-Mulde stellen die Hangenbergschiefer dar. Hierzu müssen wahrscheinlich die Lesesteine bräunlich verwitternder, feinglimmerhaltiger, leicht sandiger Schiefer gestellt werden, die sich in der Eiternhöll-Schuppe südöstlich von Herborn in einem Windbruch 220 m NE HP 361, SSW Hohe Warte (R 345308; H 561516) zwischen Sandsteinen und stark glimmerhaltigen sandigen Schiefen fanden, die durch einen Diabas von den Liegenden Alaunschiefern der tiefen *Pericyclus*-Stufe getrennt sind. In den Schiefen (Pr. 39) fanden sich Conodonten des cu I:

Polygnathus purus purus VOGES ?
Polygnathus purus cf. *purus* VOGES

Polygnathus cf. communis BRANSON & MEHL
Siphonodella duplicata (BRANSON & MEHL)

Im übrigen Arbeitsgebiet konnten diese cu-I-Schiefer nicht mehr gefunden werden. Die Grenze Oberdevon/Unterkarbon ist entweder nicht aufgeschlossen oder durch Diabas gestört.

3.3.2. Liegende Alaunschiefer und schwarze Kieselschiefer

Das erste besser verfolgbare Schichtglied im Unterkarbon sind die Liegenden Alaunschiefer und schwarzen Kieselschiefer der unteren bis mittleren *Pericyclus*-Stufe (cu II $\alpha - \beta/\gamma$). Sie konnten südöstlich von Herborn unter dem Deckdiabas und als geringmächtige Einschaltungen im Deckdiabas mit Conodonten belegt werden:

- a) Aufschlüsse in den Liegenden Alaunschiefern unter dem Deckdiabas:
 In einem Windbruch am Steilhang südlich des Lendelbachoberlaufes fanden sich unter Baumwurzeln schwarze und gebleichte Alaunschiefer, in die sich im höheren Teil schwarze Kieselschiefer einschalten (R 34 53 19; H 56 15 09). Die Alaunschiefer enthalten Conodonten der tiefen *Pericyclus*-Stufe (*Siphonodella crenulata*-Zone bis tiefere *anchoralis*-Zone) (Pr. 207 auf Tab. 6).
- b) Aufschlüsse in schwarze Kieselschiefern unter dem Deckdiabas:
 α) Klippe im Wald 360 m WNW HP 243 am Südhang des Seitentälchens des Lendelbaches (R 34 52 91; H 56 14 54).
 β) Schonung oberhalb des Wanderweges von Herborn zum Stellbeutel, 250 m SSW Hohe Warte (R 34 53 25; H 56 15 35).
 γ) Im Weg von Herborn nach Ballersbach sind 200 m SW HP 357,1 und in der nordwestlich anschließenden Schonung blauschwarze Kieselschiefer und kieselige Schiefer aufgeschlossen.
 δ) Im Quellgebiet des Rudelsbaches bei dem Wbh Ballersbach 450 m NE HP 405,6 (R 34 53 65; H 56 15 84).
- c) Aufschlüsse in den Liegenden Alaunschiefern und dunklen Kieselschiefern im Deckdiabas:
 Eiternhöll-Schuppe:
 In der Wegkurve nördlich oberhalb des Lendelbaches, 300 m NW HP 243 sind in den Deckdiabas 0,5 m schwarze Kieselschiefer und 1,5 m Eisenkiesel eingeschaltet (R 34 52 98; H 56 14 60).
 Lendelbach-Schuppe:
 α) Bei dem Ausbau des Forstweges westlich Rothestein wurden im Straßengraben 150 m W HP 392 im Deckdiabas Eisenkiesel, Rotschiefer und nach einer kleinen Aufschlußlücke Alaunschiefer und dunkle Kieselschiefer aufgeschlossen (Conodonten aus den Alaunschiefern der Pr. 218 s. Tab. 6).
 β) Im höheren Teil des Deckdiabases am Forstweg westlich Rothestein, 250 m SSW HP 392, stehen graugrüne, harte Schiefer, Alaunschiefer, dunkle Kieselschiefer und kontaktmetamorph veränderte Schiefer vermutlich der *anchoralis*-Zone (cu II β/γ) an. Pr. 220 (Tab. 6) stammt aus einer etwas brecciösen Lage in grünen Schiefnern.

3.3.3. Kulmkieselschiefer

Der Deckdiabas wird von hellen Kieselschiefern der höheren *Pericyclus*-Stufe (cu II $\beta/\gamma - \delta$) überlagert. Die hellen Kulmkieselschiefer sind in der Eiternhöll-Schuppe am schönsten im Steinbruch südwestlich von Ballersbach bei HP 357,1 aufgeschlossen (Abb. 9, Profil A):

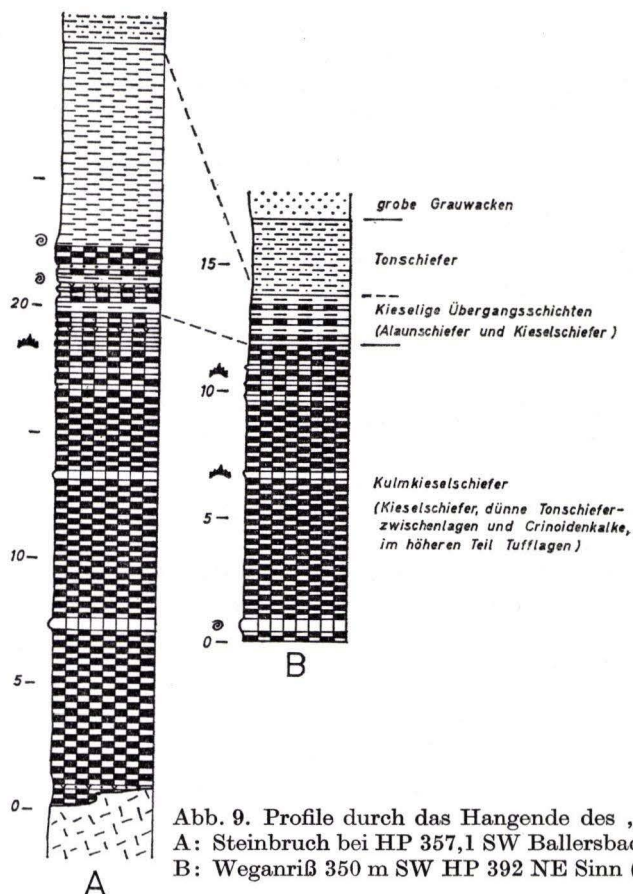


Abb. 9. Profile durch das Hangende des „Deckdiabases“ (cu II – III).
 A: Steinbruch bei HP 357,1 SW Ballersbach (Eiternhöll-Schuppe),
 B: Weganriß 350 m SW HP 392 NE Sinn (Lendelbach-Schuppe).

Über dem Deckdiabas folgen hier etwa 18 m helle, graugrüne, zum Teil rötliche Kiesel-schiefer mit dünnen Tonschiefer- und Tufflagen.

Ein letztes Aufflackern der vulkanischen Tätigkeit zeigt nach KEGEL (1927: 10) ein kalkig-brecciöses Tuffbänkchen mit Fossilresten in den Kieselschiefern bei HP 357,1. Bis zum Sommer 1963 war diese Bank im nördlichen Teil des Bruches als brauner, tuffhaltiger Mulm mit schön herausgewitterten Crinoidenstielen zu sehen. Im Planum des Bruches stand diese Bank als brecciöser, tuffhaltiger, leicht kieseliger, grauer Crinoidenkalk mit kleinen Korallen an. 6 m über dieser groben Lage befindet sich eine zweite Crinoidenkalkbank. Über dieser folgen noch weitere geringmächtige Kalkbänkchen, die aber an der Nordostwand des Bruches unter den Alaunschiefern nur als brauner Mulm in den Kieselschiefern vorliegen.

An Fauna fand sich in dem höheren Teil der hellen Kulmkieselschiefer im nordöstlichen Teil des Steinbruches bei HP 357,1 neben unbestimmbaren Conodonten auch Ostracoden und Brachiopoden.

Das Profil durch die Kulmkieselschiefer der Lendelbach-Schuppe am Forstweg westlich Rothstein 350 m SW HP 392 (Profil B auf Abb. 9) ist sehr gut mit dem Profil durch das höhere cu II der Eiternhöll-Schuppe bei HP 357,1 zu vergleichen. Auf der Abb. 9 sind beide Säulenprofile gegenübergestellt. Durch die Bauarbeiten am

Forstweg westlich Rothestein wurden die Kalkbänke in den Kulmkieselschiefern sehr gut aufgeschlossen, so daß im Gegensatz zu dem Profil im Nordostteil des Steinbruches bei HP 357,1 hier Conodontenproben der frischen Kalke entnommen werden konnten:

Die unterste gröbere, tuffhaltige Crinoidenkalkbank (Pr. 208 und 280) lieferte nur Crinoiden, Foraminiferensteinkerne, Gastropoden, Ostracoden und Schwammreste.

6 m über dieser groben Crinoidenkalkbank folgt eine feinere Crinoidenkalkbank (Pr. 206 und 277, Tab. 6).

Auch die Conodonten aus den dünnen Kalkbänkchen im höchsten Teil der hellen Kieselschiefer lassen nach dem heutigen Stand der Conodontenforschung keine genaue Datierung zu, da diese Conodonten noch bis in die *Goniatides*-Stufe (cu III) hineinreichen. (Pr. 278 etwa 9 m über dem groben, tuffhaltigen Crinoidenkalk und Pr. 279 10 m über dem groben Crinoidenkalk auf Tab. 6).

Da am Niederbachsberg westlich Ballersbach cu III α 1 mit Goniatiten über diesen Kieselschiefern mit Crinoidenkalken gefunden werden konnte, kann es sich nur um Kalke in den Kieselschiefern des cu II β/γ - δ handeln.

Zu diesen Kalkeinschaltungen in den hellen Kulmkieselschiefern ist wohl auch der von KAYSER in den Erläuterungen zu Blatt Ballersbach (1907: 37) aus dem obersten Lendelbachtal beschriebene Crinoidenkalk (cu lk) zu stellen. Dieses Vorkommen konnte bei der Neukartierung nicht wiedergefunden werden. Die wenigen Kalkbrocken, die sich beim Bau des Wbh. Sinn im obersten Lendelbachtal fanden, lieferten (freundl. mündl. Mitteilung von HELGA WITTEKINDT) keine Conodonten.

Tab. 6. Conodontenfaunen der *Pericyclus*-Stufe (cu II) aus der Eiternhöll-Schuppe (= ES) und Lendelbach-Schuppe (= LS)

Probe	ES			LS						
	207	73	208	218a	218b	220	123	206/277	278	279
<i>Polygnathus communis</i> BRANSON & MEHL					x					
<i>Polygnathus lacinus</i> HUDDLE		x								
<i>Siphonodella obsoleta</i> HASS	o	x								
<i>Siphonodella crenulata</i> COOPER	x				x					
<i>Siphonodella</i> sp., aff. <i>S. sexplicata</i> BRANSON & MEHL	x									
<i>Gnathodus texanus</i> ROUNDY		o				o		x	x	x
„ <i>delicatus</i> BRANSON & MEHL		?		x	x			x		
„ <i>semiglaber</i> (BISCHOFF)	o		x					x	o	
„ <i>punctatus</i> (COOPER)	x				o					
„ <i>commutatus commutatus</i> BRANSON & MEHL								x	x	
„ <i>commutatus homopunctatus</i> ZIEGLER										x
„ <i>bil. bilineatus</i> (ROUNDY)									x	x
„ sp.	x	x	x		x	x				
<i>Geniculatus claviger</i> (ROUNDY)						?				
„ <i>glottoides</i> VOGES								o		
umgelagerte do-Conodonten	x				x					

Weitere Aufschlüsse in den hellen Kulmkieselschiefern:

Eiternhöll-Schuppe:

1. Böschung in der Schonung oberhalb Oberlauf des Rudelsbaches direkt südlich des Wbh SW Ballersbach (R 345370; H 561581).
2. Im Weg von Herbörn nach Ballersbach SW Wbh Ballersbach ESE Niederbachsberg (R 345441; H 561644).
3. Steinbruch 75 m SSW HP 357,1 SW Ballersbach (R 345393; H 561613).
Lendelbach-Schuppe:
4. Im Steinbruch an der Bundesstraße 277 zwischen Edingen und Sinn bei km 13,18 waren über Diabas Kieselschiefer mit hellgrauen, dünnen Kalkbänkehen aufgeschlossen. Aus den Kalken konnten nur Schwammnadeln gewonnen werden (Pr. 112). Die Kieselschiefer über dem Diabas sind noch weiter nach Nordwesten zu verfolgen. Sie enthalten im hangenden Teil vereinzelt Grauwackenbänke und gehen dann in harte, zum Teil kieselige Schiefer mit Grauwacken über. Aus einer Kalkbank (Pr. 123) in dem tieferen Teil der Kieselschiefer bei km 13,08 stammt die Conodontenfauna auf Tab. 6.
5. Steinbruch am Rennweg bei HP 392 NW Rothestein (Profil s. KEGEL 1927).
6. Wegböschung SW Rothestein, 580 m SSW HP 392 (R 345393; H 561403).
7. Bachanriß 150 m ESE HP 261 NE Sinn (R 345379; H 561385).

3.3.4. Kieselige Übergangsschichten

Die Kulmkieselschiefer werden von einer Wechselfolge aus Kieselschiefern und Alaunschiefern mit Tufflagen überlagert, die seit NICOLAUS (1963) kieselige Übergangsschichten genannt werden. Die Kieseligen Übergangsschichten gehören der unteren *Goniatites*-Stufe (*crenistria*-Zone = cu III α) an. Sie sind südöstlich Herbörn nicht überall in gleicher Mächtigkeit ausgebildet. Sie konnten nur an zwei Stellen durch Goniatiten nachgewiesen werden. Ob sie an manchen Stellen primär fehlen oder nur tektonisch unterdrückt wurden, konnte nicht geklärt werden.

Das beste Profil durch die Kieseligen Übergangsschichten befindet sich südwestlich Ballersbach im Steinbruch bei HP 357,1 (ob. Teil von Profil A in Abb. 9). Hier folgen über den hellen Kulmkieselschiefern 2 m dunkle Alaunschiefer mit dünnen Kieselschiefer- und Tuff-Lagen. Nach einer etwa 1 m mächtigen Kieselschieferfolge sind noch 8 m gebleichte Alaunschiefer aufgeschlossen, die von graugrünen Tonschiefern überlagert werden. Auf Abb. 9, Profil A, sind zwei goniatitenreiche Alaunschieferlagen gekennzeichnet. Für die Bestimmung dieser schlecht erhaltenen Goniatiten möchte ich Herrn Dr. KULICK (Wiesbaden) herzlich danken.

Die untere Lage 50 cm über einem auffälligen Tuffband enthielt in den Alaunschiefern (tiefers cu III α):

Nomismoceras sp.

Nomismoceras vittiger (PHILL.)

Nomismoceras spirotissimum (PHILL.)

Pronorites sp. ?

In den umgebenden graugrünen leicht kieseligen Tonschiefern fanden sich neben unbestimmbaren Conodonten auch Ostracoden, kleine Brachiopoden und ein Trilobitenrest. Die obere Goniatitenlage in den gebleichten Alaunschiefern (höheres cu III α) lieferte:

Goniatites crenistria ssp.

Goniatites maximus var. *C* BISAT

Muensteroceras truncatum (PHILL.)
Pronorites sp. ?

In den Tonschiefern über den gebleichten Alaunschiefern befand sich keine Fauna, so daß nicht klar ist, ob diese Tonschiefer schon zu den Kulmtonschiefern zu stellen sind, oder ob sie zu dem höheren Teil der Kieseligen Übergangsschichten gehören. Bei Herborn ist schon das cu III α 4 als Tonschiefer mit Grauwacken ausgebildet (NICOLAUS 1963), während weiter nördlich noch Alaunschiefer zur Ablagerung kamen. Die Grauwackenschüttung griff erst in jüngerer Zeit weiter nach Norden.

Ein weiterer Goniatitenfund stammt aus Kieseligen Übergangsschichten über hellen Kieselschiefern an der Nordseite des oberen Lendelbachtals, 230 m NW HP 270,0 (R 345335; H 561506): *Nomismoceras* sp. und *Pronorites* sp.

Die im Profil B auf Abb. 9 eingezeichneten Kieseligen Übergangsschichten sind faunistisch nicht belegt.

3.3.5. Kulmtonschiefer und Kulmgrauwacken

Neben dem Diabas sind die Tonschiefer und Grauwacken der höheren *Goniatites*-Stufe (cu III) das mächtigste Schichtglied des Unterkarbons. Graugrüne, z. T. griffelig zerfallende Tonschiefer wechsellagern mit meist grobkörnigen, graugrünen und blaugrauen, bräunlich verwitternden Grauwacken, so daß Tonschiefer und Grauwacken nicht getrennt auskartiert wurden.

Aufschlüsse in der Eisemröther Schuppe:

1. Blaugraue und graugrüne, z. T. griffelig zerfallende Tonschiefer bilden etwa 30 m mächtig die Wegböschung östlich des Dernbachtals, 250 m SW HP 243,0. Sie werden im Südwesten überlagert von einer Wechselfolge von bräunlich verwitternder Grauwacke mit Pflanzenresten und Grauwackenschiefern. Die konglomeratische Lage im oberen Teil des Profiles konnte nur mit Lesesteinen nachgewiesen werden. Weiter nordöstlich, etwa 300 m SE HP 243,0 bilden konglomeratische Grauwacken eine kleine Kuppe.
2. In einem kleinen Anriß am Fahrweg von Herborn nach Ballersbach bei HP 317,1 werden graugrüne Tonschiefer von einer groben Grauwackenbank überlagert (R 345277; H 561611).
3. Südöstlich Herborn ist in drei großen Steinbrüchen am Stützelberg ein fast 100 m mächtiges Profil durch das höchste Unterkarbon der Eisemröther Schuppe in normaler Lagerung aufgeschlossen. In den beiden unteren Steinbrüchen südöstlich des Stützelberges wird die Nordostwand im unteren Teil aus dickbankiger bis massiger Grauwacke gebildet, während im höheren Teil dünnbankige Grauwacken mit Grauwackenschiefern wechsellagern.

Der höhere Teil der Schiefer-Grauwackenfolge ist in dem oberen Steinbruch östlich des Stützelberges sehr gut aufgeschlossen, so daß die typischen Merkmale eines Turbidits gut zu sehen sind, wie gradierte Schichtung, Strömungswülste und Schleifmarken auf Bankunterseiten, eingeregelter Pflanzenreste und dachziegelartige Lagerung von größeren Komponenten in den Grauwackenbänken. Die Schüttungsrichtung scheint überwiegend beckenparallel verlaufen zu sein.

Konglomeratische Lagen kommen nur mitten in der Grauwacke im Eingang zu dem oberen Steinbruch in mehreren Lagen vor. Die Konglomerate bestehen aus meist schlecht gerundeten Geröllen von Gangquarzen, Kieselschiefern, Quarziten, Phylliten und magmatischen Gesteinen. Als Liefergebiet für die Kulmgrauwacken mit konglomeratischen Lagen nehmen unter anderen JOCHMUS-STÖCKE (1929), PICKEL (1937), BRINKMANN (1948), KULICK (1960) und HENNINGSEN (1961) die Mitteldeutsche Schwelle an.

An Fossilien konnten in den Grauwackenschiefern massenhaft, seltener in den Grauwacken *Asterocalamites scrobiculatus* SCHLOTHEIM und *Lepidodendron* sp. in Knorrien und Bergeria-Erhaltung gefunden werden.

Nach KULICK (1960) liegen die tiefsten Konglomeratlagen des Kulms vom Stützelberg „schätzungsweise 70–90 m über der untersten Grauwackenbank“, die am Geistlichen Berg bei Herborn in die höchste *crenistria*-Zone (cu III α 4) nach NICOLAUS (1963) eingestuft werden konnte. Ob die Grauwacken des Stützelberges noch zu der obersten *crenistria*-Zone oder schon zu der *striatus*-Zone (cu III β) gehören, ist unsicher, da außer zwei *Posidonia becheri* BRONN (KULICK 1960) keine Fauna aus den Kulmgrauwacken des Stützelberges vorliegt.

Aufschlüsse in der Eiternhöll-Schuppe:

1. Feinsandige, zum Teil glimmerhaltige, gelblich verwitternde Schiefer stehen am Weg von Ballersbach nach Herborn, E Niederbachsberg und im Weganriß 450 m ESE HP 354,2 an.
2. Im Weg vom Steinbruch bei HP 357,1 zum Grabenbachtal sind graugrüne Tonschiefer nach einer Aufschlußlücke von untermitteldevonischen Tonschiefern überschoben.
3. Graue, zum Teil griffelig zerfallende Tonschiefer und graubraune, sandige, zum Teil glimmerhaltige Schiefer bilden die Wegböschung oberhalb oberem Rudelsbachtal, SW Ballersbach, etwa 600 m NE Hohe Warte.
4. Grauwacken und Grauwackenschiefer sind am Wanderweg von Herborn zum Stellbeutel SSE Hohe Warte zu sehen.

Aufschlüsse in der Lendelbachschuppe:

1. Im Südteil des Profils am Forstweg westlich Rothestein 350 m SW HP 392 sind Kulmgrauwacken und Tonschiefer aufgeschlossen.
2. Die Kalklinsenschiefer der Bickener Schuppe sind westlich Rothestein, 400 m SSW HP 392 auf grobe Kulmgrauwacke geschoben (Abb. 5).
3. Ein kleiner Steinbruch in grober Grauwacke befindet sich im Forst 26 östlich Sinn, 250 m WNW HP 291.
4. Oberhalb und an der Bundesstraße 277 zwischen Edingen und Sinn bei km 13 stehen splittrige, graugrüne Schiefer und Grauwacken an. Daß sie stark spezialgefaltet sind, war 1967/68 gut in der Baugrube für die neue Autobahnbrücke zu sehen.

4. Vulkanismus

Eine petrographische Einteilung der vulkanischen Gesteine konnte im Rahmen dieser Arbeit nur nach makroskopisch sichtbaren Merkmalen erfolgen.

4.1. Quarzporphyr und Diabasmandelstein im Mitteldevon

Kleine Vorkommen von dichtem, grünlichgrauem, z. T. leicht rötlichem, hell anwitterndem, einsprenglingsreichem Quarzporphyr befindet sich in der Lendelbach-Schuppe:

- a) Klippe im Forst 24, 250 m W HP 334,7 (R 345362; H 561535).
- b) 220 m WNW HP 342 und 250 m WSW HP 342 NW der Straße von Sinn nach Ballersbach (R 345386; H 561499 u. R 345380; H 561488).
- c) 270 m W HP 323 E oberhalb Lendelbach (R 345346; H 561439).

Wenn man die Quarzporphyrgerölle im obermitteldevonischen konglomeratischen Schalstein als Abtragungsprodukt der Quarzporphyrstöcke betrachtet, müssen die Quarzporphyre älter als oberes Mitteldevon sein. Sie gehören damit nicht zu der sauren Gruppe des unterkarbonischen Vulkanismus, wie KOCKEL (1958: 96) vermutete.

Diabasmandelstein kommt südöstlich von Herborn in der Eiternhöll-Schuppe nur im Zusammenhang mit mitteldevonischem Schalstein vor. Das in frischem Zustand graugrüne, bräunlich verwitternde, feinkörnige bis dichte Gestein mit Kalkspatmandeln ist an folgenden Stellen in der Eiternhöll-Schuppe aufgeschlossen:

- a) E B 277 am unteren Fußweg von Herborn nach Sinn, 550 m WNW Beilstein (R 345215; H 561486).
- b) Wegböschung 410 m WNW HP 294,7 (R 345218; H 561536).
- c) Kleiner Steinbruch im Forst 13, 580 m NNW HP 294,7 (R 345242; H 561573).
- d) Anriß am Weg von Herborn nach Ballersbach im oberen Dernbachtal 380 m E HP 317, 1 (R 345306; H 561608).
- e) 200 m W HP 384 W Niederbachsberg (R 345327; H 561646).

In der Lendelbach-Schuppe östlich oberhalb Lendelbachtal ist der Schalstein teilweise so reich an Diabasmandelsteinbomben daß er kaum von einem Mandelsteinstock zu unterscheiden ist.

4.2. Unterkarbonischer Vulkanismus

Hierzu werden SE Herborn der grobkörnige Intrusivdiabas im Oberdevon, der „Deckdiabas“ und der Pikrit gestellt.

3.2.1. Intrusivdiabas im Oberdevon und tiefsten Unterkarbon

Lagergänge von grobkörnigem Diabas im Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe stellen das widerstandsfähigste Gestein südöstlich Herborn dar. Dieser Intrusivdiabas bildet die höchsten Erhebungen des Arbeitsgebietes wie Beilstein und Hohe Warte. Der Schutt dieses kugelig verwitternden grobkörnigen Gesteins verdeckt häufig das Oberdevon an den Hängen der Hohen Warte und des Beilsteins. Im Bereich dieser beiden Berge wurden früher Diabasblöcke zu grabähnlichen Hügeln und Böschungsbefestigungen zusammengetragen.

Aufschlüsse in grobkörnigem Diabas:

- a) Steinbruch gegenüber Neuhoffnungshütte N Sinn an der Straße nach Herborn (R 345245; H 561395).
- b) An der Steilwand E Bundesstraße 277, 170 m SSE HP 196,4 ist ein grobkörniger Diabas und oberdevonische Sandsteine und Schiefer mit mehreren kleinen Querstörungen aufgeschlossen.
- c) Gipfel und SW-Hang des Breilsteines (HP 363,8).
- d) Kuppe oberhalb Betonforstweg, N Referendarkreuz, 380 m SW Hohe Warte (R 345296; H 561538).

- e) Kleiner Steinbruch N oberhalb oberem Lendelbachtal, 450 m SSW Hohe Warte (R 345321; H 561517).
- f) Gipfel und NW-Hang der Hohen Warte (HP 405,6).

4.2.2. „Deckdiabas“

Als „Deckdiabas“ wird der unterkarbonische basische Erguß-Vulkanismus bezeichnet.

Bei der Neukartierung wurde nicht zwischen submarin-effusivem und subeffusivem Diabas unterschieden, da der „Deckdiabas“ südöstlich Herborn selten dicht ausgebildet ist und typische Pillowbildung fehlt.

Die Untergrenze des „Deckdiabases“ ist südöstlich Herborn nicht aufgeschlossen. Aus der Lesesteinkartierung geht aber hervor, daß er von den Liegenden Alaunschiefern und schwarzen Kieselschiefern unterlagert wird.

Als Einlagerungen im „Deckdiabas“ der Eiternhöll-Schuppe kommen Eisenkiesel und Rotschiefer vor, die sich viele hundert Meter weit verfolgen lassen:

- a) Im Schurfloch bei HP 328,4 NNE Sinn fanden sich außer Eisenkiesel noch kieselige Rotschiefer mit Conodonten (Pr. 73 in Tab. 6) (R 345280; H 561440).
- b) Rote, z. T. feinglimmerhaltige Tonschiefer und rote kieselige Schiefer stehen in Schurf-löchern im Wald 350 m NNW HP 270,0 oberhalb Lendelbachoberlauf an (Pr. 208 in Tab. 6) (R 345334; H 561520).

Daß der „Deckdiabas“ der Eiternhöll-Schuppe von etwa 18 m hellen Kieselschiefern überlagert wird, ist im Steinbruch bei HP 357,1 gut zu sehen (Abb. 9, Profil A). Diese hellen Kieselschiefer mit Tonschieferlagen greifen zungenförmig in die Diabasoberfläche hinein, es handelt sich also vermutlich um einen subeffusiven Diabas.

Weitere Aufschlüsse im „Deckdiabas“ und Eisenkiesel:

- a) Am Eingang des alten Stollens WSW Ballersbach, 400 m E HP 354,2 steht Eisenkiesel in körnigem Diabas an (R 345451; H 561664).
- b) Eisenkieselklippen befinden sich NE Hohe Warte, oberhalb Rudelsbachtal, 200–300 m SW HP 357,1.
- c) Weganrisse und Klippe im Eisenkiesel und „Deckdiabas“ W oberhalb Lendelbachtal, W und WNW HP 243.
- d) Kleiner Steinbruch im „Deckdiabas“ 250 m NW HP 243 (R 345304; H 561455).

Lendelbach-Schuppe:

- a) In der Schonung zwischen altem Rennweg und neuer Forststraße N HP 392 sind mehrere Anrisse in zum Teil sehr dichtem Diabas.
- b) Eisenkiesel bildet eine große Klippe 370 m SE HP 323 W Rothstein.
- c) Steinbruch bei HP 261, im „Deckdiabas“, NE Sinn (R 345370; H 561387).
- d) „Deckdiabas“ über dunklen Kieselschiefern und einer kalkigen, schalsteinähnlichen Einschaltung steht am Weg NE Sinn, 250 m NNE HP 279,8 an (R 345342; H 561352).

Eng mit dem „Deckdiabas“-Vulkanismus verbunden sind die lagerartigen Intrusionen von grobkörnigem Diabas und die stockartigen Vorkommen von Pikrit. SE Herborn wurden Diabasintrusionen nur im Oberdevon und tiefsten Unterkarbon auskartiert. Im höheren Unterkarbon über den hellen Kulmkieselschiefern wurden keine Diabase mehr gefunden.

4.2.3. Pikrit

Pikrit wurde in der Eiternhöll-Schuppe am Niederbachsberg und nördlich der Hohen Warte in Steinbrüchen als Werkstein für Fassaden und Denkmäler abgebaut. Heute lohnt sich ein Abbau solch kleiner Vorkommen nicht mehr. KAYSER (1907b) bezeichnete dieses Diabasgestein als Olivindiabas; nach HENTSCHEL (1968: 73–74) kann es zum Pikrit gerechnet werden.

Aufschlüsse im Pikrit:

- a) Kleine Steinbrüche im stark zersetztem Pikrit am SSW-Hang des Niederbachsberges zwischen HP 354,2 und 362.
- b) Steinbruch 100 m NW HP 362 und unterhalb des Weges von Herborn nach Ballersbach.
- c) Steinbruch im Wald 200 m SW HP 362, N Hohe Warte (R 34 53 27; H 56 15 96).

Kleinere Pikrit-Vorkommen im „Deckdiabas“ wurden nicht auskartiert (z. B. W Rothestein).

5. Tektonik

Die vorstehend beschriebene Schichtenfolge ist durch die variskische Gebirgsbildung gefaltet, geschuppt und geschiefert worden.

Der Südostrand der Dill-Mulde ist durch den Aufschub der Hörre-Sedimente in NE–SW streichende Schuppen zerlegt.

Die nordwestlichste Schuppe, die weit verfolgbare Eiternhöll-Schuppe ist westlich Ballersbach nur direkt südlich der Aar auf einen „Deckdiabas“-Sattel der Eisemröther Schuppe geschoben, östlich Herborn greift die Eiternhöll-Schuppe bis auf die Kulmgrauwacke eines Muldenkernes über. Die Eiternhöll-Schuppe besteht im nördlichen Teil aus zwei Ems-Sätteln. Der schmalere nordwestliche Ems-Sattel ist direkt auf Gesteine des Kulms der Eisemröther Schuppe geschoben. Dieser Sattel klingt nach Südwesten aus, so daß östlich Herborn Schalstein auf Kulmgrauwacke liegt.

Der südöstliche Ems-Sattel wird auch im Nordwesten von einer Überschiebung begrenzt, und zwar sind hier Gesteine der Ems-Stufe auf Schalstein geschoben, wobei der Schalstein normal von untermitteldevonischen Tonschiefern des nordwestlichen Sattels unterlagert wird. Die Achse des südöstlichen Ems-Sattels taucht nach Südwesten vorübergehend ab, da der Sattelkern östlich Herborn von Schalstein und dann erst südöstlich von Herborn von untermitteldevonischen Tonschiefern gebildet wird. Daß die Südost-Flanke des gerade beschriebenen südöstlichen Ems-Sattels nicht wie die Südost-Flanke des nordwestlichen Ems-Sattels aus untermitteldevonischen Tonschiefern gebildet wird, wurde bereits auf S. 98 beschrieben. Hier lagert der Schalstein unter Ausfall des unteren Mitteldevons transgressiv auf Gesteinen der Ems-Stufe. Die Schichtenfolge im Hangenden des Schalsteins ist normal und setzt sich ohne Unterbrechung bis in das Unterkarbon und zwar westlich Ballersbach bis in die Kulmgrauwacke und nordöstlich Sinn bis in die Kulmkieselschiefer fort.

An das Unterkarbon der Eiternhöll-Schuppe schließt sich im Südosten die Lendelbach-Schuppe an. Im Gegensatz zu der Eisemröther, Eiternhöll- und Bickener Schuppe ist die Lendelbach-Schuppe nur vom Westerwald bis an die Aar zu verfolgen. Nördlich der Aar ist die Bickener Schuppe direkt auf die Eiternhöll-Schuppe geschoben.

Zwischen Sinn und Ballersbach ist die Lendelbach-Schuppe in zwei Teilschuppen, eine nordwestliche und eine südöstliche Teilschuppe zerlegt. Der Sattelkern der nordwestlichen Teilschuppe besteht nordöstlich Sinn aus untermitteldevonischen Tonschiefern. Bei Ballersbach liegen diese Tonschiefer direkt über der Überschiebung auf den Kulmgrauwacken der Eiternhöll-Schuppe, während bei Sinn noch Reste der nördlichen Sattelflanke in Form von Schalstein erhalten ist. Im Gegensatz zu der südöstlichen Sattelflanke der nordwestlichen Lendelbachtteilschuppe aus Schalstein und Oberdevon bildet am nördlichen Grabenbachufer eine kleine Oberdevonmulde im Schalstein (HELGA WITTEKINDT 1963) die Unterlage der südöstlichen Lendelbach-Teilschuppe. In der südöstlichen Lendelbach-Teilschuppe liegt östlich Sinn ein geringmächtiges Profil von untermitteldevonischen Tonschiefern bis zur Kulmgrauwacke vor, während weiter nach Nordosten Schalstein, Oberdevon und tiefstes Unterkarbon an einer lokalen Überschiebung ausgefallen sind, die bezeichnenderweise an der Basis des starren „Deckdiabases“ liegt. Die südöstliche Lendelbach-Teilschuppe scheint sich nordöstlich des Grabenbachtals in einem Mitteldevon-Sattel fortzusetzen, der östlich Ballersbach sogar einem sehr schmalen Ems-Kern zeigt (HELGA WITTEKINDT 1963).

Auf dem Unterkarbon der südöstlichen Lendelbach-Teilschuppe liegt im Südosten die schmale Bickener Schuppe. Sie scheint von einem Sattel aus Mitteldevon aufgebaut zu werden (Profil am Forstweg W Rothestein Abb. 5 und Profil an der Schieferseite Abb. 6), wobei der Liegendschenkel an der Überschiebung stark reduziert und der Hangendschenkel spezialgefaltet und geschuppt sein kann (Profil SW Rothestein Abb. 7 und Profil zwischen Edingen und Sinn Abb. 8). Einzelne Teilschuppen lassen sich bei Sinn nicht weiter verfolgen. WITTEKINDT (1961) konnte nördlich der Aar bis zu vier Teilschuppen in der etwas mächtigeren Bickener Schuppe nachweisen.

Grauwaren und Plattenschiefer des Hörre-Zuges bilden die Grenze des Arbeitsgebietes. Die Hörre-Sedimente sind bei Sinn etwa schichtparallel auf die schmale Bickener Schuppe überschoben, während sie bei HP 392, westlich Stellbeutel, sogar völlig die Bickener Schuppe verdecken, so daß Hörregesteine direkt auf dem Unterkarbon der Lendelbach-Schuppe liegen.

Im Gegensatz zu den Überschiebungen fallen die jüngeren Querstörungen bei der Kartierung weniger auf, so daß wahrscheinlich mehr Querstörungen vorliegen, als auf der Karte eingezeichnet sind.

Relativ weit verfolgbar NW-SE streichende Querstörungen zerteilen die Eiternhöll- und Lendelbach-Schuppe westlich Ballersbach am Nordhang des Niederbachsberges und direkt nördlich Sinn.

Querstörungen mit Gangfüllungen wie sie WITTEKINDT (1961) nördlich der Aar beschreibt, sind zwischen Herborn, Ballersbach und Edingen nicht bekannt.

6. Zusammenfassung

(Paläogeographie und Fazies)

Das Gebiet zwischen Herborn, Ballersbach und Edingen gehört zu dem Südost-Rand der Dill-Mulde, der durch den Aufschub der Hörre-Sedimente in mehrere Schuppen zerlegt ist.

Als ältestes Schichtglied wurde in der Eiternhöll-Schuppe die Unterems-Stufe in rheinischer Fazies mit brachiopodenreichen Lagen nachgewiesen, wie es auch von dem Nordwest-Rand der Dill-Mulde und aus der Lahn-Mulde bekannt ist.

Emsquarzit und Oberems-Stufe fehlen im Untersuchungsgebiet. Während Emsquarzit von dem Südost-Rand der Dill-Mulde überhaupt nicht bekannt ist, treten Gesteine der Oberems-Stufe schon nördlich der Aar in der Bickener Schuppe in rheinischer Fazies auf (WITTEKINDT 1961). Die Oberems-Stufe in kalkiger Hercynfazies wurde von HELGA WITTEKINDT (1963) in der Bickener Schuppe bei Ballersbach nachgewiesen. Ab Unterem Mitteldevon herrscht die hercynische Fazies vor. Während in dem untermitteldevonischen Becken der Dill-Mulde mächtige Schiefer abgelagert wurden, zeichnet sich bei Ballersbach-Bicken-Günterod ein Schwellenbereich mit Kalksedimentation (Tiefschwelle sensu RABIEN 1956) ab.

Eifel-Quarzit, wie er vom NW-Rand der Dill-Mulde beschrieben wurde, tritt am SE-Rand der Dill-Mulde nicht mehr auf. Für die zentrale Dill-Mulde ist in der Givet-Stufe die Styliolinen-Schiefer/Sandstein-Folge und mächtiger Schalstein kennzeichnend, während die Schalsteinsedimentation nach SE in Richtung auf die Bickener Schwelle abnimmt, so daß in der südöstlichen Lendelbach-Teilschuppe nur noch wenige Meter Schalstein und in der Bickener Schuppe E Sinn graugrüne Tonschiefer mit Kalklinsen auftreten.

Paläogeographisch ist nach KEGEL (1933) der Schalstein der Eiternhöll-Schuppe eine randliche Bildung, da er im Gegensatz zu dem reinen, mächtigen Schalstein des zentralen Bereiches der Dillmulde geringmächtiger und gespickt mit Geröllen ist. Das ist aber nicht ganz so einfach, da in der südöstlich anschließenden Lendelbach-Schuppe wieder konglomeratfreier, wenn auch geringmächtiger Schalstein angetroffen wird. Die Geröllführung des „schmutzigen“ Schalsteins der Eiternhöll-Schuppe scheint an Gesteine der Ems-Stufe gebunden zu sein, was schon aus der Merkenbacher Gegend von KEGEL (1934a) und vom Bahneinschnitt Übernthal zuletzt von WITTEKINDT (1961) beschrieben wurde.

Vielleicht wurde die Eiternhöll-Schuppe in der Givet-Stufe durch eine Schwelle geteilt, die im Abtragungsbereich lag und daher Sedimentmaterial lieferte.

Diese Schwellenbildung und Transgression könnten als Anzeichen von Bewegungen an der Grenze von Unterem zu Oberem Mitteldevon gedeutet werden, die seit FUCHS (1931) zur Brandenburgphase gestellt werden.

KEGEL (1950) charakterisiert die Brandenburgfaltung in der Eiternhöll-Schuppe folgendermaßen:

„Im ganzen ist freilich der Effekt dieser Faltung offensichtlich nicht sehr bedeutend, denn sie hat keinen grundlegenden Wandel in der Lage und der Art der Sedimentationsräume hervorzubringen vermocht.“

SCHNEIDER (1969: 54) sieht in dieser Schwellenbildung einen weiteren Hinweis, daß der Sedimentationsraum von der Dill-Mulde über den nördlichen Kellerwald bis zur Söse-Mulde sicher kein tiefes Meeresbecken war, sondern den Charakter eines ausge dehnten Schwellen-Zuges (Mid-geosynclinal rise nach MEISCHNER 1971) mit darin eingesenkten Spezial-Trögen hatte.

Ob eine Beziehung zu den zuletzt von GOLDMANN (1967) aus der nordwestlichen Lahn-Mulde westlich der Dill beschriebenen Konglomeraten der tiefadorfischen Tuf-

fitserie besteht, konnte nicht geklärt werden, da die Konglomerate in dem Schalstein der Eiternhöll-Schuppe nicht so genau datiert werden konnten.

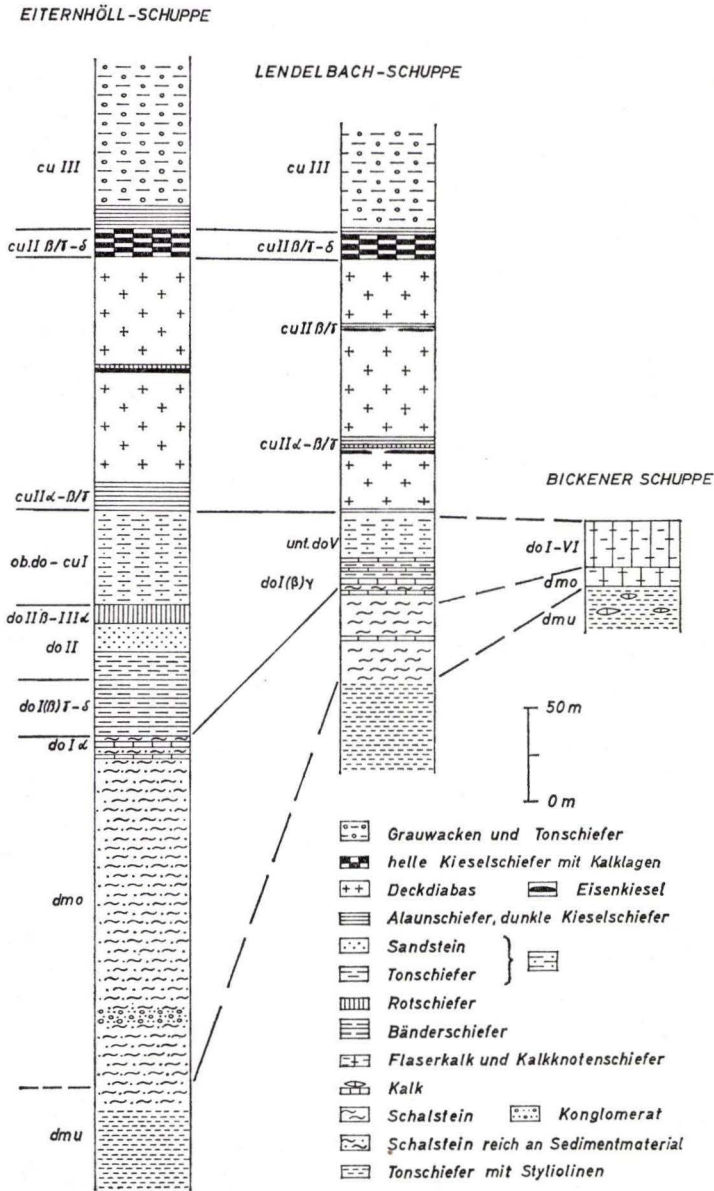


Abb. 10. Zusammenfassende Darstellung der Schichtenfolge des Untersuchungsgebietes. (Die Intrusivdiabase im Oberdevon der Eiternhöll-Schuppe wurden nicht mit eingezeichnet!)

Die Schalsteinsedimentation hält in großen Teilen der südwestlichen Dill-Mulde bis in die tiefe Adorf-Stufe an, wobei die Bickener Schwelle weiterhin frei von Tuff bleibt. In dem zentralen Bereich der Dill-Mulde tritt an der Grenze Mitteldevon zu Oberdevon und in der untersten Adorf-Stufe das Roteisenstein-Grenzlager auf, das eng an vulkanische Schwellen gebunden ist. Es konnte im Untersuchungsgebiet nur an wenigen Stellen in der Lendelbach-Schuppe nachgewiesen werden.

In der höheren Adorf-Stufe trennt sich die Lendelbach-Schuppe faziell von der Eiternhöll-Schuppe stärker ab: Ab Mittlerer Adorf-Stufe greift die Schwellenfazies der Bickener Schuppe zeitweilig weiter nach Nordwesten auf die Lendelbach-Schuppe über, so daß die Lendelbach-Schuppe im mittleren Oberdevon eine Zwischenstellung zwischen Kalklinenfazies der Bickener Schuppe und Beckenfazies der zentralen Dill-Mulde einnimmt. Während Bänderschiefer, graugrüne Schiefer und Sandsteine und Rotschiefer die Beckenfazies kennzeichnen, kommen in der Lendelbach-Schuppe und Bickener Schuppe geringmächtige Kalke und Schiefer zur Ablagerung.

Ein bisher von dem Südost-Rand der Dill-Mulde nicht bekanntes Anzeichen von vulkanischer Tätigkeit im höheren Oberdevon stellt ein kleines Diabastuffvorkommen mit do I–III Mischfauna der Lendelbach-Schuppe dar. Bisher wurden aus der Dill-Mulde nur aus der Umgebung von Dillenburg und Langenaubach hochoberdevonische Tuffe beschrieben (zuletzt durch HENTSCHEL und RABIEN in LIPPERT et al. 1970: 218–225, 350–353). Die Verbreitung von oberdevonischem Vulkanismus in der Lahn-Mulde wurde von GOLDMANN & KEGLER (1968) zusammengestellt.

Im höheren Oberdevon greift von Nordwesten die Schiefer-Sandsteinsedimentation auf die Lendelbach-Schuppe über, so daß nur noch auf der Bickener Schwelle Kalke abgelagert werden.

Ab oberer Nehden-Stufe werden südöstlich der Bickener Schuppe im Hörre-Zug – ohne daß ein Übergang von der Schwellenfazies nach SE zu beobachten wäre – mächtige Grauwacken und Schiefer mit Rotschiefer-, Kieselschiefer- und Kalkeinlagerungen sedimentiert.

Im höchsten Oberdevon und tiefsten Unterkarbon treten in der Dill-Mulde und nordöstlichen Lahn-Mulde die Hangenbergschiefer auf, die aber nur an einer Stelle in der Eiternhöll-Schuppe SE Herborn mit cu-I-Conodonten gefunden werden konnten.

In der Bickener Schuppe E Sinn wurden als jüngstes Schichtglied Kalke des höchsten Oberdevons (do VI) nachgewiesen.

In der tieferen *Pericyclus*-Stufe treten in der Dill-Mulde und im Hörre-Zug Alaunschiefer, kieselige Schiefer und Kieselschiefer auf, das heißt Sedimente ruhigeren und tieferen Wassers.

In der tieferen bis mittleren *Pericyclus*-Stufe liegt die Haupteruptionsphase des „Deckdiabases“.

In der höheren *Pericyclus*-Stufe sind helle Kieselschiefer weit verbreitet. Sie enthalten im neu untersuchten Gebiet mehrere kieselige Crinoidenkalk-Bänke.

Die Kieseligen Übergangsschichten repräsentieren die untere *Goniatites*-Stufe (cu III α). Sie konnten in der Eiternhöll-Schuppe durch *Goniatiten*funde nachgewiesen werden. Von NICOLAUS (1963) wurde ein Profil durch die Kieseligen Übergangsschichten von Herborn beschrieben, nach dem die Sedimentation in der *grimmeri*- und

schmidti-Zeit (cu III α 1, 2) normal war, im cu III α 3 bereits erheblich zunahm, um sich in der *intermedius*-Zeit (cu III α 4) zu verhundertfachen.

In dem nordöstlichen Teil der Dill-Mulde lassen sich cu-III β -Kulmtonschiefer von den darüberliegenden Kulmgrauwacken unterscheiden. Da bei Herborn die Grauwackenschüttung schon im cu III α 4 einsetzt, wurden südöstlich Herborn Kulmgrauwacken und Kulmtonschiefer nicht getrennt auskartiert.

Jüngere Sedimente als Kulmgrauwacken sind aus der Dill-Mulde nicht bekannt, wenn man von den Gesteinen des Tertiärs und Quartärs absieht.

7. Schriftenverzeichnis

(Weitere Zitate siehe LIPPERT & RABIEN in LIPPERT et al. 1970: 526—549 und ZIEGLER in SWEET & BERGSTRÖM 1971: 276—283)

- BENDER, P. & BRINCKMANN, J. (1969): Oberdevon und Unterkarbon südwestlich Marburg/Lahn (Lahn-Mulde und Hörre-Zone, Rheinisches Schiefergebirge). — *Geologica et Palaeontologica*, **3**: 1—20, 5 Abb., 4 Tab.; Marburg.
- BRINCKMANN, R. (1948): Die Mitteldeutsche Schwelle. — *Geol. Rdsch.*, **36**: 56—66; Stuttgart.
- FUCHS, A. (1931): Lagerungsform und Alter der sauerländischen Diabasgänge. — *Sber. preuß. geol. L.-A.*, **6**: 137—151, 3 Abb.; Berlin.
- GOLDMANN, K.-J. (1967): Tuffite und Querschwellen am Nordwest-Rand der Lahnmulde. — *Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, N.F., naturwiss. Abt.*, **35**: 191—204, 6 Abb.; Gießen.
- & KEGLER, J. (1968): Zum ober-devonischen Vulkanismus in der Lahn-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge). — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1968, **12**: 705—719, 4 Abb., 1 Tab., 2 Listen; Stuttgart.
- GROOS, H. (1964): Die Geologie des Gebietes zwischen Herborn, Ballersbach und Edingen. Unveröff. Dipl.-Arb.: 1—107, 46 Abb., 1 Kt.; Marburg/Lahn.
- HENNINGSEN, D. (1961): Untersuchungen über Stoffbestand u. Paläogeographie der Gießener Grauwacke. — *Geol. Rdsch.*, **51**: 600—626, 6 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.
- HENTSCHEL, H. (1968): Die „Flammung“ der Pikrite des Lahn-Dill-Gebietes. — *Jb. nass. Ver. Naturkunde*, **99**: 65—85, 7 Abb.; Wiesbaden.
- JOCHMUS-STÖCKE, K. (1929): Die Culmkonglomerate am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges. — *Jb. preuß. geol. L.-A.*, **49** (II): 1003—1036, 2 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- KAYSER, E. (1907a): *Geol. Kte. Preußen u. benachb. B.-St., Lfg. 101*, Bl. Herborn u. Erl.: 1—72, 3 Abb.; Berlin.
- (1907b): *Geol. Kte. Preußen u. benachb. B.-St., Lfg. 101*, Bl. Ballersbach u. Erl.: 1—70, 11 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- KEGEL, W. (1927): Bericht über die Aufnahmen des Jahres 1926 auf dem Blatt Ballersbach. Manuskript (Archiv hess. L.-Amt Bodenforsch.), 11 S., 8 Abb.; Berlin.
- (1928): Bericht über die Aufnahmen auf Blatt Ballersbach im Sommer 1927. Manuskript (Archiv hess. L.-Amt Bodenforsch.), 11 S., 4 Abb.; Berlin.
- (1933): Erläuterungen zu Blatt Ballersbach u. geol. Kte. 1:25000. Manuskript (Archiv hess. L.-Amt Bodenforsch.), 46 S., Berlin.
- (1934a): Bericht über die Aufnahmen auf Blatt Herborn im Sommer 1933 u. geol. Kte. 1:25000. Manuskript (Archiv hess. L.-Amt Bodenforsch.), 5 S., Berlin.
- (1934b): Geologie der Dillmulde. — *Abh. preuß. geol. L.-A., N.F.*, **160**: 1—48, 7 Abb., 3 Taf.; Berlin.
- (1950): Sedimentation und Tektonik in der rheinischen Geosynklinale. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **100**: 267—289, 18 Abb.; Hannover.
- KLITZSCH, E. (1959): Das Mitteldevon am Nordwestrand der Dillmulde. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **111**: 366—407, 3 Abb., 1 Taf.; Hannover.

- KOCKEL, C. W. (1958): Schiefergebirge und Hessische Senke um Marburg/Lahn. — Samml. geol. Führer, **37**: 1—248, 28 Abb., 2 Taf.; Berlin (Borntäger).
- KREBS, W. (1958): Dillenburger Tuffe. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 140—152; Wiesbaden.
- KULICK, J. (1960): Zur Stratigraphie und Palaeogeographie der Kulm-Sedimente im Eder-Gebiet des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **3**, (1): 243—288, 11 Abb., 3 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- LIPPERT, H.-J. (1951): Zur Gesteins- und Lagerstättenbildung in Roteisenstein-Gruben des östlichen Dill-Gebietes. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **485**: 1—30, 11 Abb., Taf. 26—35; Frankfurt am Main.
- , HENTSCHEL, H., RABIEN, A., KUTSCHER, F., SCHRICKE, W., STENGEL-RUTKOWSKI, W. & ZAKOSEK, H. (1970): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5215 Dillenburg, 2. Aufl.: 1—550, 18 Abb., 56 Tab., 6 Taf., 3 Beibl.; Wiesbaden.
- MEISCHNER, D. (1970): Conodonten-Chronologie des Deutschen Karbons. — C. R. 6^e Congr. Int. Strat. Geol. Carbonif. Sheffield 1967, **3**: 1169—1180, 3 Abb.; Maastricht.
- (1971): Clastic Sedimentation in the Variscan Geosyncline East of the River Rhine. — Sedimentology of parts of Central Europe, VIII. Int. Sediment. Congress Heidelberg 1971, Guidebook: 9—43; Frankfurt am Main.
- NICOLAUS, H. J. (1963): Zur Stratigraphie und Fauna der *crenistria*-Zone im Kulm des Rheinischen Schiefergebirges. — Beih. geol. Jb., **53**: 1—246, 32 Abb., 15 Tab., 22 Taf.; Hannover.
- PICKEL, W. (1937): Stratigraphie und Sedimentanalyse des Kulms an der Edertalsperre. — Z. deutsch. geol. Ges., **89**: 233—280; Berlin.
- RABIEN, A. (1954): Zur Taxionomie und Chronologie der oberdevonischen Ostracoden. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **9**: 1—268, 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.
- (1956): Zur Stratigraphie und Fazies des Ober-Devons in der Waldecker Hauptmulde. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **16**: 1—83, 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- SCHNEIDER, J. (1969): Das Ober-Devon des nördlichen Kellerwaldes (Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **55**: 1—124, 24 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- SWEET, W. C. & BERGSTRÖM, St. M. (Ed.) (1971): Symposium on Conodont Biostratigraphy. — Geol. Soc. America, Mem. **127**: 1—499; Boulder/Colorado.
- VOGES, A. (1959): Conodonten aus dem Unterkarbon I und II (*Gattendorfia*- u. *Pericyclus*-Stufe) des Sauerlandes. — Paläont. Z., **33**: 266—314, 5 Abb., 1 Tab., Taf. 33—35; Stuttgart.
- WALTHER, K. (1903): Das Unterdevon zwischen Marburg an der Lahn und Herborn (Nassau). — N. Jb. Min., Beil.-Bd. **17**: 1—75, 1 Abb., 4 Taf.; Stuttgart.
- WITTEKINDT, H.-P. (1961): Die Geologie des Kalkbruches Bicken und seiner Umgebung. Unveröff. Dipl.-Arb.: 1—53, 69 Abb., 5 Tab., 9 Beil.; Marburg/Lahn.
- (1965): Zur Conodontenchronologie des Mitteldevons. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **9**: 621—643, 1 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- WITTEKINDT, H. (1963): Die Geologie der Bickener Schuppe und Lendelbach-Schuppe bei Ballersbach (Dillmulde, Meßtischblatt Ballersbach). Unveröff. Manuskript, Marburg/Lahn.
- ZIEGLER, W. (1971): Conodont Stratigraphy of the European Devonian. — Geol. Soc. Amer., Mem. **127**: 227—284, 3 Abb., 6 Tab.; Boulder/Colorado.

Manuskript eingegangen am 29. 3. 1972

Faziesentwicklungen in Schüttungskörpern des Mittleren Buntsandsteins anhand von Gamma-Logs und Folgerungen für die Korrelierung von Leitbänken*

Von

EGON BACKHAUS, Darmstadt, und KONRAD REUL, Wiesbaden **

Mit Tafel 9

Kurzfassung: Im Mittleren Buntsandstein der Rhön werden die Schüttungskörper anhand von Gamma-Ray-Logs verglichen. Die Korrelierung zeigt, daß bekannte lithostratigraphische Leitbänke innerhalb der Bankfolge — zumindest innerhalb des gleichen Schüttungskörpers — höher oder tiefer entwickelt sein können.

Abstract: Corresponding cyclical sandstone lithosomes of the Mittlerer Buntsandstein (Middle Bunter) have been correlated by Gamma-Ray-Logs in some boreholes. It can be proved that well defined sandstone beds used as key beds change their vertical position within the lithosome.

Résumé: Pour le Grès bigarré Moyen on montre ci-dessous à l'aide du carottage électrique (Gamma radiation) que la position verticale des bancs de grès utilisés pour la lithostratigraphie est variable dans les lithosomes de grès comparables.

1. Einleitung

Im Jahre 1940 veröffentlichten GREEN und FEARON die ersten Erfahrungen mit Gamma-Strahlungsmessungen in der geophysikalischen Bohrlochvermessung. Die Methode wurde für verrohrte Bohrungen entwickelt, wo das Electric-Log nicht verwendet werden konnte. Heute wird diese Meßanordnung auch in unverrohrten Bohrungen häufig vorgezogen.

Besonders zur Differenzierung von Sedimentationsrhythmen erlangt das Gamma-Log eine hohe Aussagekraft, etwa in geschlossenen Kalk-Mergel-Dolomitstein-Folgen, in Anhydrit-Tonstein-Folgen oder in Tonstein-Sandsteinschichtpaketen, wie z. B. auch im Buntsandstein.

*) Vortrag, gehalten am 16. 12. 1971 im Rahmen der geowissenschaftlichen Kolloquien des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung in Wiesbaden.

**) Prof. Dr. E. BACKHAUS, Geologisch-Paläontologisches Institut der TH Darmstadt, 61 Darmstadt, Schnittspahnstr. 9.

Dr. K. REUL, Oberregierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

Die großen Strahlungsunterschiede zwischen dem geringstrahlenden Quarzsandstein und dem Tonstein lassen im Gamma-Ray-Log graduelle Unterschiede in den Entmischungskomponenten des Sedimentes erkennen. Aus benachbarten Bohrungen können im Sandstein Schichtenglieder, zuweilen Einzelbänke, teufengerecht identifiziert und parallelisiert werden. Die erfolgreiche Anwendung überwiegt bei weitem die Anzahl der auf diesem Gebiet erschienenen Publikationen. Im Hinblick auf Untersuchungen im Buntsandstein sind die Arbeiten von WOLBURG (1961, 1968) und TRUSHEIM (1963) hervorzuheben, aus denen die Grenzen und Voraussetzungen solcher Parallelisierung kenntlich werden.

In Hessen lernten wir das Gamma-Log zunächst nur in sehr tiefen Bohrungen – vorwiegend in Erdölbohrungen – kennen. Im letzten Jahrzehnt aber kam das Gamma-Log in zunehmendem Maße bei Wassererschließungen, insbesondere bei der Vorrichtung von Großwasserwerken zum Einsatz. Der große Nutzen des Gamma-Logs liegt dabei in der teufengerechten Zuordnung der Bohrproben aus Spülbohrungen und in der genauen stratigraphischen Einordnung des Profils. Evident sind die Vorteile dann, wenn wegen totalen Spülungsverlustes keine Bohrproben ausgebracht werden.

Darüber hinaus aber hat sich beim Vergleich zahlreicher Gamma-Logs gezeigt, daß durch Korrelierung von Einzelbänken des Buntsandsteins und durch die Betrachtung im gesamten Schichtenverband tiefer Bohrungen auch die fazielle Entwicklung einzelner Sand-Schüttungskörper im Buntsandstein erkennbar wird (BACKHAUS & REUL 1971).

2. Profilvergleich

Die Gamma-Strahlungskurve der 200 m tiefen Versuchsbohrung Rodholz 3 (Taf. 9; s. a. BACKHAUS & REUL 1971) westlich der Eube im Wasserkuppenmassiv (TK 25, Bl. 5525 Gersfeld in der Rhön) gibt ein nahezu vollständiges Profil durch den Mittleren Buntsandstein wieder. Die Strahlung nimmt von links nach rechts zu, hier im Bereich zwischen ca. 300 Ipm und 3 000 Ipm. Das Log zeichnet im geringstrahlenden Bereich bis etwa 1 800 Ipm Sandsteine nach, darüber Tonsteine (Ausschläge nach rechts). Je besser die Entmischung des Sedimentes wird, desto deutlicher sind die Ausschläge. Reine Sandsteine mit Quarzvormacht, in der Regel Grobsandsteine, heben sich durch stärkere Zacken nach links ab. Auf den ersten Blick erkennen wir die Grobgliederung der Schichtenfolge: Besonders deutlich treten Solling-Sandstein und Rhön-Sandstein hervor, vom Eichsfeld-Sandstein ist nur der obere Teil erfaßt. Über den Grobsandsteinen kommen deutlich die Wechselfolgen oder Tonstein-Sandstein-Folgen zur Geltung. Außerdem erscheinen innerhalb der Tonstein-Sandstein-Folgen markante Grobsandsteine, wie in der Eichsfeld-Folge die untere, mittlere und obere Grobsandstein-Bank, in der Rhön-Folge der 1. und 2. Grobsandstein-Horizont.

Diese Zuordnung zum geltenden stratigraphischen Schema ist natürlich zunächst nur möglich anhand eingehender Bearbeitung der zugehörigen Bohrproben. Geschieht dies bei weitauseinanderliegenden Bohrungen nicht, so ist das Gamma-Log in stratigraphischer Hinsicht so viel wert, wie jede andere sorgsam ausgeführte geophysikalische Messung ohne Konnektierung zu geologischen Fakten: Der geophysikalische Inhalt ist exakt – die geologische Deutung aber kann falsch sein. Hier ist auf eine wei-

tere Fehlerquelle hinzuweisen. Die Differenzierungsmöglichkeit zwischen Sandstein und Tonstein ist gemindert, wenn stärkere Stoffwanderungen im Sediment durch Kaolinisierung, Bleichung, Sesquioxidfällung oder Kieselsäureausfällung stattgefunden haben. Sesquioxidausfällungen z. B. konzentrieren schwere Radioisotope, generell aber hängt im Buntsandstein die Strahlung vom Gehalt an ^{40}K ab. Der Aussagewert einer einzelnen Zacke des Gamma-Logs wird durch die Dämpfung des Gerätes sehr beeinflußt, das die Zählrate weitgehend integrieren soll; die Fahrgeschwindigkeit des Meßkopfes muß deshalb entsprechend gering gehalten werden.

In der Strahlungskurve liegt ein Vertikalschnitt durch die Grobschüttungskörper des Mittleren Buntsandsteins vor, die z. T. über die geltenden lithostratigraphischen Grenzen hinwegreifen.

In der Eichsfeld-Folge werden vier kleine Schüttungszyklen oder Rhythmen sichtbar. Der Rhön-Sandstein-Schüttungskörper beginnt sich schon in der Eichsfeld-Wechselfolge zu entwickeln. Der Kern des großen Schüttungskörpers der Rhön-Wechselfolge wird von zwei Grobsandstein-Bänken gebildet. Noch in der oberen Rhön-Folge setzt die Sandschüttung des Spessart-Zyklus ein. Der Solling-Zyklus schließlich würde dann den Felssandstein mit umfassen. Besonders im höheren Teil der Spessart-Folge können sich zusätzlich Sandsteinbänke einschalten, so z. B. in der Versuchsbohrung Poppenhausen unterhalb des Felssandsteins (BACKHAUS & REUL 1971, Taf. 14).

Die Taf. 9 zeigt einen Vergleich zwischen der rhönschwellennahen Bohrung Rodholz 3 mit den im westlichen Vorland stehenden Bohrungen Mittelrode (22 km west-nordwestlich Rodholz) und Fulda Jass 4 (16 km nordwestlich Rodholz). In der Solling-Folge entwickelt sich die Unterbank mächtig und geröllreich – in Fulda allerdings noch nicht klar abgegrenzt. Auch der obere Teil der Solling-Folge im engeren Sinne ist in beiden Profilen mächtiger. Die Spessart-Folge läßt nur in Mittelrode eine Mächtigkeitszunahme erkennen.

In der Rhön-Wechselfolge zeigt sich deutlich, daß sowohl in Mittelrode als auch in Fulda die untere (1.) und die obere (2.) Grobsandstein-Bank zu einem einzigen Grobschüttungskörper, also zu einem Schüttungszyklus, gehören.

Der tiefste Bankbereich des Rhönsandstein-Schüttungskörpers (in der Eichsfeld-Wechselfolge), der in Rodholz nach oben kontinuierlich zur Grobschüttung der Rhönsandstein-Unterbank überleitet, bildet in den beiden anderen Profilen – besonders deutlich in Mittelrode – die Unterbank des Rhön-Sandsteins. Die Grobsandstein-Bankfolge an der Oberkante des Rhön-Sandsteins (Oberbank) in Rodholz tritt in den beiden anderen Profilen nur noch als Nachläufer des Rhön-Sandstein-Schüttungskörpers in Erscheinung: Es handelt sich um wenig Grobkorn führende Sandsteine. Der Kern des Schüttungskörpers hat sich in die tiefere Bankfolge verlagert. Die Unterbank von Rodholz 3 erscheint in Mittelrode als Oberbank.

In der Eichsfeld-Folge können wir trotz der großen Entfernung Bankfolgen von wenigen Metern Mächtigkeit miteinander korrelieren. Die Grobsandstein-Einschaltungen behalten ihre relative Lage bei, so daß die obere Grobsandstein-Bank in Mittelrode nur noch 10 m unter der Rhönsandstein-Basis liegt. In Mittelrode schalten sich zwischen der mittleren und der oberen Grobsandstein-Bank weitere, teilweise sehr grobkörnige Sandsteine ein. Die Bohrproben erwecken dadurch den Eindruck

eines mächtigen Grobsandsteins, der das gesamte Schichtenpaket zwischen der oberen und der mittleren Grobsandstein-Bank umfaßt.

Das Bild des sohl- oder dachbankzyklischen Aufbaues von Schüttungskörpern wird durch die dargelegten Faziesverschiebungen örtlich geprägt. Lateral kann sich der eine Typus in den anderen entwickeln. Wir erkennen daraus, daß ein Schüttungskörper nicht generell als dachbank- oder sohlbankzyklisch angesprochen werden kann.

3. Zusammenfassung

Im Mittleren Buntsandstein der Rhön werden mit Hilfe des Gamma-Ray-Logs kleine Schichtenabschnitte in Bohrlöchern identifiziert und auf kurze Entfernung miteinander korreliert. Dabei werden komplizierte Faziesentwicklungen in Sandschüttungskörpern mehrerer benachbarter Bohrungen aufgedeckt.

Die Kerne von Sandschüttungskörpern, die stratigraphisch wohldefinierten Grobsandsteinen entsprechen, liegen nicht immer genau in der gleichen Bankfolge; sie können etwas höher oder tiefer innerhalb des Schüttungskörpers entwickelt sein.

4. Schriftenverzeichnis

- BACKHAUS, E. & REUL, K. (1971): Der Mittlere und Obere Buntsandstein im Bereich der Röhn-Schwelle. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 142—192, 4 Abb., 2 Tab., Taf. 14; Wiesbaden.
- FEARON, R. E. (1949): Gamma-ray Well Logging. — *Nucleonics*, **4**, No. 4: 67—75.
- GREEN, W. G. & FEARON, R. E.: Well Logging by Radioactivity. — *Geophysics*, **5**: 272—283; 1940.
- PUFF, P. (1964): Zur Parallelisierung von Becken- und Randausbildung des Buntsandsteins. — *Geologie*, **13**, 4: 395—402, 2 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- TRUSHEIM, F. (1963): Zur Gliederung des Buntsandsteins. — *Erdöl-Z.*, **79**: 277—292, 8 Abb.; Wien-Hamburg.
- WOLBURG, J. (1961): Sedimentationszyklen und Stratigraphie des Buntsandsteins in Nordwestdeutschland. — *Geotekt. Forsch.*, **14**: 7—74, 17 Abb., 5 Tab., 12 Taf.; Stuttgart.
- (1968): Vom zyklischen Aufbau des Buntsandsteins. — *N. Jb. Geol., Paläontol., Mh.*, Jg. 1968: 535—559, 12 Abb.; Stuttgart.

Manuskript eingegangen am 26. 5. 1972

Zur Stratigraphie des Oberen Muschelkalks im Diemeltal bei Warburg

Von

ERWIN BUSSE, Kassel*

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung: Im Kalkwerk Haueda, Bl. 4521 Liebenau, besitzen wir den wichtigsten Aufschluß im Oberen Muschelkalk des Diemelgebietes, des nordwestlichen Niederhessen. Der tiefere Teil dieses Profils zeigt wesentliche fazielle Unterschiede gegenüber der Normalfazies des Oberen Muschelkalkes, die wir u. a. im Meißnergebiet des östlichen Niederhessen beobachten können. Die von MEIBURG (1969) dargestellte Sedimentsäule von Haueda kann durch alte stratigraphische Aufnahmen des Verfassers, besonders im tieferen Teil des Aufschlusses, ergänzt werden.

Anschließend folgen einige Profilaufnahmen aus dem gleichen stratigraphischen Niveau, etwa 7 km (Luftlinie) NE Haueda, aus dem Alstertal nördlich Lamerden, Bl. 4421 Borgentreich.

Inhalt

1. Profile im Kalkwerk Haueda	136
1.1. Einleitung	136
1.2. Profilbeschreibung	136
1.2.1. Profil A	136
1.2.2. Profil C	139
1.2.3. Profil B	140
1.3. Stratigraphische Anmerkungen	140
2. Profile nördlich Lamerden	143
2.1. Einleitung	143
2.2. Profilbeschreibung	144
2.2.1. Alstertal II	144
2.2.2. Kalksteinbruch Röttgersberg	146
2.2.3. Kalksteinbruch Körbecke	146
2.3. Stratigraphische Anmerkungen	147
3. Fossilliste	150
4. Zusammenfassung	151
5. Schriftenverzeichnis	151

*) Dr. h.c. E. BUSSE, 35 Kassel-Ki., Mittelbinge 6.

1. Profile im Kalkwerk Haueda

(Abb. 1 und 2)

1.1. Einleitung

Der untere Teil des Oberen Muschelkalks zeigt im nordwestlichen Niederhessen-Diemelgebiet i.w.S. – beachtliche fazielle Unterschiede gegenüber den zeitgleichen Ablagerungen im Osten Niederhessens (Meißner) (BUSSE 1954: 165, 1959: 245). Diese Unterschiede kommen – bzw. kamen – sehr gut in dem bedeutendsten Aufschluß des Diemelgebietes, dem Kalkwerk Haueda, zum Ausdruck.

Verf. kam erstmalig vor dem Jahre 1926 mit HANS PENNDORF, dem hervorragenden Kenner der Geologie Niederhessens, in das Gebiet um Haueda (Abb. 1). Das damals relativ kleine Kalkwerk baute – noch nach alten Methoden – nur Gesteine der Trochitenkalk-Fazies ab, die nur kümmerlich von den tiefsten Teilen der Tonplatten-Fazies sichtbar überdeckt waren (PENNDORF 1926: 335).

Der bergwärts fortschreitende Abbau der nach NNW unter den Unteren Keuper abtauchenden Muschelkalkschichten schloß nach und nach immer höhere Ceratiten-Zonen auf, während der tiefere Obere Muschelkalk bis in den Mittleren Muschelkalk hinein durch Abraum allmählich \pm überdeckt wurde.

MEIBURG hat 1969 in seiner Dissertation auch ein Profil (Sedimentsäule) aus dem Kalkwerk Haueda mitgeteilt, das nach diesem zeitlichen Stand weit in die *spinusus*-Schichten bis nahe dem Keuper reicht. Der Anschluß nach unten, von dem unteren Haupt-Trochitenkalk über die Gelben Basis-Schichten bis zum oberen Mittleren Muschelkalk, war jedoch bereits verschüttet. Verf. teilt eigene Beobachtungen und stratigraphische Aufnahmen aus den Jahren 1946/47 und 1954/56 in den folgenden, vom Mittleren Muschelkalk bis zur *compressus*-Zone der Mittleren Ceratiten-Schichten reichenden Profilen ergänzend mit.

Die folgenden Angaben hat Verf. seiner größeren (nicht veröffentlichten), im Jahre 1958 sachlich abgeschlossenen Arbeit: „Stratigraphie, Fazies und Fossilführung im Oberen Muschelkalk des Diemelgebietes (nordwestliches Niederhessen) und bei Willebadessen (Westfalen)“ entnommen, aus der ein erster Auszug über „Fazies und Fauna des Oberen Muschelkalkes von Willebadessen“ 1972 in der „Philippia“ (Veröffentlichungen des Naturkunde-Museums Kassel) erschienen ist.

1.2. Profilbeschreibung

1.2.1. Profil A (Bl. 4521 Liebenau, R 351750, H 570665; Abb. 2)

Hangendes:

V. Tonplatten = Jüngere Ceratiten-Schichten = mo2

- r) \pm 200 cm Mergelkalksteine, Mergelsteine, Kalksteinplatten, im oberen Teil gebleicht und zerrüttet; vermutlich hieraus *Ceratites* aff. *evolutus* (kleine Formen), *C. evolutus subspinusus*, *C. cf. praecursor* – etwa der untere Meter dürfte noch zur *compressus*-Zone gehören
- q) 9– 10 cm Kalksteinbänkchen; grau, fest

- p) 130 cm Wechsel von grauen Kalksteinplatten – teils Geoden – und grauen, blättrig-dünnschichtigen Mergelsteinen; *C. compressus* besonders 70–80 cm über o) häufig, *Pleuromya musculooides*, *Loxonema* sp.
- o) 17– 18 cm = 3– 4 cm Kalksteinplatte
2– 3 cm Mergelstein
11–12 cm Kalksteinbank; knorrig-wulstig
- n2) 95 cm Wechsel von grauen, blättrig-dünnschichtigen Mergelsteinen und grauen Kalksteinplatten; ca. 20 cm über n1) *C. compressus robustus*-Zone
- n1) 25 cm Kalksteinplatten, grau, mit wenig mergeligem Zwischenmittel; *C. robustus terminus*, *C. raricostatus* mit *Discinisca*, auf umherliegenden Platten Ceratiten um *C. robustus* (klein) häufig
55 cm Wechsel von grauen, blättrig-dünnschichtigen Mergelsteinen und Kalksteinplatten; 40–50 cm über m) mehrfach *C. cf. robustus*, *Pleuromya musculooides*
- m) 25 cm Kalksteinplatten (3–4 cm), grau, kristallin
- l) 60 cm Wechsel von Kalksteinplatten und grauen, dünnschichtigen Mergelsteinen; 25 cm über k) *Lima striata*, *Myophoria vulgaris*, *Hoernesia socialis*; ca. 35 cm über k) großer *C. robustus* (10 cm)
- k) 4– 14 cm Kalksteinbank, grau; mit zahlreichen Schalenquerschnitten, Trochitenreihe von 7 Trochiten – (starkes Anschwellen und Abklingen dieser Bank!)
- i) 30 cm Wechsel von grauen Kalksteinplatten und Mergelsteinen; wenig unter der Oberkante *C. cf. robustus*
- h) 4– 10 cm Kalksteinbank, grau, fest; zahlreiche Schalenquerschnitte
- g) 30–35 cm Kalksteinplatten und Mergelsteine im Wechsel, grau; *Nautilus bidorsatus*
- f) 7– 9 cm Kalksteinbank, grau, fest; in der Mitte zahlreiche kleine Muschel- und Schneckenquerschnitte
- e) 140 cm Kalksteinplatten und graue Mergelsteine im Wechsel, die dicken Kalksteinplatten mit rostbraunen Außenseiten zerfallen brockig
- d) 7 cm Kalksteinbank, grau, fest; mit Muschelquerschnitten
- c) 55 cm Kalksteinplatten und Mergelsteine, grau, im Wechsel
- b) 30– 15 cm Kalksteinbank, graublau, kristallin, kompakt, hart, mit gelbbraunen Einschlüssen (Muschelreste?), die Mächtigkeit von W nach E zunehmend
- a5) 60 cm Kalksteinplatten und Mergelsteine, grau; *C. philippii*
- a4) 26– 28 cm Kalksteinbank, kristallin, fest, grau (wie a²)
- a3) 35 cm Kalksteinplatten und Mergelsteine, grau, im Wechsel (Grenze zur *pulcher-atavus*-Zone?, durch Ceratiten nicht belegt)
- a2) 25– 28 cm Kalksteinbank, meist durch dünne Mergelsteinlage zweigeteilt, fest, splittrig, kristallin-zoogen
- a1) 160–180 cm Kalksteine, dünn- bis dickplattig, grau, mit Mergelstein-Zwischenmittel, – an der Basis beginnend mit grauen bis gelblichen mergeligen Kalksteinplatten; im tieferen Teil: *C. cf. pulcher*, *C. neolaevis*, Kronen von *Encrinurus liliiformis*

IV. Oberer Trochitenkalk (im mo2), ca. 350 cm

(entspricht etwa dem Liegenden der Myophorien- und Astartenbank, die westlich (s. Profil C) nach E auskeilt)

ca. 350 cm Kalksteinbank, grau bis bräunlich, intensiv rostbraun anwitternd, oolithisch, klotzig, zerklüftet; Trochiten s. h., Muschelquerschnitte sind z. T. – besonders unten – zahlreich

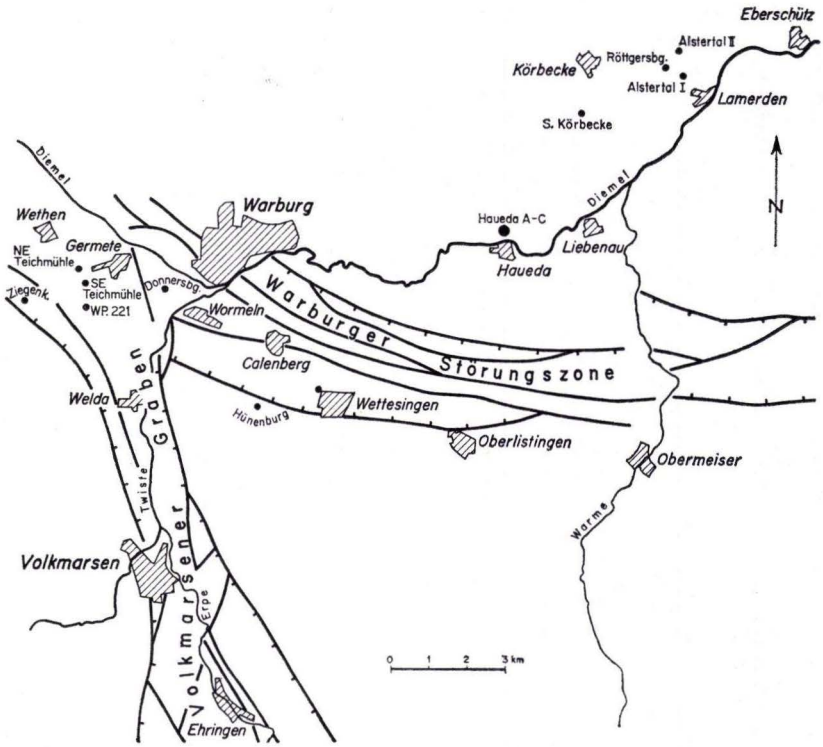


Abb. 1. Lageskizze der Fundpunkte im Diemeltal.

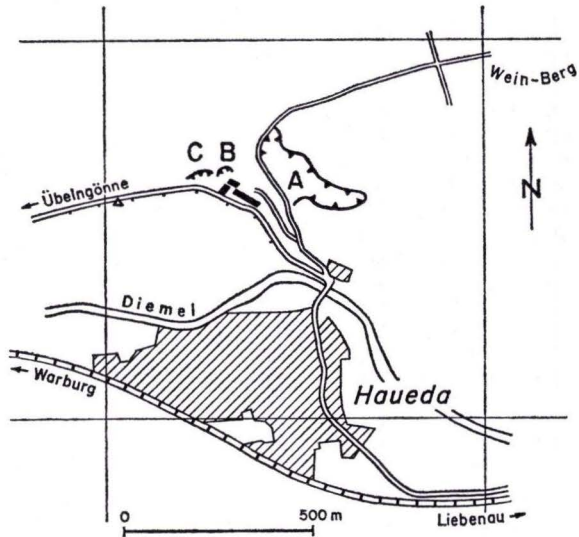


Abb. 2. Lage der Profile im Kalkwerk Hageda.

III. Zwischenschichten = Ältere Ceratiten-Schichten = mo2, ca. 300 cm

- ca. 150 cm Kalksteine, grau, plattig bis dünnbankig, aufgelockert, und gelbe, mergelig-dünnschichtige Zwischenmittel
- 45 cm Kalksteine, grau, mergelig-fladig
- 40 cm Kalksteine, grau, plattig-bankig
- 60- 50 cm Kalksteine, grau, mergelig-fladig; Trochiten h., *Lima striata*, *Coenothyris vulgaris*, *Myalina blezingeri* (Muschelquerschnitte mit dicker Prismenschicht), *Trachynerita gaillardoti*
- 12- 20 cm Kalksteinbank, stark zerfressen, grau, mit gelben Mergelinschlüssen; oben mit tiefen Hohlräumen und zackigen Graten, eng mit dem Hangenden verzahnt

II. Haupt-Trochitenkalk = mo1, ca. 730 cm

- 35 cm Kalksteinbank, grau, oolithisch, seitlich zerfressen von zahlreichen eingelagerten gelben Mergelsteinlinsen; Trochiten h.
- 100 cm Kalksteinbank grau, typisch oolithisch, mit gelben Mergelsteineinschlüssen; Trochiten
- ca. 20 cm Mergelsteinbank, hellgrau-fahlgelb
- 70 cm Trochitenkalkbank, grau, nach oben gelblich werdend; Trochiten h.
- 4- 6 cm Mergelstein, fahlgelb
- ca. 100 cm Trochitenkalkstein, grau, kristallin-oolithisch
- ca. 400 cm Trochitenkalkstein, bankig-klotzig, ungegliedert; etwa 3 m über dem Liegenden stellen sich häufiger kleine Fossilreste und -hohlräume ein; die unteren 3 m sind von dunklerem Grau, feinkristallin, zerklüftet; Trochiten und andere Fossilien kaum festzustellen; in der gesamten mo1-Folge häufige Styrolithenbildung

I. Gelbe Basis-Schichten = mo1, ca. 400 cm

- 130-160 cm Mergelkalksteinbank, grau bis fahlgelb, zerklüftet, dickplattig aufgelockert
- 200 cm Kalksteinbank, grau, feinkristallin, besonders in der Mitte durchsetzt von dünnen, gelblichen Mergelsteinlagen, die gesamte Bank ± mergelig anwitternd; besonders im unteren Meter häufige, bis faustgroße Hohlräume (Drusen) mit kleinen Kalkspatkristallen; in den oberen 50 cm einformig grau-feinkristallin
- 40 cm oben: Kalkstein, grau, feinkristallin; nach unten allmählicher Übergang in die hellgrauen bis fahlgelben dolomitischen Mergelsteine des mm

Liegendes: Mittlerer Muschelkalk = mm

- bis 240 cm hellgraue bis fahlgelbe, mürbe anwitternde dolomitische Mergelsteinbänke, massig, zerklüftet.

Etwa 100 m westlich vom Kalkwerk Haudeda, an der Straße nach Übelngönne, befanden sich früher 2 kleine Aufschlüsse, die vom Verf. 1947 aufgenommen werden konnten. Diese Profile ergänzen vortrefflich das Hauptprofil A aus dem Kalksteinbruch Haudeda.

1.2.2. Profil C (Bl. 4521 Liebenau, R 351726, H 570664; Abb. 2)

Hangendes:

- ca. 500 cm Tonplatten der „Jüngeren Ceratiten-Schichten“; *Ceratites robustus*, *C. pulcher*

Oberer Trochitenkalk

- 50- 25 cm nach NE auskeilender Rest der „Myophorien- und *Astarte*-Bank“; Kalksteinbank, grau, kristallin, zerklüftet, löchrig durch resorbierte Fossilien; u. a. Steinkerne und Abdrücke von *Myophoria ovata*. Die Bank wittert bräunlich an; auch innen häufig von gelbbrauner Färbung. An der Basis Styolithenbildung
- 135 cm Kalksteinbank, obere (25 cm) und untere (110 cm) Lage; hellbräunlich, gelbbraun verwitternd, kristallin-oolithisch; Trochiten h.
- 200 cm Kalksteinbank, rötlich-bräunlich, kristallin, nach unten grau, oolithisch werdend; durch Styolithenbildung in obere und untere Bank getrennt; zahlreiche Fossilquerschnitte

Liegendes:

- 25 cm Kalksteine der Zwischenschichten; braungrau, dicht bis feinkristallin

1.2.3. Profil B (Bl. 4521 Liebenau, R 351731, H 570665; Abb. 2)

Hangendes: Oberer Trochitenkalk

- 110 cm Trochitenkalksteinbank, grau, bräunlich anwitternd, oolithisch, klüftig; zahlreiche Fossilquerschnitte, Trochiten, *Coenothyris vulgaris*, *Lingula tenuissima*

Zwischenschichten = Ältere Ceratitenschichten

- 30 cm Kalksteinbank, grau, hell-bräunlich anwitternd, dicht bis feinkristallin, klüftig
- 12 cm Kalksteinbänkchen, grau-blaugrau, dicht, plattig
- 20 cm Mergelkalkstein, hell-fahlgrau, mürbe
- 90 cm Kalksteinplatten, grau, feinkristallin – die nach unten dicht und mergelig-fladig werden
- 12 cm Kalksteinbank, grau, kristallin, fest
- 30 cm Muschelbank, blaugrau, kristallin, fest; *Placunopsis ostracina*, *Velata albertia*, *Myophoria laevigata*, *Hoernesia socialis*, *Gervilleia costata*
- 15 cm Kalksteinbank, graublau, fest
- 10 cm Kalksteine, grau, mergelig-fladig
- 10- 15 cm Kalksteine, grau, dicht
- 20- 15 cm Kalksteine, grau, mergelig-fladig
- 25 cm Kalksteine, grau, plattig, dicht bis feinkristallin
- 12 cm Kalksteine, grau, mergelig-fladig
- 20 cm Kalksteinbank, grau, zerfressen

Liegendes: Haupttrochitenkalk

- bis 20 cm Trochitenkalksteinbank, grau, fest, kristallin

1.3. Stratigraphische Anmerkungen

Mittlerer Muschelkalk = mm

Bei der Profil-Aufnahme waren noch 2,4 m der typischen hellgrauen bis fahlgelben, massig-zerklüfteten dolomitischen Mergelsteinbänke („Obere Dolomite“) aufgeschlossen. Nahe dem Fahrweg neben dem jetzigen Brecherwerk waren damals noch in einem tieferen Aufschluß ± 10 m der gleichen Schichtfolge sichtbar.

Einen guten Einblick in den Aufbau des oberen Mittleren Muschelkalks unter den Gelben Basis-Schichten des mol bietet das Gipswerk im Alstertal nördlich Lamerden

(= Alstertal I, S. 00) wo seit Jahrzehnten – mit Unterbrechungen – im Tagebau und seit 1971 im Stollenbau Gipsstein gewonnen wird.

Durch Auslaugung von Gips und Anhydrit im tieferen Teil des mm treten auch im Schichtverband des Kalkwerkes Haueda Störungen auf, durch welche die exakte Ausmessung des Profils erschwert wird.

I. Gelbe Basis-Schichten = mol

Der Wechsel von Mergelsteinen vom Typ der „Oberen Dolomite“ und Kalksteinbänken in Trochitenkalk-Fazies ist auch für das Diemelgebiet typisch als Übergang von der salinaren zur karbonatischen Folge. – Das Einsetzen bzw. die Untergrenze der Gelben Basis-Schichten ist in der stratigraphischen Höhe schwankend.

MEIBURG (1969: 108) bemerkt zur Mächtigkeit der GBS: „H. KLEINSORGE (1935: 68) nennt ein „Profil von Haueda“, in welchem die Gelben Basisschichten mehr als 5,10 m mächtig sind. Diese Schichtfolge ist leider gegenwärtig bei Haueda nirgends aufgeschlossen, so daß nicht nachgeprüft werden kann, ob die Angabe sich auf eine lokale Sonderentwicklung bezieht oder ob Auffassungsunterschiede bei der Abgrenzung zu dem ungewöhnlich hohen Mächtigkeitswert führen. . . . Die Mächtigkeit beträgt etwa 3,0 bis 3,5 m. Je nach Auffassung, welche Gesteine noch als typisch für diesen Abschnitt anzusehen sind, können Abweichungen bis zu $\pm 1,50$ m vorkommen.“

Verf. hat für diesen Schichtenkomplex im Kalkwerk Haueda 4 m festgestellt, wobei der tiefste Teil bereits einen allmählichen Übergang zum mm bildet. Unter Berücksichtigung der schwankenden Untergrenze kommen die von MEIBURG angegebenen Werte den eigenen Feststellungen sehr nahe.

II. Haupt-Trochitenkalk = mol

Auch in diesem Teil des Oberen Muschelkalks treten untergeordnet noch fahlgraugelbliche Mergelsteinbänken und -einschlüsse auf.

Wie auch in anderen Aufschlüssen des Diemelgebietes ist der tiefere Teil des Haupt-Trochitenkalks sehr fossilarm. Erst etwa 3 m über den GBS treten zunehmend Schalenquerschnitte und -einschlüsse auf.

Die Mächtigkeit liegt bei 7,3 m und erreicht nicht die allgemeine Angabe von 10–12 m bei MEIBURG.

III. Zwischenschichten = Ältere Ceratiten-Schichten (bei KLEINSORGE) = mo2

In den Zwischenschichten kommen Ceratiten noch recht spärlich vor, Verf. hat im Raum um Haueda in diesem Abschnitt noch keine gefunden. Erst wenn sich in diese wechselvolle Fazies echte Tonplatten einschalten – so nordwestlich bei Willebadessen (Westf.) und nordöstlich bei Körbecke (Westf.) – treten, noch selten, Ceratiten der *atavus-pulcher*-Zone auf.

Die Fazies der „Fladigen Mergelkalksteine“ (BUSSE 1959), die nach N und W dominiert, ist im Kalkwerk Haueda auf Einschaltungen in den unteren Teil der Zwischenschichten beschränkt. Diese noch Trochiten enthaltenden Sedimente lieferten an

sonstigen Fossilien *Lima striata*, *Coenothyris vulgaris*, *Trachynerita gaillardoti* (1x) und als besonders charakteristisches Faziesfossil Schalenquerschnitte mit dicker Prismenschicht von *Myalina blezingeri*. Besonders fossilreich sind die Fladigen Mergelkalksteine bei Willebadessen (BUSSE 1972).

Der überwiegende Sediment-Anteil besteht bei Hueda aus festen, dichten bis kristallinen, trochitenfreien (oder -armen?) Kalksteinplatten bis -bänkchen. Eines dieser Bänkchen enthielt an Fossilien: *Placunopsis ostracina*, *Velata albertia*, *Myophoria laevigata*, *Hoernesia socialis* und *Gervilleia costata*.

Die Zwischenschichten sind bei Hueda etwas über 3 m mächtig. Dieser Wert stimmt ziemlich genau mit dem von 3,3 m bei MEIBURG (1969; 112) überein.

IV. Oberer Trochitenkalk im mo2

Die petrofazielle Ausbildung des Oberen Trochitenkalks ähnelt sehr der des Haupt-Trochitenkalks. Auffallend ist die besonders starke Ooidführung. Wie im Haupt-Trochitenkalk ist auch hier Stylolithbildung oft zu beobachten. Trochiten sind sehr häufig, Schalenquerschnitte sind z. T. angereichert. Das Vorkommen von *Lingula tenuissima* wie überhaupt die Begleitumstände deuten auf eine Flachmeerbildung hin.

Besonders hervorzuheben ist, daß in dem westlichsten Aufschluß (C) das Auskeilen der „Myophorien- und Astartenbank“ BLANCKENHORN's zu erkennen ist.

Diese Bank konnte in zahlreichen Aufschlüssen westlich Hueda festgestellt werden, so z. B. auf Bl. Liebenau in einem Bruch am NW-Rand von Wettesingen (R 351278, H 570233), auf Bl. 4520 Warburg in Böschungsaufschlüssen an der Hünenburg (1 km südlich Neu-Calenberg), am Donnersberg nordwestlich Wormeln (R 350849, H 570494), in einem Bruch bei Germete (E. P. 191,2 SE Teichmühle, R 350630, H 570510), im Bruch bei Wethen (ca. 100 m NE Teichmühle R 350616, H 570542), im ehemaligen Steinbruch südöstlich der Pyrmonter Straße (W. P. 221, R 350636, H 570442) und im Steinbruch am NW-Hang des Ziegenkopfes (R 350470, H 570462). Charakteristisch ist das häufige, fast gesteinsbildende Auftreten von *Myophoria ovata* neben seltenen *Astarte triasina*. Die Bank entspricht faziell – nicht stratigraphisch – etwa der *Astarte*-Bank F. ROEMER's (1851) bei Willebadessen, wo jedoch umgekehrt *Myophoria ovata* relativ selten, *Astarte triasina* dagegen sehr häufig ist. –

Im Aufschluß C bei Hueda sinkt der Rest dieser Bank nach NE von 50 auf 25 cm Mächtigkeit; im Kalksteinbruch (A) ist sie nicht mehr nachweisbar. Die Mächtigkeit liegt zwischen 3,5 und 4 m.

V. Tonplatten-Fazies = Jüngere Ceratiten-Schichten KLEINSORGES = mo2

Mit dem Abschluß des Oberen Trochitenkalks und dem Einsetzen der Tonplattenfazies war offenbar eine Vertiefung des Meeres verbunden. Dicht auf oder wenig über der letzten Trochitenkalkbank kommen vollständige Kronen von *Encrinurus liliiformis* vor, die wahrscheinlich mit dem Fazieswechsel ihr Lebens-Milieu verloren hatten. Die gleiche Feststellung in diesem stratigraphischen Niveau konnte auch bei Lamerden und Körbecke getroffen werden.

Ceratiten sind im tieferen Teil der Tonplatten noch relativ selten. Die vermutete Grenze zwischen *atavus-pulcher*- und *robustus*-Zone konnte vom Verf. nicht durch Funde aus dem Anstehenden belegt werden. – Aus dem tiefsten Teil der Tonplatten, dem oberen Teil der *pulcher*-Teilzone, stammen noch relativ enggenabelte Ceratiten, die zu dem binodos skulpierten *C. pulcher* oder dem \pm glatten *C. neolaevis* gehören.

Recht gut ließ sich die Grenze *robustus*-/*compressus*-Zone ermitteln, da seinerzeit gerade in diesem Bereich eine schmale Abbausohle bestand und die Übergangsform *C. robustus terminus* im Anstehenden und auf umherliegenden Platten häufig war. In diesem Bereich fand Verf. auch anstehend einen *C. raricostatus*.

Die Grenzziehung *compressus*-/*evolutus*-Zone, die an sich schon durch das Vorkommen allmählicher Übergänge zwischen beiden Arten erschwert wird, konnte bei der Zerrüttung des damals Hangenden nicht vorgenommen werden.

Hier beginnt nun die durch MEIBURG (1969) bekanntgemachte Folge von *evolutus*- und *spinosus*-Zone, die bei früheren Profilaufnahmen nicht erschlossen war. Wahrscheinlich ist die *spinosus*-Zone nicht mehr in ihrer Gesamtentwicklung vorhanden, sondern schon vorher im höheren Teil durch Überlagerung mit Sedimenten in der Fazies des Unteren Keupers ersetzt. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist *Ceratites spinosus postspinosus* (Frühformen) hier der jüngste Ceratit, während der oberste Teil der *spinosus*-Zone, in dem *Ceratites spinosus penndorfi* sowie zunehmend binodos gebliebene Arten wie *C. riedeli*, *posseckeri* u. a. vorherrschen, aus dem Diemelgebiet m. W. nicht nachgewiesen ist. Verf. möchte noch darauf hinweisen, daß beim Autobahn-Bau bei Burghasungen südlich Haueda in einem Profil durch die Mittleren Ceratiten-Schichten des Oberen Muschelkalks diese konkordant von Unterm Keuper überlagert werden und hier *Ceratites spinosus praespinosus* als jüngster Ceratit gefunden wurde (BUSSE, RAMBOW & RÖSING 1970). Wir können im Zusammenhang mit weiteren Beobachtungen vermuten, daß nach S und SW, mit Annäherung an den Ostrand der Rheinischen Masse, die Grenze Oberer Muschelkalk/Unterer Keuper stratigraphisch immer weiter absinkt.

2. Profile nördlich Lamerden

(Abb. 1)

2.1. Einleitung

Im Kap. 1 wurde über die stratigraphisch wichtigen und von der Normalfazies abweichenden Sedimente zwischen Mittlerem Muschelkalk und Jüngeren Ceratiten-Schichten im Kalkwerk Haueda berichtet.

Die nächsten Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk finden wir etwa 7 km (Luftlinie) nordöstlich von Haueda, d. h. in der NE streichenden Grenzlinie Mittlerer/Oberer Muschelkalk, nördlich Lamerden. Der Muschelkalk fällt etwa nach NW unter den Unteren Keuper der Borgentreicher Keupermulde ein. Auf diese Entfernung sind die Mächtigkeitsunterschiede bei beiden Trochitenkalk-Abschnitten erstaunlich gering: Der Haupt-Trochitenkalk umfaßt \pm 7 m, der Obere Trochitenkalk etwa 3–3,5 m Sediment. Dagegen sind die faziell wechselvollen Gelben Basis-Schichten mit rd. 5,2 m bei Lamerden mächtiger als der gleiche Komplex (mit etwa 4 m) bei Haueda.

Besonders wichtig erscheinen dem Verf. die Zwischenschichten – Ältere Ceratiten-Schichten nach KLEINSORGE (1935), die fast immer mit scharfer Grenze über der Oberkante des Haupt-Trochitenkalks einsetzen: In trochitenkalkähnlicher Fazies (nördlich und westlich von Hueda), in tonplattenähnlicher Fazies (Lamerden) oder in reiner Tonplatten-Fazies (Körbecke), Erscheinungen, die als gleichzeitige weitreichende Veränderungen in der Meerestiefe gedeutet werden können. Die Verhältnisse bei Hueda dürften als Übergangs-Fazies anzusehen sein, da trochitenkalkähnliche Schichten nur noch im tieferen Teil (Fazies der Fladigen Mergelkalksteine) eingelagert sind, der obere Teil der Kalksteinbänke aber wahrscheinlich trochitenfrei ist. Während bei Lamerden das Vorkommen von Ceratiten noch zweifelhaft ist, konnte vom Verf. (1932) bei Körbecke ein *Ceratites atavus sequens* RIEDEL geborgen werden. Noch weiter nordöstlich, NW Eberschütz, treten in diesem stratigraphischen Niveau wieder trochitenkalkähnliche Sedimente auf, über die in einer späteren Arbeit berichtet werden wird.

2.2. Profilbeschreibung

2.2.1. Alstertal II

(Steinbruch ca. 600 m N Steinmühle, Bl. 4421 Borgentreich, R 352192, H 571150)

Beim ersten Besuch des Verf. im Alstertal nördlich Lamerden fand sich noch nördlich von Alstertal I (Aufschluß an der Steinmühle NW Lamerden, Bl. 4421 Borgentreich, R 352208, H 571088; Mittlerer Muschelkalk) ein kleiner Kalksteinbruch in der Trochitenkalk-Fazies, der ab 1953 erweitert wurde (Alstertal IIa). Im Jahre 1955 wurde etwa 50 m nördlich ein weiterer kleiner Kalksteinbruch angelegt (Alstertal II b), der bis in den Mittleren Muschelkalk hinabreichte; beide Aufschlüsse waren durch einen schmalen Fußpfad verbunden. Sie sind durch fortschreitenden Abbau zu einem einzigen Bruch vereinigt worden (Alstertal II), der allerdings seit mehreren Jahren stillliegt.

Profil Alstertal IIa (Mai 1955)

Tonplatten-Fazies (obere *pulcher*-Teilzone)

bis 200 cm Kalksteinplatten/-bänke und Mergelstein, grau

Oberer Trochitenkalk

300–350 cm Trochitenkalkstein, grau bis bräunlich, teils feinoolithisch, kristallin, fest, splittrig, klotzig, horizontal und vertikal aufgelockert; Trochiten \pm h., teils zahlreiche kleine Muschelquerschnitte

Zwischenschichten (tonplattenähnlich), ca. 3,00 m

110 cm Kalkstein, dickplattig, blaugrau, dicht, besonders in den höheren Lagen stark uneben-wellig; bisher keine Fossilien

45 cm Kalksteine mit Auflösung in größere, knollige Brocken, uneben-höckrig, grau; bisher keine Fossilien

25 cm Mergelstein, bräunlich, hellgrau verwitternd, mürbe, dünn-schichtig; mit eingelagerten mergeligen Kalksteinplatten bzw. -knollen, die häufig *Coenothyris vulgaris* v. SCHLOTH. enthalten

- 70 cm Kalksteinbänkchen, dünn, grau, feinkristallin; *Coenothyris vulgaris* h., *Pleuromya musculoides* v. SCHLOTH. (3×), Muschelquerschnitte
- 50 cm Kalkstein, grau, dicht, splittrig, völlig uneben-höckrig, zusammengefaßt

Haupt-Trochitenkalk (mol), stark versintert

- 150 cm Trochitenkalkstein, grau, rostbraun gefleckt, kristallin, klotzig; im oberen Meter bankig aufgelockert, davon die oberste feinkristalline Bank mit zahlreichen Muschelquerschnitten; die unteren 50 cm kompakt; Trochiten bis auf die obersten 30 cm sehr häufig
- 30–35 cm Kalksteinbank, grau, bläulich anwitternd, brekziös, uneben gegliedert, teils knollig und besonders stark versintert; Trochiten h., *Lima striata*
- bis 250 cm Kalksteinbänke, grau, fest, splittrig, kristallin; Trochiten teils gesteinsbildend

Liegendes: noch Haupt-Trochitenkalk

Profil Alstertal IIb (Mai 1955)

Zwischenschichten (tonplattenähnlich)

- 100–200 cm wie im Profil IIa, aufgelockert

Haupt-Trochitenkalk (mol), 6,8–6,9 m

- ca. 50 cm Kalksteine, plattig-bankig
- ca. 50 cm Kalksteinbank, kompakt
- 200 cm Trochitenkalksteine, klotzig
- 240–250 cm Trochitenkalkstein, blaugrau, kristallin; Trochiten h.
- 20 cm Kalksteinbank, grau, mergelig anwitternd
- 20 cm Mergelstein, graubraun
- ca. 100 cm Kalksteinbank, graublau, feinkristallin, in 3–4 Lagen unregelmäßig gegliedert; Trochiten?

Gelbe Basisschichten (mol), 5,16–5,22 m

- 15 cm Kalksteinbank, bräunlich bis grau, dicht
- 40 cm Mergelstein, hellgrau, mürbe – untergeordnet dünne, längliche graue, aneinandergereihte Kalksteine – im Wechsel
- 75 cm Mergelstein, hellgrau, mürbe, und dünne, graue Kalksteine, linsenartig aneinandergereiht, im Wechsel
- 25 cm Mergelkalksteinbank, hellgrau, mürbe
- 135 cm Kalksteine, graublau, feinkristallin; Trochiten n. h.
- 50 cm oben: plattig-bankig
- 85 cm unten: horizontal und vertikal spaltend und splittrnd, eckig und kantig
- 20 cm Kalksteinbank, grau, feinoolithisch; mit kleinen Schalenquerschnitten, Trochiten
- bis 1 cm dünnes, ockergelbes Mergelband
- 80 cm Mergelstein, hellgrau bis gelbgrau, in den unteren 30 cm linsenartige graue Kalkstein-Einschlüsse
- 15 cm Kalksteinbank, grau, feinkristallin, mit einzelnen dünnen, gelben, kristallinen Einschaltungen
- 15–18 cm Mergelstein, mürbe, hellgrau, linsenartig eingeschaltet dünne, längliche, graue Kalksteine
- 30–33 cm Kalksteinbank, grau, kristallin, splittrig, mit größeren Kavernen (Drusen) vgl. Kalksteinbruch Haudeda!
- 65 cm Kalksteinbank, grau bis gelbgrau, dicht-feinkristallin, splittrig, uneben-kantig

Liegendes: Mittlerer Muschelkalk (= „Obere Dolomite“)

Wenig südwestlich von Alstertal II, im Knick der Straße Lamerden-Körbecke, liegt am „Röttgersberg“, etwa auf der westfälisch-hessischen Landesgrenze, ein weiterer stillgelegter Kalksteinbruch.

2.2.2. Kalksteinbruch Röttgersberg (5. 9. 1953)

(Bruch südlich der Straße Lamerden-Körbecke, SW Heu-Berg, Bl. 4421 Borgentreich, R 352160, H 571106)

Über dem Profil waren noch bis zu 6 m etwas gestörte Tonplatten leidlich aufgeschlossen; sie lieferten *C. robustus* und *C. compressus*. Auf dem über dem Aufschluß folgenden Acker fand Verf. einen großen *C. compressus apertus* WENGER. Nach unten folgen:

Tonplatten-Fazies (ob. *pulcher*-Teilzone bis unt. *robustus*-Zone)

200–300 cm Kalksteine, dünn-schichtig, Kalksteinplatten bis -bänken, grau, grauer Mergelstein zwischengelagert; oben zerrüttet; die unteren Platten mit \pm häufigen Trochiten, seltener mit Kronen von *Encrinurus liliiiformis* LAM., *C. cf. pulcher*, *C. neolaevis*

Oberer Trochitenkalk (mo2)

280–300 cm Trochitenkalksteine, grau, kristallin-oolithisch, splittrig, klotzig

Zwischenschichten (mo2) = Ältere Ceratitenschichten

280–310 cm Kalksteine, graublau bis dunkelgrau, dünnbankig, 20 cm unter der Oberkante eine braungraue, lehmige Mergelsteinlage (10 cm); die obersten 20 cm sind bereits stärker kristallin (Übergang zum Oberen Trochitenkalk); mitunter Anhäufungen von *Coenothyris vulgaris*. Ob der Hohlraum eines Ceratiten mit *pulcher*-Skulptur aus diesem Niveau stammt, ist nicht ganz sicher

Haupt-Trochitenkalk (mo1), 6,6–7,2 m

250–300 cm Trochitenkalksteine, grau mit bräunlichen Seitenflächen; oben: 1 m bankig mit Mergelstein-Zwischenmittel, unten: 1,5–2 m klotzig-kompakt

100 cm Kalksteinbank, dunkelgrau/schwarzgrau, fest, splittrig, fossilarm, fast dicht, vertikal stark zerklüftet

310–320 cm Trochitenkalksteine, grau bis dunkelgrau, mit braunen Verwitterungsflächen, fest, klotzig, zerklüftet

1,3–1,4 m feinkristalline Kalksteine; Trochiten h. – s.h.

ca. 0,8 m groboolithische Kalksteine mit nach oben zunehmender Trochitenführung

ca. 1,0 m dichte bis feinkristalline, dunkelgraue, fossilarme oder -leere Kalksteine

Gelbe Basisschichten (mo1)

bis 25 cm Mergelstein; gelbbraun, mürbe, ungeschichtet

2.2.3. Kalksteinbruch Körbecke

(Ehem. Stbr., heute Betonsteinwerk, ca. 1 km südlich Körbecke, Bl. 4421 Borgentreich, R 351942, H 570981)

An der Straße Liebenau-Körbecke, etwa 4 km N Liebenau und ca. 1 km S Körbecke, liegt ein kleiner, aufgelassener Kalksteinbruch, in dem im Jahre 1932 noch Kalkstein zur Gewinnung von Wegeschotter abgebaut wurde. Die Erwähnung dieses Aufschlusses erfolgt anhangsweise zu den Aufschlüssen von Lamerden; von Interesse war die Ausbildung der Zwischenschichten in Tonplatten-Fazies und daraus der Fund eines *C. atavus sequens* sowie von 2 Kronen von *Encrinurus liliiformis* LAM. aus den Tonplatten über dem Oberen Trochitenkalk. Fossilien und Aufzeichnungen von dieser Lokalität sind im letzten Krieg verloren gegangen. Im Jahre 1946 waren noch folgende Schichten sichtbar:

- ca. 350 cm Wechsellagerung grauer fester Kalksteinplatten/-bänkchen und hellgrau verwitternder Mergelsteine; *Ceratites robustus*
- 30 cm Kalksteinbank, grau, fest, kristallin
- 70 cm Kalksteinbänkchen, fest, blaugrau, dünn-schichtig, mit trennenden Mergelsteinlagen; *Ceratites cf. pulcher*
- 15– 20 cm Kalksteinbank, grau, fest
- 50 cm Mergelstein, hellgrau, mürbe, schiefrig
- 15 cm Kalksteinbank, grau fest,
- 10– 15 cm Kalksteine, grau, dünnplattig
- 8 cm Kalksteinbank, grau, fest
- 20 cm Mergelkalksteine, hellgrau, dünn-schichtig
- 5– 10 cm Kalksteinbänkchen

Oberer Trochitenkalk (mo2)

bis 220 cm sichtbar: Trochitenkalkstein, grau, oolithisch, klotzig; Trochiten h., in den oberen Lagen *Coenothyris vulgaris*

Verschüttet: Oberer Trochitenkalk

Zwischenschichten in Tonplattenfazies; *C. atavus sequens* RIED.

Haupt-Trochitenkalk (mo1)

2.3. Stratigraphische Anmerkungen

Mittlerer Muschelkalk = mm

Von den Sedimenten des Mittleren Muschelkalks waren in Alstertal II und am „Röttgersberg“ nur noch der höchste Teil – bis etwa 25 cm – angeschnitten. Die fazielle Ausbildung ist die gleiche wie im „Profil Hauda“, hellgraue bis fahlgelbe und gelbbraune, massige und zerklüftete Mergelsteinbänke („Obere Dolomite“). Im Profil Alstertal I war der Mittlere Muschelkalk ursprünglich mit \pm 25 m abgeschlossen, die im oberen Teil in die Gelben Basis-Schichten des Haupt-Trochitenkalks (mo1) übergangen. Wegen der Steilheit der Wände mußte auf eine Profil-Aufnahme durch den Verf. verzichtet werden. Der Aufschluß ist jetzt durch Abraum im unteren Teil weitgehend überdeckt.

Die Gelben Basisschichten (GBS) = mo1

waren in Alstertal IIb zur Zeit der Profilaufnahme (1955) vollständig aufgeschlossen. Dieser stratigraphische Abschnitt beginnt recht deutlich mit einer 65 cm mächtigen Kalksteinbank, welcher wieder Mergelstein und Kalkstein im Wechsel folgen. Trochiten sind in den Kalksteinbänken schon etwas häufiger zu finden; daneben

stellen sich auch schon Schalenquerschnitte kleiner Muscheln ein. Im oberen Teil der GBS sind die den Mergelsteinen eingelagerten dünn-länglichen, aneinandergereihten Kalksteine besonders auffällig.

Zu der Genese der GBS schreibt H. KLEINSORGE (1935: 60):

„Die Ausbildung der Schichten ist nicht so regelmäßig, um verallgemeinern zu können. Der Raum ist vom Meer noch nicht erobert, nach einer Epoche größerer Ausbreitung folgt eine Regression, und so bilden sich abwechselnd Trochitenrasen und fossilere Mergel-Dolomit-Horizonte.“

Die Mächtigkeit der GBS ist in Alstertal II b mit rd. 5,2 m höher als im Profil Haueda, wo nur 4 m festgestellt wurden.

Haupt-Trochitenkalk = mo1

Zu der im einzelnen etwas unterschiedlichen faziellen Ausbildung wird auf die Profile verwiesen. Das Auftreten von Trochiten setzt bei Lamerden weit früher ein als bei Haueda. Etwa in den obersten 30 cm sind kleine Muschelquerschnitte recht häufig (Alstertal II a).

Die Mächtigkeitsschwankungen im Haupt-Trochitenkalk sind relativ gering. Es wurden vom Verf. u. a. festgestellt:

Alstertal bei Lamerden	6,8–6,9 m
Röttgersberg bei Lamerden	6,6–7,2 m
Kalksteinbruch Haueda	ca. 7,3 m
Kalksteinwerk Wethen (ca. 12 km westlich Haueda!)	ca. 6,5 m

Zwischenschichten = Ältere Ceratiten-Schichten = mo2

Der auffallendste fazielle Wechsel ist in den Zwischenschichten zu beobachten. Während nach N (bis Willebadessen), W (Umgebung Wethen/Germete) und SW (Volkmarser Graben) eine trochitenkalkähnliche Ausbildung zu beobachten ist – im Volkmarser Graben wird es um so schwieriger, je weiter man nach S kommt, die Zwischenschichten von den beiden Trochitenkalken abzutrennen –, treten bei Haueda bereits Sedimente auf, die überwiegend trochitenfrei und plattig ausgebildet sind – nur im tieferen Teil sind fladige Mergelkalksteine mit Trochiten eingelagert. Bei Lamerden sind die Trochiten in diesem Stratum völlig verschwunden; die Abtrennung von den beiden Trochitenkalken ist scharf. Der Charakter der dunkelgrauen bis blaugrauen, dickplattigen bis dünnbankigen Sedimente ist durchaus tonplattenähnlich. An Fossilien sind die Zwischenschichten arm; nur in wenigen Lagen wurde *Coenothyris vulgaris* sporadisch angereichert beobachtet. Daneben kommt selten *Pleuromya musculoides* vor (3x in Alstertal II a). Ein lose gefundenes Handstück mit Abdruck eines Ceratiten, der feine *pulcher*-Skulptur zeigt, kann nicht sicher den Zwischenschichten zugeordnet werden. Dagegen ist ein in dem anhangsweise erwähnten Profil von KÖRBECKE in reiner Tonplatten-Fazies gefundener *Ceratites atavus sequens* RIEDEL sicher aus den „Älteren Ceratiten-Schichten“ = Zwischenschichten geborgen worden, die seinerzeit (1932) noch aufgeschlossen waren.

Die Mächtigkeit der Zwischenschichten liegt bei Lamerden um 3 m und weicht nur wenig von der bei Haueda festgestellten vertikalen Ausdehnung von 3,3 m ab.

Oberer Trochitenkalk in mo2

Die Ausbildung der oolithisch-kristallinen, klotzigen Kalksteine des Oberen Trochitenkalks weicht nur unwesentlich von der bei Haueda festgestellten Fazies ab. Die westlich vom Kalksteinbruch Haueda auskeilende Myophorien- und *Astarte*-Bank ist bei Lamerden nicht vorhanden.

Dieser stratigraphische Abschnitt des Oberen Trochitenkalks umfaßt 2,8 bis 3,5 m Sediment.

Die Mächtigkeitsschwankungen der spezieller untersuchten Schichten zwischen der Oberkante des Mittleren Muschelkalks und der Oberkante des Oberen Trochitenkalks sind zwischen Haueda und Lamerden bei einer Entfernung von 7 km (Luftlinie) erstaunlich gering; westlich Haueda schwillt dieser Komplex bedeutend an, was an dem Beispiel Kalksteinwerk Wethen (12 km westlich Haueda) gezeigt werden soll:

	Lamerden	Haueda	Wethen	Willebadessen
Ob. Trochitenkalk	2,8-3,5	ca. 3,5	ca. 8,75	ca. 6,5 m
Zwischenschichten	ca. 3	ca. 3,3	ca. 4,20	ca. 9 m
Haupt-Trochitenkalk	6,6-7,2	ca. 7,3	ca. 6,5	m

Wenn man, wie Verf. es annimmt, die Oberkante des Haupt-Trochitenkalks (mo1) als weitreichend gleichzeitig abgeschlossen ansieht, dann muß man eine Auswirkung in der Ceratiten-Folge über dem Oberen Trochitenkalk feststellen können:

Bei Haueda/Lamerden liegen bei ca. 6,5 m Zwischenschichten + Ob. Trochitenkalk etwa 2 m der oberen *pulcher*-Teilzone mit *Ceratites* cf. *pulcher* und *neolaevis*,
 bei Wethen bei ca. 13 m gleicher Sedimentfolge etwa 2 m der *robustus*-Zone mit *C.* cf. *robustus* (bei etwa 3 m schon *C. compressus*),

bei Willebadessen bei ca. 15,5 m dieses stratigraphischen Niveaus bereits Schichten der *compressus*-Zone, auf.

In der Tonplatten-Fazies des Meißnergebietes (BUSSE 1954: 165) umfaßt die

<i>atavus-pulcher</i> -Zone	ca. 9 m
<i>robustus</i> -Zone	ca. 5,5 m
Untere Ceratiten-Schichten	= ca. 14,5 m
<i>compressus</i> -Zone der Mittl. Ceratiten-Schichten	ca. 4 m

Ein Vergleich zeigt deutlich, daß die Mächtigkeitsschwankungen – bei Anwendung der Ceratiten-Stratigraphie – mindestens für einen Großteil Niederhessens bis nach Süd-Westfalen bei teils unterschiedlicher Fazies erstaunlich gering sind. – Die Trochitenkalk- und trochitenkalkähnliche Fazies hält sich westlich Haueda (bei Wethen) fast bis zum Ende der *robustus*-Zeit. Bei Willebadessen schließt der Obere Trochitenkalk die gesamten Unteren Ceratiten-Schichten ab.

Tonplatten-Fazies = Jüngere Ceratiten-Schichten = mo2

Der Aufschluß von Alstertal II reicht bis in die *evolutus*-Zone, der Steinbruch vom Röttgersberg bis zur *compressus*-Zone. Es ist anzunehmen, daß auch die *spinosus*-

Zone mindestens z. T. vorhanden und nur nicht aufgeschlossen ist, da vom Verf. zwischen Lamerden – Eberschütz – Manrode (Westf.) in Lesesteinen Reste spinoser Ceratiten gefunden wurden. – Es ist noch bemerkenswert, daß die Ceratiten dieses Raumes sich durchschnittlich schlechter präparieren lassen als die im Meißnergebiet, wo die stärker tonige Komponente das Gestein „milder“ erscheinen läßt.

Wie in Haueda kommen auch am Röttgersberg dicht über dem Oberen Trochitenkalk Kronen von *Encrinus liliiformis* vor. Hier fand Verf. auch einen *Ceratites distractus*, der wahrscheinlich aus dem Grenzbereich *robustus*-/*compressus*-Zone stammt.

3. Fossiliste

(ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

	I	II	III	IV	V
<i>Rhizocorallium</i> sp.					×
<i>Encrinus liliiformis</i> LAM. – Trochiten:	×	×	×	×	×
Kronen:					×
<i>Lingula tenuissima</i> BRONN				×	
<i>Orbiculoidea discoidea</i> (SCHLOTH.)					×
<i>Coenothyris vulgaris</i> (SCHLOTH.)		×	×	×	×
<i>Gervilleia costata</i> (SCHLOTH.)			×		
<i>Hoernesia socialis</i> (SCHLOTH.)			×		×
<i>Lima striata</i> (SCHLOTH.)		×	×		×
<i>Entolium discites</i> (SCHLOTH.)					×
<i>Pleuronectites laevigatus</i> (SCHLOTH.)					×
<i>Velata albertia</i> (GOLDF.)			×		
<i>Placunopsis ostracina</i> (SCHLOTH.)			×		×
<i>Philippiella noetlingi</i> FRECH					
<i>Myalina blezingeri</i> PHILIPPI			×		
<i>Mytilus eduliformis praecursor</i> FRECH			×	×	×
<i>Nucula elliptica</i> GOLDF.					×
<i>Nucula goldfussi</i> ALBERTI					×
<i>Myophoria laevigata</i> ALBERTI			×		×
<i>Myophoria ovata</i> GOLDF.				×	
<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTH.)			×		×
<i>Myophoriopsis gregaria</i> (MÜNSTER)					×
<i>Pleuromya musculoidea</i> (SCHLOTH.)					×
<i>Antalis laevis</i> (SCHLOTH.)					×
<i>Trachymerita gaillardoti</i> LEFROY			×		
<i>Loxonema</i> sp.					×
<i>Chemnitzia hehli</i> ZIETEN					×
<i>Nautilus bidorsatus</i> SCHLOTH.					×
<i>Ceratites</i> cf. <i>pulcher</i> RIEDEL					×
<i>Ceratites neolaevis</i> PENNDORF					×
<i>Ceratites philippii</i> RIEDEL					×
<i>Ceratites robustus robustus</i> RIEDEL					×
<i>Ceratites robustus terminus</i> WENGER					×
<i>Ceratites raricostatus</i> RIEDEL					×
<i>Ceratites compressus compressus</i> PHIL.					×
<i>Ceratites compressus apertus</i> WENGER					×
<i>Ceratites praecursor</i> RIEDEL					×
<i>Ceratites evolutus tenuis</i> RIEDEL					×
<i>Ceratites evolutus parabolicus</i> WENGER					×

<i>Ceratites evolutus subspinosus</i> STOLLEY	×
<i>Ceratites evolutus bispinatus</i> WENGER	×
<i>Ceratites spinosus praespinosus</i> RIEDEL	×
<i>Ceratites spinosus spinosus</i> PHIL.	×
<i>Ceratites spinosus capricornu</i> WENGER	×
<i>Nothosaurus</i> sp. (Wirbel)	×

Erläuterung:

- I Gelbe Basis-Schichten = mo1
- II Haupt-Trochitenkalk = mo1
- III Zwischenschichten = Ältere Ceratiten-Schichten = mo2
- IV Oberer Trochitenkalk = mo2
- V Tonplatten = Jüngere Ceratiten-Schichten = mo2

4. Zusammenfassung

Die vorstehenden Ausführungen schließen an die Arbeit „Fazies und Fauna des Oberen Muschelkalkes von Willebadessen“ (BUSSE 1972) an.

Vom Kalkwerk Haueda im nordwestlichsten Niederhessen werden Profile mitgeteilt, die bereits 1947 und 1954/56 vom Verf. aufgenommen wurden. Eine von MEIBURG (1969) aufgestellte Sedimentsäule von der gleichen Lokalität kann besonders im tieferen und längst überrollten Teil des Oberen Muschelkalks bis in den Mittleren Muschelkalk hinein gut ergänzt werden. Außerdem werden aus dem gleichen stratigraphischen Niveau Profile nördlich Lamerden beschrieben. In Anmerkungen wird auf die bedeutenden faziellen Unterschiede gegenüber der Becken-Fazies im Meißnergebiet des nordöstlichen Niederhessen hingewiesen. Die Tonplatten-Fazies setzt bei Haueda erst in der oberen *pulcher*-Zone ein und endet bereits im oberen Teil der *spinosus*-Zone mit Überdeckung durch Sedimente des Unteren Keupers.

Die unbestreitbare Richtigkeit der „Ceratiten-Stratigraphie“ wird auch bei unterschiedlicher Faziesausbildung nach Becken- oder Schwellen- bzw. küstennaher Entstehung nicht verkannt und auch durch eine „Conodonten-Stratigraphie“ (im Oberen Muschelkalk) nicht beseitigt werden können. Die mit Unterbrechungen von 1946 – 1957 durchgeführten Untersuchungen des Verf. sollen zu einer Vertiefung des paläogeographischen Bildes für Niederhessen (und z. T. bis Südwestfalen) beitragen. Die in der angegebenen Zeit untersuchten Aufschlüsse sind heute zum größeren Teil überrollt, zugewachsen oder als Müll-Deponie genutzt worden.

5. Schriftenverzeichnis

BLANCKENHORN, M. (1887): Über die Verbreitung einer oolithischen Bank des Trochitenkalkes mit *Myophoria ovata* und mehreren *Astarte*-Arten in der Trias des westlichen Deutschlands. — Verh. naturhist. Ver. Rheinl. u. Westf., **44**, S. ber.: 11–15; Bonn.

BUSSE, E. (1952): Feinstratigraphie und Fossilführung des Trochitenkalks im Meißnergebiet, Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**: 118–137; Wiesbaden.

— (1959): Stratigraphische Beziehungen des Oberen Muschelkalkes im Diemelgebiet und am Meißner in Niederhessen. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, T. 1: 245–246; Hannover.

— (1962): *Ceratites armatus* PHILIPPI im Oberen Muschelkalk des Meißners (Niederhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 87–92, Taf. 10; Wiesbaden.

- BUSSE, E. (1970): Ceratiten und Ceratiten-Stratigraphie. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 112–145; Wiesbaden.
- (1972): Fazies und Fauna des Oberen Muschelkalkes von Willebadessen. — *Philippia*, 1/3: 110–126, 2 Taf.; Kassel.
- BUSSE, E. & RÖSING, F. (1966): 2. Muschelkalk. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen: 48–79; Wiesbaden.
- , RAMBOW, D. & RÖSING, F. (1970): Ein Profil durch den Nordteil des Kasseler Grabens bei Burghasungen, Nordhessen (Blatt 4621 Wolfhagen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 146–150; Wiesbaden.
- GLAESSNER, R. (1913): Beiträge zur Kenntnis der Hessischen Jura-Relikte. — Abh. u. Ber. Ver. Naturk. Cassel, **74**.—76. Vereinsjahr 1909–1912: 51–146; Cassel.
- HIEKE, W. (1967): Feinstratigraphie und Paläogeographie des Trochitenkalkes zwischen Leinetal-Graben und Rhön. — *Geologica et Paläontologica*, **1**: S. 57–86; Marburg.
- KLEINSORGE, H. (1935): Paläogeographische Untersuchungen über den Oberen Muschelkalk in Nord- und Mitteldeutschland. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **15**: 57–106, Hamburg.
- MEIBURG, P.: Die Warburger Störungszone — Ein Beitrag zur Geologie des Warme-Diemel-Gebietes (Nordhessen/Ost-Westfalen). Diss.: 1–394, Münster.
- PENNDORF, H. (1926): Geologische Wanderungen im Niederhessischen Bergland. 345 S; Melsungen.
- SCHMIDT, M. (1928): Die Lebewelt unserer Trias. 461 S.; Oehringen.
- (1938): Nachtrag. 143 S.; Oehringen.

Manuskript eingegangen am 15. 3. 1972

Altholzäner Beginn der Auelehm-Sedimentation im Lahn-Tal ?

Von

REINHOLD HUCKRIEDE, Marburg

Mit Beiträgen von **DIETRICH BERDAU**, Heidelberg, **HELMUT MÜLLER**, Hannover, und
HANS-WOLFGANG REHAGEN, Krefeld*

Kurzfassung: Im Marburger Lahn-Tal geht die Auelehm-Decke ohne scharfe Grenze aus pflanzenreichen Lehm-Mudden hervor, die reichlich Großreste von Kiefer, Linde, Eiche und Hasel führen, palynologisch ins mittlere bis späte Boreal gestellt wurden und einen ^{14}C -Wert von 6930 ± 60 Jahre = 4980 B.C. (Atlantikum) ergaben. Das wird mit Vorbehalt als ein Hinweis gewertet, die Auelehm-Sedimentation könne hier schon im Altholzän begonnen haben.

Abstract: In Marburg the Auelehm cover develops without a break from loamy muds which are rich in macroscopic plant remains especial pine, oak, linden and hazel. These muds are placed by palynology into the middle to late Boreal and yielded a ^{14}C date of 6930 ± 60 years = 4980 B.C. (= Atlantic). The sequence is considered with much reserve as an indication for a Lower Flandrian beginning of Auelehm accumulation in the Lahn Valley.

Inhalt

1. Einleitung	153
2. Das Profil im Schülerpark zu Marburg	154
3. Pflanzen- und Tierreste der Muddenschicht 5	155
4. Das Alter des Auelehms	159
5. Die Lahn-Kiese	159
6. Schriftenverzeichnis	162

1. Einleitung

Bekanntlich ist der Hauptteil der echten, als anthropogen oder quasinatürlich zu deutenden Auelehme unserer deutschen Flüsse mittelalterlichen oder noch jüngeren Alters. Im Flußsystem der Weser (HEMPEL 1956: 40, SCHEFFER & MEYER 1958,

*) D. BERDAU, Zweites Physikalisches Institut der Universität Heidelberg, ^{14}C -Laboratorium, 69 Heidelberg, Philosophenweg 12.

Prof. Dr. R. HUCKRIEDE, Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität, Geologie, Paläontologie, 355 Marburg/Lahn, Deutschhausstr. 10.

Dr. H. MÜLLER, Bundesanstalt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Stilleweg 2.

Dr. H.-W. REHAGEN, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 415 Krefeld, de-Greif-Str. 195.

STRAUTZ 1959, 1963: 287, NIETSCH 1959, MEYER in ROHDENBURG, MEYER, WILLERDING & JANKUHN 1962) und bei thüringischen und sächsischen Flüssen (JÄGER 1962, NEUMEISTER 1964: 121) sind jedoch auch latènezeitliche, früheisenzeitliche oder spätbronze- bis früheisenzeitliche Anteile erwiesen oder bronzezeitlicher Ablagerungsbeginn vermutet worden. Beträchtliche, durch menschliche Tätigkeit hervorgerufene und bedingte Lößumlagerung konnte für den älteren Teil des Subatlantikums im niederhessischen Bergland erkannt werden (HUCKRIEDE 1971) und somit die Möglichkeit entsprechend alter Auelehme in den Tälern Hessens. Schließlich glaubt man, im Gebiet der Weser und in Nordwest-Sachsen sogar Auelehme aus dem Atlantikum nachgewiesen zu haben (LÜTTIG 1960, HÄNDEL 1967: 166, 187). Damit sind wir in einer recht frühen Zeit angelangt, in der man eigentlich dem Menschen noch nicht einen merkbaren Einfluß auf die Landschaft zubilligen möchte. Man beginnt zu zweifeln, traut entweder der Datierung nicht oder hält für nicht erwiesen, daß der Auelehm anthropogen ist.

Im Lahn-Tal ist mit einem recht frühen Einsetzen der Auelehm-Sedimentation gerechnet worden, im Mittelabschnitt schon mit einem Beginn im Alleröd (LANG 1956: 247, HEINE 1970: 45–46). Modernere, subtile Untersuchungen liegen jedoch nur im Gießener Gebiet vor. MÄCKEL (1969, 1970) vermeidet den Begriff „Auelehm“, beschreibt spätglaziale, atlantische und subboreale „Auesedimente“ und solche des Mittelalters und der Neuzeit. Man ist nach der Lektüre geneigt, nur die Ausedimente ab 9./10. Jahrhundert mit dem zu identifizieren, was man allgemein als Auelehm bezeichnet.

In den Kiesgruben bei Niederweimar (TK 25, B. 5218 Niederwalgern) liegt der Auelehm stets mit scharfer Diskordanz entweder auf Laacher Bims oder auf Lahn-Kiesen, die entweder ins jüngste Spätglazial oder ins älteste Holozän gehören (wie unten gezeigt wird). Hier ist über das zeitliche Einsetzen des Auelehms nichts zu entnehmen. Bedeutungsvoll für diese Frage war aber ein zeitweiliger Aufschluß im Stadtgebiet von Marburg.

2. Das Profil im Schülerpark zu Marburg

Als man im Jahre 1970 im Schülerpark von Marburg ein Regenwasserrückhaltebecken (Bl. 5118 Marburg, 750 m westlich Kaiser-Wilhelm-Turm = Spiegelslust-Turm) baute und damit den beliebten Erholungsplatz der Marburger verwüstete, gab es wenigstens für den Geologen einen Trost: Die jüngsten Schichten der Lahn-Aue wurden prächtig aufgeschlossen und eröffneten zugleich einen Blick in ein Stück Florengeschichte des Gebietes.

1. Mutterboden war abgeräumt

2. > 2 m

Auelehm, kalkfrei, violettbraun, mit schwarzen Mn-Häutchen auf Rissen;

Probe in der Mitte pollenfrei;

ohne scharfe Grenze hervorgehend aus:

3. 0,3 m

Lehm, sandig, kalkfrei, braun, rost- und grünfleckig, mit zarten Pflanzenwurzeln = Auelehm

ohne scharfe Grenze hervorgehend aus:

4. 0,25 m Lehm, kalkfrei, grau, grünstichig, unten sandiger und humos, mit Baumwurzeln, die von braunen Verfärbungen umgeben sind = Übergang der Altwasser-Bildungen in Auelehm
5. 0,4–0,45 m Wechsellagerung von humosen, dunklen, lehmigen Sanden, z. T. schräggeschichtet, mit dunkler Lehm-Mudde. Unten vorherrschend dunkle Lehm-Mudde mit sandigen Lagen, faulig riechend. Im ganzen Bereich Reste von Holz, Blättern, Samen, Früchte. Besonders unten viel Holz
 Proben Hu 1253 = die untersten 0,1–0,15 m
 Hu 1242 = wie 1253, nur 2 m seitlich entnommen, mud-diger, faulig riechend
 Hu 1274 = die untersten 0,3 m
 Hu 1273 = 0,3–0,45 über Unterkante
 = altholozäne Altwasser-Bildungen der Lahn
6. 0,2 m lehmiger, kiesiger Sand, humos, kalkfrei, oben mit Baumwurzeln in situ = Lahn-Sediment
7. etwa 1,8–2,0 m sandige Lahn-Schotter, dunkel, kalkfrei
8. aufgeschlossen 0,8 m sandige Lahn-Schotter, kalkfrei, gelbbraun mit Eisenverbindungen verfärbt.

Zwischen den Altwasser-Bildungen, die nach oben immer lehmiger und weniger humos werden, und dem Auelehm ist keine scharfe Grenze zu erkennen. Man hat den Eindruck, daß der Auelehm sich kontinuierlich aus den Altwasser-Schichten entwickelt, daß kein Hiatus zwischen beiden besteht.

3. Pflanzen- und Tierreste der Muddenschicht 5

Größere Mengen der Altwasser-Schicht wurden geschlämmt und untersucht. Zur Kennzeichnung der Reste werden folgende Abkürzungen benutzt: S = Samen, Sch = Schläuche, N = Nüsse, Nüßchen, F = Früchte, Fr = Fruchtschuppen, St = Steinkerne, Bl = Blätter, H = Holz, R = Rinde, Z = Zapfen.

- Hu 1253: *Pinus silvestris* LINNAEUS S, Z
Quercus sp. F
Humulus lupulus LINNAEUS S
Urtica dioeca LINNAEUS S
Nuphar luteum SMITH S
Ranunculus aquatilis LINNAEUS S
Rubus sp. St
Tilia sp. F
Cornus sanguinea LINNAEUS S
Solanum dulcamara LINNAEUS S
Stachys sp. S
 Labiaten-Samen
 Compositen-Samen
Potamogeton densus LINNAEUS S, St
Scheuchzeria palustris LINNAEUS F
- Hu 1242: Holzkohle
Pinus silvestris LINNAEUS Z
Corylus avellana LINNAEUS N
Cornus sanguinea LINNAEUS St
Scheuchzeria palustris LINNAEUS F

- Hu 1274: *Pinus silvestris* LINNAEUS S
Corylus avellana LINNAEUS N
Quercus sp. F, Fruchtbecher
Polygonum lapathifolium LINNAEUS S
Urtica dioeca LINNAEUS S
cf. *Stellaria* sp. S
Nuphar luteum SMITH S
Ranunculus cf. *repens* LINNAEUS S
Ranunculus (Batrachium) spp. S
Thalictrum sp. S
Prunus padus LINNAEUS St.
Rubus sp. S
Fragaria sp. S
Tilia platyphyllos SCOPOLI F h
Hippuris vulgaris LINNAEUS S
Cornus sanguinea LINNAEUS St.
Menyanthes trifoliata LINNAEUS S
Viburnum opulus LINNAEUS S
Stachys sp. S
Galeopsis sp. S
Cirsium oder *Carduus* sp. S
Potamogeton sp. St.
Carex sp. N
Käfer-Reste
Incisiven-Rest eines Nagers. indet.
- Hu 1273: abgerollte Holzkohle
Pinus silvestris LINNAEUS Z
Corylus avellana LINNAEUS N hh
Quercus cf. *robur* LINNAEUS F, Fruchtbecher
Polygonum lapathifolium LINNAEUS S
Chenopodium sp. S
Humulus lupulus LINNAEUS S
Nuphar luteum SMITH S
Ranunculus sp. S
Thalictrum sp. S
cf. *Prunus spinosa* LINNAEUS St.
Tilia platyphyllos SCOPOLI F h
Myriophyllum sp. S
Cornus sanguinea LINNAEUS St hh
Galium aparine LINNAEUS S
Viburnum opulus LINNAEUS S
Lycopus europaeus LINNAEUS S
Galeopsis sp. S
Stachys sp. S
Iris cf. *pseudacorus* LINNAEUS S
Schoenoplectus lacustris LINNAEUS S
Carex sp. N
Potamogeton sp. St
Scheuchzeria palustris LINNAEUS F
Käfer-Reste
Körnchen Laacher Bimses

Zur Ablagerungszeit der Altwasser-Schicht gedieh also bei Marburg ein Kiefern-, Eichen-, Sommerlinden-Wald mit vielen Haselsträuchern. In die Auen war die Erle

noch nicht eingewandert. Hartriegel, Schneeball, Traubenkirsche und Hopfen säumten den Waldrand.

Von Unterkante der Mudde-Schicht 5 bis hinauf in die Schicht 3, also in den Auelehm, wurden Pollenproben in anschließenden 5-cm-Beträgen genommen. Dr. HELMUT MÜLLER untersuchte davon folgende Proben:

- Nr. 1 = 0–5 cm von Unterkante der Schicht 5
 Nr. 2 = 5–10 cm
 Nr. 3 = 10–15 cm
 Nr. 7 = 30–35 cm
 Nr. 11 = 50–55 cm
 Nr. 15 = 70–75 cm
 Nr. 19 = 90–95 cm von Unterkante der Schicht 5.

Bei den ersten 3 Proben ist die Erhaltung gut, aber die Pollendichte gering. Bei den Proben 7–11 sei eine leichte Zersetzungs-Auslese durchaus möglich, bei 15–19 seien die tierischen Reste anscheinend zersetzt, doch nehme ich ein primäres Fehlen dieser Reste an, weil man sich schon im Auelehm befindet. Die botanischen und die tierischen Mikroreste sind in % der Baumpollen-Summe angegeben.

Probe	1	2	3	7	11	15	19
ausgezählte BP	100	100	100	33	100	200	200
ausgezählte Pollenkörner insgesamt	191	186	166	87	204	419	291
<i>Pinus cf. silvestris</i>	48	24	11	37	16	15,5	37,5
<i>Quercus</i>	7	24	18	6	12	10,0	3,5
<i>Ulmus</i>	16	20	29	15	27	24,0	3,0
<i>Tilia</i>	19	20	36	33	43	48,5	45,0
<i>Fraxinus</i>	—	1	1	3	—	1,5	1,0
ΣEMW	40	75	84	57	82	74,0	59,5
<i>Alnus</i>	—	1	2	—	—	1,0	1,5
<i>Betula</i>	9	9	3	3	2	1,0	1,5
<i>Salix</i>	—	—	—	—	—	—	—
<i>Corylus</i>	64	51	35	120	99	104,5	39,5
<i>Hedera</i>	—	—	—	—	—	1,0	—
Gramineae	6	18	25	15	3	1,0	0,5
Cyperaceae	10	8	3	21	2	2,0	5,0
<i>Potamogeton</i>	—	1	—	—	—	—	—
cf. <i>Sparganium</i> / <i>Typha angustifolia</i> -Typ	1	1	—	—	—	—	—
<i>Rumex</i>	—	1	—	—	—	—	—
<i>Polygonum</i> sect. <i>persicaria</i>	—	—	—	1	—	—	—
<i>Urtica</i> vel Cannabinaceae	2	1	1	1	—	—	—
<i>Nymphaea</i>	—	—	—	1	—	—	—
<i>Ranunculus</i> cf. <i>Batrachium</i>	2	2	—	—	—	—	—
<i>Thalictrum</i>	—	—	1	—	—	—	—
Umbelliferae-Apioideae	—	—	—	—	—	0,5	—
<i>Plantago</i> cf. <i>media</i>	—	—	—	—	—	0,5	—
Labiatae- <i>Lycopus</i> -Typ	1	—	—	—	—	—	—
<i>Artemisia</i>	1	1	—	—	—	—	—
sonstige Tubuliflorae	2	—	—	—	—	0,5	—
Varia-Indeterminata	2	—	1	—	—	—	—
<i>Polypodium vulgare</i> -Sporen	—	1	—	—	—	—	—
perisporlose monolete Polypodiaceae-Sporen	27	10	4	24	2	10,0	13,0

<i>Sphagnum</i> -Sporen	—	—	—	1	—	—	—
<i>Tilia</i> -Sternhaar	1	1	—	—	—	—	—
Nymphaeaceae-Innenhaar	3	1	—	—	—	—	—
Braunmoos-Reste	6	—	—	—	—	—	—
Desmidiaceae (<i>Cosmarium</i>)	1	1	—	—	—	—	—
Cyanophyceae (Normogonales)	++	+++	+	—	—	—	—
Tierische Reste							
Cladocera:							
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> E	—	—	1	—	—	—	—
<i>Eurycercus lamellatus</i> A	—	1	—	—	—	—	—
<i>Eurycercus lamellatus</i> K	—	—	—	—	1	—	—
<i>Camptocercus rectirostris</i> A	—	1	—	—	—	—	—
<i>Camptocercus rectirostris</i> Sch	—	1	—	—	—	—	—
<i>Acroperus harpae</i> K	—	2	—	—	—	—	—
<i>Acroperus harpae</i> Sch	—	2	—	—	—	—	—
<i>Alona affinis</i> K	—	1	—	—	—	—	—
<i>Alona</i> cf. <i>guttata</i> K	1	2	1	—	—	—	—
<i>Alona guttata</i> A	—	1	—	—	—	—	—
<i>Alona guttata tuberculata</i> Sch	2	2	—	—	—	—	—
<i>Alonella nana</i> Sch	—	1	—	3	—	—	—
<i>Pleuroxus uncinatus</i> K	—	1	—	—	—	—	—
<i>Chydorus sphaericus</i> K	—	3	1	—	—	—	—
<i>Chydorus sphaericus</i> Sch	—	3	1	—	—	—	—
cf. <i>Chydorus sphaericus</i> A	—	—	1	—	—	—	—
ΣCladocera-Reste	3	21	4	1	1	—	—
chitinöse Ostracoden-Schale	—	—	1	—	—	—	—
Acarina	1	—	—	—	—	—	—
Mückenlarven:							
cf. Orthocladiden-Larve K	1	2	1	—	—	—	—
„ <i>Tanytarsus</i> “-Larve K	—	1	—	—	—	—	—
sonstige Mückenlarven	—	—	1	—	—	—	—
Rotatorien-Dauerei: <i>Brachionus</i> sp.	1	—	—	—	—	—	—
Neorhabdocoelen-Eier	1	1	—	—	—	—	—

K = Kopfschale, Sch = Schale, A = Postabdomen, E = Endkrallen

Herr MÜLLER hat die untersuchten Proben auf Grund dieser Befunde in das mittlere bis späte Boreal gestellt, und hält das Altwasser für in relativ kurzer Zeit aufgefüllt.

Ein jüngeres Alter ergab die ^{14}C -Datierung, die D. BERDAU am Zweiten Physikalischen Institut der Univ. Heidelberg ausführte:

Unbestimmtes Holz aus dem Fuß der Schicht 5:

H 3541 — 2711 Hu 1253 = 6930 \pm 60 Jahre = 4980 BC.

Die Probe wurde mit Säure gereinigt. Kohlenstoffgehalt der gereinigten Probe ca. 54%. Asche ca. 5%. $\delta^{13}\text{C}$: $-31,4\text{‰}$. Der gemessene ^{14}C -Gehalt der Probe ist auf 0,95 NBS (National Bureau of Standards) Oxalsäure Standard bezogen, auf Isotopen-Trennung korrigiert und das Alter in Jahren vor 1950 angegeben.

Der Fehler von \pm 60 Jahren ist ein reiner Analysenfehler (mittlerer Fehler). Wegen der Verzerrung der ^{14}C -Zeitskala durch Schwankungen im ^{14}C -Gehalt der Atmosphäre und anderer Effekte, die die Genauigkeit der absoluten Datierung verringern, sollte beim Vergleich mit historischen und frühgeschichtlichen Daten ein effektiver mittlerer Altersfehler von mindestens \pm 100 Jahren eingesetzt werden.

Nach dem Meßergebnis ist das untersuchte Holzstück wohl in das frühe Atlantikum einzustufen.

Sollte dem ^{14}C -Wert mehr vertraut werden können, so würde das bedeuten, daß die Erle das Lahn-Gebiet erst verspätet erreicht hat, denn Großreste wurden von ihr nicht gefunden. Das Erstauftreten des Baumes in Mitteleuropa nach der Eiszeit (FIRBAS 1949: Abb. 27) scheint regional doch recht verschieden zu sein.

4. Das Alter des Auelehms

Leider habe ich aus dem höheren Teil der Schicht 3 und aus dem Unterteil des einwandfreien Auelehms keine Proben mehr genommen, weil ich mit den Proben 17–19 schon im eigentlichen Auelehm-Komplex zu sein glaubte. Da diese das altholozäne Pollenbild zeigen, keine Wasserpflanzen- und Wassertier-Reste mehr führen, und das Profil hinauf keinen Hiatus oder schärferen Gesteinswechsel zeigt, ist man geneigt, hier schon einen atlantischen Auelehm anzunehmen. Ganz sicher erwiesen ist sein hohes Alter dennoch nicht. Bodenbildungsvorgänge und spätere Grundwasserspiegel-Schwankungen im Lehm könnten vielleicht die Spuren eines Hiatus verwischt haben. Man muß auf Bestätigung meiner Ansicht durch weitere Aufschlüsse hoffen.

Falls bei ungerodeten Auenwäldern überhaupt eine Auelehm-Sedimentation nach Art der mittelalterlichen Hochflutbildungen möglich ist, kann man theoretisch mit einer atlantischen, anthropogen bedingten Auelehm-Aufschlickung rechnen. Siedlungen der Linearbandkeramiker sind in den benachbarten Löß-Gebieten, vor allem im Amöneburger Becken, mehrfach nachgewiesen worden. Daß durch den Ackerbau der Bandkeramiker schon beachtliche Erosion und Lehm- und Löß-Umlagerung stattgefunden haben, haben die Untersuchungen von SCHEFFER & MEYER (1958) gezeigt. Auch bei mit Herrn Landesarchäologen Dr. GENSEN unternommenen Sondierungen an der linearbandkeramischen Siedlung Mardorf Ia (Auf der Hobern) im Amöneburger Becken (UENZE 1951, 1956: Abb. 9) glaubte man innerhalb der Kulturschicht eine Zone stärkerer Zufuhr lößigen Materials zu erkennen.

5. Die Lahn-Kiese

Vom Laacher Bims, der sich an vielen Orten des Lahn- und Ohm-Tales unter dem Auelehm erhalten hat, auch im Stadtgebiet von Marburg [Am Grün, Bl. 5118 Marburg, westlicher Uferstreifen der Lahn gegenüber Weidenhausen: SCHÄFFER 1851: 43] nachgewiesen ist, findet sich im Schülerpark – von umlagerten Körnern in Schicht 5 abgesehen – keine Spur. Entweder geht die Schotter-Akkumulation an dieser Stelle bis in das Boreal, oder es ist ein Hiatus zwischen den Lehm-Mudden (Schicht 5) und den Lahn-Kiesen vorhanden.

In und an den Flußbetten sind selbstverständlich noch zu den verschiedensten Zeiten des Holozäns Sande und Kiese ab- und umgelagert worden (HUCKRIEDE 1972), eine weite Tal-Flächen ergreifende Akkumulation hat es bei Marburg jedoch nur bis zum Spätglazial oder bis zum älteren Holozän gegeben. Ein Beweis, daß weiträumige Kies-Ablagerung noch über die Auswurfszeit des Laacher Bimses hinaus geht, fand sich in der Niederweimarer Kiesgrube II (TK 25, Bl. 5218 Niederwalgern, ENE

Niederweimar, Flur Im Boden, 425 m südöstlich HP 177,0). Prof. ZANKL machte mich freundlicherweise darauf aufmerksam. Eine wenige cm starke Linse humoser Sande und Schluffe mit zahlreichen Pflanzenresten lag hier 1,5 m unter Oberkante der Kiese. Sie ergab (Hu 1329):

verschiedene Moose
 Holz- und Zweig-Reste in deutlichen Transport-Formen
 abgerollte Holzkohle-Stückchen
 Knospenschuppen
Salix sp. (keine Zwergweiden) Bl, H
Betula pubescens EHRHART Fr
Betula nana LINNAEUS Fr
Betula sp. S, H, R
Rumex sp. S, F
Silene sp. S
Nuphar luteum SMITH S
Ranunculus (Batrachium) sp. S
Thalictrum sp. S
Potentilla sp. S
Potentilla sp. S
Alchemilla sp. S
Prunus padus LINNAEUS St
Viola sp. S
Hippophaë rhamnoides LINNAEUS Bl hh
Myriophyllum verticillatum LINNAEUS S
Hippuris vulgaris LINNAEUS S
Menyanthes trifoliata LINNAEUS S
Lamium sp. S
 Compositen-Same cf. *Arctium*, *Carduus*, *Cirsium*
Cirsium sp. S
Sparganium sp. S
Potamogeton praelongus WULFEN S
Potamogeton spp. S
Schoenoplectus cf. *lacustris* LINNAEUS S
Carex cf. *flava* LINNAEUS S
Carex spp. S, Sch
 große Ephippien von Cladoceren
 zahlreiche Käfer-Reste, darunter Curculionidae
 Diptera-Reste
 verschwemmte Bröckchen Laacher Bimses hh

Es sind zwar zusammengespülte Pflanzen- und Tier-Reste, doch fällt keine Art auf, die nicht mit den anderen gleichzeitig sein müßte. Die Körner von Laacher Bims be weisen, daß wir uns entweder noch im Alleröd oder in jüngeren Zeitabschnitten be finden. Da anspruchsvolle Bäume fehlen, *Pinus*-Großreste nicht erkannt werden konn ten, vor allem aber noch *Hippophaë* eine Rolle spielt (Wiederauftreten des Sanddorns in der Jüngeren Dryaszeit am Niederrhein: STAMPFUSS & SCHÜTRUMPF 1970: 30), ist man geneigt, die Schicht in die Jüngere Dryaszeit zu stellen. Allerdings gibt es nach BEHRE (1966) auch noch eine „jüngste Parktundrenzeit“ des Präboreals, die hier möglicherweise in Frage käme.

Die Traubenkirsche stört bei unserer Deutung nicht. Sie erreicht heute fast den nördlichsten Zipfel Skandinaviens und steigt im Riesengebirge bis 1400 m, in den

Alpen bis 2000 m hinauf (NÖLDNER 1937: 44, FIRBAS 1949: 187, KRÜSSMANN 1968: 68–69). FIRBAS vermutete schon, daß sie schon in den spätglazialen Birken- und Kieferzeiten bei uns vorhanden war, und SCHWEITZER (1958) wies sie mit Blattresten im Brohltal- und Gleeser Traß nach.

Eine gute Ergänzung der Großrest-Untersuchung sind die pollenanalytischen Ergebnisse. Dr. REHAGEN schreibt: „Die Pollenerhaltung war gut, doch die Pollendichte so gering, daß zwei Präparate ausgezählt werden mußten, um auf insgesamt 229 Pollen und Sporen, davon 70 BP (Baumpollen) zu kommen. Als Bezugsbasis gilt die Summe aller BP gleich 100%; die Werte der NBP (Nichtbaumpollen), der W. + S. (Wasser- und Sumpfpflanzen) sowie der Farn- und Moossporen sind hierauf bezogen. Für die wichtigsten Pflanzen wird in Klammern noch eine andere Umrechnung (total) angegeben, bei der alle Pollen gleich 100% gesetzt werden, außer W. + S. sowie Sporen. Im einzelnen ergaben sich für die Probe (LN 64386) folgende Werte in %:

<i>Salix</i>	10,0	(3,2)
<i>Betula</i>	45,0	(14,3)
<i>Pinus</i>	45,0	(14,3)
ΣBP	100,0	(31,8)
ΣNBP	221,0	(68,2)
Poaceae (Gramineae)	93,0	(29,8)
Cyperaceae	57,0	(18,2)
<i>Artemisia</i>	17,0	(5,3)
Ericales	1,4	(0,5)
übrige NBP	53,0	(14,6)
W. + S.	5,7	(1,8)
Sporenpflanzen	7,1	(2,3)
<i>Rumex</i>	7,2	
Caryophyllaceae	2,9	
Brassicaceae (= Cruciferae)	4,3	
<i>Sanguisorba minor</i>	1,4	
Asteraceae (= Compositae)	11,5	
Rubiaceae	5,7	
Apiaceae (= Umbelliferae)	1,4	
Rosaceae	2,9	
<i>Polygonum bistorta</i> Typ	7,2	
<i>Viola</i>	1,4	
<i>Saxifraga</i>	1,4	
Indeterminata	5,7	
<i>Potamogeton</i>	1,4	
<i>Sparganium</i> Typ	2,9	
<i>Myriophyllum</i>	1,4	
Farnsporen	1,4	
<i>Equisetum</i>	5,7	

Das Pollenspektrum wird klar von den NBP mit 221% (bzw. 68,2% bei totaler Grundsumme) beherrscht und weist damit ein Verhältnis von BP: NBP auf, das – zumindest an der Profilentnahmestelle – eine ziemlich offene Vegetation anzeigt, wofür auch die Tatsache spricht, daß die Summe der NBP sich aus zahlreichen Taxa zusammensetzt. Unter den BP kommen nur *Salix*, *Betula* und *Pinus* vor, die allgemein als Anzeiger einer mehr oder minder kühlen Klimaphase gelten.“

Da die geologischen Fakten die nachgewiesene kühle Klimaphase auf das Spätglazial einengen, sieht REHAGEN zwei Möglichkeiten: „Sollte der Laacher Bims primär gelagert sein, wäre die Probe in die Wende vom birkenreichen zum kiefernreichen Unterabschnitt des Alleröds (Wende Unterzone IIa/IIb nach FIRBAS bzw. Wende Unterzone IIIa/IIIb nach OVERBECK) einzustufen. Das Pollenspektrum spricht allerdings eher – vernachlässigt man einen möglichen lokalen Einfluß – aufgrund der geringen Pollendichte, des starken Anteils der NBP mit zahlreichen *Taxa*, des relativ hohen Anteils von *Salix* und *Artemisia* für eine Eingliederung in den Beginn der Jüngeren Dryas-Zeit (Zone III nach FIRBAS, Zone IV nach OVERBECK).“

Danksagung: Außer den genannten Mitarbeitern schulde ich Dr. BENDA und Dr. SCHNEEKLOTH in Hannover Dank für allerlei Ratschlag und die Erlaubnis, die Samen-Sammlung der Bundesanstalt für Bodenforschung benutzen zu dürfen, ferner den Herren der Firma Lahn-Waschkies für Liebenswürdigkeit und Wohlwollen.

6. Schriftenverzeichnis

- BEHRE, K.-E. (1966): Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **17**: 69–84, 6 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Öhringen.
- FIRBAS, F. (1949, 1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. **1**, 480 S., 163 Abb.; **2**: 256 S., 18 Abb.; Jena (Gustav Fischer).
- HÄNDEL, D. (1967): Das Holozän in den nordwestsächsischen Flußauen. — *Hercynia*, N.F., **4**: 152–198, 21 Abb., 1 Tab.; Leipzig.
- HEINE, K. (1970): Fluß- und Talgeschichte im Raum Marburg. Eine geomorphologische Studie. — Bonner geogr. Abh., **42**: 134 S., 49 Abb.; Bonn.
- HEMPEL, L. (1956): Über Alter und Herkunftsgebiet von Auelehmen im Leinetal. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**: 35–42, 3 Abb.; Öhringen.
- HUCKRIEDE, R. (1971): Über jungholozäne, vorgeschichtliche Löß-Umlagerung in Hessen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **22**: 5–16; Öhringen.
- (1972): Der Untergrund des Deutschen Hauses und weitere geologische und urgeschichtliche Befunde in Marburg/Lahn. — *Geologica et Palaeontologica*, **6**: 1–17, 4 Abb., 4 Taf.; Marburg.
- JÄGER, K.-D. (1962): Über Alter und Ursachen der Auelehmlagerung thüringischer Flüsse. — *Praehistor. Z.*, **40**: 1–59, 23 Abb., 1 Kte.; Berlin.
- KRÜSSMANN, G. (1968): Die Bäume Europas. 140 S., 114 Abb., 80 Taf.; Berlin u. Hamburg (Paul Parey).
- LANG, H. D. (1956): Jungpleistozäne Torfe im nördlichen Hessen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **84**: 245–251, 3 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- LÜTTIG, G. (1960): Zur Gliederung des Auelehms im Flußgebiet der Weser. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **11**: 39–50, 4 Abb.; Öhringen.
- MÄCKEL, R. (1969, 1970): Untersuchungen zur jungquartären Flußgeschichte der Lahn in der Gießener Talweitung. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **20**: 138–174, 18 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Öhringen 1969, zugleich Gießener geogr. Schr., **19**; Gießen 1970.
- (1970b): Die Entwicklung des Gießener Lahntales im Spät- und Postglazial. — *Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilkde. Gießen*, N.F., naturwiss. Abt., **37**: 45–68, 17 Abb.; Gießen.
- NEUMEISTER, H. (1964): Beiträge zum Auelehmpromblem des Pleiße- und Elstergebietes. — *Wiss. Veröff. deutsch. Inst. Länderkde.*, N.F., **21/22**: 65–131, 12 Abb.; Leipzig.
- NIETSCH, H. (1959): Vorgeschichtsfunde in Weserauenlehmen. — *Die Kunde*, N.F., **10**: 256–260, 1 Abb.; Hannover.

- NÖLDNER, W. (1937): Aus Wald und Flur. Pflanzen unserer Heimat. 128 S., 175 Abb.; Hamburg-Bahrenfeld (Cigaretten-Bilderdienst).
- RODENBURG, H., MEYER, B., WILLERDING, U. & JANKUHN, H. (1962): Quartärgeomorphologische, bodenkundliche, paläobotanische und archäologische Untersuchungen an einer Löß-Schwarzerde-Insel mit einer wahrscheinlich spätneolithischen Siedlung im Bereich der Göttinger Leineau. — Göttinger Jb., 1962: 36—56, 6 Abb., 1 Bild; Göttingen.
- SCHÄFFER, F. R. (1851): Die Bimssteinkörner bei Marburg in Hessen und deren Abstammung aus Vulkanen der Eifel. Inaug.-Diss.: 55 S.; Marburg (Bayrhofer'sche Univ. Buchdruckerei).
- SCHAEFFER, F. & MEYER, B. (1958): Bodenkundliche Untersuchungen an neolithischen Siedlungsprofilen des Göttinger Leinetalgrabens. — Göttinger Jb., 1958: 2—19, 3 Abb.; Göttingen.
- SCHWEITZER, H.-J. (1958): Entstehung und Flora des Trasses im nördlichen Laachersee-Gebiet. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 9: 28—48, 15 Abb., 4 Taf.; Öhringen.
- STAMPFUSS, R. & SCHÜTRUMPF, R. (1970): Harpunen der Allerödzeit aus Dinslaken, Niederrhein. — Bonner Jb., 170: 19—35, 8 Abb.; Bonn.
- STRAUTZ, W. (1963): Auelehmbildung und -gliederung im Weser- und Leinetal mit vergleichenden Zeitbestimmungen aus dem Flußgebiet der Elbe. Ein Beitrag zur Landschaftsgeschichte der nordwestdeutschen Flußauen. — Beitr. zur Landespflege, 1: 273—314, 14 Abb.; Stuttgart.
- UENZE, O. (1951): Das vorgeschichtliche Mardorf. — Marburger Presse 18. 4. 1951.
— (1956): Vorgeschichte von Nordhessen. 2. Teil. Die ersten Bauern (Jungsteinzeit). S. 45—120, Abb. 3—22, Taf. 18—57; Marburg (Elwert).

Manuskript eingegangen am 25. 1. 1972

Mineralbestand und Chemismus der Alkali-Olivinbasalte aus der Umgebung von Homberg a. d. Efze (Hessen)

Von

HARTMUT HEINRICHS, Göttingen*

Mit 3 Abbildungen und 4 Tabellen

Kurzfassung: Wie die chemische, röntgenographische und optische Untersuchung ergab, gehören die Tertiärbasalte Hombergs zum Stamm der Alkali-Olivinbasalte, die im östlichen Teil der Hessischen Senke ohne Begleitung anderer Basalttypen in einer breiten Zone vertreten sind. An Hand der Unterschiede im quantitativen Mineralbestand lassen sich für das Untersuchungsgebiet einige Basaltvorkommen gleicher Art feststellen. Diese petrographisch identischen Vorkommen liegen in Zonen, die sich von NE nach SW erstrecken. Die Basalte im westlichen Teil des Fördergebietes von Homberg zeichnen sich im Vergleich zu anderen Alkali-Olivinbasalten aus Hessen und Südniedersachsen durch niedrigere SiO_2 - und höhere MgO -Werte aus.

In den Basalten des Werrberges, des Stellberges und des Stöpflings fanden sich Peridotitknollen, die am Beispiel des Probenmaterials vom Stöpfling in die Untersuchung einbezogen wurden.

Inhalt

1. Einleitung	164
2. Untersuchungsmethoden	166
3. Die Minerale der Basalte	167
4. Struktur der Basalte im Dünnschliff	168
5. Modalbestand der Basalte	169
6. Petrographisches Gesamtbild	170
7. Einschlüsse in den Basalten	171
8. Chemische Untersuchungen an den Basalten	171
9. Diskussion genetischer Fragen	174
10. Schriftenverzeichnis	175

1. Einleitung

Geologische Situation

Die vorliegende Arbeit behandelt Tertiärbasalte aus der Umgebung Hombergs a. d. Efze, deren Gebiet ziemlich genau das Zentrum der Tk 25 Bl. 4922 Homberg (Bez.

*) Dipl.-Min. H. HEINRICHS, Geochemisches Institut der Universität Göttingen, 34 Göttingen, Tammannstr. 1.

Kassel) einnimmt. Nicht mehr betrachtet wurde der Raum südlich der Efze und nördlich der Linie Hebel–Falkenberg–Hombergshausen.

Die untersuchten Basalte liegen zwischen den Basaltvorkommen des Habichtswaldes im N und dem großen Basaltmassiv des Vogelsberges im S, inmitten der Hessischen Senke, deren Entstehung eng mit der bruchtektonisch gebildeten Mittelmeer-Mjösen-Zone zusammenhängt.

Der Untergrund der Basalte wird fast ausschließlich von Braunkohlensanden gebildet. Nach der Regression des Meeres gegen Ende des Alt-Tertiärs verlandete die Hessische Senke bei starker Materiallieferung aus den höher gelegenen Gebieten, was zu einer raschen Versumpfung mit Bildung mehrerer Braunkohlenflöze führte. Die Braunkohlenlager des Habichtswaldes haben ein untermiozänes Alter. Die ersten vulkanischen Ereignisse im Kassler Raum traten nach den Datierungen RÖSINGS (1958) gegen Ende des Untermiozäns auf. Wegen der ähnlichen geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet kann für die Basalte Hombergs voraussichtlich ein gleiches Alter angenommen werden.

Ältere Untersuchungen

Ältere petrographische Untersuchungen an den Basalten sind bisher nur von SCHULTZ (1903) gemacht worden.

Neben der eigentlichen Mineralbestimmung war es sein Hauptanliegen, zwei Spaltensysteme, von denen das eine von NW nach SE, das andere von NE nach SW verlaufen soll, nachzuweisen.

SCHULTZ unterschied zwischen Limburgiten, Nephelinbasalten und -basaniten, Basalten vom Hügelkopftyp und Feldspatbasalten. Seinen Untersuchungsergebnissen nach tritt fast in sämtlichen Gesteinen Nephelin auf. Zum Nachweis verwendete er eine Mikroreaktion, indem er eine Ecke des Schliffes mit verdünnter HCl benetzte, um so eine Ausscheidung von NaCl-Würfel zu erhalten. Er schrieb dazu: „Da manche Gläser mit HCl dieselbe Reaktion wie Nephelin geben, so ist es oft unmöglich, zu entscheiden, ob farbloses Glas oder senkrecht zur Hauptachse geschnittener Nephelin vorliegt.“

Problemstellung

Diese Arbeit dient der Klärung des qualitativen und quantitativen Mineralbestandes und ist ein Beitrag zur petrographischen Beschreibung der Basalte aus der Umgebung Hombergs.

Darüber hinaus sollen einige geochemische und petrogenetische Probleme diskutiert werden.

Probennahme

Die Übersichtsskizze im Maßstab 1:50000 enthält die für die Probennahme wichtigen Basaltkomplexe. Die Stellen, an denen Proben entnommen wurden, sind in der Skizze eingetragen (▲).

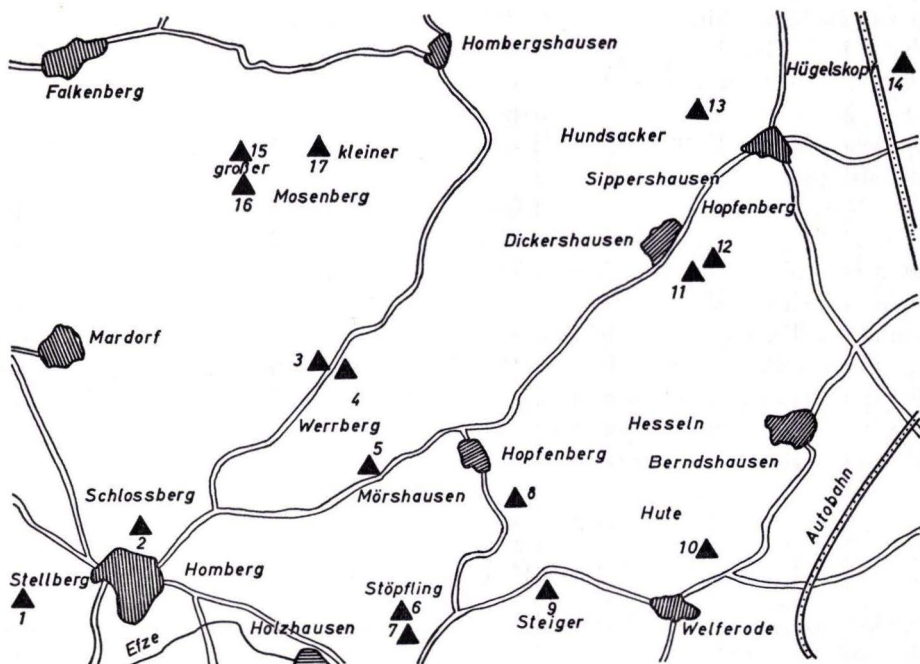


Abb. 1. Übersichtsskizze der Probennahme im Gebiet von Homberg.

2. Untersuchungsmethoden

Die Basalte aus dem Untersuchungsgebiet sind mit chemischen, röntgenographischen und optischen Methoden untersucht worden.

Chemische, spektral- und flammenphotometrische Methoden

Auf der Grundlage der Arbeiten von SHAPIRO & BRANNOCK (1956), HEGEMANN & THOMANN (1960) und PECK (1964) sind chemische Analysen an Durchschnittsproben einzelner Aufschlußpunkte durchgeführt worden.

TiO₂, Gesamteisen, FeO und P₂O₅ wurden kolorimetrisch bestimmt, K₂O und Na₂O flammenphotometrisch und SiO₂ ließ sich gravimetrisch ermitteln.

H₂O⁻ wurde durch längeres Trocknen der Probe bei 110 °C bestimmt.

H₂O⁺ ließ sich nach Abzug von H₂O⁻ vom Gesamtwasser, das durch Glühen der Proben in Penfield-Röhrchen bestimmt wurde, errechnen.

Die MgO-Werte wurden mit Hilfe des Atomabsorption-Spektralphotometers ermittelt.

Röntgenographische Methoden

Röntgenfluoreszenzspektrographisch erfolgte die Bestimmung von SiO₂, Al₂O₃, CaO, K₂O, MnO, Zn, Cu, Ni, Rb, Sr, Zr und Cr.

Zur Überprüfung des modalen Mineralbestandes sind für einige Proben qualitative und quantitative Diffraktometerauswertungen gemacht worden.

Optische Methoden

Für jeden Aufschlußpunkt wurde ein Dünnschliff angefertigt, dessen Mineralbestand quantitativ nach dem Punktzählverfahren von CHAYES (1949) ausgezählt wurde.

Die Meßpunkte liegen im Abstand von 0,3 mm auf parallelen Linien. Bei einem Linienabstand von 1 mm ist die Zahl der durch Meßpunkte bestimmten Minerale bei 1400 Messungen proportional dem Volumen dieser Mineralart.

3. Die Minerale der Basalte

Pyroxene

Die Pyroxene sind oft gut prismatisch ausgebildet und treten häufig in glomerophyrischen Verwachsungen auf. Die Kristalle haben eine durchschnittliche Länge von 50–150 Mikron. Sie treten auch vereinzelt bis zu 780 Mikron großen Einsprenglingen auf, oder aber sie bilden, wie in den Basalten des kleinen Mosenberges, eine filzartige Grundmasse mit Pyroxenen von wenigen Mikron. Spaltrisse sind nach (110) bei größeren Pyroxenen gut erkennbar. Zwillingsbildungen nach (100) treten insbesondere bei den langprismatischen Einsprenglingsaugiten auf.

In den Dünnschliffen vom Stellberg, Werrberg und Hügelskopf wurden für eine größere Anzahl von Pyroxenen mit dem U-Tisch Achselwinkelbestimmungen durchgeführt. Die Auslöschungsschiefe c/γ in Schnitten // (010) ließ sich durch Konstruktion der c-Achse als Zonenachse der Spaltfläche (110) und der Fläche (010) ermitteln BURRI 1950: 274). Die optischen Daten der untersuchten Pyroxene variieren stark, so daß nur ein Bereich angegeben werden kann.

$$V_{\gamma} : 26,5^{\circ} - 30^{\circ}, c/\gamma : 39^{\circ} - 43^{\circ}.$$

Nach dem optischen Bestimmungsdiagramm von HESS (1949) ergibt sich für die Pyroxene eine mittlere Zusammensetzung von $\text{Ca}_{48}\text{Mg}_{38}\text{Fe}_{14}$. Dieser Chemismus entspricht dem der Salite.

Feldspäte

Die Plagioklase treten häufig in sperrig angeordneten Platten unterschiedlicher Größe auf. Dicktafelige Kristalle mit einer durchschnittlichen Länge von 200–400 Mikron bilden das Grundgefüge der intergranularen Struktur. Bei den Plagioklasen sind die Winkel der Bisektrizen $\alpha A \alpha$ und $\gamma A \gamma$ in Albitzwillingen mit Hilfe stereographischer Projektionen ermittelt worden. Die Auswertungen erfolgten nach den Diagrammen KÖHLERS (1952), NICKELS (1949) und v. D. KAADENS (1950) bei TRÖGER. Danach ergibt sich für die Plagioklase ein Anorthitgehalt von $\text{An}_{46} - \text{An}_{58}$.

Olivine

Olivine kommen im ganzen Untersuchungsgebiet zumeist in Form großer, korrodierter Einsprenglinge vor. Die durchschnittlichen Größen dieser häufig gerundeten Kristalle liegen zwischen 50 und 150 Mikron. In einzelnen Fällen konnten Größenordnungen von mehr als 1400 Mikron festgestellt werden. Ein Teil der Olivine wird von grünen oder gelben Zersetzungsprodukten begleitet, die nach den Untersuchungen BOLTERS (1961) vorwiegend als Nontronit, in wenigen Fällen auch als leistenförmige, saponitähnliche Minerale angesehen werden können.

An einigen Olivineinsprenglingen sind mit dem U-Tisch Achsenwinkelbestimmungen vorgenommen worden. Bei optisch negativem Charakter ist $2V\alpha$ zu 86–89 ermittelt worden. Aus diesen Daten ergibt sich für die Olivine nach dem Bestimmungsdiagramm KENNEDYS (1947) ein Fayalitgehalt von 13–22 Mol.-%.

Erze

Die verschiedenen Erzminerale sind bei der Auszählung nicht getrennt aufgeführt worden. Bisweilen sind die Erze in Fladen von 50–100 Mikron angereichert. Die überwiegende Zahl der opaken Bestandteile ist jedoch kleiner als 30 Mikron und reicht damit in den Größenbereich der Grundmasse hinein. Die opaken Aggregate bilden Leisten, oder sie zeigen bei kompakten Ansammlungen unregelmäßige aber scharfkantige Umrisse; ebenso treten lappenförmige Gebilde auf, wie auch häufig axiolithische Ausbildungsformen zu beobachten sind. Einige der kleinen Aggregate zeigen Oxydatitionserscheinungen, wodurch ein höherer Erzgehalt vorgetäuscht wird. Ein weiterer Grund für die Überbewertung des Erzgehaltes gegenüber farbloser Grundmasse liegt am Durchscheineffekt der opaken Bestandteile. Der so verfälschte Modalbestand läßt sich mit Hilfe einer von SCHMUCKER (1954) aufgestellten Korrekturformel berichtigen.

Apatit

Der Apatit ist in reinem Zustand im Dünnschliff farblos und deutlich an seinem hohen Relief erkennbar. Er bildet zumeist kurzsäulige, idiomorphe Gemengteile, die im Basisschnitt gut ausgebildete sechseckige Querschnitte zeigen und im Korngrößenbereich von 1–50 Mikron liegen.

4. Struktur der Basalte im Dünnschliff

In den Zwickeln der sperrig angeordneten Feldspatleisten liegt die Hauptmasse der Pyroxene und Olivine. Durchbrochen wird diese Grundstruktur durch große Olivineinsprenglinge und häufig auftretende glomerophyrische Pyroxenverwachsungen. In Abb. 2 sind von Olivinen, Pyroxenen, Plagioklasen und Apatiten die längsten Durchmesser in einem Korngestaltsdiagramm dargestellt.

Auf der Abszisse sind die maximalen Kornlängen der Minerale in Mikron aufgetragen, auf der Ordinate die prozentuale Häufigkeit. Bei der mikroskopischen Betrachtung

tung erweist es sich, daß die Korngefüge der verschiedenen Basalte nahezu einheitlich sind. Aus diesem Grunde ist nur das Korngestaltsdiagramm des Stellberges wiedergegeben.

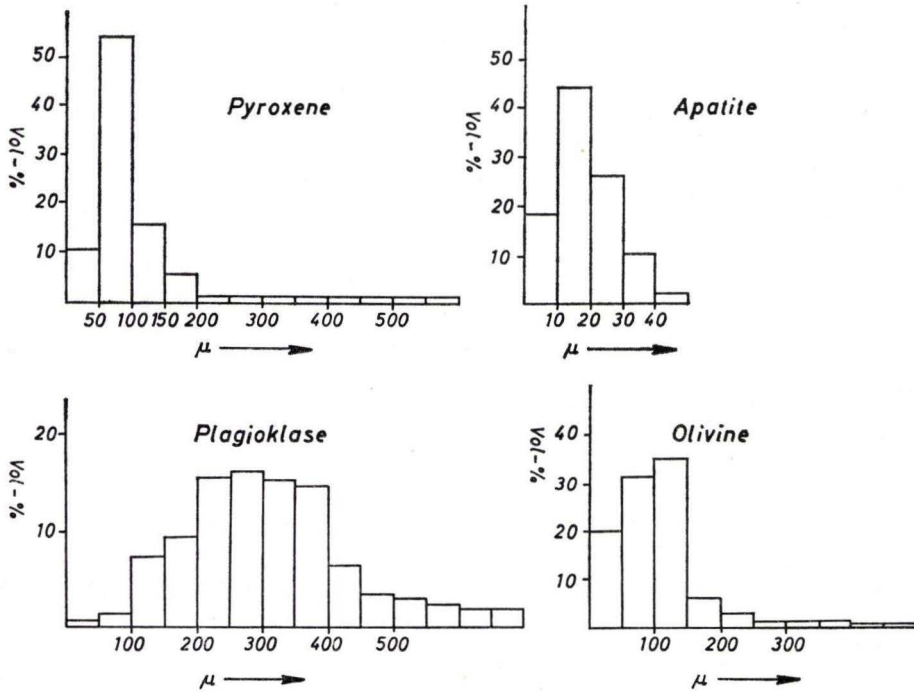


Abb. 2. Korngestaltsdiagramm des Stellberges.

5. Modalbestand der Basalte

Die Ergebnisse der Dünnschliffauszählung von 13 Proben sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1. Modalbestand der Basalte in Vol.-%

	1	2	3	5	6	8	9
Plagioklase	38,8	40,0	42,6	31,9	22,0	44,9	57,2
Pyroxene	41,4	38,8	42,4	49,1	49,7	44,2	26,6
Olivine	16,2	15,7	10,4	13,4	23,6	7,8	10,9
Erze	4,4	2,9	4,5	4,4	2,6	2,1	4,1
Apatite	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gläser	0,09	1,50	—	—	0,08	—	0,60
Alkalifeldspat	—	—	—	—	0,12	—	—
Sonstiges	—	—	—	—	0,60	—	—

Tab. 1. (Fortsetzung)

	10	11	13	14	15	16
Plagioklase	55,1	51,3	43,3	38,0	40,2	39,9
Pyroxene	28,6	30,4	36,9	41,2	41,3	40,8
Olivine	13,0	12,7	14,6	16,0	13,4	12,9
Erze	2,8	3,1	2,8	4,0	2,1	3,6
Apatite	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gläser	—	0,52	—	0,14	2,42	1,71
1 Stellberg			6 Stöpfung			11 Hopfenberg/D
2 Schlossberg			8 Hopfenberg/M			13 Hundsacker
3 Werrberg 1			9 Steiger			14 Hügelskopf
5 Werrberg 3			10 Hute			15 Mosenberg 1
						16 Mosenberg 2

6. Petrographisches Gesamtbild

Zur Abrundung des petrographischen Bildes sind an dieser Stelle einige zusammenfassende Ergänzungen angeführt. Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, lassen sich an Hand der Modalbestände einige Basaltvorkommen gleicher Art feststellen. Nur geringe quantitative Unterschiede in der Mineralführung zeigen die Basalte vom Stellberg, Schloßberg, Werrberg, Hundsacker und Hügelskopf. Die chemischen Analysen von drei Basalten aus dieser Gruppe lassen kleine Differenzen erkennen. Diese petrographisch identischen Vorkommen liegen auf einer von NE nach SW gehenden Linie. Die Förderung gleichartiger Basalttypen in dieser Richtung deuten auf eine Störungzone hin. Zu der hier genannten Gruppe gehört noch der Basalt vom Mosenberg. Eine mengenmäßig abweichende Mineralzusammensetzung zeigen die Basalte der Hute, des Steigers und des Hopfenberges bei Dickershausen. Bei nahezu konstantem Olivin Gehalt ist eine deutliche Plagioklaszunahme auf Kosten der Pyroxene zu beobachten. Sie entsprechen in ihrem Modalbestand ganz denen häufiger Alkali-Olivinbasalte aus Nordhessen und Südniedersachsen. Zwischen den beiden genannten Vorkommen liegen die Basalte vom östlichen Ausläufer des Werrberges, vom Stöpfung und vom Hopfenberg bei Mörshausen. Sie lassen sich in keine der genannten Gruppen einordnen.

Der in älterer Literatur von SCHULTZ (1903) häufig erwähnte Nephelin, nach dessen Auftreten im gesamten Untersuchungsgebiet viele Basalttypen unterschieden worden sind, konnte mit optischen und röntgenographischen Untersuchungsmethoden nicht nachgewiesen werden. Seinen Beobachtungen nach soll der Nephelin in einigen Schliiffpartien dem Diopsid an Menge fast gleichkommen. SCHULTZ unterscheidet im Mineralbestand zwischen Plagioklasen, monoklinen und rhombischen Pyroxenen, Olivinen, Nephelinen, Apatiten, Biotiten, Glimmern, Magnetiten, Ilmeniten und Id-dinsiten. Eine derartig umfassende Unterscheidung muß seinen Untersuchungsmethoden nach zweifelhaft erscheinen. Bei dem auf Seite 270 von ihm beschriebenen und auf der Taf. 10 Fig. 4 abgebildeten Einsprenglingsorthopyroxen, der von Augitmikrolithen umgeben ist, handelt es sich wahrscheinlich um einen Quarzeinschluß mit typischem Porrizinsaum.

7. Einschlüsse in den Basalten

Sedimentäre Einschlüsse

Sedimentäre Einschlüsse aus dem Liegenden sind sehr deutlich in den Basalten des Stöpflings zu erkennen. Es handelt sich hierbei um Quarzsande mit typischen Reaktionssäumen aus Augitmikrolithen und Glas (Porrizinsaum).

Lherzolitheinschlüsse

Lherzolitheinschlüsse, in denen Orthopyroxene, Klinopyroxene und Olivine neben Cr-Spinellen als wichtigste Minerale auftreten, finden sich in den Basalten des Werrberges, des Stellberges und des Stöpflings. Den Modalbestand der Olivinknolle vom Stöpfling gibt Tab. 2 wieder. GRAMSE (1969) untersuchte durch Mikrosondenmessungen die Zusammensetzung der Orthopyroxene, Klinopyroxene und Olivine des Stöpflings (Tab. 3).

Tab. 2. Modalbestand des Lherzolitheinschlusses vom Stöpfling in Vol.-%

	7
Olivin	66,7
Enstatit	23,6
Diopsid	7,7
Cr-Spinell	2,60

Tab. 3. Analysen von Orthopyroxenen, Klinopyroxenen und Olivinen des Lherzolitheinschlusses vom Stöpfling in Gew.-% nach GRAMSE (1969)

	Opx	Cpx	Ol
SiO ₂	56,10	53,96	40,34
TiO ₂	0,07	0,18	n. b.
Al ₂ O ₃	3,07	3,46	n. b.
FeO	5,78	3,27	9,86
MnO	0,11	0,09	0,13
MgO	33,92	16,73	49,51
CaO	0,92	20,39	—
Na ₂ O	0,11	1,59	—
Cr ₂ O ₃	0,43	0,74	—
NiO	—	—	0,33

8. Chemische Untersuchungen an den Basalten

Die Ergebnisse der chemischen Analysen für einen Teil der Basaltvorkommen sind in Tab. 4 zusammengefaßt.

Tab. 4. Analysen der Basalte vom Stellberg, Werrberg und Hügelskopf in Gew.-%

	1	3	14
SiO ₂	44,3	45,9	43,6
Al ₂ O ₃	13,3	13,3	13,5
TiO ₂	2,16	2,14	2,08
Fe ₂ O ₃	3,32	5,14	2,50
FeO	8,41	6,32	8,84
MnO	0,16	0,15	0,16
CaO	9,4	9,9	10,1
MgO	11,3	10,6	11,8
Na ₂ O	2,94	3,00	3,22
K ₂ O	1,95	1,80	2,16
H ₂ O ⁺	1,02	0,83	0,97
H ₂ O ⁻	0,99	1,04	0,95
P ₂ O ₅	0,79	0,69	0,88
Spurenelemente in ppm			
Ni	180	117	175
Cu	62	58	62
Zn	85	92	85
Rb	50	39	53
Sr	835	910	823
Zr	188	160	214
Cr	560	450	480

Der deutlich höhere SiO₂-Gehalt in der Probe des Werrberges zeichnet sich im Modalbestand in den vergleichsweise niedrigeren Olivinegehalten ab. Damit ist gleichzeitig eine Abnahme in den MgO-Werten zu beobachten.

Das Gesamteisen ist in allen Analysen annähernd gleich. Alle anderen Hauptkomponente zeigen vergleichsweise nur geringe Abweichungen. Die MnO-Gehalte sind in bezug auf den Mittelwert gabbroider Gesteine etwas niedrig.

Strontium: Das Ca²⁺ wird sehr häufig isomorph durch das Sr²⁺ ersetzt. In den hier untersuchten Analysen ist keine unmittelbare Abhängigkeit der beiden Elemente festzustellen. TUREKIAN & KULP (1956) konnten nachweisen, daß im Gegensatz zu den Graniten in den Basalten keine eindeutige Beziehung zwischen Ca²⁺ und Sr²⁺ besteht.

Rubidium: Einfache Zusammenhänge bestehen zwischen den Kalium- und Rubidiumwerten. In den Proben des Stellberges und Hügelskopfes sind die Rubidiumanreicherungen auf erhöhte Kaliumgehalte zurückzuführen. Das Rubidium ersetzt wegen seiner Ähnlichkeit in Größe und Bindungstendenz das Kalium hauptsächlich in den Plagioklasen. In Abb. 3 sind die Kalium- und Rubidiumgehalte der hier untersuchten Basalte im Vergleich mit anderen Basalten zusammengestellt.

Zink: Das Zn²⁺ ersetzt in den Silikaten hauptsächlich das Fe²⁺ und das Mg²⁺. Da das Eisen und das Magnesium in den silikatischen Strukturen in 6er Koordination vorkommen, das Zn aber zur 4er Koordination tendiert, ist nach den Untersuchungen WEDEPOHLS (1952) nur ein begrenzter Zn-Gehalt in den Pyroxen- und Olivinstrukturen festzustellen. Das Zn der Basalte kommt hauptsächlich in deren Magnetit vor.

Zirkonium: Nach seiner Raumbeanspruchung steht das Zirkonium an der oberen Grenze derjenigen Kationen, welche in 6er Koordination vorkommen. Im Zirkon besitzt es 8fache Koordination. In den Basalten tritt die Hauptmenge des Zr^{4+} in den Proxenen und Magnetiten, Titanomagnetiten, Ilmeniten auf. Feldspäte und Olivine haben deutlich geringere Zr-Gehalte. In den Alkali-Olivinbasalten wird das Zirkonium auch bei größeren Zr-Gehalten restlos in die vorhandenen Minerale eingebaut. Der Zirkon tritt nach den Untersuchungen DEGENHARDTS (1956) und POLDERVAARTS (1956) nur in weniger mafischen Gesteinen auf.

Kupfer: Das Kupfer ist in den Olivinen, Pyroxenen und Plagioklasen etwa gleich stark vertreten. In den Plagioklasen ersetzt das Kupfer wahrscheinlich das Calcium und in den Mg-Fe-Mineralen und Erzen das zweiwertige Eisen. Die Kupfergehalte in den silikatischen Strukturen sind jedoch äußerst gering. Die Hauptmenge des Kupfers ist wahrscheinlich an das Auftreten von Kupferkies und anderer Kupferminerale gebunden.

Nickel: Das Magnesium wird vor allem im Olivin-, aber auch im Pyroxengitter isomorph vom Nickel ersetzt. Der niedrigere Ni-Wert in der Probe des Werrberges läßt sich bei nahezu konstantem Pyroxengehalt gegenüber anderen Proben vorwiegend durch den geringeren Anteil an Olivin erklären.

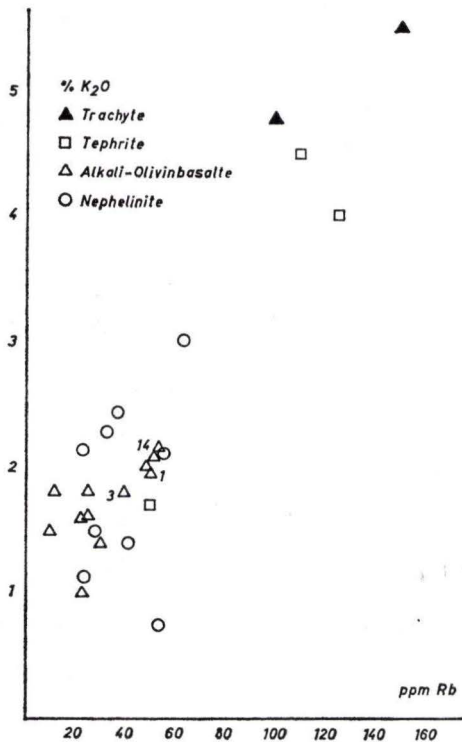


Abb. 3. Gibt den Zusammenhang der Kalium- und Rubidiumgehalte der Basalte Hombergs und einiger anderer Basalte nach Analysen von WEDEFOHL (1961) und LOHMANN (1964) wieder.

Chrom: In den meisten Basalten läßt sich eine deutliche Abhängigkeit des Cr-Gehaltes vom Olivinegehalt nachweisen, obwohl das Cr^{3+} nur begrenzt in das Gitter des Olivins eintreten kann. Der größte Teil des Cr^{3+} in basaltischen Gesteinen liegt als Cr-Spinell vor. Chromit und Picotit sind frühe Kristallisationsprodukte und werden von den in der Kristallisationsfolge später ausscheidenden Olivinen eingeschlossen.

9. Diskussion genetischer Fragen

Die tertiären Basalte Hombergs gehören zu dem Stamm der Alkali-Olivinbasalte, die ohne Begleitung anderer Basalttypen in einer breiten Zone im Ostteil der Hessischen Senke vorkommen. Tholeiitische Basalte treten in einer nordsüdlich verlaufenden zentralen Zone westlich des Untersuchungsgebietes auf.

In der genetischen Diskussion der basaltischen Schmelzen sind die beiden häufigsten Magmentypen oft erörtert worden. Kriterien zu ihrer Unterscheidung sind durch ihre unterschiedlichen chemischen und mineralogischen Merkmale gegeben. Als Ausgangsmaterial nehmen GREEN & RINGWOOD (1967) ein peridotitisches Material (Pyrolit) an. Sie erklären die verschiedenen Basalttypen durch Anatexis des Pyrolits in unterschiedlichen Tiefenniveaus. Auf diese Weise können in 35–70 km Tiefe unter Aufschmelzung von 30% des Ausgangsmaterials olivin-tholeiitische Magmen entstehen. In die Schmelze gehen Spinell, Phlogopit etc., Klinopyroxene und ein großer Teil der Orthopyroxene. Hingegen soll in einer Tiefenlage von 35–70 km bei einem Schmelzanteil von 20% des Pyrolits ein Alkali-Olivinbasalt entstehen. Als Rest verbleiben Olivine, Al-reiche Orthopyroxene und möglicherweise Al-reiche Klinopyroxene. Diese Mineralvergesellschaftung entspricht ganz der häufiger Lherzolitheinschlüsse in Alkali-Olivinbasalten.

In der Diskussion über die Bildung der Peridotitknollen stehen im wesentlichen zwei Hypothesen im Mittelpunkt.

1. Die Olivinknollen sind Akkumulate der Erstausscheidungen eines basaltisch-gabbroiden Magmas.
2. Die Knollen sind Restkomponenten des Pyrolits.

Die meisten lherzolithischen Olivine haben zu hohe Ni-Gehalte, um als Erstausscheidungen erklärt werden zu können. GRAMSE (1969) verglich die Kerne der Olivineinsprenglinge mit Olivinen der Peridotitknollen ein und desselben Basaltes. Die Kerne der Olivineinsprenglinge waren stets viel Fe-reicher und Ni-ärmer. Die Ortho- und Klinopyroxene der von GRAMSE untersuchten Peridotitknollen zeigten mit ihren hohen Al- und niedrigen Ti-Gehalten große Anteile an dem Ca-(Mg)-Tschermarks-Molekül, was ein Hinweis für die Bildung unter hohen Drucken ist. Ein weiteres Kriterium zeigt sich in der bevorzugten Orientierung der Minerale in den Peridotiteinschlüssen (ERNST 1936, u. a.). Solche Texturen treten bei der mechanischen Verformung fester Gesteine auf und sprechen gegen die Annahme, es handle sich bei den Peridotiteinschlüssen um Akkumulate frühausgeschiedener Kristalle.

FRECHEN (1948) erklärte diese Erscheinung als Ankrystallgefüge. Die Kristalle haben sich in der Reihenfolge aneinandergelagert, in der sie auskristallisierten.

DEN TEX (1963) hat die Gleichgewichtsverteilung von Mg und Fe auf koexistierende Olivine und Orthopyroxene untersucht. Obwohl sich die Verteilungskonstante als kein einwandfreies Geothermometer benutzen läßt, zieht er dennoch aus den empirischen Daten den Schluß, daß die lherzolitischen und harzburgitischen Einschlüsse Gleichgewichtsparagenesen darstellen, die bei beträchtlich höheren Temperaturen und Drucken gebildet worden sind, als diejenigen der gleichartig zusammengesetzten Magmatite.

GREEN & RINGWOOD haben auf die unterschiedlichen Gehalte an K, (Ti), P, U, Th, Ba, Cs, Rb, Sr, Zr, Hf und der Lanthaniden in den Tholeiiten und Alkali-Olivinbasalten hingewiesen. GAST (1968) hat die einzelnen Faktoren bei der mengenmäßig unterschiedlichen partiellen Anatexis auf die verschiedenen Elementgehalte untersucht. Die großen Unterschiede in den Gehalten bestimmter Elemente lassen sich nur sehr schwer allein durch den Grad der Aufschmelzung des Pyrolits erklären. GREEN & RINGWOOD vermuten daher, daß das Magma während des Aufstiegs durch den oberen Mantel Reaktionen mit dem Nebenstein zeigt. Vor allem soll das Magma dabei die niedrigstschmelzenden Fraktionen aufnehmen. GAST hält aus Bilanzüberlegungen solche Anreicherungsvorgänge für die Klärung der unterschiedlichen Elementgehalte für nicht ausreichend, wenn man davon ausgeht, daß das Mantelmaterial selbst nur geringen Fraktionierungsprozessen im Laufe der Erdgeschichte unterworfen worden ist. Der Umfang der Mantelheterogenität, gefolgert aus Isotopenuntersuchungen, soll mit der Variationsbreite der chemischen Komponenten in den Tholeiiten übereinstimmen.

LESSING & CATANZARO (1964) haben bereits an Basalten aus Hawaii gezeigt, daß die Tholeiite, Alkali-Olivinbasalte und Nephelinite in den Mittelwerten ihrer $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse nur geringe Abweichungen aufweisen.

HOEFS & WEDEPOHL (1968) geben die mittleren Rb/Sr-Verhältnisse der tholeiitischen Basalte mit 0,036 und die der Alkali-Olivinbasalte aus dem Gebiet Nordhessens mit 0,037 an.

Gute Übereinstimmung zeigt sich auch in den $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnissen der Hauptbasalttypen aus dem gleichen Gebiet. Ihre Mittelwerte liegen bei etwa 0,7040. Auf Grund dieser Ergebnisse liegt es nahe, für die verschiedenen Hauptmagmentypen einer Region auch bei unterschiedlicher Tiefenlage ein gleichartiges Ausgangsmaterial im Erdmantel anzunehmen.

Schwierigkeiten in der genetischen Erörterung zeigen sich vor allem in der Klärung der unterschiedlichen Gehalte an K, (Ti), P, U, Th, Ba, Cs, Rb, Sr, Zr, Hf und Lanthaniden. Neue Untersuchungsergebnisse werden klären helfen, wann und unter welchen Bedingungen derartige Fraktionierungsprozesse stattgefunden haben.

Anerkennung: Herrn Prof. Dr. K. H. WEDEPOHL danke ich für sein Interesse an dieser Arbeit, für viele wertvolle Hinweise und anregende Diskussionen.

10. Schriftenverzeichnis

- BOLTER, E. (1961): Über Zersetzungsprodukte von Olivin-Feldspatbasalten. — *Contr. Mineral. Petrol.*, **8**: 111–140.
- BURRI, C. (1950): *Das Polarisationsmikroskop*. Basel (Birkhäuser).

- CHAYES, F. (1949): A simple point counter for thin-section analysis. — *Amer. Mineral.*, **34**: 1–5.
- DEGENHARDT, H. (1956): Untersuchungen zur geochemischen Verteilung des Zirkoniums in der Lithosphäre. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **11**: 279–309.
- ERNST, TH. (1936): Der Melilithbasalt des Westberges bei Hofgeismar, nördlich von Kassel, ein Assimilationsprodukt ultrabasischer Gesteine. — *Chem. d. Erde*, **10**: 631–666.
- FRECHEN, J. (1948): Die Genese der Olivinausscheidungen von Dreiser Weiher (Eifel) und Finkengebirge (Siebengebirge). — *N. Jb. Mineral. Geol.*, **79**: 317–406.
- GAST, P. W. (1968): Trace element fractionation and the origin of alkaline magma types. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **32**: 1057–1086.
- GRAMSE, M. (1970): Quantitative Untersuchungen mit der Elektronen-Mikrosonde an Pyroxenen aus Basalten und Peridotiten. — *Contr. Mineral. Petrol.*, **29**: 43–73.
- GREEN, D. H., & RINGWOOD, A. E. (1967): The genesis of basaltic magmas. — *Contr. Mineral. Petrol.*, **15**: 103–190.
- HEGEMANN, F., & THOMANN, H. (1960): Spektralphotometrische Verfahren bei der Tonanalyse. — *Ber. deutsch. keram. Ges.*, **37**, H. 4.
- HESS, H. H. (1949): Chemical composition and optical properties of common clinopyroxenes, pt. I. — *Amer. Mineral.*, **34**: 621.
- HOEFS, J., & WEDEPOHL, K. H. (1968): Strontium isotope studies on young volcanic rocks from Germany and Italy. — *Contr. Mineral. Petrol.*, **19**: 328–338.
- KENNEDY, G. S. (1947): Charts for correlation of optical properties with chemical of some common rock forming minerals. — *Amer. Mineral.*, **32**: 567.
- LESSING, P., & CATANZARO, E. J. (1964): $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in Hawaiian lavas. — *J. Geophys. Research*, **69**: 1599–1601.
- LOHMANN, L. (1964): Ein Beitrag zur Petrographie Melilith-führender Olivin-Nephelinite aus dem Gebiet Fritzlar-Naumburg. — *Contr. Mineral. Petrol.*, **9**: 533–583.
- PECK, L. C. (1964): Systematic analysis of silicates. — *Geol. Surv. Bull.*, **1170**.
- POLDERVAART, A. (1956): Zircon in rocks. 2. Igneous rocks. — *Amer. J. Sci.*, **254**: 521 bis 554, New Haven.
- RÖSING, F. (1958): *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, Wiesbaden.*
- SCHMUCKER, U. (1957): Gesteinsmagnetische Messungen und Experimente am Basalt des Steinberges bei Barlissen. — *Abh. Akad. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl.*, **26**.
- SCHULTZ, W. (1903): Beiträge zur Kenntnis der Basalte aus der Umgebung von Homberg an der Efze. — *N. Jb. Mineral. Geol., Beil.-Bd.* **16**: 241–291.
- SHAPIRO, L., & BRANNOCK, W. W. (1956): Rapid analysis of silicate rocks. — *Geol. Surv. Bull.*, **1036-C**.
- TEX, E. DEN (1963): Gefügekundliche und geothermische Hinweise auf die tiefe, exogene Herkunft lherzolitischer Knollen aus Basaltlaven. — *N. Jb. Mineral.*, **1963**: 225–236.
- TRÖGER, W. E. (1956): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Stuttgart.
- TUREKIAN, K. K., & KULP, J. L. (1956): The geochemistry of strontium. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **10**: 245–296.
- WEDEPOHL, K. H. (1952): Untersuchungen zur Geochemie des Zinks. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **3**: 93–142.
- (1961): Geochemische und petrographische Untersuchungen an einigen jungen Eruptivgesteinen Nord-Westdeutschlands. — *Fortschr. Mineral.*, **39**, 1: 142–148.

Über Erdfälle äußerst tiefen Ursprungs

(Die „Wolkenbrüche“ bei Trendelburg und die „Meere“ bei Bad Pyrmont)

Von

RUDOLF HERRMANN, Hannover*

Mit 5 Abbildungen und Tafel 10

Kurzfassung: 30 km nördlich von Kassel befinden sich am Westrand des Reinhardswaldes im höheren Mittelbuntsandstein zwei Erdfälle, der Große (Nasse) und der Kleine (Trockene) Wolkenbruch mit etwa 325 000 und 40 000 m³ Rauminhalt. Diese Erdfälle sind — wie die in Bad Pyrmont — entstanden durch Emporbrechen von Hohlräumen, die etwa 900 m tief im Zechsteinsalz von aufsteigenden Sauerlingwässern ausgelaugt worden waren.

Abstract: 30 km north of Kassel (Western Germany) there exist two sink holes with a volume of about 325,000 and 40,000 m³. Their origin (like that of the similar sink holes of Bad Pyrmont) is due to the leaching of cavities in the Permian halite by ascending acidulated waters at a depth of 900 m as well as to the continued breaking down of the cover until the surface of the earth.

Inhalt

1. Einleitung	177
2. Lage, Größe und Beschaffenheit der „Wolkenbrüche“	178
3. Entstehung der „Wolkenbrüche“	183
4. Zusammenfassung	191
5. Schriftenverzeichnis	192

I. Einleitung

Im Gegensatz zu trichterförmigen Vertiefungen der Erdoberfläche, deren Entstehung als Erdfälle nicht fraglich ist, weil unter ihnen lösliche Gesteine in geringer Tiefe liegen, gibt es vergleichbare Geländevertiefungen auch dort, wo lösliches Gestein nur in sehr großer Tiefe ansteht, und die Auslaugung und der Einsturz von Hohlräumen in diesem problematisch sind. An einigen Beispielen dieser Art, die in Hessen im Bereich sehr tiefer Lage des Zechsteins liegen und von F. GRAMANN (1954) als Erdfälle ge-

*) Dr. R. HERRMANN, 3 Hannover-Buchholz, Stilleweg 2.

deutet worden waren, konnte G. WIEGAND (1965) aus Grabungsbefunden ableiten, daß es sich um Restformen eiszeitlicher Pingos, letztlich also um Formen sehr flachgründiger Einstürze handelt. Anderen vergleichbaren Beispielen fehlen aber die Merkmale von Pingo-Restformen.

Das gilt auch für die beiden „Wolkenbrüche“ bei Trendelburg, 30 km nördlich von Kassel, die in höheren Schichten des Mittleren Buntsandsteins eingetieft sind und von deren Entstehung keine Überlieferung berichtet. Für ihre naheliegende Deutung als Erdfälle kamen von Anfang an nur Einstürze von Auslaugungshohlräumen im Zechstein in Betracht, aber deren geologisch gegebene tiefe Lage stand bisher einer annehmbaren Vorstellung von ihrer Entstehung entgegen.

Die „Wolkenbrüche“ sind den ähnlichen, wenn auch weniger großen „Meeren“ bei Bad Pyrmont gleichzustellen, deren Erdfallnatur nicht zweifelhaft ist, da die Entstehung des jüngsten von ihnen als Erdfall für die Zeit um 1645 bezeugt ist. Für diese in den Rötmergeln eingebrochenen „Meere“ ist zwar mehrfach ein Zusammenhang mit Auslaugungen im Zechstein in Anspruch genommen worden, aber lange Zeit hindurch hatte die Vorstellung einer Auslaugung im Rötgips den Vorrang behalten. Diese Annahme ist jedoch – wegen der geringen Mächtigkeit des Rötgipses – nicht mit den Dimensionen dieser Trichter vereinbar und kann gegenüber der einer Auslaugung im Zechsteinsalz nicht aufrechterhalten werden. Als Ursache der Auslaugung ergab sich, daß aufsteigende, mit den Pyrmonter Heilquellen vergleichbare Säuerlingwässer das Salz von unten her angegriffen hatten (R. HERRMANN 1968). – Im folgenden ist zu zeigen, daß die „Wolkenbrüche“ auf dieselbe Weise wie die Pyrmonter „Meere“ entstanden sind.

2. Lage, Größe und Beschaffenheit der „Wolkenbrüche“

Die beiden „Wolkenbrüche“ befinden sich 800 und 1200 m östlich der Diemel-schleife bei Trendelburg (Landkreis Hofgeismar) – 85–90 m über dem Fluß – auf der von H. WORTMANN (1937) unterschiedenen Oberen Hauptterrasse des Diemeltales, die sich dort am Westrand der Hochfläche des Reinhardswaldes erstreckt. Sie liegen auf einem von zwei kleinen Tälern eingefassten Terrassenstück – der kleinere, der „Trockene Wolkenbruch“ in einem Wäldchen, dem Scherbusch, weiter östlich der größere mit einem Teich am Grunde, der „Nasse Wolkenbruch“; dieser verschneidet sich firstartig mit dem Abhang zum südlichen der beiden Täler, in dem der Sauerbach der Diemel zufließt (Abb. 1). – Eine Senkrechtaufnahme der „Wolkenbrüche“ – allerdings mit leichter Radialverzerrung zum Nadirpunkt – ist im Luftbildatlas von Hessen (ERNST & KLINGSPORN 1969) enthalten.

Die Obere Hauptterrasse ist in der Umgebung der beiden Erdfälle in dem dort etwa 40 m mächtigen Trendelburger Sandstein der Solling-Folge angelegt, die vom Reinhardswald her mit etwa 4° gegen das Diemeltal einfällt. Die beiden genannten Täler folgen – nach der Kartierung von H. LIPPOLD (1965) – Störungslinien; zwischen beiden liegt die Schichtenfolge einige Meter höher als südlich und nördlich von ihnen.

Der „Nasse Wolkenbruch“ ist unvermittelt in die Hochfläche eingeschnittener, annähernd kreisförmiger Trichter von auffälliger Größe (Taf. 10). Seine Bö-

schung ist auf der Westseite weniger steil als auf den andern Seiten und in mittlerer Höhe flach konvex; oberhalb davon befindet sich ein Weg, der als Triftweg für Schafe und Ziegen angelegt worden war¹⁾. Am steilsten ist der obere Teil der Nordostseite mit einer freiliegenden Felswand; nach dieser Seite liegt der Teich ein wenig exzentrisch.

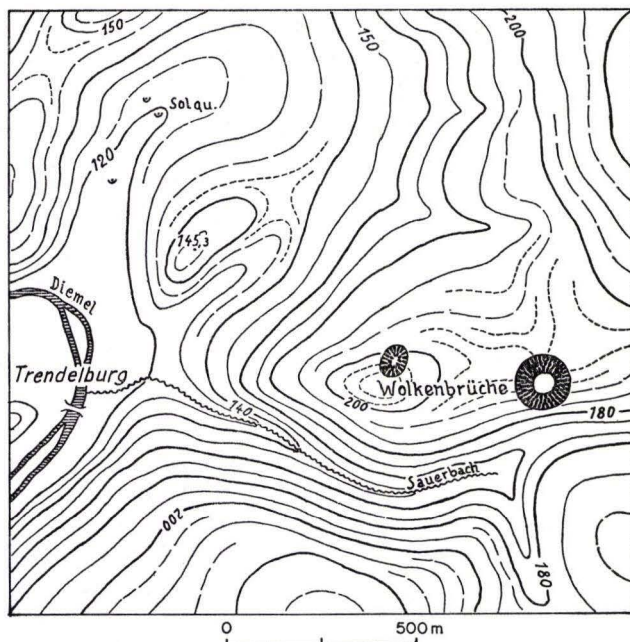


Abb. 1. Lageplan der „Wolkenbrüche“ östlich der Diemel bei Trendelburg. — Maßstab etwa 1:20000. — Nach der TK 25, Bl. 4422 Trendelburg.

Der „Nasse Wolkenbruch“ ist nahe am Sauerbachtal von Fichtenbeständen, im übrigen von einer Rodungsfläche umgeben; die Böschungen des Trichters tragen überwiegend Laubhölzer. — Eine Liste der im Trichter vorkommenden Pflanzen, die auch die niedere Flora umfaßt, ist von dem seinerzeit im Naturschutz tätig gewesenen hannoverschen Prof. W. BOCK (1925) veröffentlicht worden.

Der Trichter ist im September 1911 — nach einem äußerst trockenem Sommer, vermutlich bei gesunkenem Teichspiegel — durch den Förster E. REDEMANN vermessen worden. Nach Mitteilung von O. v. LINSTOW (1928) hatten sich für den Umfang des Trichters 470 m, für den Durchmesser am Trichterrand 150 m, für den des Wasserspiegels 45 m, für die Tiefe bis zu diesem 43,3 m und für die Wassertiefe 9,5 m ergeben. Im Grundriß nimmt der Trichter eine Fläche von 1,77 ha ein. Der Rauminhalt des Trichters wurde damals mit 258 000 m³ angegeben, wie seitdem vielfach wiederholt

¹⁾ Diese Mitteilung verdanke ich Herrn Bürgermeister a. D. WOLF v. STOCKHAUSEN in Trendelburg.

worden ist; aber der dem Trichter einbeschriebene Kegel hat bereits $311\,000\text{ m}^3$, und aus den damaligen Meßdaten würde sich seine Größe — als zusammengesetzter Kegel berechnet — zu etwa $358\,000\text{ m}^3$ ergeben.

Eine Überprüfung dieser Daten hatte z. T. andere Ergebnisse, die sich schließlich auf die Rauminhaltsermittlung auswirken: Eine Vermessung der Südostböschung des Trichters (mit Meßleine und Gefällemesser) ergab, daß der Wasserspiegel dort nur 30 m unter der Höhe des Trichterrandes liegt, was auch dem optischen Eindruck entspricht. Mit Rücksicht auf die unterschiedliche Höhe des Trichterrandes — zwischen 193 und 198 m + NN — kann die mittlere Tiefe des Trichters mit 33 m angenommen werden. Dazu kommt, daß der Wasserspiegel in den letzten Jahrzehnten angestiegen ist, wie einige starke Bäume erkennen lassen, die jetzt im Wasser stehen. Im Februar 1970 wurde der Durchmesser des Teiches auf der Eisdecke in der West-Ost-Richtung mit einer Meßleine zu 60 m bestimmt. Für die Vergrößerung des Durchmessers von 45 m (bei tiefem Wasserstand) auf 60 m ist ein Spiegelanstieg um etwa 5 m erforderlich. Damit ergibt sich die Gesamttiefe des Trichters ($33 + 5 + 9,5\text{ m}$) zu etwa 47,5 m, und die frühere Ermittlung der Tiefe ($43,3 + 9,5\text{ m}$) war um 5,3 m zu groß ausgefallen. Hingegen hat eine Wiederholung der Umfangmessung (im Mai 1970) das frühere Ergebnis — 470 m — bestätigt.

Die Hangneigung beträgt auf der Südseite im unteren Teil der Trichterböschung etwa 34° , im oberen etwa 38° . Stellenweise ist der Trichterrand flacher abgeschrägt²⁾.

Mit den berichtigten Dimensionen erhält man für den „Nassen Wolkenbruch“ — als zusammengesetzter Kegel mit geringfügiger Aufrundung berechnet — einen Gesamtvolumen von etwa $325\,000\text{ m}^3$ (also — entsprechend der geringeren Tiefe — nicht $358\,000\text{ m}^3$). Der neu ermittelte Betrag kommt der Wirklichkeit wohl ausreichend nahe und wird den folgenden Betrachtungen zugrunde gelegt. (Zu einer genaueren Bestimmung bedürfte es einer neuen Vermessung aller Dimensionen des Trichters; für die vorliegende Fragestellung sind die mitgeteilten Maße größenordnungsmäßig ausreichend.)

Auf den Trichterböschungen liegt unter einem dunkelgrauen Laubmoder ein roher Verwitterungsboden aus gelblich-grauem, sandig-lehmigem Hangschutt mit Steinen; dieser geht hangabwärts in die Schuttfüllung des unter dem Trichter liegenden Einsturzschatte über.

An der Ansammlung von Bodenmaterial oberhalb der Stämme alter Bäume und der Freilegung des Wurzelwerkes auf ihrer hangabwärtigen Seite ist erkennbar, daß noch während des Wachstums der Bäume Bodenteile hangabwärts verlagert worden sind.

Im Trichter sind mehrere der von E. BACKHAUS et al. (1958) unterschiedenen Schichtglieder des höheren Mittleren Buntsandsteins angeschnitten (Abb. 2). Die Ausmündung des Erdfallschachtes in den Trichter liegt vermutlich noch in den obersten Schichten des Reinhardswald-Zyklus, einer Folge von Sandsteinbänken mit Einschaltungen von roten Tonen; diese Schichten stehen auch am Grunde des Sauerbachtals nahe dem „Nassen Wolkenbruch“ an (sm 1 der Geologischen Karte 1:25000, Bl. Trendelburg). Über dem Wasserspiegel streicht der dort etwa 15 m mächtige

²⁾ Bei meinen Messungen leistete meine Frau dankenswerte Hilfe.

Wilhelmshausener Sandstein aus; darüber und auf der umgebenden Hochfläche steht — nach der Kartierung von H. LIPOLD (1965) — der Trendelburger Sandstein an. — In der weiteren Umgebung der Erdfälle wird die Schichtenfolge nach den Beobachtungen von H.-A. HEDEMANN (1957) von zwei Scharen von Klüften durchsetzt, die etwa dem Schichtstreichen und dem Schichtfallen folgen; Unterschiede in der Verteilung der Klüfte sind nicht bekannt.

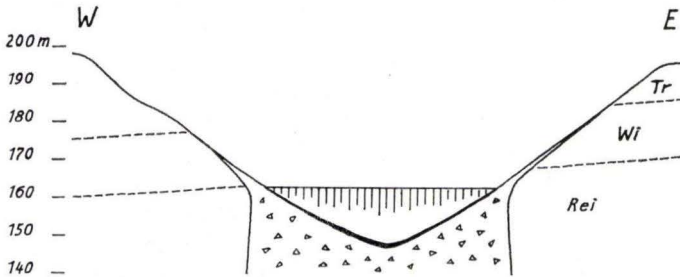


Abb. 2. West-Ost-Schnitt durch den Trichter des „Nassen Wolkenbruches“; halb-schematisch. Maßstab etwa 1:2000.

Der Schnitt liegt im Schichtenfallen. Rei = Reinhardswald-Zyklus; Wi = Wilhelmshausener Sandstein; Tr = Trendelburger Sandstein. Dreiecke = Schuttfüllung im Einsturzschant und seiner Erweiterung zum Trichter; schwarz = Ablagerung von organischem Schlamm.

Am Teich des Großen Wolkenbruches sind Spiegelschwankungen erkennbar. Auf den Spiegelanstieg in den letzten Jahrzehnten wurde schon hingewiesen. Andererseits geben ältere Fotos von W. WEHRHAHN (1925) einen unbewachsenen Uferstreifen wieder, der eine vorangegangene Spiegelsenkung anzeigt. — Ob der Teichspiegel auch in kürzeren Abständen schwankt, ist nicht näher bekannt.

Als Ursache der Spiegelschwankungen kommen mehrere Faktoren in Betracht: Niederschläge einschließlich Abfluß auf den Trichterböschungen, seitlicher Zufluß von Grundwasser und Aufstieg von (salzigem) Wasser im Einsturzschant, auf den ein schon vor mehr als 145 Jahren ermittelter Salzgehalt im tieferen Teil des Trichters (BRANDES & KRÜGER 1826: 68) schließen läßt; diesen Zuflüssen stehen Verdunstung auf dem Teichspiegel und Abfluß durch das Gestein gegenüber. Eine Abwägung dieser Faktoren gegeneinander ist nicht möglich.

Über Salzungs- und Färbungsversuche im Teich zur Feststellung eines Abflusses, von denen W. BOCK seinerzeit Kenntnis hatte, ist nichts mehr zu ermitteln.

Die Grundwasserführung in der Umgebung des Teiches wird von der Durchlässigkeit der Schichten des Reinhardswald-Zyklus bestimmt, die den unteren Teil des Trichters umgeben. Die Tonsteinbänke dieser Schichten bilden die jeweilige Sohle für die Wasserführung der darüberliegenden Sandsteinbänke. An der Obergrenze der Tonsteine tritt südwestlich des „Nassen Wolkenbruches“ nahe über der Talsohle, einige Meter tiefer als der Teichspiegel, eine (mit einem Rohr gefaßte) Quelle, der

Waschbrunnen, aus; ihr Verhältnis zum Teich ist nicht bekannt. Die Beziehungen des Teichspiegels und seiner Schwankungen zu der Wasserführung der Sandsteinschichten lassen sich ebenfalls nicht näher umschreiben³⁾.

Am Grunde des Teiches befindet sich eine Ablagerung organischen Schlammes, der in Jahrhunderten aus abgeworfenem Laub, zersetztem Holz und aus eingespültem Sand und Schluff hervorgegangen ist; im Sommer 1911 war dieser Schlamm am Ufer trockengefallen (vgl. E. REDEMANN 1958)⁴⁾.

Der Baumbestand des Trichters, in dem die Buche vorherrscht und der auf den oberen, steilsten und trockensten Teilen der Böschung am dichtesten ist, setzt sich aus zwei Generationen zusammen. Die Mehrzahl der Bäume hat — nach Zuwachsbestimmungen von Oberforstmeister SCHÜLER — ein Alter zwischen 45 und 65 Jahren⁵⁾. Dazwischen stehen einzelne Bäume sehr hohen Alters mit mehreren Metern Stammumfang und allerlei Eigentümlichkeiten des Wuchses.

Diese alten Bäume sind offenbar die letzten Überlebenden eines früheren Waldbestandes, dessen natürliche Verjüngung jahrhundertlang durch die Beweidung des Trichters (mit Schafen und Ziegen) hintangehalten wurde und erst nach deren Ende wieder möglich war. Die übrigbleibenden älteren Bäume konnten sich weit ausladend entwickeln, ebenso wie die jahrhundertalten Eichen und Buchen in dem nur wenige Kilometer entfernten „Urwald“ bei der Sababurg, der ebenfalls der früher weit verbreiteten Waldweide gedient hatte (vgl. H. ELLENBERG 1964, W. MACKELDEY 1971).

Der Stamm einer auf der Westseite des Trichters stehenden Eiche, der einen Umfang von $6\frac{1}{4}$ m hat, ist vom Boden an mehrere Meter hoch mit 45° geneigt, weiter oben aber steil aufgerichtet. O. v. LINSTOW (1929) hatte angenommen, daß dieser Baum, für den er ein Alter von 300—400 Jahren annahm, (wie auch andere) bereits vor Einbruch des Erdfalles aufgewachsen und durch diesen schräggestellt worden, danach aber aufrecht weitergewachsen sei; er kam damit auf eine Entstehung des Erdfalles vor 200—300 Jahren. Diese Eiche und andere (gekrümmte) Bäume hohen Alters stehen aber auf der durch Hangabtragung entstandenen Trichterböschung, die schon nahezu ihre gegenwärtige Gestalt hatte, als das Wachstum der Bäume begann. Das Alter des „Nassen Wolkenbruches“ kann also auf diesem Wege nicht bestimmt werden; es ist erheblich höher als das der ältesten Bäume des gegenwärtigen Bestandes.

Der „Nasse Wolkenbruch“ ist am 11. 6. 1923 zum Naturdenkmal erklärt worden und ist im Naturdenkmalbuch des Landkreises Hofgeismar eingetragen. Durch nachträgliche Verordnung der Naturschutzbehörde vom 13. 4. 1938 ist er dem Schutz des Reichsnaturschutzgesetzes (vom 26. 6. 1935) unterstellt worden. Er war damals im

³⁾ Eine umfassende hydrogeologische und limnologische Untersuchung des „Nassen Wolkenbruches“, die auch die chemischen und biologischen Verhältnisse des Teiches einzuschließen hätte, lag nicht im Plan dieser Untersuchung.

⁴⁾ Aus dieser Schicht stammte der Schwefelwasserstoff, der im Februar 1970 am Ufer des damals schon einige Wochen lang mit Eis bedeckten Teiches zu bemerken war und der, im Wasser gelöst, auch im Sommer beim Aufrühren des Wassers wahrnehmbar ist.

⁵⁾ Herrn Oberforstmeister SCHÜLER, Karlshafen, bin ich für die Altersbestimmungen und für Auskünfte, für weitere Hinweise auch den Herren Oberforstmeister v. KORN, Kassel, und Dr. GUSOVIVUS, Ödelsheim, zu Dank verpflichtet.

Besitz der Stadt Trendelburg und ging 1966 in Staatsbesitz über. Er gehört jetzt zum Hessischen Forstamt Ödelsheim⁶⁾.

Zur Zeit der Unterstellung des „Nassen Wolkenbruches“ unter den Naturschutz war die Sicht vom Rande des Trichters auf den Teich durch den jungen Baumwuchs auf den Trichterböschungen noch wenig behindert. Inzwischen hat der Baumwuchs so stark zugenommen, daß die Belaubung immer mehr dieses denkwürdige Schauspielstück der Natur den Blicken sommerlicher Besucher entzieht.

Westlich des großen Erdfalles befindet sich mit etwa 400 m Mittelpunktabstand von diesem der „Trockene Wolkenbruch“. Der Umriß dieses Trichters ist eine Ellipse mit einer 80 m langen Hauptachse, die in Richtung N 11° 0 gestreckt ist; quer dazu ist der Trichter 66 m breit. Entsprechend seiner Lage auf dem flachen Nordhang des Scherbuschhügels ist die südliche, etwa 35° steile Böschung des Trichters 23 m, seine nördliche dagegen nur 17 m hoch; auf der Nordostseite ist diese schwach konkav, auf der Nordwestseite im oberen Teil abgeschrägt. Der flache Grund des Trichters hat in der Längsrichtung 15 m Durchmesser; er ist trocken, mit Resten gestürzter Bäume bedeckt und wird auf der Westseite von einem kleinen Hügel eingengt. Der Rauminhalt des Trichters läßt sich auf etwa 40 000 m³ veranschlagen. (Die ältere Berechnung als Kegel von 24³/₄ m Höhe über einem Kreis von 70 m Durchmesser hatte 31 700 m³ Rauminhalt ergeben.) Der Trichter liegt vollständig im Trendelburger Sandstein. — Im lockeren Baumbestand der Trichterböschungen überwiegt die Kiefer wie im umgebenden Scherbusch; untergeordnet sind Laubhölzer beigemischt. Bäume mit besonders großem Stammdurchmesser (und entsprechend hohem Alter) fehlen.

Wann die beiden „Wolkenbrüche“ entstanden sind, ist nicht überliefert. Als der auffällige Name — zuerst wohl in der niederdeutschen Form „Wolkenborste“ (K. MÖTZING 1970) — aufkam, der, ebenso wie eine Sage, die Entstehung der beiden Trichter mit einem schweren Unwetter in Zusammenhang bringt, waren diese offenbar von alters her bekannt. So läßt sich zur Frage ihres Alters nur sagen, daß diese Erdfälle vor einer unbestimmbaren, vermutlich nicht kleinen Anzahl von Jahrhunderten entstanden sind.

1500 m nordöstlich des „Nassen Wolkenbruches“ (und nördlich von Friedrichsfeld) befindet sich im Acker eine flache Bodenvertiefung, die sich nach O. v. LINSTOW (1928) seit den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts stetig senkte. Auffüllungen mit Stubben, Strohballen und anderem haben keine Einebnung von Dauer bewirkt. Die Senkungsbewegung wird als Vorläufer eines neuen Erdfalles betrachtet.

3. Entstehung der „Wolkenbrüche“

Schon vor fast anderthalb Jahrhunderten bezeichneten BRANDES & KRÜGER (1826) den „Nassen Wolkenbruch“ als den „Erdfall bei Geismar“. Als Ursache für die Erdfallbildung nahm F. HORNSTEIN (1910) Auslaugungsvorgänge in der Zechsteinfor-

⁶⁾ Für Auskünfte und Hinweise bin ich der Stadtverwaltung Trendelburg, dem Kreis Ausschuß des Kreises Hofgeismar, dem Katasteramt Hofgeismar und dem Hessischen Staatsarchiv in Marburg zu Dank verpflichtet.

mation an. Hinweise auf das Vorkommen von Zechsteinsalz, das in dieser Gegend in 600–700 m Tiefe anzunehmen war, stellte O. v. LINSTOW (1928) zusammen; er zweifelte jedoch an einer von so großer Tiefe ausgehenden Erdfallbildung und vermutete, daß das Salz sich örtlich in einer tektonisch bedingten höheren Lage befunden habe; aus der geologischen Kartierung war aber dafür kein Nachweis zu entnehmen. Über diese Zweifelsfragen führten auch die Äußerungen von R. KELLER (1940) und H.-A. HEDEMANN (1957) nicht hinaus.

Nach den Ergebnissen nahegelegener Erdöl-Aufschlußbohrungen bezifferte H. LOHMANN (1962) die Tiefenlage der Salzoberkante auf mindestens 900 m unter Gelände und versuchte, die Entstehung der Erdfälle mit der Annahme einer auf dem Salz punktförmig ansetzenden Auslaugung zu erklären.

Zuletzt überprüfte F. KUTSCHER (1966) das erdmagnetische Feld an den „Wolkenbrüchen“; es war keine Anomalie festzustellen, die auf einen im Untergrund stecken gebliebenen vulkanischen Gesteinskörper hätte schließen lassen. Damit war der früher erörterten Deutung der „Wolkenbrüche“ als Ergebnis vulkanischer Gasdurchbrüche der Boden entzogen und ihre Erdfallnatur indirekt bestätigt worden, aber die Voraussetzungen und der Verlauf der Erdfallbildung blieben noch ungeklärt.

Im folgenden wird versucht, die Entstehung der „Wolkenbrüche“ aus den örtlichen Gegebenheiten abzuleiten. Vorausgesetzt wird, daß die unter den Erdfällen eingestürzten Hohlräume durch Auslaugung von Zechsteinsalz entstanden waren. Der Mangel von Lagerungsstörungen in der näheren Umgebung zeigt an, daß das Salz seinen Platz in der Schichtenfolge nicht verlassen, die Auslaugung also im primär anstehenden Salz in sehr großer Tiefe stattgefunden hatte. Für die beträchtliche Größe des „Nassen Wolkenbruches“ ist eine ausreichende Mächtigkeit des Salzes vorauszusetzen. In der weiteren Umgebung ist Zechsteinsalz an verschiedenen Orten mit einigen hundert Metern Mächtigkeit, aber in unterschiedlicher stratigraphischer Stellung und Tiefenlage erbohrt worden.

Zunächst sei die Entwicklung eines Erdfalles sehr tiefen Ursprungs in Anlehnung an das Beispiel der Pyrmonter Erdfälle (R. HERRMANN 1968) im Überblick dargelegt.

Die Entwicklung beginnt mit der Auslaugung eines Hohlraumes im Salz; die Voraussetzungen dafür sind ein Problem, das gesondert zu behandeln ist. Nachdem das Deckgebirge des Salzes soweit unterhöhlt worden ist, daß es nicht mehr freitragend bestehen kann, beginnt der Abbruch der Decke. Dieser greift schichtweise weiter aufwärts, die Trümmer erhöhen den Boden, und so rückt der – stets mit Lauge erfüllte – Hohlraum nach oben. Der auf diese Weise entstehende, schutterfüllte Schacht nimmt einen kreisförmigen Querschnitt und damit die Form eines sehr schlanken, mit einem Gewölbe abgeschlossenen Kegelstumpfes an (vgl. F. KAMMERER 1962).

Bei der Annäherung des Hohlraumes an die Erdoberfläche wird schließlich eine Grenze erreicht, an der aus seiner restlichen Decke – unter Umständen erst nach deren flacher Einsenkung – ein nahezu zylindrischer Gesteinskörper schlagartig ausbricht, in den Hohlraum stürzt und diesen im Zerfallen ausfüllt. An der Erdoberfläche entsteht ein offener, teilweise wassererfüllter Schacht mit schwach überhängenden Wänden. Diese schrägen sich durch Abbruch ab, und der dabei anfallende Schutt füllt den Einbruchsschacht weiter auf. So ergibt sich die gegenwärtige Trichterform.

Dieses Entwicklungsschema ist nun auf die örtlichen Verhältnisse der „Wolkenbrüche“ anzuwenden, wobei der größere von beiden im Vordergrund der Betrachtung steht. Die Untersuchung richtet sich zunächst auf die räumlichen Abmessungen, in denen sich die Erdfallbildung vollzogen hat. Von der gemessenen Größe des Trichters an der Erdoberfläche ausgehend, kann man in einer Modellvorstellung — dem Gang der Entwicklung entgegen — auf die Größe des primären Lughohlraumes zurück-schließen.

An der Endphase der Erdfallentstehung (Abb. 3) sind beteiligt: der aufgestiegene Hohlraum in seiner Endstellung (der Finalhohlraum, C), der in dessen Decke eingebrochene Erdfallschacht (D, E, F) und der aus diesem hervorgegangene Erdfall-trichter (F, G).

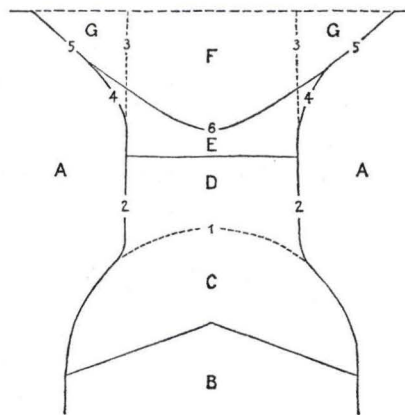


Abb. 3. Entwicklung des Einsturzschaftes; schematisch.

- A = Anstehender Buntsandstein
- B = Endstück des Aufstiegschlotes mit Füllung aus Deckenabbruch
- C = Finalhohlraum mit Füllung aus Trümmern aus dem Einsturzschaft
- D = Einsturzschacht mit steckengebliebenem Rest des niedergeborenen Schachtkörpers
- E = Einsturzschacht mit Verfüllung aus der Abschrägung der Schachtwände
- F—G = Erdfalltrichter; oberer Teil des Einsturzschaftes (F)
mit Erweiterung durch Wandabschrägung (G)
- 1 = Ehemaliger Scheitel des Finalhohlraumes
- 2—3 = ursprüngliche Wand des Einsturzschaftes
- 4—5 = Ausweitung der Schachtöffnung zum Trichter
- 5—6 = gegenwärtiger Trichter

Die Größe des Finalhohlraumes ergibt sich aus der Überlegung, daß ein Gesteinskörper, der aus dem Anstehenden ausbricht und zu Schutt zerfällt, einen größeren, durch dessen Lückigkeit bedingten Raum einnimmt. Die gesuchte Größe ist also gegeben durch den Rauminhalt des Erdfalltrichters (325000 m³), vermehrt um den Raumbedarf für die Auflockerung des Gesteins, das ihn und den Erdfallschacht unter ihm (dieser schätzungsweise 100000 m³) ursprünglich einnahm. Mit einem

Auflockerungsfaktor von etwa 6% ergibt sich ein zusätzlicher Raumbedarf von etwa 25000 m³, für den Finalhohlraum also eine Größe von 350000 m³.

In der Modellvorstellung kann der Finalhohlraum als eine Halbkugel aufgefaßt werden, die sich über einem Kegel aus Trümmern der Deckenabbrüche wölbt. Für einen Hohlraum dieser Gestalt mit einem Rauminhalt von 350000 m³ errechnet sich — setzt man den Basiswinkel des Kegels mit etwa 20° an — ein Wölbungsradius von abgerundet 59 m.

Der Abstand von der Erdoberfläche, bei dem der Aufstieg des Hohlraumes durch Einbruch seiner Decke endete, kann nur geschätzt werden, wobei den Festigkeitseigenschaften des Gesteins, dem wahrscheinlichen Durchmesser des Einsturzschachtes (kleiner als der Basisdurchmesser des Finalhohlraumes) und der Größe des Finalhohlraumes Rechnung zu tragen ist. Im vorliegenden Modell wird angenommen, daß die Decke über dem halbkugelförmigen Finalhohlraum etwa 1,5 mal so mächtig wie dessen Höhe (bzw. Radius) war, der Scheitel dieses Hohlraumes also 88 m tief und dessen Basis (zugleich das Ende des Aufstiegsschlotes) 147 m tief unter Gelände lag.

Die Größe des Primärhohlraumes ergibt sich aus dem Umstand, daß dieser diejenige Menge Gesteinsschutt aufgenommen hat, die nicht im Aufstiegsschlot verblieben ist; das ist der durch die Auflockerung (beim Übergang vom Anstehenden zum Trümmerschutt) im Schlot entstandene Überschuß, vermehrt um das Gestein an der Stelle des Finalhohlraumes. Nimmt man für die Lückigkeit des Schuttes — wegen dessen nach unten vermutlich zunehmender Verdichtung — einen Faktor von nur 5% an, so erhält die Modellrechnung die Form: Primärhohlraum = 5% des Rauminhaltes des Aufstiegsschlotes (Kegelstumpf + abschließende Halbkugel) + Finalhohlraum.

Die Maße des Kegelstumpf-Modells errechnen sich aus folgenden Daten:

aus der Höhe (Abstand von der Basis des Finalhohlraumes, 147 m unter Gelände, bis zur Oberkante des Salzlagers, diese mindestens 900 m tief, wenn das Salz nahe unter dem Buntsandstein liegt) = 753 m;

aus dem Radius der Kegelstumpf-Endfläche (Basis des Finalhohlraumes siehe oben) = 59 m;

aus der Wandneigung im Aufstiegsschlot, die mit 91° angesetzt wird.

Mit diesen Daten ergibt sich für den Aufstiegsschlot ein Basisdurchmesser von 144 m und ein Rauminhalt von 10610000 m³, 5% davon = 530000 m³.

Die Summe aus Finalhohlraum (siehe oben, 350000 m³) und 5% des Aufstiegsschlotes (530000 m³) ergibt also für den Primärhohlraum des Modells einen Inhalt von etwa 880000 m³, eine erstaunliche Größe.

Diese Modellrechnung ist, soweit es sich um Ermessensdaten handelt (z. B. Höhe des Aufstiegsschlotes, Neigungswinkel der Schlotwände, Grad der Lückigkeit des Schuttes), mit dem Ziel aufgestellt worden, nach Möglichkeit weder zu große noch zu kleine Dimensionen zu erhalten. Wollte man die errechnete Größe reduzieren, so würde kaum noch ein Spielraum für die Gestalt des Schlotes oder für die Lückigkeit des Schuttes übrigbleiben. Andererseits besteht der Eindruck, daß die Modellmaße nicht mehr wesentlich überschritten werden könnten. Die modellmäßig errechnete Größe darf also — etwa mit dem Spielraum zwischen 850000 und 900000 m³, mit

dem der Unsicherheit einiger Voraussetzungen der Größenbestimmung Rechnung getragen ist — als relativ wahrscheinlich angesehen werden. Sie liegt damit zwischen dem 2,6- und dem 2,8fachen des Erdfalltrichters.

Von der Gestalt des Primärhohlraumes läßt sich folgende Vorstellung gewinnen:

Da die Lösungsfähigkeit des Wassers im Laughohlraum von oben nach unten abnimmt, weil sich unten der Salzgehalt anreichert, erhält der Hohlraum die Form eines Kessels, d. h. etwa eines (oben offenen) Rotationsparaboloids. Für die gegebenen Dimensionen des Hohlraumes errechnet sich die Höhe des Paraboloids zu 108 m. (Der Primärhohlraum würde in diesem Modell etwa den gleichen Umriß haben wie der Erdfalltrichter, jedoch $2\frac{1}{3}$ mal so tief sein wie dieser.) Die Höhe eines voll ausgebildeten Paraboloids würde gleich der Mächtigkeit des Salzlagers sein; bei geringerer Salzmächtigkeit würde der Hohlraum die Gestalt eines abgestumpften Paraboloids annehmen (Abb. 4).

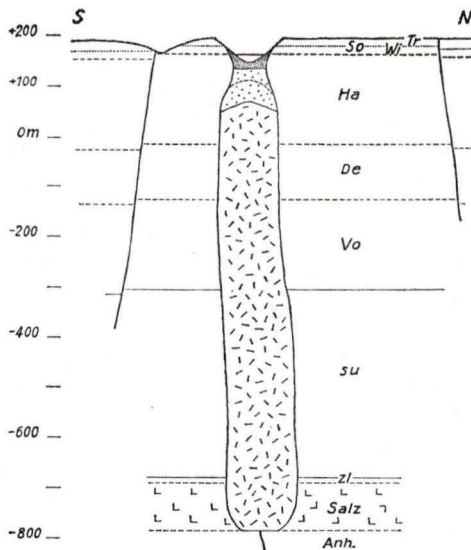


Abb. 4. Geologischer Schnitt durch den „Nassen Wolkenbruch“; schematisch. Maßstab etwa 1:15 000.

- Gestrichelt = Trümmer aus Deckenabbruch beim Aufstieg des Hohlraumes
 Weit punktiert = Schutt vom Deckeneinsturz des Finalhohlraumes
 Eng punktiert = Schutt von der Erweiterung des Einsturzschautes zum Trichter
- Schichtenfolge: Tr = Trendelburger Sandstein } Solling-Folge
 Wi = Wilhelmshausener Sandstein }
 Ha = Hardeggen-Folge
 De = Detfurt-Folge
 Vo = Volpriehausen-Folge
 su = Unterer Buntsandstein
 zl = Zechsteinletten
 Salz = Salzlager } unbestimmter Stellung
 Anh = Anhydrit } im Zechstein

Die bei der Auslaugung entstehende salzige Lösung wanderte größtenteils in die Umgebung ab; der entstehende Hohlraum blieb aber stets mit Lauge gefüllt und führte sie bei seinem Aufstieg durch Deckenabbruch mit sich nach oben, wo sie mit dem Grundwasser in Austausch trat.

Der Aufstiegsschlot steht vermutlich nicht genau senkrecht. Falls die Lotabweichung seiner Achse nicht größer ist als der Fallwinkel der durchbrochenen Schichten, bleibt das von der Mitte des Erdfalltrichters zu fällende Lot noch innerhalb des Schlotes.

Abschließend seien die wichtigsten, teils gemessenen, teils errechneten oder geschätzten Dimensionen des Erdfalltrichters und des Entwicklungsmodells zusammengestellt:

	Rauminhalt	Durchmesser	Tiefe unter ehem. Gelände im Trichter- mittelpunkt
Erdfalltrichter	325 000 m ³	Rand 150 m	Teichboden 47 m
Modell: Finalhohlraum	350 000 m ³		Scheitel 88 m
		Basis 118 m	Basis 147 m
Aufstiegsschlot		Basis 144 m	Basis 900 m
Primärhohlraum	850 000 bis 900 000 m ³		Basis ~ 1000 m

Die Untersuchung richtet sich nun auf die Frage, auf welche Weise ein Hohlraum von etwa 850 000 – 900 000 m³ Inhalt in 900 – 1 000 m Tiefe ausgelaugt worden sein kann.

Wenn wasserführende Klüfte den Buntsandstein bis zu seiner Basis durchsetzten, so würde das Wasser das Salz an seiner Oberfläche auf breiter Fläche ablaugen und damit einen Salzspiegel, aber nicht einen örtlich in die Tiefe greifenden Hohlraum herstellen. Die Hohraumauslaugung kann also nicht auf der Oberfläche des Salzlagere begonnen haben.

Es muß demnach angenommen werden, daß die Auslaugung das Salz in örtlicher Beschränkung an seiner Unterseite angegriffen hat; das Wasser kann nur auf Spalten aus tieferem Untergrund aufgestiegen sein. Die Energie, die den Aufstieg unterhielt und die entstehende Salzlösung zutage brachte, war in einem Kohlensäuregehalt des Wassers gegeben.

Vergleichbare Verhältnisse liegen in dem Gesundbrunnen von Hofgeismar, 8 km SSW der Trendelburger Erdfälle vor (Abb. 5). Die dortige ursprüngliche Quelle, der Sülteborn, lag am Fuß eines kleinen, durch einen Basaltschlot bedingten, frühzeitig abgetragenen Hügels. Nahe dabei wurde nach alten Berichten 1639 eine neue Quelle aufgefunden (R. ANDRAE 1939). Die alte und die neue Quelle wurden 1843 neu erbohrt (DIENEMANN & FRICKE 1961). Damals wurden in der Trinkquelle (180 Fuß tief) 0,08% NaCl-Gehalt und 1,27 g/kg CO₂, in der Badequelle (120 Fuß tief) 0,06% Salzgehalt und 1,07 g/kg CO₂ ermittelt; beide Wässer waren also schwach salzige Säuerlinge; ihr Zusammenhang mit dem Basaltvulkanismus ist durch ihr Auftreten in einem Basaltschlot ausreichend gesichert.

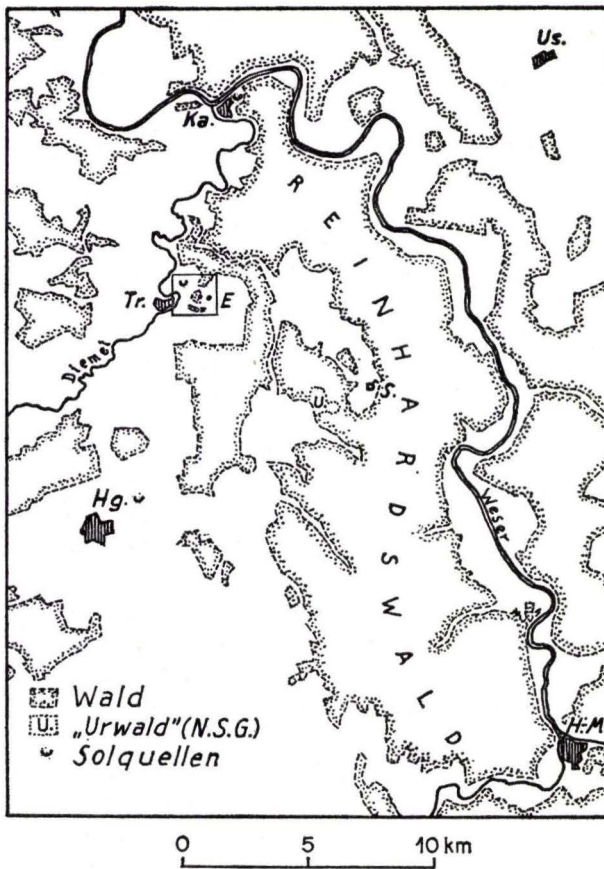


Abb. 5. Solquellen am Reinhardswald und Lage des Kartenausschnittes Abb. 1. — Maßstab etwa 1:300 000.

E = Erdfälle, Hg. = Hofgeismar, H.M. = Hann. Münden, Ka. = Karlshafen, S. = Sababurg, Tr. = Trendelburg, Us. = Uslar

Gleicher Natur wie die Hofgeismarer Quellen ist — neben anderen, entfernteren Beispielen (Wilhelmshöhe, Bodenfelde, Höxter) — auch die in Karlshafen, 8 km nördlich der Trendelburger Erdfälle, im Jahre 1725 entdeckte, CO_2 -führende schwache Solquelle. Ebenda auf dem rechten Weserufer haben Bohrungen im Buntsandstein Eisenglanzausscheidungen (aus eisenhaltigen Säuerlingen, vgl. O. GRUPE 1914) und im Zechsteinsalz eisenhaltige, gesättigte Sole angetroffen; es handelt sich also um eisen- und kohlenstoffführende Quellen, die in der Zechsteinformation Salz auslaugen.

Austritte von Salzwasser sind auch etwa 1 km nordwestlich der Erdfälle vorhanden; sie liegen — durch Salzpflanzen angezeigt (A. WIGAND 1891) — in der Talniederung am Sülzer Berg (Abb. 1), wo eine Ortschaft Sülten — deren Name auf Salzgewinnung

schließen läßt – im 14. Jahrhundert wüst geworden ist (H. JÄGER 1951). Hier steigen Salzlösungen – offenbar aus dem Zechstein – auf Spalten zur Erdoberfläche auf. Vielleicht sind sie Überbleibsel stärkerer Quellen, in denen Sole zutage trat, die bei der Auslaugung der Primärhohlräume der Trendelburger Erdfälle entstand. Schließlich ist in diesem Zusammenhang auch der angebliche Austritt von Salzwasser am Grunde des Wolkenbruch-Teiches zu nennen, für das ebenfalls ein Auftrieb durch Kohlensäure zu vermuten wäre.

Zwischen den Solquellen am Sülzer Berg und denen bei Hofgeismar gab es noch weitere Vorkommen von Salzpflanzen. Alle diese Stellen und die Solquellen von Karlshafen liegen auf einem etwa rheinisch streichenden, mindestens 16 km langen Zug von Spalten, die bis in den Zechstein hinabreichen, aber keine Verschiebung ihrer Flügel erkennen lassen, und an deren Südende das Vorkommen von Basalt bei Hofgeismar einen Hinweis auf ihr Alter gibt. Auf vergleichbare Spaltenzüge im Oberweser-Buntsandsteingewölbe – ebenfalls mit Basalt und CO_2 -führenden Solquellen – hat auch F. KUTSCHER (1966) hingewiesen.

Die herangezogenen Befunde stützen die Annahme, daß die Entstehung der Trendelburger Erdfälle Säuerlingswässern zuzuschreiben ist, die im Salz Hohlräume auslaugten und die dabei entstandenen Salzlösungen zutage brachten.

Der dargelegten Entstehung entsprechend liegen die Erdfälle dort, wo die Aufstiegswege der Säuerlingswässer von unten her an das Salz herantraten; über diese Bahnen selbst ist keine weitere Aussage möglich. Eine Abhängigkeit der Lage der „Wolkenbrüche“ von der Klüftung im Buntsandstein oder von Lagerungsstörungen der Schichten ist nicht erkennbar.

Schließlich ist auf die Frage nach der Dauer der Erdfallentwicklung einzugehen. Für die Auslaugung der Hohlräume im Salz ist eine Wassermenge erforderlich, die ein Mehrfaches des Hohlraum Inhaltes – mindestens einige Millionen Kubikmeter – beträgt. Der Zutritt dieser Wassermenge und deren Auslaugungswirkung haben vermutlich jahrtausendlang andauert. (Für die Pyrmonter Erdfälle läßt sich an einem ihnen nahegelegenen Torflager, das durch Bodensenkung infolge Salzauslaugung entstanden ist, zeigen, daß die Auslaugung, die auch zur Entstehung der Erdfälle führte, vor etwa 4–5 000 Jahren begann; vgl. R. HERRMANN 1970.) – Eine Ursache für den Beginn des Wasserzutrittes im Untergrund ist nicht zu ermitteln.

Der Aufstieg des Hohlraumes durch Deckenabbruch bis zum Einsturz des Erdfalles kann sich in vergleichsweise kurzer Zeit vollzogen haben.

Für die Dauer der weiteren Entwicklung bis zur Herstellung des gegenwärtigen Zustandes gilt folgendes: Der mit dem Einsturz entstandene, nahezu zylindrische Erdfallschacht durchschlug mit seinem oberen Teil eine etwa 30 m mächtige Sandsteinfohle. Die Ausweitung des Schachtes zum Trichter in diesem standfesten Gestein dürfte noch viele Jahrhunderte in Anspruch genommen haben.

Für die Entstehung des Kleinen Wolkenbruches gelten dieselben Überlegungen, auch hinsichtlich seiner Ursprungstiefe. Bemerkenswert ist die Richtung der Längsachse seines elliptischen Grundrisses: sie liegt – wohl nicht zufällig – parallel zum Spaltenzug Hofgeismar–Karlshafen. Vermutlich war der Primärhohlraum über sub-salinaren Klüften, auf denen die auslaugenden Mineralwässer aufstiegen, in derselben Richtung gestreckt.

Die beiden Wolkenbrüche haben sich – wohl schon seit ihren Anfängen – etwa gleichzeitig nebeneinander entwickelt, ohne daß eine genaue Gleichzeitigkeit des Einsturzes beider angenommen werden müßte.

Ob die schon mehrere Jahrzehnte andauernde Senkung der Bodenvertiefung nördlich von Friedrichsfeld die Entstehung eines neuen Erdfalles vorbereitet, ist nicht sicher. Möglicherweise haben die Dimensionen eines unter ihm befindlichen Aufstiegschlotes, die von mancherlei Voraussetzungen abhängig sind, nur dazu ausgereicht, daß dieser nahe unter der Erdoberfläche mit einem relativ kleinen Finalhohlraum endete, dessen Decke nicht mehr einbrach, sondern sich langsam in ihn einsenkt. Da dies nur eine Möglichkeit ist, muß die Frage eines dritten Erdfalles offenbleiben. –

Es ist gezeigt worden, daß die beiden „Wolkenbrüche“ auf dieselbe Weise wie die Pymonter „Meere“ entstanden sind. Die Ursprungstiefen beider Vorkommen sind etwa gleich, aber die „Meere“ öffnen sich in den Mergeln des Röt, in denen die Ausweitung des Einsturzschatztes zum Trichter erheblich weniger Zeit erforderte als bei den „Wolkenbrüchen“ in – z. T. verkieseltem – Sandstein; zudem ist der letzte Erdfall bei Pymont erst im Jahre 1645 entstanden, und weitere Veränderungen, Schloteinstürze und Böschungsabbrüche, haben sich dort noch in neuerer Zeit ereignet, wogegen die „Wolkenbrüche“ ihre gegenwärtig kaum veränderliche Gestalt schon früher angenommen hatten und mit ihrer langsameren Entwicklung merklich älter sind als die „Meere“.

Die Übereinstimmung der beiden, nahezu 50 km voneinander entfernten Vorkommen beruht auf den gleichen Voraussetzungen des Zutrittes von Sauerlingwässern zu Salzlager, in denen sie Hohlräume auslaugten, die mehrere hunderttausend Kubikmeter groß werden konnten, bevor ihre Decke zusammenbrach. Nur sehr große Hohlräume (auf kleiner Grundfläche) können aus großer Tiefe durch Deckenabbruch – bei geeigneter Struktur des Deckgebirges – die Erdoberfläche erreichen, wo sie mit entsprechend reduzierter Größe erscheinen. Das an beiden Orten gleiche Schichtungsgefüge des hessisch-niedersächsischen Buntsandsteins bietet für den Durchbruch von Hohlräumen zur Erdoberfläche offenbar die günstigsten Voraussetzungen; Gegenbeispiel sind massige Kalksteine, in denen natürlich entstandene Höhlen geologische Zeiträume überdauern können.

4. Zusammenfassung

30 km nördlich von Kassel befinden sich am Westrand des Reinhardswaldes im höheren Mittelbuntsandstein zwei trichterförmige Geländevertiefungen, der Große (Nasse) und der Kleine (Trockene) Wolkenbruch mit etwa 325 000 m³ und nahezu 40 000 m³ Rauminhalt. Diese Bodenvertiefungen sind schon frühzeitig als Erdfälle gedeutet worden. Für ihre Entstehung konnte nur der Einsturz von Auslaugungshohlräumen in der Zechsteinformation in Betracht kommen. Die tiefe Lage dieser Formation unter der dort besonders mächtigen Buntsandsteinformation erschwerte bisher das Verständnis dieser Erdfälle.

Vom Rauminhalt des „Nassen Wolkenbruches“ ausgehend, ergab eine vorsichtig angesetzte Modellrechnung für die Größe des unter ihm ausgelaugten und eingestürzten Hohlraumes einen Betrag von etwa 850 000–900 000 m³. Die Auslaugung dieses

Hohlraumes wird – im Hinblick auf die kohlenensäureführenden Solquellen in der weiteren Umgebung – aufsteigenden (juvenilen) Säuerlingwässern zugeschrieben. Die Auslaugung hat vermutlich mehrere Jahrtausende angedauert; der Aufstieg des Hohlraumes durch Deckenabbruch kann sich aber in viel kürzerer Zeit vollzogen haben. Der Aufstieg endete, als der aufsteigende Hohlraum der Erdoberfläche nahe gekommen war, mit dem plötzlichen Einsturz der restlichen Decke. Dieser „Erdfall“ (im wörtlichen Sinne) ereignete sich vor einer unbestimmbaren Anzahl von Jahrhunderten. Er hinterließ im Sandstein einen röhrenförmigen Schacht. Die Abschrägung der Schachtwände zu der gegenwärtigen Trichterform nahm einen großen Teil der seit dem Einsturz vergangenen Zeit in Anspruch. Auf den zur Ruhe gekommenen Trichterböschungen konnte schließlich der Baumwuchs Fuß fassen.

Diese Entstehung der „Wolkenbrüche“ entspricht in allen wesentlichen Vorgängen der der ähnlichen, aber kleineren „Meere“ bei Bad Pyrmont.

Schriftenverzeichnis

- ANDRAE, R. (1939): Die ersten Anfänge des Gesundbrunnens zu Hofgeismar. Nach Berichten von Zeitgenossen zusammengestellt. — Heimatkalender f. d. Kreis Hofgeismar, hrsg. v. Kreisausschuß, 1939: 77–82.
- BACKHAUS, E., LOHMANN, H. & REGENHARDT, H. (1958): Der Mittlere Buntsandstein im Reinhardswald im Raume Südhannover. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 192–201, 2 Abb.; Wiesbaden.
- BOCK, W. (1925): Der Große Wolkenbruch bei Trendelburg. — Der Naturforscher, **2**: 415–416, 2 Taf.; Berlin-Lichterfelde.
- BRANDES, R. & KRÜGER, F. (1826): Pyrmonts Mineralquellen. 382 S., 1 Taf., 2 Ktn.; Pyrmont (Uslar).
- DIENEMANN, W. & FRICKE, K. (1961): Mineral- und Heilwässer, Peloide und Heilbäder in Niedersachsen und seinen Nachbargebieten. In: Geologie und Lagerstätten Niedersachsens, **5**, 5. Abt.: 1–476, Abb.; Göttingen u. Hannover.
- ELLENBERG, H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. — In: WALTER, H., Einführung in die Phytologie, **4**, T. 2: 1–943, 515 Abb., 123 Tab.; Stuttgart (Ulmer).
- ERNST, E. & KLINGSPORN, H. (1969): Hessen in Karte und Luftbild. Hrsg. Hess. Landesvermessungsamt, T. I: 1–182, 48 Luftb., 48 Ktn.; Neumünster (K. Wachholtz).
- GRAMANN, F. (1954): Teufelskaute — Fuchskaute — Hasenskaute. Drei Naturdenkmäler im Kreise Lauterbach und ein Versuch ihrer Deutung. — Heimatbl. Stadt u. Kreis Lauterbach, **19**: 23–24; Lauterbach.
- GRUPE, O. (1914): Bemerkungen zum Vortrage des Herrn RENNER. — Z. deutsch. geol. Ges., **66**, Mber.: 7–8; Berlin.
- HEDEMANN, H.-A. (1957): Die Gewölbestruktur des Sollings und ihre Entstehung. — Geol. Jb., **72**: 529–638, 16 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- HERRMANN, R. (1968): Auslaugung durch aufsteigende Mineralwässer als Ursache von Erdfällen bei Bad Pyrmont. — Geol. Jb., **85**: 265–284, 8 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- (1969): Die Auslaugung der Zechsteinsalze im niedersächsisch-westfälischen Grenzgebiet bei Bad Pyrmont. — Geol. Jb., **87**: 277–294, 6 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- (1970): Die Entstehung eines Torflagers bei Bad Pyrmont als Folge von Salzauslaugung im tiefen Untergrund. — Ber. naturhist. Ges., **114**: 19–31; Hannover.
- HORNSTEIN, F. (1910): Bericht über den Vereinsausflug vom 27. April (1910) nach den sog. Wolkenbrüchen bei Trendelburg. — Mitt. Ver. naturw. Unterhalt., **1**: 82–84; Cassel.
- JÄGER, H. (1951): Die Entwicklung der Kulturlandschaft im Kreise Hofgeismar. — Göttinger geogr. Abh., **8**: 1–114, 12 Ktn.; Göttingen.

- KAMMERER, F. (1962): Ingenieurgeologische Methoden in Erdfall- und Senkungsgebieten. — Freiberg. Forsch.-H., C 127: 49—109, 50 Abb.; Berlin.
- KELLER, R. (1940): Unser Buntsandstein. — Heimatkalender Kreis Hofgeismar 1940: 49—52.
- KUTSCHER, F. (1966): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 7. Erdmagnetische Messungen an den Wolkenbrüchen bei Trendelburg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 94: 394—397, 1 Abb.; Wiesbaden.
- LINSTOW, O. v. (1928): Blatt Trendelburg. Erl. geol. Kte. Preußen, Lfg. 278, 36 S.; Berlin.
- (1929): Salzlager, Solquellen und Erdfälle in dem Gebiet zwischen Kassel und Karlshafen. Kali u. verwandte Salze, S. 54—56, 71—74, 86—88, 2 Abb.; Halle (Knapp).
- LIPPOLD, H. (1965): Erläuterungen zur geologischen Karte Blatt Trendelburg (Nordteil) und Blatt Karlshafen (Südteil) im Maßstab 1:25 000. Unveröff. Dipl.-Arb.; Gießen.
- LOHMANN, H. (1962): Zur Formentwicklung von Salzauslaugungstrichtern. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 90: 319—326, 2 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- MACKELDEY, W. (1971): 150 Jahre Forstwirtschaft im Reinhardswald. — Heimatjahrbuch für den Kreis Hofgeismar 1971: 42—47.
- MÖTZING, K. (1971): Die „Wolkenborste“ bei Trendelburg. — Der hessische Gebirgsbote, Z. hess.-waldeck. Gebirgs- u. Heimatver., 72, 1: 37—38; Kassel.
- REDEMANN, E. (1958): Der große Wolkenbruch. — Heimatjahrbuch des Kreises Hofgeismar 1958: 66—68 (mit Fehlern in den Größenangaben).
- WEHRHAHN, W. (1925): Unsere Heimat. 2, Wanderungen und Fahrten im Weserbergland. 102 S., 37 Abb.; Hannover (Engelhardt & Co).
- WIEGAND, G. (1965): Fossile Pingos in Mitteleuropa. — Würzburger geogr. Arb., 16: 1—152, 35 Abb., 24 Fig.; Würzburg.
- WIGAND, A. (1891): Flora von Hessen und Nassau. 2, Marburg.
- WORTMANN, H. (1937): Die Terrassen der Diemel zwischen Sauerland und Weser. — Jb. preuß. geol. L.-A., 57: 359—412, 6 Abb., 3 Taf.; Berlin.

Manuskript eingegangen am 17. 4. 1972

Vulkanische Senkungsstrukturen westlich Hofgeismar (Nordhessen)

Von

ROLAND VINX, Hamburg*

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

Kurzfassung: An mehrere jungtertiäre Vulkanitvorkommen westlich der nordhessischen Kreisstadt Hofgeismar sind Senkungsformen mit angenähert kreisförmigen Umrissen gebunden. Die Abwärtsbewegungen betrafen größere Schollen, die von umlaufenden, z. T. konzentrisch gestaffelten Störungen begrenzt werden. In einem Fall erfolgte zusätzlich bruchlose Einsenkung von erheblichen Ausmaßen. Die neu aufgefundenen Senkungsstrukturen lassen auf eine bisher nicht bekannte Verbreitung subvulkanischer Vorgänge im nordhessischen jungtertiären Vulkangebiet schließen. Innerhalb der Senkungsformen und in einem mit Schlotbrekzie gefüllten Diatrem wurden Sedimente des ehemaligen Hangenden konserviert, die vor den vulkanischen Ereignissen bis zu mindestens 50 m bzw. bis zu ca. 100 m oberhalb der gegenwärtigen Landoberfläche gelegen haben müssen. Es kann auf eine postvulkanische flächenhafte Abtragung von der genannten Größenordnung geschlossen werden.

Abstract: Some occurrences of late Tertiary volcanic rocks in northern Hesse (northwest Germany) are connected with subsidence-structures of nearly circular outline. The downward motions affected larger blocks en masse, these being circumscribed by ringfaults which in part form series of concentric fractures. In one example shearless engulfment of considerable scale took place. The newly discovered subsidence-structures are evidence for a hitherto unknown frequency of subvolcanic processes in the late Tertiary volcanic province of northern Hesse. In the volcanic structures and in a neighbouring diatreme, sediments are preserved which previous to the volcanic events lay at least 50 meters above the present land surface in some cases or about 100 meters in the other cases. A post-volcanic areal denudation of the same order of magnitude may be deduced.

Resumé: Parmi les roches volcaniques néogènes à l'ouest de la ville de Hofgeismar on en a trouvées récemment plusieurs qui sont liées à des zones d'effondrement volcaniques. De grands compartiments, limités par des accidents circularies et concentriques, ont été abaissés. Dans un cas s'est formée aussi une flexure importante. Ces structures volcaniques, jusqu'à présent inconnues dans la dite région, font preuve d'une activité subvulkanique répandue dans cette région volcanique néogène du Nord de la Hesse. A l'intérieur des zones d'effondrement et dans une brèche de cheminée ont été conservés des sédiments de l'ancien toit. Ces sédiments se trouvaient avant les événements volcaniques au moins 50 m, sinon 100 m au-dessus de la surface actuelle. Une couche de cette épaisseur a donc du être enlevée par l'érosion postvolcanique.

*) Dipl.-Geol. R. VINX, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Hamburg, 2 Hamburg 13, Grindelallee 48.

Inhalt

1. Einleitung	195
2. Die Senkungsstrukturen	196
2.1. Wattberggebiet	196
2.2. Sauweide	198
2.3. Warmberggebiet	198
2.4. Senkungsstrukturen im Habichtswald und in seinem nördlichen Vorland	199
3. Mögliche Ursachen der Senkungen	200
4. Die Vulkanite	202
5. Alter des Vulkanismus	204
6. Postvulkanische flächenhafte Abtragung	204
7. Schriftenverzeichnis	205

1. Einleitung

In jüngster Zeit ist das Interesse an vulkanischen Depressionen der Erdoberfläche gestiegen, nicht zuletzt aufgrund der Intensivierung der Erforschung des Mondes. In Deutschland sind die quartären vulkanotektonischen Becken der Eifel (FRECHEN 1962) die bekanntesten Beispiele für vulkanogene Absenkung. Kürzlich wurden einige tiefabgetragene vulkanische Einbruchsstrukturen permischen Alters aus dem Saar-Nahe-Gebiet beschrieben (LORENZ 1971). Im Folgenden wird über drei jungtertiäre nordhessische Senkungsstrukturen berichtet, wie sie in etwas anderer Form in Nordhessen bisher nur aus dem Gebiet des Habichtswaldes bekannt waren (RÖSING 1958).



Abb. 1. Lage des untersuchten Gebietes (schraffiert).

Das untersuchte Gebiet (Bl. 4521 Liebenau a. Diemel, Nordostecke) gehört der Friedrichsdorfer Muschelkalk-Hochfläche an, die sich zwischen der Kreisstadt Hofgeismar und dem Warmetal erhebt (Abb. 1). In der geologischen Karte (Abb. 2) ist der Nordwestteil dieser Hochfläche und ihr zum Warmetal abfallender Westrand dargestellt.

Die Friedrichsdorfer Hochfläche wird von der aus Alkalibasalt¹⁾ bestehenden Kuppe des 351 m über NN hohen Wattberges um 50–100 m überragt. Weitere Vorkommen von Alkalibasalten finden sich nördlich des Wattberges, auf der Sauweide unmittelbar südwestlich des Wattberges, am Warmberg und auf der Heide (Abb. 2). Ein mit Schlotbrekzie gefülltes Diatrem steckt im Mittleren Muschelkalk der Triestfelder 1 km südlich des Wattberges. Die Vulkanite gehören zu den nördlichen Ausläufern des jung-tertiären Vulkanismus der Hessischen Senke.

Der Bau des Arbeitsgebietes ist, von vulkanischen Senkungen abgesehen, relativ einfach. Die Schichten lagern nahezu flach. Die bedeutendste nichtvulkanogene Verwerfung erreicht einen Versatz von ca. 40 m.

2. Die Senkungsstrukturen

An die Vulkanitvorkommen des Wattberges, des Warmberges und der Sauweide sind Senkungsgebiete gebunden, innerhalb derer sandig-tonige Sedimente des Unteren Keupers der Abtragung entgangen sind. Diese sind nirgendwo sonst auf der Friedrichsdorfer Hochfläche erhalten.

2.1. Wattberggebiet

Unmittelbar nordwestlich des Wattberges ist an der Innenseite einer bogenförmigen Verwerfung Unterer Keuper ins Niveau des basalen Teils der Ceratitenschichten abgesenkt. Die Verwerfung setzt sich vermutlich im Nordostrand des Wattberges fort, versenkt südlich des Wattberges Ceratitenschichten ins Niveau des Trochitenkalks und höchsten Mittleren Muschelkalks und schließt sich zu einem ovalen Ringbruch, indem sie südwestlich des Wattberges zweimal durch vulkanisches Gestein verläuft. Die westlich der Störung liegenden kleinen Alkalibasaltvorkommen dürften selbständigen Förderkanälen aufsitzen, wie es auch für einige kleinere Kuppen innerhalb der östlich an die Störung grenzenden großen Alkalibasaltfläche des Wattberggebietes zu vermuten ist (der eigentliche Wattberg liegt nördlich der Eintragung „Watt-B.“ in der geologischen Karte).

Der maximale Durchmesser der von der umlaufenden Störung begrenzten abgesunkenen Scholle beträgt ca. 700 m. Die Absenkungstiefe²⁾ liegt zwischen den möglichen Extremen 20–40 m im S und 25–50 m im N.

Südöstlich des Wattberges ist auf der Randstörung Magma aufgedrungen. Dies kann Zufall sein, aber auch ein Anzeichen dafür, daß die Absenkung zu einer Zeit erfolgte, als noch Schmelze bereitstand.

¹⁾ Bei den nichttuffischen Vulkaniten des untersuchten Gebietes handelt es sich um Alkalibasalte. Basalte im engeren Sinne (STRECKEISEN 1967) wurden nicht festgestellt. Zur genaueren Einstufung s. Abschn. „Die Vulkanite“.

²⁾ Den angegebenen Absenkungstiefen liegen folgende für das untersuchte Gebiet geltende Schichtmächtigkeiten zugrunde:

Unterer Keuper > 40 m,

Oberer Muschelkalk > 50 m,

Mittlerer Muschelkalk ca. 50 m,

ob. Unterer Muschelkalk mit Terebratelbänken ca. 40 m.

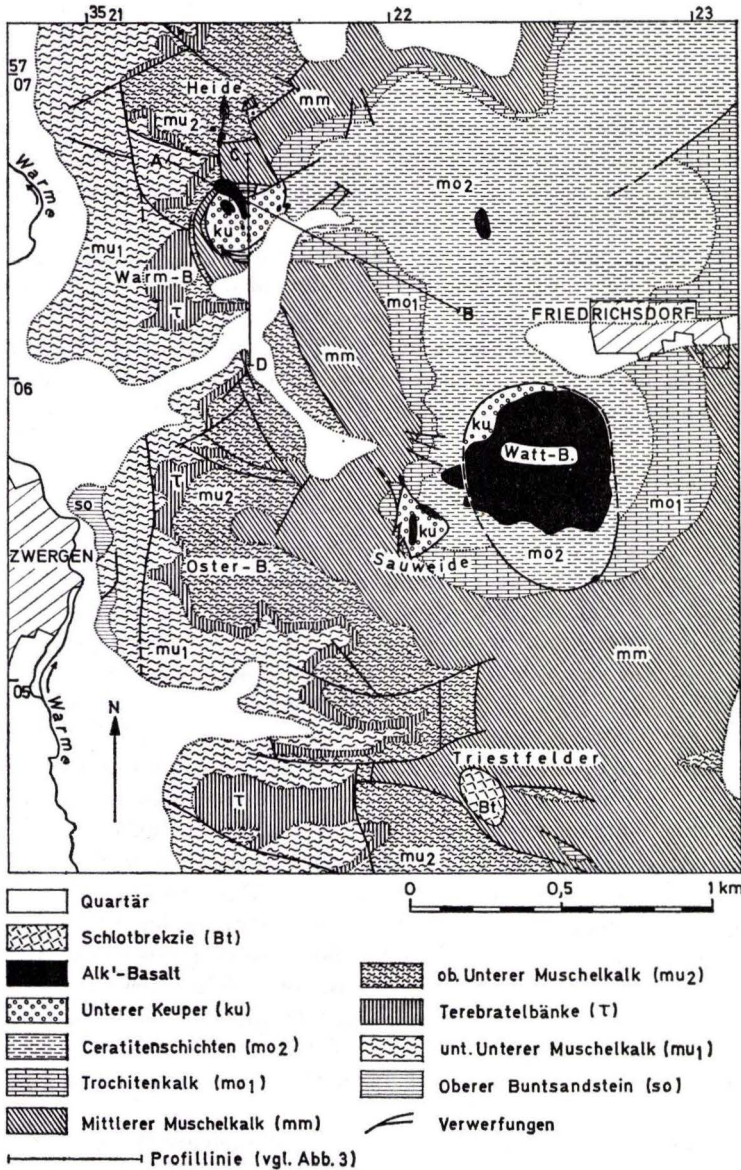


Abb. 2. Vereinfachte geologische Karte des untersuchten Gebietes.

Wegen des Fehlens von Aufschlüssen sind Angaben zum internen Bau der Senkungsform nicht möglich. Lediglich in einem Schurf westlich des Wattberges (R 3522320, H 5705810) konnte die Lagerung einer Sandstein-Ton-Wechselfolge des Unteren Keupers gemessen werden: Die Schichten fallen dort mit einer Neigung von 25–30° nach SE (145°) zum Zentrum des Senkungsgebietes hin ein.

2.2. Sauweide

Auf der Sauweide wird der Trochitenkalksaum der Westabdachung der Friedrichsdorfer Hochfläche von einer mit Unterem Keuper gefüllten Senkungsstruktur unterbrochen. Zwei Alkalibasaltgänge von 70 bzw. 90 m Länge stecken innerhalb und am Rand des Senkungsgebietes. Dieses wird im E von einer parabelförmig gebogenen Störung begrenzt, entlang der der randliche Gang verläuft, analog zum Südabschnitt der umlaufenden Verwerfung am Wattberg, wo ebenfalls Magma aufdringen konnte.

Die westliche Begrenzung der Struktur auf der Sauweide fügt sich nicht gut in das Bild einer kreisförmigen Einsenkung: Die Randstörung ist hier nur schwach gekrümmt, zusätzlich wird sie durch zwei tangentielle Grabenspalten gegliedert. Die deutliche Abweichung vom radialsymmetrischen Bau ist offenbar durch die tektonische Vorprägung des oberflächennahen Untergrundes der Sauweide bedingt.

Der Absenkungsbetrag liegt zwischen 50 und 80 m, der maximale Durchmesser bei 200 m.

2.3. Warmberggebiet

Im Senkungsgebiet am Nordostende des Warmberges erfolgte die Abwärtsbewegung ähnlich wie am Wattberg und am Ostrand des Einbruchs auf der Sauweide überwiegend an bogenförmigen Verwerfungen; diese sind am Warmberg z. T. konzentrisch gestaffelt. Nach außen schließt sich im S und E zusätzlich ein Bereich mit bruchloser Absenkung an: Schon 350 m ost-südöstlich des von Verwerfungen begrenzten strukturell tiefsten Teils, in dem Keupergesteine erhalten geblieben sind, beginnt der sonst auf der Friedrichsdorfer Hochfläche fast waagrecht liegende Trochitenkalk nach NW abzutauchen (Abb. 3). Auf 250 m Strecke senkt er sich um ca. 60 m ab. Ähnlich fallen die Terebratelbänke des Unteren Muschelkalks am Südosthang des Warmberges zum Zentrum der vulkanischen Struktur hin ein, auf 130 m um gut 20 m.

Der maximale Durchmesser des Senkungsgebietes beträgt einschließlich der Bereiche mit bruchlosem Abtauchen ca. 600 m. Auf die Friedrichsdorfer Hochfläche bezogen, ist für die Keupergesteine mit einem Mindestbetrag der Abwärtsverlagerung von ca. 90 m zu rechnen. Gegenüber den nur 50 m westlich anstehenden Terebratelbänken des Warmbergplateaus sind sie sogar um über 130 m nach unten versetzt. Die Differenz resultiert aus der Überlagerung von tektonischen Verstellungen durch die vulkanische Senkungsstruktur. Die Wirkung tektonischer Einflüsse zeigt sich auch in dem von einer nahezu geradlinig streichenden Verwerfung gebildeten Nordrand der Keuperscholle.

Ebenso wie am Wattberg und auf der Sauweide ist auch am Warmberg Magma auf den Randstörungen aufgestiegen. An der äußersten Ostumgrenzung des Keupereinbruchs steckt ein kleiner Schlot in einer kurzen Grabenspalte. Das größte Alkalibasaltvorkommen am Warmberg steht auf einer Staffel von Randstörungen, setzt sich aber ohne Beziehung zu ihnen radial in Richtung auf das Zentrum der Absenkung fort.

Nördlich des Warmberges, auf der vom höchsten Unteren Muschelkalk (Bereich der Schaumkalkbänke) gebildeten Hochfläche der Heide streichen mehrere kleine Alkalibasaltgänge und -schlote aus. Einige dieser Vulkanitvorkommen sind ebenfalls mit Einbrüchen verknüpft; diese mußten wegen ihrer Kleinheit in der geologischen

Karte größtmäßig übertrieben dargestellt werden. In ihnen ist Mittlerer Muschelkalk um ca. 10 bis höchstens 30 m ins Niveau der Schaumkalkbänke versetzt. Die Flächen dieser Senkungsformen liegen zwischen 50 und 900 m². Die für die zuvor beschriebenen vulkanischen Senkungsstrukturen kennzeichnenden zumindest teilweise runden Umrißformen sind auf der Heide nicht verwirklicht. Es handelt sich hier um grabenartige Gebilde, die entweder auf oder unmittelbar neben Verwerfungen liegen.

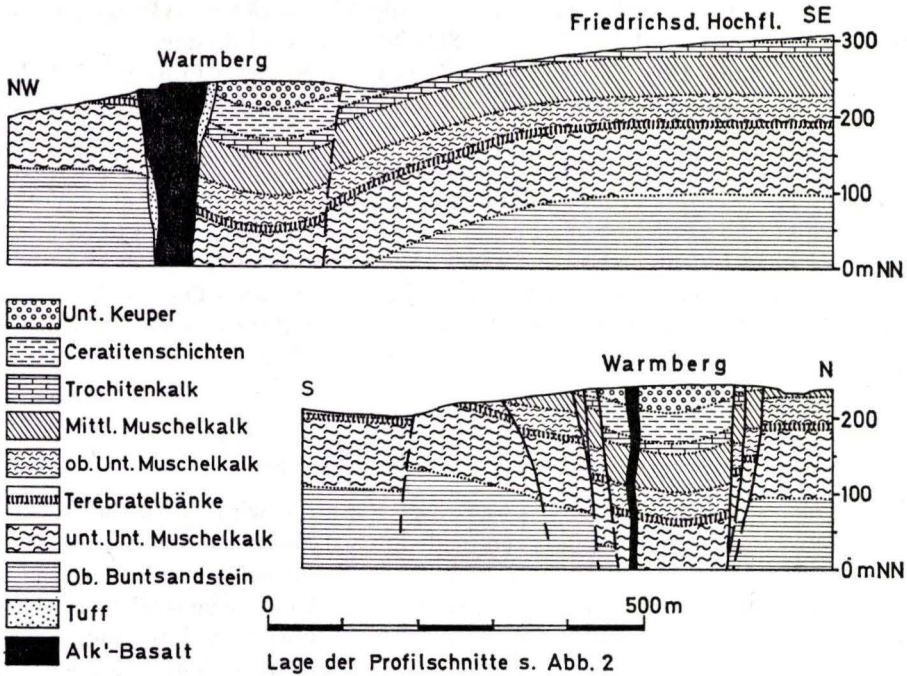


Abb. 3. Profilschnitte durch die Senkungsstruktur des Warmberges (z. T. schematisch).

Wahrscheinlich sind sie prävulkanisch angelegt und erleichterten magmatischen Schmelzen den Aufstieg. Ähnliche sehr kleine Gräben ohne benachbarte Vulkanite konnten am Westhang der Heide und am Osterberg nachgewiesen werden.

2.4. Senkungsstrukturen im Habichtswald und in seinem nördlichen Vorland

In Braunkohlentiefbauten des Habichtswaldes wurde schon im vorigen Jahrhundert beobachtet, daß die Flöze wie auch die Hangend- und Liegendsedimente mit Annäherung an manche „Basaltschlote“ trichterförmig zum „Basalt“ hin einfallen (SCHMEISSER 1879).

RÖSING (1958) beschreibt Senkungsstrukturen, die denen der Friedrichsdorfer Hochfläche ähnlich sind. Er konnte im nördlichen Vorland des Habichtswaldes acht

nahezu kreisrunde Einbrüche nachweisen, die an vulkanische Förderschloten gebunden sind. Die Durchmesser dieser von ringförmigen Störungen umgrenzten Gebilde liegen nach RÖSING'S Kartendarstellung zwischen 420 m am Bühl bei Weimar und ca. 50 m bei den kleinsten Beispielen. Als größte Absenkungsbeträge gibt RÖSING 30–40 m für den Bühl an und 50–60 m für den Hangarstein 2 km nordwestlich des Bühls.

Anders als auf der Friedrichsdorfer Hochfläche enthalten die vulkanischen Strukturen im nördlichen Vorland des Habichtswaldes stets tertiäre Sedimente als Füllung, am Hangarstein in einer Umgebung aus stratigraphisch tieferem Tertiär; bei den anderen Einsenkungen bilden triassische Schichten die Umrahmung.

Am Bühl konnte RÖSING Randverwerfungen der Senkungsform im Aufschluß beobachten; er stellte innerhalb tertiärer Sedimente ein Einfallen von 30–45° zum zentralen Schlot hin fest.

Außerhalb des Habichtswaldes und seiner nördlichen Umgebung sowie der Friedrichsdorfer Hochfläche sind im nordhessisch-südniedersächsischen tertiären Vulkangebiet bisher keine vergleichbaren Senkungserscheinungen beschrieben worden. Dies muß jedoch nicht bedeuten, daß sie dort fehlen. Da Strukturen der beschriebenen Art häufig nur kleine Flächen einnehmen und naturgemäß meist am Fuß schuttliefernder vulkanischer Kuppen entwickelt sind, können sie leicht übersehen werden. Auch die der Friedrichsdorfer Hochfläche konnten nur durch zahlreiche Handbohrungen geologisch kartiert werden.

3. Mögliche Ursachen der Senkungen

Eine vulkanische Entstehung der Senkungsstrukturen wird durch die stets unmittelbare räumliche Verknüpfung mit vulkanischen Gesteinen wahrscheinlich gemacht. Das überzufällig häufige Vorkommen von Alkalibasalten auf den Randstörungen der Einbrüche im Gebiet der Friedrichsdorfer Hochfläche schließt eine Entstehung in postvulkanischer Zeit, z. B. durch Erdfall über Subsolutionshöhlräumen aus. Sowohl bei den Beispielen der Friedrichsdorfer Hochfläche als auch bei denen im nördlichen Vorland des Habichtswaldes ist in der Regel eine Proportionalität zwischen den Ausmaßen der Senkungsstrukturen und der Größe der dazugehörenden Vulkanitvorkommen erkennbar, nur am Warmberg ist die Menge der vulkanischen Gesteine relativ gering. Dies mag z. T. darin begründet sein, daß die Struktur am Warmberg von der gegenwärtigen Landoberfläche in einem tieferen Niveau geschnitten ist als die vom Wattberg und von der Sauweide (230–245 m über NN gegenüber 290–310 m über NN).

SCHMEISSER (1879) erklärt die von ihm in Braunkohlengruben des Habichtswaldes beobachteten schlotnahen Absenkungen mit dem Schrumpfen der ehemals heißen „Basalte“. Diese Deutung wird hier der Vollständigkeit halber berücksichtigt, mit ihr ist nicht vereinbar, daß an vielen mit Basalten oder ähnlichen Gesteinen gefüllten Schloten keine Senkungen erfolgten, obwohl ausnahmslos jedes aus dem Schmelzfluß erstarrte Gestein bei der Abkühlung geschrumpft sein muß.

RÖSING (1958, S. 123) führt die Entstehung der von ihm beschriebenen Senkungsformen im nördlichen Vorland des Habichtswaldes auf ein „Zurückweichen eines Teiles des noch flüssigen Basaltmagmas unter dem bereits weitgehend erstarrten Ba-

salt der Kuppe“ zurück. Als Folge „ist in einiger Tiefe infolge Druckentlastung die Schlotumrandung nachgesackt und hat dabei den Schlot verengt“.

Zuungunsten einer analogen Deutung der z. T. wesentlich größeren Strukturen der Friedrichsdorfer Hochfläche spricht die exzentrische Lage der Schlote innerhalb der Einsenkungen. Dies gilt besonders für den Warmberg, aber auch für das Wattberggebiet. Hier ist der Hauptförderschlot unter dem eigentlichen Wattberg im nördlichen Drittel der großen von Alkalibasalt eingenommenen Fläche zu vermuten. Beim Abgleiten umgebender Gesteine in einen sich entleerenden Schlotabschnitt sollte eine Senkungsform entstehen, die angenähert konzentrisch um den Schlot angelegt ist. Ein wesentlicher Unsicherheitsfaktor liegt jedoch darin, daß nicht bekannt ist, ob die Schlote sich senkrecht in die Tiefe fortsetzen.

Als Alternative zum Versturz entleerter Schlotabschnitte erscheint es denkbar, daß zumindest ein Teil der Senkungsstrukturen der Friedrichsdorfer Hochfläche und vielleicht auch des nördlichen Habichtswaldvorlandes auf den Einsturz von magmatischen Reservoirs in nicht allzu großer Krustentiefe zurückzuführen ist, wie es in sehr vielen Fällen für vulkanogene Senkungen angenommen wird (WILLIAMS 1954, 1968). Der Innendruck dieser Magmenkammern könnte durch Förderung eines Teils des Inhalts an die Oberfläche oder auch durch Abfließen in die Tiefe oder nach den Seiten vermindert worden sein. Nach WILLIAMS (1968) können mehr oder weniger zylindrische Schollen auch allein aufgrund ihres Gewichts in unterliegende Reservoirs einsinken, nachdem durch Schwankungen des magmatischen Drucks ringförmige Brüche angelegt sind.

Für die grundsätzliche Möglichkeit der Existenz sekundärer Magmenherde im Untergrund der Friedrichsdorfer Hochfläche gibt die weiter unten beschriebene Schlotbrekzie des Diatremes auf den Triestfeldern einigen Anhalt. Sie verdankt ihre Zusammensetzung einer lokalen Sonderentwicklung des Magmas: Anders als das Gestein des nur 1 km nördlich gelegenen Wattberges und die übrigen Vulkanite des untersuchten Gebiets enthält die Schlotbrekzie in auffälligen Mengen Biotit und Hornblendespaltstücke. Dies bedeutet, daß ein zeitweise abgeschlossener Raum vorhanden gewesen sein muß, in dem sich ein zur Biotit- und Hornblendebildung ausreichender Wasserdampfdruck aufbauen konnte.

Das von RÖSING am Bühl mit $30 - 45^\circ$ bestimmte Einfallen der umlaufenden Randstörungen der Senkungsstruktur zum zentralen Schlot hin mag für das Beispiel des Bühls auf einen relativ seicht gelegenen verstürzten Schlotabschnitt deuten, jedoch wurde dies Einfallen in tertiären Lockergesteinen gemessen. Es ist damit zu rechnen, daß an der Grenze Tertiär/Triasunterlage eine kräftige Brechung zum Lot hin erfolgt.

Die aufgeführten Beobachtungen und Überlegungen lassen keine endgültige Entscheidung zugunsten des Versturzes von Schlotabschnitten nach Rückfließen der Schmelze in die Tiefe oder zugunsten des Einsturzes von Magmenkammern als Entstehungsursache der beschriebenen Senkungsformen zu. Auch schließen sich beide Möglichkeiten nicht aus.

Weitere Arten vulkanogener Absenkung sind denkbar, kommen jedoch für die beschriebenen Strukturen kaum in Betracht. Dies gilt für das Absinken isolierter Blöcke im aufsteigenden Gas-Partikelstrom innerhalb vulkanischer Schlote, wie es kürzlich von LORENZ (1971) erwähnt wurde. Dieser Mechanismus kann für die Bildung der

Schlotbrekzie auf den Triestfeldern von Bedeutung gewesen sein, jedoch nicht für die Abwärtsbewegung zusammenhängender Schollen am Wattberg, Warmberg und auf der Sauweide sowie im nördlichen Vorland des Habichtswaldes. Auch für sukzessives Abgleiten von Wandteilen in eine offenstehende Schlotmündung gibt es nur auf den Triestfeldern Anzeichen: Das Vorkommen von Schlieren tertiären Sandes in der Schlotfüllung (vgl. S. 204) kann auf diese Weise erklärt werden, aber nicht das bruchlose Abtauchen der Schichten am Warmberg und auch kaum die relativ geringe Absenkung der vergleichsweise großflächigen Depression am Wattberg.

Unabhängig von Detailfragen zur Entstehungsweise lassen die Senkungsformen der Friedrichsdorfer Hochfläche zusammen mit denen des Habichtswaldgebietes immerhin erstmals erkennen, daß in der Geschichte des nordhessischen tertiären Vulkanismus subvulkanische Massenbewegungen stattfanden, die über den einfachen Aufstieg von Magmen aus subkrustalen Tiefen hinausgingen. Den Senkungsstrukturen des Wattberges und des Warmberges liegen Massendefizite von mindestens 6 bzw. mindestens 5 Millionen m³ zugrunde.

4. Die Vulkanite

Die Alkalibasalte des Arbeitsgebietes ähneln sich nach mikroskopischem Befund weitgehend. Sie haben hypokristallin- bis feinkristallin-porphyrische Gefüge mit einem Einsprenglingsanteil von meist 20–30 Vol.-%, der zu 60–80% von Olivin und zu 20–40% von basaltischem Augit gebildet wird. Die größten Einsprenglinge, meist Olivin, erreichen Durchmesser von einigen mm. Die Grundmasse besteht zu 50–70% aus idiomorphen Augitleistchen. Olivin ist in der Grundmasse auf die gröbere Fraktion beschränkt, er macht in der Regel 5–10% aus. Magnetit, gelegentlich auch ein wenig Ilmenit sind zusammen mit ca. 5% beteiligt. Die hellen Gemengteile bilden überwiegend einen mikroskopisch kaum auflösbaren Intergranularkitt oder, besonders im limburgitischen Gestein des Warmberges, bräunliches Glas. Gelegentlich ist Nephelin, selten auch Leucit erkennbar. Plagioklas konnte nur in einem Dünnschliff von der Sauweide in geringer Menge nachgewiesen werden.

In keinem Vulkanit ist der modale Mineralbestand mikroskopisch vollständig erkennbar. Um dennoch eine Einstufung³⁾ vornehmen zu können, wurden die Gesteine des Wattberges⁴⁾ und des Warmberges⁵⁾ chemisch analysiert und nach CIPW der normative Mineralbestand errechnet (Tab. 1); dieser liegt der in Abb. 4 dargestellten Einstufung zugrunde. Die analysierten Gesteine sind phonolitische Basanite, am Warmberg in limburgitischer Ausbildung.

Im untersuchten Gebiet gibt es zwei nennenswerte Tuffvorkommen, die jedoch beide nicht aufgeschlossen sind. Am Warmberg findet sich Tuff innerhalb der Senkungsstruktur eng mit Alkalibasalt verwoben (in der geologischen Karte nicht vom Alkali-

³⁾ Es wird die Nomenklatur STRECKEISENS (1967) zugrundegelegt.

⁴⁾ Die Probe wurde in der Nordwestecke eines aufgelassenen kleinen Steinbruchs aus der Wand entnommen (R 35 22 520, H 57 05 800).

⁵⁾ Die Probe wurde aus der Mitte der Südwand eines aufgelassenen kleinen Steinbruchs entnommen (R 35 21 450, H 57 06 615).

Tab. 1. Chemische Analysen und CIPW-Normen von Alkalibasalten des untersuchten Gebietes (anal. W. HARRE, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover; 13. 3. 1969)

	Warmberg	Wattberg		Warmberg	Wattberg
SiO ₂	41,9	41,0	Or	12,35	6,75
TiO ₂	2,79	2,80	Lc	—	3,42
Al ₂ O ₃	11,1	11,6	Ab	10,86	—
Fe ₂ O ₃	3,27	4,91	Ne	6,72	14,20
FeO	7,14	5,87	An	11,77	12,19
MnO	0,17	0,20	Di-wo	10,07	17,73
MgO	12,5	12,3	Di-en	7,57	14,43
CaO	10,7	12,4	Di-fs	1,49	1,16
Na ₂ O	2,75	3,10	Ol-fo	16,49	11,33
K ₂ O	2,09	1,88	Ol-fa	3,57	1,01
P ₂ O ₅	0,87	1,03	Mt	4,74	7,12
CO ₂	1,82	0,02	Ilm	5,30	5,32
S	0,083	0,077	Ap	2,06	2,44
H ₂ O ⁻	0,24	0,72	Cc	4,14	0,05
H ₂ O ⁺	1,80	1,29			
	<u>99,223</u>	<u>99,197</u>		<u>97,13</u>	<u>97,15</u>

basalt unterschieden). Auf den Triestfeldern steht innerhalb des Diatremes die schon genannte Schlotbrekzie an. Diese besteht nach zahlreichen Handbohrungen zu ca. 80% aus sedimentärem Schutt. Untergeordnet finden sich auch Fragmente des kristallinen Untergrundes. Primärmagmatische Tuffsubstanz macht die restlichen ca. 20% aus. Diese Tuffsubstanz ist mit Hornblendespaltstücken von bis zu cm-Größe durchsetzt, ferner von mm-großen Biotitplättchen.

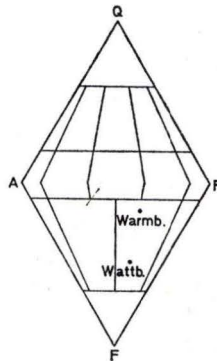


Abb. 4. Einstufung der chemisch analysierten Vulkanite (QAPF-Doppeldreieck nach STRECKEISEN 1967).

Ein Zusammenhang zwischen Petrographie und Chemismus der Vulkanite mit dem Auftreten vulkanischer Senkungen wurde im Gebiet der Friedrichsdorfer Hochfläche vorerst nicht festgestellt, dies scheint auch für das nördliche Vorland des Habichtswaldes zu gelten.

Nach der geologischen Karte (RÖSING 1958) treten vulkanische Senkungserscheinungen auf bei Vorkommen von „doleritischem Basalt“ und Tuff, „Essexit-Basalt“ und Tuff, ferner von Limburgit mit und ohne Tuff. Alle hier genannten Gesteine kommen auch ohne Einsenkungen vor.

5. Alter des Vulkanismus

Der Schlot auf den Triestfeldern bietet einen Anhalt zur Ermittlung des Alters des Vulkanismus im Arbeitsgebiet. Die intensiv durchmischten Sedimentbrocken der Schlotbrekzie entstammen Schichten des gesamten Muschelkalks und des Unteren Keupers, der in der Umgebung des Schlotes längst abgetragen ist. Ferner sind tertiäre Sande in zehner-meterlangen Schlieren im Schlot erhalten geblieben.

Aus einer Schliere kalkig-glaukonitischen Sandes wurde eine marine Fauna erschürft (R 35 22 295, H 57 04 650). Es konnten mehrere gut erhaltene *Chlamys (Camtonectes) hausmanni hausmanni* (GOLDF.) aufgesammelt werden. Nach GÖRGES (1951) ist diese Art leitend für Oberes Eochatticum (Oberoligozän). Der erschürfte Sand dürfte dem Kasseler Meeressand angehören.

Somit kann das vulkanische Ereignis auf den Triestfeldern nicht vor dem Oberoligozän stattgefunden haben. RÖSING stellt den Vulkanismus des 15 km südlich der Friedrichsdorfer Hochfläche gelegenen Habichtswaldes und seiner Umgebung ins Mittel- und Obermiozän. Der faunistische Befund des Schurfs auf den Triestfeldern steht hiermit im Einklang.

6. Postvulkanische flächenhafte Abtragung

Aus dem Vorkommen von Unterem Keuper in den Einsenkungen am Wattberg, Warmberg und auf der Sauweide und auch in der Schlotbrekzie auf den Triestfeldern kann gefolgert werden, daß wesentliche Teile der Friedrichsdorfer Hochfläche zur Zeit der vulkanischen Aktivität noch eine Bedeckung aus Unterem Keuper trugen. Für die Umgebung des Schlotes auf den Triestfeldern ist zusätzlich eine Bedeckung durch tertiäre Sedimente nachgewiesen. In der unmittelbaren Umgebung dieses Schlotes ist seit der Entstehung der Schlotbrekzie der gesamte Obere Muschelkalk mit einer Mächtigkeit von über 50 m flächenhaft abgetragen worden, ferner die höchsten ca. 20 m des Mittleren Muschelkalks. Außerdem muß zumindest der basale Teil des Unteren Keupers neben wahrscheinlich weit über 10 m tertiärer Schichten entfernt worden sein. Da die genannten Beträge z. T. nur Mindestwerte sind, erscheint ein Betrag der postvulkanischen flächenhaften Abtragung von ca. 100 m für den Bereich der Triestfelder nicht zu hoch gegriffen. Eine analoge Überschlagsrechnung läßt für die Umgebung der Senkungsstruktur am Warmberg auf dieselbe Größenordnung der postvulkanischen Abtragung schließen, für das Wattberg-Sauweide-Gebiet auf mindestens 50 m. Die genannten Werte entsprechen der Tiefe des Anschnittniveaus der vulkanischen Senkungsformen unterhalb der Landoberfläche ihrer Entstehungszeit, hierbei ist von den vulkanischen Oberbauten abgesehen.

Besonders zu danken habe ich Herrn Prof. Dr. D. JUNG, Hamburg, für vielfältige Hilfe und Anregungen bei der Anfertigung des vorliegenden Aufsatzes, Herrn Prof. Dr. H.-R.

v. GAERTNER, Hannover, für die Betreuung der geologischen Kartierung und Herrn Dr. W. HARRE, Hannover, für die chemischen Analysen.

7. Schriftenverzeichnis

- APPLEDORN, C. R., & WRIGHT, H. E. jr. (1957): Volcanic Structures in the Chuska Mountains, Navajo Reservation, Arizona-New Mexico. — Bull. geol. Soc. Amer., **68**, 1: 445—467, 8 Abb.; New York.
- BÜCKING, H. (1913): Über vor- und nachbasaltische Dislokationen und die vorbasaltischen Landoberfläche in der Rhön. — Z. dtsh. geol. Ges., **64**, Mber.: 109—124; Berlin.
- CROSS, W., IDTINGS, J. P., PIRSSON, L. V., & WASHINGTON, H. S. (1902): A quantitative chemico-mineralogical classification and nomenclature of igneous rocks. — J. Geol., **10**: 555—690; Chicago.
- DIERSCHKE, V. (1969): Zur Geologie der Warburger Störungszone SW Liebenau (Nordhessen). Unveröff. Dipl.-Arb.: 1—340, 87 Abb., 9 Taf., 11 Tab., 2 Ktn.; Hamburg.
- ERNST, T. (1936): Der Melilith-Basalt des Westberges bei Hofgeismar, nördlich von Kassel, ein Assimilationsprodukt ultrabasischer Gesteine. — Chem. Erde, **10**: 631 bis 666, 16 Abb., 13 Tab.; Jena.
- FRECHEN, J. (1962): Führer zu vulkanologisch-petrographischen Exkursionen im Siebengebirge am Rhein, Laacher Vulkangebiet und Maargebiet der Westeifel. 151 S., 39 Abb.: Stuttgart (Schweizerbart).
- GÖRGES, J. (1951): Die oberoligozänen Pectiniden des Doberges bei Bünde und ihre stratigraphische Bedeutung. — Palaeontol. Z., **24**: 9—22, 3 Taf.; Stuttgart.
- GRUPE, O. (1914): Studien über Scholleneinbrüche und Vulkanausbrüche in der Rhön. Jb. kgl. preuß. geol. L.-A., **34**, 1: 407—476, 8 Abb.; Berlin.
- HOEFS, J., & WEDEPOHL, K. H. (1968): Strontium Isotope Studies on Young Volcanic Rocks from Germany and Italy. — Contr. Mineral. and Petrol., **19**: 328—338, 2 Abb., 2 Tab.; Berlin.
- JUNG, D., & SCHULZ, H. (1965): Beschreibung von Algor-Programmen zur Berechnung der NIGGLI-Werte und der CIPW-Norm. — N. Jb. Mineral., Abh., **103**, 3: 256—272, 1 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- KAEVER, M., & MEIBURG, P. (1970): Die Tertiär-Relikte am Nordrand der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 151—166, 5 Abb.; Wiesbaden.
- KRAISS, A. (1913): Der Warburger Sattel, seine Baustörungen und die vulkanischen Durchbrüche. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-A., **31**: 377—419, 2 Taf.; Berlin.
- KUTSCHER, F. (1966): Erdmagnetische Messungen an den Wolkenbrüchen bei Trendelburg (Bl. 4422 Trendelburg, Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 394—397, 1 Abb.; Wiesbaden.
- LORENZ, V. (1967): Zur Genese neuentdeckter Vulkanschote in der Umgebung des Donnersberges/Pfalz. — Geol. Rdsch., **57**: 189—198, 5 Abb., Stuttgart.
- (1968): Zur Geologie einiger Vulkanschote im Rotliegenden der Umgebung des Donnersberges/Pfalz. Diss. 1—124, 41 Abb., 4 Ktn.; Mainz.
- (1971): Collapse Structures in the Permian of the Saar-Nahe area, Southwest Germany. — Geol. Rdsch., **60**: 924—948, 11 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- MEIBURG, P. (1966): Zur Geologie des Warme-Diemel-Gebietes im Raum südwestlich Hofgeismar (Nordhessen). Unveröff. Dipl.-Arb.: 1—204, 73 Abb., 10 Taf.; Münster.
- NAUMANN, E. (1914): Über einige vulkanische Erscheinungen im Werratale. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-A., **33**: 449—467, 1 Abb., Berlin.
- RINNE, F. (1898): Ueber norddeutsche Basalte aus dem Gebiete der Weser und den angrenzenden Gebieten der Werra und Fulda. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-A., **18**: 3—102, 29 Abb.; Berlin.
- RÖSING, F. et al. (1958): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 2 Aufl., 205 S., 9 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.

- RÖSING, F. et al. (1966): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4621 Wolfhagen: 1—246, 13 Abb., 8 Tab., 2 Diagr.; Wiesbaden.
- SCHMEISSER, A. (1879): Die geognostischen Verhältnisse des Habichtswaldes bei Cassel. — Mitt. naturw. Ver. MAJA Clausthal, 1: 1—11, 2 Taf.; Clausthal.
- SCHULZ, M.-G. (1969): Zur Geologie der Warburger Störungszone südl. Liebenau (N-Hessen). Unveröff. Dipl.-Arb.: 1—183, 60 Abb., 6 Tab., 5 Taf., 2 Ktn.; Hamburg.
- STRECKEISEN, A. (1967): Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. — N. Jb. Mineral., Abh. 107, 2—3: 144—240, 64 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- VINX, R. (1969): Zur Geologie der Friedrichsdorfer Hochfläche und ihrer näheren Umgebung (Kreis Hofgeismar/Nordhessen). Unveröff. Dipl.-Arb.: 1—190, 51 Abb., 4 Tab., 8 Anl.; Hamburg.
- WEDEPOHL, K. H. (1961): Geochemische und petrographische Untersuchungen an einigen jungen Eruptivgesteinen Nordwestdeutschlands. — Fortschr. Mineral., 39: 142—148, 2 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- WILLIAMS, H. (1941): Calderas and their Origin. — Univ. Calif. Publ. Bull. Dept. geol. Sci., 25: 239—346, 37 Abb.; Berkeley and Los Angeles.
- (1954): Problems and Progress in Volcanology. — Quart. J. geol. Soc. London, 109: 311—322; London.
- WILLIAMS, H., & MCBIRNEY, A. R. (1968): An investigation of volcanic depressions. Part I: Geologic and geophysical features of calderas. — NASA progress report (NGR-38-033-012); Eugene, Oregon.

Manuskript eingegangen am 28. 9. 1971

Herrn Professor Dr. F. NÖRING
zum 60. Geburtstag gewidmet

Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen am Ostrand der Frankenberger Bucht im Niederschlagsgebiet der Schweinfelder

Von

HANS-JÜRGEN PICKEL, Kassel*

Mit 17 Abbildungen, 21 Tabellen und den Tafeln 11-14

Kurzfassung: In einem begrenzten Niederschlagsgebiet werden Trockenwetter-Abflüsse und ihre jeweiligen Zuwachsspenden ermittelt und in Beziehung zur Geologie gesetzt. Chemische Zusammensetzung und Gesamtlösungsinhalt gestatten eine Einteilung der Grund- und Quellwässer in z. T. stark differierende Wassertypen.

Summary: In a limited drainage basin the dry-weather flows and their runoffs per unit area will be determined and brought in relation to the geology. The chemical combination and the total dissolve content give the possibility to deviate the ground- and spring waters in heavy variable water-typs.

Inhalt

1. Einleitung	208
2. Geologische Übersicht	208
2.1. Tektonische Übersicht	211
3. Gefällsverhältnisse	212
4. Flußdichte	213
5. Grundwasserleiter	213
6. Faktoren der Grundwasserneubildung	218
7. Gemessene Werte der Grundwasserneubildung	219
7.1. Abflüsse und Abflußspenden	221
7.2. Quellendichte und Quellschüttung	227
8. Grundwasserfließrichtungen und Grundwasserscheiden	229
9. Chemische Beschaffenheit der Grund- und Quellwässer	230
9.1. Darstellung der Analysen	230
9.2. Kurzbeschreibung der Quellen und Typisierung ihrer Wässer	232
9.3. Wässer im Unterkarbon	233
9.4. Wässer im Zechstein und Jüngeren Konglomerat	235
9.5. Wässer im Buntsandstein	236
9.6. Mischwässer aus Schichten des Unterkarbon und Zechstein	238
9.7. Mischwässer aus Schichten des Zechstein und Buntsandstein	240
9.8. Wässer mit deutlich anthropogenem Einfluß	240

*) Dr. H.-J. PICKEL, 35 Kassel, Nordshäuserstraße 51.

10. Vergleich des Analysenmaterials	242
10.1. Verteilung der Ionenquotienten	244
11. Temperaturen der Quellwässer	245
12. Physikalische und chemische Beschaffenheit des Oberflächenwassers	246
13. Zusammenfassung	248
14. Schriftenverzeichnis	250
15. Anhang	251

1. Einleitung

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit am Geologisch-Paläontologischen Institut (Direktor Prof. Dr. SOLLE) der Technischen Hochschule Darmstadt durchgeführt. Die Anregung zu dieser Arbeit gab Herr Prof. Dr. F. NÖRING (Wiesbaden), dem ich für viele nützliche Ratschläge und Gespräche aufrichtig danke.

Als Arbeitsgebiet wurde das Niederschlagsgebiet der Schweife gewählt, in dessen Bereich im wesentlichen Schichten des gefalteten Paläozoikum (Devon, Unterkarbon), Zechstein und Buntsandstein anstehen. Die hydrogeologischen und hydrochemischen Untersuchungen wurden von April 1969 bis Mai 1970 durchgeführt. Aus zeitlichen Gründen war es nicht möglich, die Arbeiten während eines geschlossenen hydrologischen Jahres (1. Nov. bis 31. Okt.) auszuführen. Der niederschlagsarme Herbst 1969 ermöglichte jedoch umfangreiche Messungen, die eine hydrologische und hydrochemische Aussage gestatten.

Das bearbeitete Gebiet umfaßt das gesamte Niederschlagsgebiet der Schweife von der Quelle bis zur Eisenbahnbrücke 200 m nördlich Gemünden/Wohra. Es liegt auf TK 1:25000, Bl. 4919 Frankenau und TK 1:25000, Bl. 5019 Gemünden/Wohra. Die Größe des Niederschlagsgebietes beträgt 35,78 km².

Als höchste Erhebung liegt der Pferds-Berg mit 551,3 m über NN im Schiefergebirgsanteil, die tiefste Stelle befindet sich mit 255,0 über NN an der Eisenbahnbrücke nördlich Gemünden (Höhendifferenz = 296,3 m).

2. Geologische Übersicht

Das Gebiet südlich und südwestlich Grösen-Bockendorf-Römershausen baut sich aus Sandsteinen und Sandstein-Schluffstein-Wechselagerungen der Korbach- und Waldeck-Folge des Unteren Buntsandstein auf. Den südwestlichen Teil bildet ein schmaler Saum von grobkörnigen Mittlerem Buntsandstein. Südwestlich Römershausen ist ein weiteres, von Verwerfungen begrenztes Vorkommen von Mittlerem Buntsandstein zu erkennen.

Nordwestlich Halgehausen wird ein Schollenmosaik von paläozoischen Aufbrüchen nur teilweise vom Korbach-Sandstein bedeckt. Dieses ist in der Übersichtskarte (Abb. 1) nur angedeutet. Nördlich Altenhaina liegt Jüngerer Konglomerat (Bröckelschiefer-Folge) und Korbach-Sandstein neben Älterem Konglomerat (Basis Perm), das östlich Altenhaina als Sporn in das Schiefergebirge hineinreicht und die sonst durchgehende Kellerwald-Randverwerfung unterbricht.

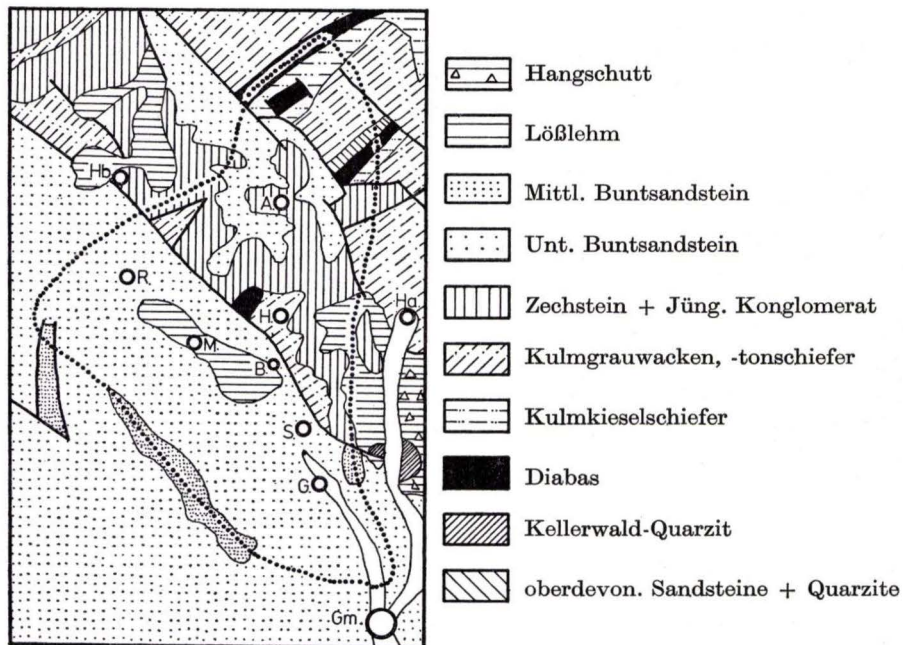


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes und schematische geologische Übersicht (umgezeichnet und verändert nach der Geol. Karte 1:300000 von Hessen). Die dick punktierte Linie entspricht der Begrenzung des Schweinfelder-Niederschlagsgebietes. Es bedeuten: A. = Altenhaina, B. = Bockendorf, G. = Grösen, Gm. = Gemünden/Wohra, H. = Halgehausen, Ha. = Haina, Hb. = Haubern, M. = Mohnhausen, R. = Römershausen, S. = Sehlen.

Im Kellerwald zieht am nördlichen Teil des Niederschlagsgebietes ein Diabas-Zug entlang der Wasserscheide, greift aber auch tiefer ins Schweinfelder-Tal hinein, wo unterkarbonische Kieselschiefer anstehen. Das Gebiet östlich der Schweinfelder wird in diesem Bereich im südlichen Teil von einem schmalen Streifen der Korbach-Folge eingesäumt die gegen Aschkoppen-Sandstein, kleinere Diabas-Vorkommen, Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselagerung verworfen wird.

Im einzelnen treten im Arbeitsgebiet folgende, hydrogeologisch wirksame Einheiten auf:

- grobkörniger Intrusiv-Diabas (Oberdevon) und feinkörniger Effusiv-Diabas (Unterkarbon), oft mit Pillow-Struktur
- harte Kieselschiefer (Unterkarbon)
- fein- bis grobkörnige Grauwacken und milde bis harte Tonschiefer mit Grauwacken-Zwischenlagen (Unterkarbon)
- Älteres Konglomerat (?Zechstein) aus schluffig bis feinsandigen, auch mittel- bis grobsandigen Konglomeraten mit meist nur undeutlicher Schichtung (Mächtigkeit 0 – > 20 m)

- Geismarer Schichten (Zechstein), die sich gliedern lassen in:
 - grauen Basis-Schluffstein (Mächtigkeit 0–5 m)
 - tonige Schluffsteine der Roten Pelite mit Kalkstein-Einlagerungen (Mächtigkeit 5 – > 20 m, Mächtigkeit der nicht aushaltenden Kalksteinbänke bis 4 m)
 - feinkörnige Sandsteine des Frankenberger Sandstein (Mächtigkeit 0–5 m).

Eine zusammenfassende Darstellung der petrographischen Eigenschaften, der Alterseinstufung der permischen Sedimente sowie des Jüngeren Konglomerat findet sich bei PICKEL (1971 a).

- Unterer Buntsandstein, der sich in Bröckelschiefer-Folge (Jüngeres Konglomerat), Korbach- und Waldeck-Folge untergliedern läßt. Die Detailgliederung ist der Tab. 1 zu entnehmen
- Mittlerer Buntsandstein. Im Arbeitsgebiet tritt Volpriehausen-Sandstein auf, der sich in den grobsandigen unteren Teil (ca. 7 m Mächtigkeit), eine tonige Zwischenschicht (> 1 m Mächtigkeit) und den grobsandigen oberen Teil (ca. 20 m Mächtigkeit) gliedern läßt.

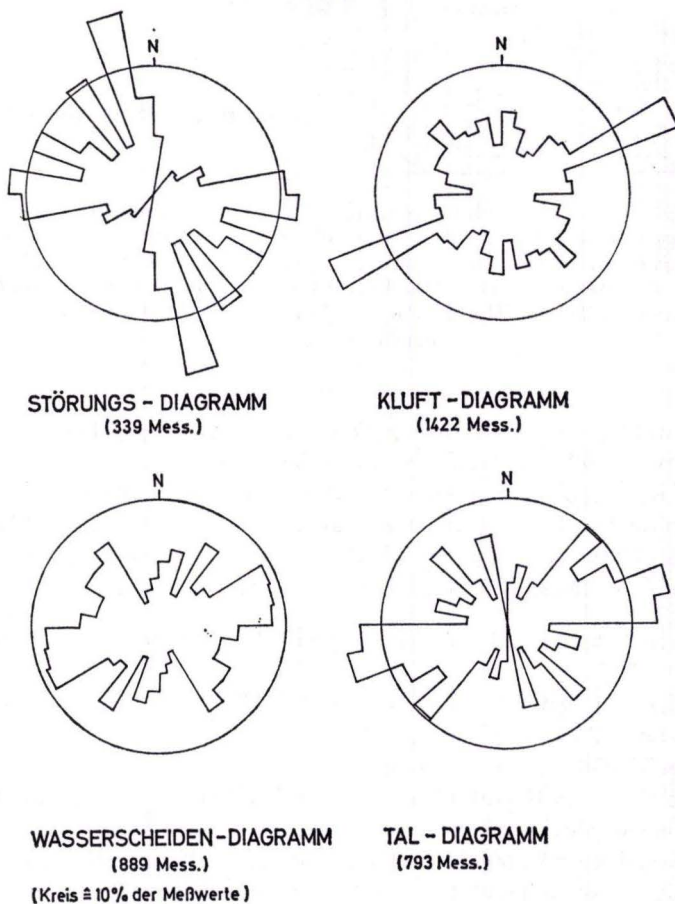


Abb. 2. Gegenüberstellung von Kluft-, Störungs-, Wasserscheiden- und Tal-Diagramm.

Tab. 1. Gliederung des Unteren Buntsandstein, vorwiegend nach Lesestein-Profilen

Waldeck-Folge (suW)	Roter Porensandstein (suW, s)	grobsandige Übergangsschichten	8–10 m			
		Sandstein-Schluffstein-Wechsel- lagerung	8 m			
		Sandstein	2–3 m			
		Sandstein-Schluffstein-Wechsel- lagerung	7 m	77 m		
		grobporiger Sandstein	12 m			
		schwachporiger Sandstein	8 m			
		grobporiger Sandstein	2–3 m			
		schwachporiger Sandstein	19–20 m			
		Sandstein-Schluffstein-Wechsel- lagerung	13 m			
		Karbonatischer Fleckensandstein (= ? Weißer Plat- tensandstein) (suW, st)	Sandstein-Schluffstein-Wechsel- lagerung	20–22 m	22 m	
Korbach-Folge (suK)	Korbach-Flaser- schichten (suK, st)	Sandstein-Schluffstein-Wechsel- lagerung	38–40 m			
		Sandstein, z. T. quarzitisches	8 m	60 m		
		Sandstein-Schluffstein-Wechsel- lagerung	6 m			
		Sandstein	3 m			
		Sandstein-Schluffstein-Wechsel- lagerung	5 m			
		Korbach-Sand- stein (suK, s)	Bausandstein-Zone III Wechselagerung	6 m 7 m		
		Bausandstein-Zone II Wechselagerung	9–10 m 4 m	32 m		
		Bausandstein-Zone I	5 m			
		Bröckel- schiefer- Folge (zs)	Obere Serie (zs 3)	Konglomeratische Serie	5–>15 m	
				Mittlere Serie (zs 2)	sandig-konglomeratische Serie	3–9 m
Untere Serie (zs 1)	sandig-schluffige Serie			< 5 m		

2.1. Tektonische Übersicht

Wesentliches tektonisches Element ist die herzynisch, teilweise eggisch verlaufende Kellerwald-Randstörung, die von Haina aus nach NW verläuft und bis auf einen Keil aus Älterem Konglomerat permische und triassische Schichten von oberdevonischen und unterkarbonischen Sedimenten und Vulkaniten trennt. NW–SE verläuft die Störung, die nördlich Sehlen, Bockendorf und Haubern permische Schichten gegen Unteren Buntsandstein verwirft. Östlich Sehlen weist diese Störung eine sicher festge-

stellte Sprunghöhe von 160–170 m (Jüngeres Konglomerat gegen Volpriehausen-Sandstein) auf.

Für die hydrochemische Klassifizierung sind die folgenden tektonisch getrennten stratigraphischen Komplexe von Wichtigkeit:

- gefaltetes Paläozoikum im NE des Arbeitsgebietes
- permische und triassische Schichten im Gebiet Altenhaina und Halgehausen sowie
- Unterer und Mittlerer Buntsandstein südwestlich der Störungszone Sehlen-Bockendorf-Römershausen.

In Abb. 2 sind verschiedene Diagramme gegenübergestellt. Das Kluft-Diagramm weist ein Maximum bei 60–70° auf. Das Kluftmaximum steht, betrachtet man das Störungs-Diagramm mit seinem Maximum bei 160–170°, nahezu senkrecht dazu. Das Störungs-Diagramm weist noch einen weiteren Höchstwert bei 80–100° auf. Das Tal-Diagramm zeigt eine hauptsächliche Ausbildung der Täler von 40–90°, das Maximum liegt bei 70–90°. Die Täler sind in ihrer Ausbildung zu etwa gleichen Teilen vom Verlauf der Klüfte und der Störungen abhängig. Das Wasserscheiden-Diagramm ähnelt mit seinem Maximum bei 60–90° dem Tal-Diagramm.

3. Gefällsverhältnisse

Das Gefälle eines Wassers ist mitbestimmend für die Fließgeschwindigkeit und damit für die Schleppekraft und Erosionsenergie. Ein großes Gefälle ist im Schiefergebirgsanteil des Arbeitsgebietes zu erwarten, wo Berghänge mit Steigungen von 40–50% und tiefeingeschnittene Täler eine unruhige Morphologie prägen.

Demzufolge zeigen die Gefällsverhältnisse der Schweinfe, daß im Bereich des Kellerwaldes im Oberlauf bis 16% Gefälle vorliegen, aber rasch auf 3,3% Gefälle absinken. Bei etwa 380 m über NN hat sich ein Gefällsknick von 6,7% an der Grenze zum tonig-schluffig-gebundenen Älteren Konglomerat ausgebildet. Von 360 m über NN bis 255 m über NN sind keine ausgeprägten Gefällsknicke mehr festzustellen (Abb. 3).

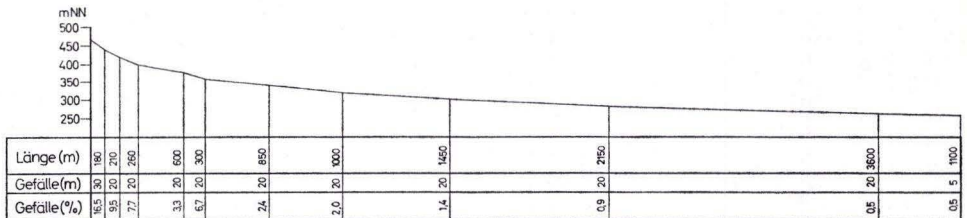


Abb. 3. Gefällsverhältnisse der Schweinfe.

Der Römershäuser-Bach (Abb. 4) verläuft nur in Schichten des Unteren Buntsandstein. Er beginnt an Quelle 59 bei 350 m über NN und mündet bei Bockendorf bei 280 m über NN in die Schweinfe. Nur auf den obersten 100 m besteht ein größeres Gefälle von etwa 10%, sonst fällt es nahezu kontinuierlich mit 0,8–1,3%. Bei 330 m über NN ist ein kleiner Gefällsknick von 2,9% Gefälle zu erkennen, der auf die Schichtstufe der Bausandsteinzone III (Korbach-Sandstein) zurückzuführen ist.

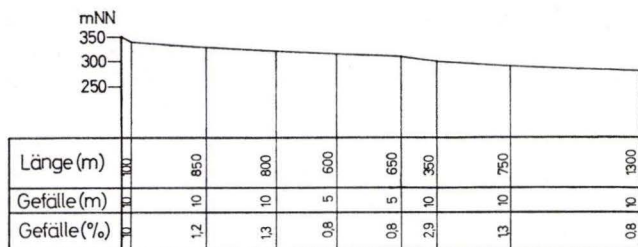


Abb. 4. Gefällsverhältnisse des Römershäuser Baches.

4. Flußdichte

Unter Flußdichte wird die Flußlänge (km) pro Einheit Landfläche (km²) verstanden. Die Werte der Flußdichte sind von allgemeinem hydrologischen Interesse. Sie geben „einen Hinweis auf die durch den Gesteinsunterschied bedingten Abflußverhältnisse“ (KELLER 1961: 259). Neben Gesteinsunterschieden treten weitere Faktoren auf, die Einfluß auf die Flußdichte nehmen. Dies sind besonders Gefälle, Bodenbedeckung, Lufttemperatur, Niederschlagshöhe und Nähe der Erosionsbasis. TICHY (1951) weist darauf hin, daß tektonisch stark gestörte Gebiete, deren Grundwasserführung von fremder Grundwasserspeisung abhängig ist, als Berechnungsgebiete für die Flußdichte ausscheiden. Grundsätzlich jedoch besteht folgender Zusammenhang: je undurchlässiger ein Gestein bzw. Boden ist, desto größer wird der Wert der Flußdichte.

Im Schiefergebirgsanteil hat die Flußdichte einen Wert von 2,25 km/km², wobei neben der Gesteinsausbildung das Gefälle wesentlichen Anteil hat. Die Buntsandstein-Niederschlagsgebiete weisen einen Flußdichte-Wert von 1,17 km/km² auf, ein Beweis für die relativ gute Durchlässigkeit des Buntsandstein in diesem Gebiet.

Das Schweinfe-Niederschlagsgebiet besitzt bei 35,78 km² Fläche 51,35 km Bachläufe. Die Flußdichte errechnet sich zu 1,43 km/km². Dieser Wert steht in einigem Gegensatz zu dem von TICHY (1951: 103) für die Schweinfe beschriebenen von 0,68 km/km². TICHY gibt als Gesteine des Einzugsgebietes nur Mittleren Buntsandstein an, möglicherweise ist darauf sein abweichender Wert begründet.

5. Grundwasserleiter

Unter Grundwasser versteht man das Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und nur der Schwere (hydrostatischer Druck) unterliegt (DIN 4049, T. 1). Ein Grundwasserleiter oder Aquifer ist der Teil der Erdrinde, der Grundwasser enthält und geeignet ist, es weiterzuleiten (DIN 4049, T. 1).

Die Trennfugendurchlässigkeit (DÜRBAUM, MATTHESS & RAMBOW 1969) „ist die Durchlässigkeit des Gebirges aufgrund seiner Zerlegung durch mechanisch oder chemisch verursachte Trennfugen, wie Spalten, Klüfte, Schicht-, Schieferungs- und Abkühlungsfugen und Lösungshohlräume“ (MATTHESS 1970: 11).

Bei den folgenden Untersuchungen der Grundwasserleiter ist vorwiegend die Trennfugendurchlässigkeit ausgewertet, die Gesteinsdurchlässigkeit wird nur an einigen

Schichtfolgen des Jüngeren Konglomerat und des Volpriehausen-Sandstein untersucht. Aus diesem Grund sind auch nur wenige quantitative Aussagen über die Gebirgsdurchlässigkeit, die sich aus Gesteins- und Trennfugendurchlässigkeit zusammensetzt, möglich.

Kluftgrundwasserleiter bilden die Sedimente und Vulkanite des gefalteten Paläozoikum (Kieselschiefer, Grauwacken, Grauwacken-Tonschiefer-Wechselagerung, Diabas), Sedimente des Perm (Älteres Konglomerat, Frankenberger Sandstein) und des Buntsandstein (Jüngeres Konglomerat, Unterer Buntsandstein, Mittlerer Buntsandstein).

Infolge mehrmaliger starker tektonischer Beanspruchung sind die paläozoischen Gesteine intensiv geklüftet. Hauptsächlich verlaufen die Klüfte in erzgebirgischer Richtung. Daneben sind aber in den einzelnen Aufschlüssen jeweils wechselnde Maxima erkennbar.

In den Schichten der Kieselschiefer, Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselagerung sind an Steilhängen größere Kluftweiten von 3–4 cm erkennbar. Im oberen, bodennahen Bereich sind oft tonig- bis schluffige Verwitterungsprodukte in die Klüfte eingeschlämmt. Die Klüfte der an Steilhängen gelegenen Aufschlüsse sind weitgehend auf Hangzerreißen zurückzuführen. Hangeinwärts sind keine größeren Klüfte anzutreffen, zumal auch die schiefrigen Gesteine wegen „ihrer weitgehend plastischen Deformation nur selten offene Klüfte“ (SCHARPF 1968: 110) aufweisen. Nur die zwischengelagerten Grauwacken zeigen ein offenes Kluftsystem. Die Verbindung zwischen den einzelnen Grauwackenbänken durch die zwischengeschalteten Tonschieferlagen erfolgt durch haarrißartige Mikrokluft, deren Wasserwegsamkeit äußert gering ist.

Mächtiger Grauwackenserien, wie sie im nördlichen Arbeitsgebiet auftreten, zeigen ein größeres Kluftvolumen. Die flächenmäßige Bedeckung durch ihre tonigen bis schluffigen Verwitterungsprodukte mit einer Mächtigkeit bis mehr als 1 m lassen aber zusammen mit dem großen Gefälle im Schiefergebirge infolge leichter oberirdischer Entwässerung keine bedeutende Grundwasserneubildung zu.

Das Ältere Konglomerat tritt in größerer flächenhafter Verbreitung im Gebiet zwischen Sehlen und Halgehausen sowie östlich Altenhaina auf. Das stark tonig-schluffige Bindemittel verursacht lokal Staunässe, die Gesteine sind also trotz ihres konglomeratischen Charakters relativ undurchlässig. Wie die Ergebnisse der Bohrung Altenhaina (PICKEL 1971 b) zeigen, ist das Ältere Konglomerat zwar geklüftet, aber ein nicht quantitativ erfaßter Anteil an karbonatischem Bindemittel verursacht Kalzitbeschläge an den Klüften, die zusammen mit den tonigen Einschwemmungen die Klüfte zusetzen. Das Ältere Konglomerat ist daher als nicht besonders wasserwegsam anzusprechen. Dazu ist als weiteres Kriterium die engräumige Mächtigkeitsschwankung zu nennen, die, auch bei nicht ausgefüllten Klüften, für ein größeres Areal von Älterem Konglomerat keine bedeutende Dauerergiebigkeit zuläßt.

In den Geismarer Schichten ist Wasserwegsamkeit nur beim Frankenberger Sandstein zu beobachten. Die grauen Basis-Schluffsteine und die Roten Pelite sind Wasserstauer. Durch ihr plastisches Verhalten konnten sich keine Klüfte ausbilden.

Der Frankenberger Sandstein kann mit dem überlagernden Jüngeren Konglomerat gemeinsam behandelt werden. Die härteren, bindemittelreichen Partien weisen Kluft-

weiten bis zu mehreren Zentimetern auf. Leicht absandende, im Tagesaufschluß oft bindemittelfreie Bereiche zeigen engere Kluftweiten. Die Streichrichtung der Klüfte ist vorwiegend rheinisch und herzynisch.

In mehreren Aufschlüssen im Jüngeren Konglomerat wurden Proben genommen und aus den Siebanalysen der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert nach HAZEN ermittelt. Der Durchlässigkeitsbeiwert kann jedoch nur dann exakt errechnet werden, wenn der Ungleichförmigkeitsgrad $U = d_{60}/d_{10}$ den Wert 5 nicht übersteigt.

Die HAZEN'sche Gleichung lautet:

$$k_f \text{ (m/s)} = 0,0116 (d_{10} \text{ [mm]})^2$$

In der Gleichung und den folgenden Tabellen bedeuten:

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert

d_{10} = Durchmesser, für den die Körner mit kleinerem Durchmesser 10% des Korngewichtes ausmachen, oder kurz $f(d_{10}) = 0,1$

d_{60} = analog d_{10}

d_w = d_{10} (wirksamer Korndurchmesser)

$\frac{d_{60}}{d_{10}}$ = Ungleichförmigkeitsgrad U .

Tab. 2. Durchlässigkeitsbeiwerte des Jüngeren Konglomerat

Proben-Nr. 1– 7: Aufschluß 300 m SE Sehlen

8–14: Aufschluß 800 m SE Sehlen

15–21: Aufschluß 300 m NW Altenhaina.

Proben-Nr.	d_w	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	k_f (m/s)
1	0,08	16,25	—
2	0,085	2,12	$8,38 \cdot 10^{-5}$
3	0,075	2,13	$6,52 \cdot 10^{-5}$
4	0,13	7,7	—
5	0,075	2,1	$6,52 \cdot 10^{-5}$
6	0,08	11,25	—
7	0,12	11,66	—
8	0,24	10,87	—
9	0,13	2,31	$1,96 \cdot 10^{-4}$
10	0,23	6,09	—
11	0,06	2,58	$4,17 \cdot 10^{-5}$
12	0,13	3,52	$1,96 \cdot 10^{-4}$
13	0,03	5,0	$2,03 \cdot 10^{-5}$
14	0,08	1,63	$7,42 \cdot 10^{-5}$
15	0,07	2,57	$5,68 \cdot 10^{-5}$
16	0,11	2,18	$1,40 \cdot 10^{-4}$
17	0,115	2,35	$1,53 \cdot 10^{-4}$
18	0,13	2,15	$1,96 \cdot 10^{-4}$
19	0,069	2,03	$5,52 \cdot 10^{-5}$
20	0,1	3,5	$1,16 \cdot 10^{-4}$
21	0,085	2,24	$8,38 \cdot 10^{-5}$

Bei allen genommenen Proben handelt es sich um im Tagesaufschluß fast oder vollständig bindemittelfreie Sande bzw. Feinkonglomerate, bei denen eine k_f -Wert-

Bestimmung überhaupt nur sinnvoll ist. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Das Jüngere Konglomerat ist ein guter Aquifer in doppelter Hinsicht: zum einen besteht eine gute Klüftigkeit, andererseits kann das Wasser in besonderen Fällen zusätzlich die Poren als Wanderweg benutzen. Einschränkend muß gesagt werden, daß die einzelnen Schichten oft nicht aushalten. Infolge des ehemaligen Reliefs treten auf kurze Entfernung petrofazielle Unterschiede auf (Taf. 13 Fig. 2).

Der Untere Buntsandstein bildet im Arbeitsgebiet den wichtigsten Kluftgrundwasserleiter. Wie bei anderen Festgesteinen hängt die Zahl der Klüfte, Kluftweite und deren Reichweite von der tektonischen Beanspruchung ab. Als weitere Faktoren die einen nennenswerten Einfluß auf die hydraulischen Verhältnisse aufweisen, sind petrographische Ausbildung und Bankung zu nennen.

Die Anzahl der Klüfte nimmt, wie auch HÖLTING (1969: 158) erkennt, im Gebiet größerer Störungen oder an ihren Kreuzungspunkten zu. Diese Erscheinung konnte im Arbeitsgebiet jedoch nicht quantitativ nachgewiesen werden. Unbekannt bleibt bei dieser Gegenüberstellung der nicht erfaßbare Anteil der Klüfte, die durch Hangzerreißung entstanden sind. Er darf aber sicherlich nicht unterschätzt werden.

Die Gesteinsdurchlässigkeit, die im Buntsandstein weitgehend von Sortierung, Korngröße, Kornform, Bindemittel und Grad der Diagenese (SCHOELLER 1962, HEITFELD 1965, MATTHESS 1970) abhängt, wurde nicht ermittelt.

Der Anteil der Grundwasserbewegung auf Schicht- und Bankungsfugen läßt sich nicht abschätzen. Es ist anzunehmen, daß die Grundwasserbewegung im Unteren Buntsandstein jedoch vornehmlich im Kluftsystem abläuft und weniger auf den Schicht- und Bankungsfugen (SCHARPFF 1968, HÖLTING 1969, MATTHESS 1963, 1970). MATTHESS (1963: 246) beschreibt ein Vorkommen, wo durch tektonische Einwirkung die Klüfte geschlossen und einige Bankungsfugen geöffnet sind.

Der Hohlraumgehalt der Klüfte wird an drei Beispielen aus Aufschlüssen im Korbach-Sandstein untersucht. Dabei ist einschränkend zu sagen, daß einerseits die Klüftung parallel zur Aufschlußwand sowie die Veränderung der Kluftweite in horizontaler Richtung und andererseits die Klaffweite der Schichtfugen vernachlässigt werden. Zusätzlich nimmt wahrscheinlich die Kluftweite in den Berg hinein ab. Daher können die ermittelten Werte nur als „Richtwerte“, mit Abweichungen nach unten und oben gelten.

Beispiel 1:

Im Steinbruch nordwestlich Altenhaina sind auf einer horizontalen Erstreckung von 9,86 m 28 Klüfte mit einer Kluftweite zwischen 0,1 und 2,4 cm erkennbar. Der Kluftabstand liegt zwischen 0,1 und 0,7 m. Da der Korbach-Sandstein aus etwa 93% Sandstein und max. 7% Schluffstein aufgebaut ist, ergibt sich hier ein Hohlraumgehalt von 1,6 bis 1,7%.

Beispiel 2:

Bei 13,55 m horizontaler Meßstrecke sind im Steinbruch südöstlich Altenhaina 14 Klüfte mit einer Kluftweite zwischen 0,1 und 2,6 cm bei einem Kluftabstand von 0,1–1,5 m ermittelt. Dies entspricht einem Hohlraumgehalt von 1,0–1,2%.

Beispiel 3:

Im Aufschluß W Bockendorf waren bei 16,76 m horizontaler Meßstrecke 37 Klüfte von 0,1–4,7 cm Kluftweite bei einem Kluftabstand von 0,04–1,36 m vorhanden. Der Hohlraumgehalt beträgt 1,3–1,4% (Taf. 13 Fig. 1).

Korbach-Flaserschichten und Waldeck-Folge sind im Arbeitsgebiet nicht in Steinbrüchen oder Sandgruben aufgeschlossen. Daher kann das Verhältnis von Sandstein zu Ton/Schluffsteinen nur aus der Kartierung entnommen werden. Eine Übersicht gibt Tab. 3.

Tab. 3. Mächtigkeitsanteile von Sand- und Schluffsteinen des Unteren Buntsandstein

Schichtenfolge	Mächtigkeit (m)	Anteil der Mächtigkeit (geschätzt)			
		Sandstein		Ton/Schluffstein	
		%	m	%	m
Korbach-Sandstein	32	93	30	7	2
Korbach-Flaser- schichten	60	>66	>40	<34	<20
Waldeck-Folge	100	>75	>75	<25	<25

Beim Volpriehausen-Sandstein findet die hauptsächliche Grundwasserbewegung in den Klüften statt. Daneben ist er zusätzlich aufgrund seiner im Tagesaufschluß fast bindemittelfreien Sande z. T. als Porengrundwasserleiter anzusprechen (Taf. 12 Fig. 2).

Im Steinbruch E Sehlen wurden folgende Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt:

Tab. 4. k_f -Werte des Volpriehausen-Sandstein

Proben-Nr.	d_w	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	k_f (m/s)
DH 1	0,12	1,83	$1,66 \cdot 10^{-4}$
DH 2	0,15	1,87	$2,61 \cdot 10^{-4}$
DK	0,13	5,67	$(1,96 \cdot 10^{-4})$
D 1	0,18	1,78	$3,75 \cdot 10^{-4}$
D 2	0,18	1,78	$3,75 \cdot 10^{-4}$
D 3	0,18	2,11	$3,75 \cdot 10^{-4}$
D 4	0,12	2,33	$1,66 \cdot 10^{-4}$

Porengrundwasserleiter sind uneingeschränkt die sandigen bis kiesigen Talfüllungen quartären Alters. Sie sind allerdings im Schweife-Tal mit schluffig-tonigen Beimengungen derart vermischt, daß sie kaum eine gute Wasserwegsamkeit aufweisen.

Im Schiefergebirge bilden lehmärmere, blockschuttreiche Talfüllungen gute Möglichkeiten zur Grundwasserzirkulation. Das Wasser der meisten in diesem Bereich entspringenden Quellen stammt aus dem Blockschutt. Der Quellaustritt erstreckt sich

über eine größere Strecke des Hanges, in Abhängigkeit vom Niederschlag wandert der Wasseraustritt bergauf oder bergab. Diesen Quelltyp bezeichnet HÖLL (1964: 27) als Bachquelle oder Rheithrokrene (Taf. 14 Fig. 1).

Karstgrundwasserleiter sind im Arbeitsgebiet nicht festzustellen. Die bis 4 m mächtigen Kalksteineinlagerungen in den Roten Peliten weisen örtlich einen hohen Verkarstungsgrad auf. Da sie jedoch nicht aushalten, sondern seitlich schnell an Mächtigkeit verlieren und sich in verstreut liegenden Knauern auflösen, findet in ihnen keine Grundwasserbewegung statt.

Zusammenfassend werden die im Arbeitsgebiet vorkommenden Schichten in Tab. 5 gemäß ihrer Wasserwegsamkeit schematisch eingestuft:

Tab. 5. Einstufung der hydrogeologischen Einheiten gemäß ihrer Wasserwegsamkeit

Hydrogeologische Einheiten	Wasserwegsamkeit			
	gut	wechselnd	gering	sehr gering
Talfüllungen		×	×	×
Hangschutt		×	×	×
Volpriehausen-Sandstein	×			
Waldeck-Folge	×	×		
Korbach-Flaserschichten		×	×	
Korbach-Sandstein	×	×		
Jüngeres Konglomerat	×	×		
Frankenberger Sandstein	×	×		
Rote Pelite				×
Älteres Konglomerat		×	×	
Grauwacke			×	
Grauwacken-Tonschiefer-Wechselagerung			×	×
Kieselschiefer			×	
Diabas	?×	×		

6. Faktoren der Grundwasserneubildung

Als maßgebliche Faktoren der Grundwasserneubildung werden von MATTHES & THEWS (1961: 417) neben Klima und Beeinflussung durch oberirdische Gewässer (Bachversickerung) Bodenausbildung, Einfluß der Hangneigung, Wirkung sowie räumliche Verteilung von Wald, Wiese und Acker genannt.

Von den 35,78 km² des Schweife-Niederschlagsgebietes entfallen auf:

– landwirtschaftliche Nutzfläche	20,40 km ² (56,9%)
– waldbedeckte Fläche	14,74 km ² (41,3%)
– bebauts Gebiet	0,64 km ² (1,8%)

Die Hangneigungen im Schiefergebirge liegen meist zwischen 15 und 20°, übersteigen diesen Wert aber auch. Die vom Jüngeren Konglomerat und vom Korbach-Sandstein gebildeten Hänge zeigen Hangneigungen bis 20°, z. B. am Taleinschnitt westlich

Altenhaina. Ebenso können die Hänge am Ostufer der Schweinfe zwischen Sehlen und Halgehausen den Wert bis 20° erreichen. Sonst sind an den Hängen selten Hangneigungen > 10° zu beobachten.

Eine Beeinflussung der Grundwasserneubildung durch oberirdische Gewässer war quantitativ nicht nachzuweisen.

Die Klimawerte sollen im folgenden nur kurz im Überblick erwähnt werden. Die ausführliche Darstellung der Klimadaten findet sich im Klima-Atlas von Hessen (1950), dem auch die angegebenen Werte entnommen sind.

Da im Arbeitsgebiet selbst keine meteorologischen Stationen bestehen, wurden als Bezugspunkte drei Stationen am Rande des Gebietes gewählt, die jedoch aufgrund ihrer Lage zum Arbeitsgebiet als repräsentativ angesehen werden können, nämlich Gemünden/Wohra (244 m über NN), Haina (326 m über NN) und Löhlbach (470 m über NN).

In den höheren Bereichen des Arbeitsgebietes fallen Niederschläge bis 750 mm/a, in den Tälern um 600 mm/a. Der mittlere Niederschlag beträgt ca. 650 mm/a (684 mm/a als arithmetisches Mittel der drei Stationen).

Die mittlere jährliche Lufttemperatur liegt zwischen 7 °C und 7,5 °C.

Ein Maß für eine Zusammenfassung von Temperatur und Niederschlagsverhältnissen gibt der Trockenheitsindex. Als Gleichung zur Ermittlung des mittleren Trockenheitsindex/Jahr gilt:

$$\text{Mittlerer Trockenheitsindex/Jahr} = \frac{n \cdot k}{(t + 10) \cdot 120}$$

In der Gleichung bedeuten:

n = mittlere jährliche Niederschlagssumme in mm

t = mittlere jährliche Lufttemperatur in °C

10 = Konstante

K = mittlere jährliche Zahl der Niederschlagstage ≥ 1 mm

120 = mittlere jährliche Zahl der Niederschlagstage ≥ 1 mm für das ehemalige Reichsgebiet.

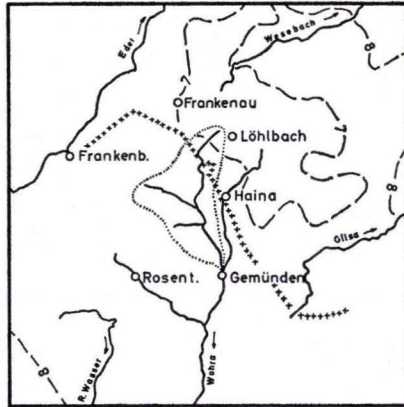
Der mittlere Trockenindex ist von der Höhenlage des Geländes abhängig. Je höher ein Gebiet liegt, desto höher wird auch der mittlere Trockenheitsindex ausfallen. Aus dieser Gleichung errechnet sich der mittlere Trockenheitsindex für Gemünden = 38, Haina = 46 und Löhlbach = 51.

Die Verdunstung liegt, je nach Morphologie, zwischen 409 und 423,5 mm/a, im Mittel um 414 mm/a.

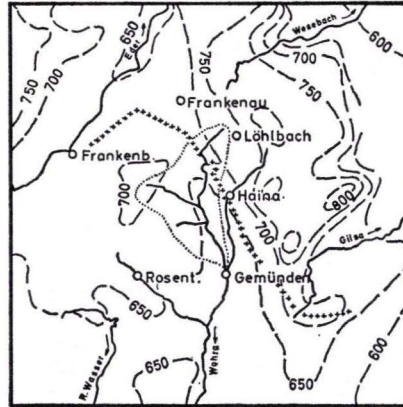
In Abb. 5 sind die Isohyeten der Temperatur, der Verdunstung etc. nach HAUSCHULZ (1959) dargestellt.

7. Gemessene Werte der Grundwasserneubildung

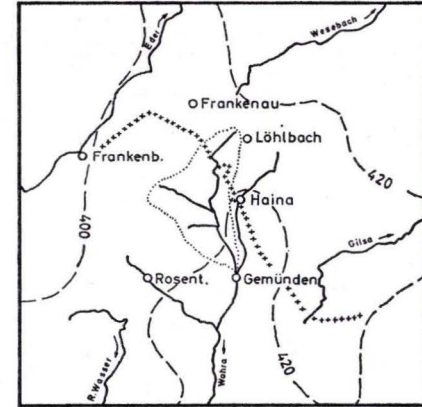
Als Grundgedanken dienen die u. a. bei GIESSLER (1952), NÖRING (1950, 1957, 1958), SITTE (1954) und MATTHESS & THEWS (1958, 1963) veröffentlichten Vorstellungen, wonach ein direkter Zusammenhang zwischen Niedrigwasserabfluß und Grundwasserspende besteht. Durch Messungen des Niedrigwasserabflusses nach einer Trocken-



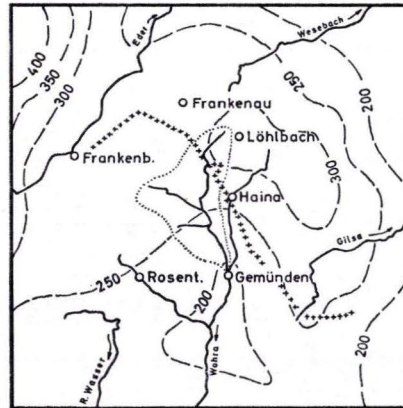
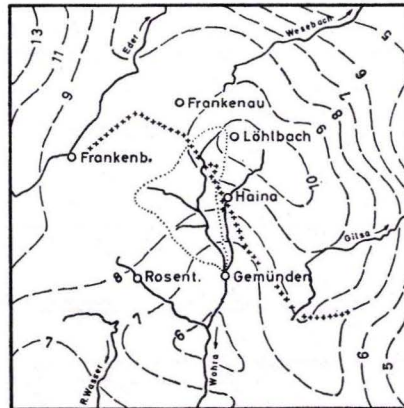
Lufttemperatur in °C



Niederschlagshöhe in mm



Verdunstungshöhe in mm



LEGENDE:

- Linien gleicher mittl. jährl. Lufttemperatur, Abflußpende etc.
- Beobachtungszeitraum 1991–1995
- umgezeichnet nach HAUSCHULZ (1959)
- +++ Kellerwaldgrenze
- Grenze des Arbeitsgebietes



Abb. 5. Meteorologische und hydrologische Daten im Untersuchungsgebiet.

periode, vornehmlich im Herbst oder vor der Schneeschmelze ist es möglich, die Grundwasserspende zu bestimmen. Als Voraussetzung gilt die Annahme, daß zu diesen Zeiten das gesamte in oberirdischen Wasserläufen abfließende Wasser aus dem unterirdischen Wasservorrat stammt.

Um Meßwerte für den Trockenwetterabfluß zu erhalten, wurden im September und Oktober 1969 Abflußmessungen am Ende des Schweife-Niederschlagsgebietes sowie an Teilniederschlagsgebieten durchgeführt und die Grundwasserspenden ermittelt.

In der Regel kann bei Niederschlagsgebieten $> 500 - 1000 \text{ km}^2$ der geologische Bau weitgehend vernachlässigt werden. Dies trifft jedoch nicht immer zu, wie MATHESS & THEWS (1959) am etwa 1050 km^2 großen Kinziggebiet bewiesen.

Das Schweife-Niederschlagsgebiet wurde in Teilniederschlagsgebiete bis $< 1 \text{ km}^2$ zerlegt, um jeweils die morphologischen, hydrogeologischen und geologischen Gegebenheiten weitgehend miteinzubeziehen.

7. 1. Abflüsse und Abflußspenden

Die Abflüsse wurden vom 1. 9. 1969 bis 27. 10. 1969 gemessen und daraus die Abflußspenden ermittelt. Eine Übersicht über die ermittelten Werte gibt Tab. 6. Dabei ist zu beachten, daß das Niederschlagsgebiet 19 die Teilniederschlagsgebiete 20 – 27, das Niederschlagsgebiet 14 das Teilniederschlagsgebiet 15 mitumfaßt. Die Abflußmeßstelle 31 gilt für das gesamte Arbeitsgebiet. In Taf. 11 sind das Niederschlagsgebiet der Schweife, die Teilniederschlagsgebiete 1 – 30, Quellen, Abflußmeßstellen sowie Bachläufe im Detail dargestellt.

An ausgewählten Niederschlagsgebieten wurden zusätzliche Abflußmessungen durchgeführt, um einen Überblick über das „Auslaufverhalten“ der Gesteine zu erhalten. Die in Abb. 6 dargestellten Kurven zeigen in Abhängigkeit der im Niederschlagsgebiet anstehenden Gesteine einen unterschiedlichen Verlauf. Während Kurve 1 (F_N Nr. 19) ein gleichmäßiges Absinken über einen Zeitraum von mehr als 50 Tagen erkennen läßt, ist in Kurve 2 (F_N Nr. 14 + 15) das für Grauwacken, Ton- und Kieseliefer bekannte schnelle „Auslaufen“ ersichtlich. Dabei sinkt die Abflußmenge in 10 – 15 Tagen von ca. 33 l/s auf ca. 7 l/s ab. Kurve 3 (F_N Nr. 28), deren Niederschlagsgebiet wie bei Kurve 1 aus Unterem Buntsandstein besteht, fällt relativ schnell von 17 l/s auf 6 l/s ab, sinkt während der nächsten 40 Beobachtungstage dann nur noch unwesentlich. Das Niederschlagsgebiet von Kurve 4 (F_N Nr. 5) besteht unter einem Lösschleier aus den tonigen Sedimenten der Geismarer Schichten (Rote Pelite). Der Niederschlag wird weitgehend aufgesogen und nur so langsam wieder abgegeben, so daß sich ein ausgeglichener Kurvenverlauf ergibt. Für eine mathematische Auswertung der „Auslaufkurven“ reichten die wenigen Meßwerte nicht aus.

Die Auswertung der Abflußmessungen geschieht methodisch in zwei Schritten:

1. Wenn man die nur am Meßtag wasserführenden und die direkt in den Vorfluter Schweife mündenden Teilniederschlagsgebiete betrachtet, so ergibt sich die in Abb. 7 dargestellte und in Tab. 7 aufgegliederte Situation.

Tab. 6. Abflüsse und Abflußpenden

Teilnieder- schlagsgebiet	Meß- stelle	Lage der Meßstelle	Gemessener Abfluß Q l/sec					Abfluß- spende q l/s · km ²	Geologische Position des Teilniederschlags- gebietes		
			H-Wert	R-Wert	1.9. 1969	16.9. 1969	7.10. 1969			15.10. 1969	27.10. 1969
1	0,18	M 1	56 52 65	34 96 74	0,50	0,35	0,30	0,30	0,30	1,66	cd, gt - zs - suK - smV
2	0,27	M 2	56 53 01	34 96 67	0,42	0,16	0,14	0,13	0,13	0,48	cd, gt - zr - z, t - su - löl
3	0,46	M 3	56 53 13	34 96 65	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	—	cd, gt - zr - z, t - löl
4	0,33	M 4	56 53 40	34 96 52	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	1,66	cd, gt - zr - z, t - löl
5	0,35	M 5	56 53 61	34 96 35	1,35	0,80	0,80	0,80	0,80	2,28	cd, gt - zr - z, t - löl
6	0,16	M 6	56 53 80	34 96 22	0,16	0,06	tr.	tr.	tr.	—	cd, gt - zr
7	0,52	M 7	56 54 12	34 96 03	0,70	0,70	0,52	0,50	0,50	0,96	cd, gt - zr - z, t - löl
8	0,72	M 8	56 55 10	34 96 39	1,90	1,25	1,10	1,05	1,00	1,39	cd, gt - zr - z, t - löl
9	0,64	M 9	56 55 62	34 96 65	1,40	0,12	0,11	0,10	0,10	0,16	cd, gt - zr - z, t - löl
10	0,24	M 10	56 56 02	34 96 55	0,06	tr.	tr.	tr.	tr.	—	cd, gt - zr - z, t - zs - suK
11	0,89	M 11	56 56 28	34 96 62	3,10	1,80	1,80	1,75	1,73	1,94	cd, gt - zr - zs - suK
12	0,18	M 12	56 56 65	34 96 56	0,48	0,34	0,32	0,30	0,30	1,66	zr - zs - suK
13	0,56	M 13	56 56 85	34 96 34	0,87	0,54	0,48	0,46	0,46	0,82	cd, gt - D - zr - zs - suK
14	4,17	M 14	56 56 96	34 96 15	32,70	7,80	4,90	4,80	4,60	1,16	cd, gt - cd, k - cd, g - D - zr - zs - suK

15	1,68	M 15	56 58 69	34 96 50	—	—	—	—	1,70	1,01	cd, gt - cd, k - D
16	0,72	M 16	56 56 67	34 96 25	2,00	1,35	1,05	1,00	1,00	1,39	z, t - zr - zs - suK
17	1,31	M 17	56 55 12	34 95 97	1,50	0,88	0,78	0,74	0,73	0,55	cd, gt - D - zr - z, t - zs - suK
18	2,41	M 18	56 54 62	34 95 76	0,76	0,57	0,50	0,50	0,50	0,27	cd, gt - D - zr - zs - suK - suW
19	10,25	M 19	56 53 81	34 95 99	38,45	31,20	22,90	20,80	19,40	1,89	suK - suW - sm - löl
20	0,70	M 20	56 54 09	34 95 40	—	—	—	—	tr.	—	suK - suW - löl
21	0,39	M 21	56 54 26	34 94 90	—	—	—	—	tr.	—	suK - suW - löl
22	1,31	M 22	56 54 42	34 94 58	—	—	—	—	2,2	1,68	sm - suW - löl
23	0,57	M 23	56 55 02	34 93 55	—	—	—	—	0,01	0,02	suK - suW
24	1,43	M 24	56 55 13	34 93 20	—	—	—	—	4,65	3,25	suW - sm
25	2,42	M 25	56 55 44	34 93 02	—	—	—	—	2,20	0,91	suW
26	0,23	M 26	56 55 63	34 93 05	—	—	—	—	0,15	0,65	suW
27	0,72	M 27	56 55 06	34 93 67	—	—	—	—	0,12	0,17	suK? - suW
28	3,26	M 28	56 52 73	34 96 29	17,00	6,90	5,60	5,10	4,80	1,47	suW - sm - löl
29	1,36	M 29	56 51 74	34 96 23	0,03	tr.	tr.	tr.	tr.	—	suW - sm - löl
30	0,82	M 30	56 51 69	34 96 55	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	—	suW - sm - löl
31	35,78	M 31	56 50 00	34 97 78	—	—	—	—	127,0	3,55	

Geolog. Symbole: cd, gt = Grauwacken und Tonschiefer; cd, k = Kieselschiefer; D = Diabas; zr = Ält. Konglomerat; z, t = Rote Pelite; zs = Jüng. Konglomerat; suK = Korbach-Folge; suW = Waldeck-Folge; smV = Volpriehausen-Sandstein; löl = Lößlehm (tr = trocken).

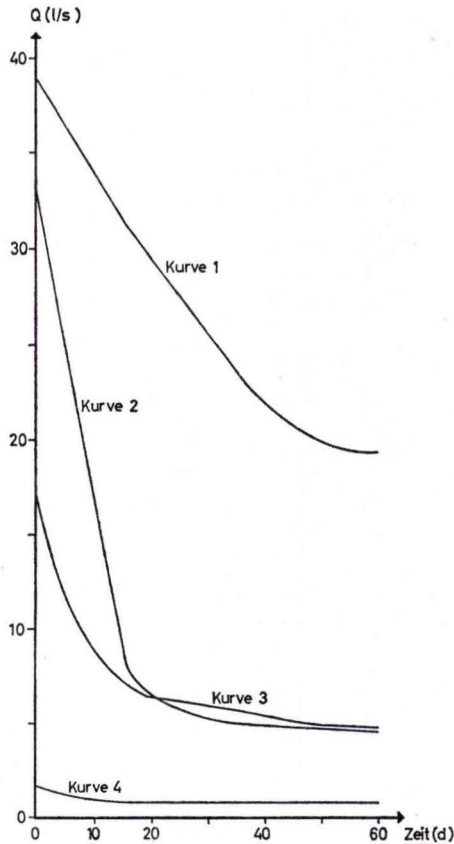


Abb. 6. „Auslaufkurven“ ausgewählter Niederschlagsteilgebiete.

Aus der meßtechnisch nicht weiter untergliederten Fläche von $9,08 \text{ km}^2$ ($=25,37\%$) des Arbeitsgebietes fließen $90,1 \text{ l/s}$ ($=70,94\%$) des Gesamtabflusses der Schweife zu. Dieses Gebiet weist insgesamt eine Abflußspende von $9,92 \text{ l/s}$ ($=312,5 \text{ mm/a}$) auf. Nur $29,06\%$ des Gesamtabflusses wird oberirdisch in den Teilniederschlagsgebieten erfaßt.

- Um einen näheren Überblick über die gewinnbaren Wassermengen zu erhalten, wurden an den Vorflutern Schweife und Römershäuser Bach weitere Meßstellen eingerichtet, um den Abflußzuwachs und die Zuwachsspende weiterer Gebiete zu ermitteln. Die Werte sind in der Tab. 8 zusammengefaßt und in Abb. 8 dargestellt.

Gebiete besonders hohen Grundwasserandranges sind, wie aus den Tab. 7 und 8 hervorgeht, im Schweife-Tal zu erwarten. Im Gebiet 31 (ΔQ ca. 21 l/s) liegen die ergiebigen Quellen von Kirschgarten, die auch zur Wasserversorgung genutzt werden. Die Quellen sind auf größere Verwerfungen im Jüngeren Konglomerat und Korbach-Sandstein zurückzuführen. Gebiet 34 und 37 weisen die höchsten ΔQ -Werte auf.

Tab. 7. Aufgliederung der Abflüsse und Abflußspenden

Meßstelle Nr.	Niederschlagsgebiet		Abfluß Q		Abflußspende q	
	km ²	%	l/s	%	l/s km ²	mm/a
31 = Gesamtabfluß	35,78	100,00	127,00	100,00	3,55	111,8
1	0,18	0,50	0,30	0,23	1,66	52,3
2	0,27	0,75	0,13	0,10	0,48	15,1
4	0,33	0,92	0,55	0,43	1,66	52,3
5	0,35	0,97	0,80	0,62	2,28	71,8
7	0,52	1,45	0,50	0,39	0,96	30,2
8	0,72	2,01	1,00	0,78	1,39	43,8
9	0,64	1,78	0,10	0,07	0,16	5,0
11	0,89	2,48	1,73	1,36	1,94	61,1
12	0,18	0,50	0,30	0,23	1,66	52,3
13	0,56	1,56	0,46	0,36	0,82	25,8
14	4,17	11,65	4,60	3,62	1,10	34,6
16	0,72	2,01	1,00	0,78	1,39	43,8
17	1,31	3,66	0,73	0,57	0,55	17,3
18	2,41	6,73	0,50	0,39	0,27	8,5
19	10,25	28,64	19,40	15,27	1,89	59,5
28	3,26	9,11	4,80	3,77	1,47	46,3
meßtechn. nicht weiter untergliederte Fläche (punktiert)	9,08	25,37	90,10	70,94	9,92	312,5

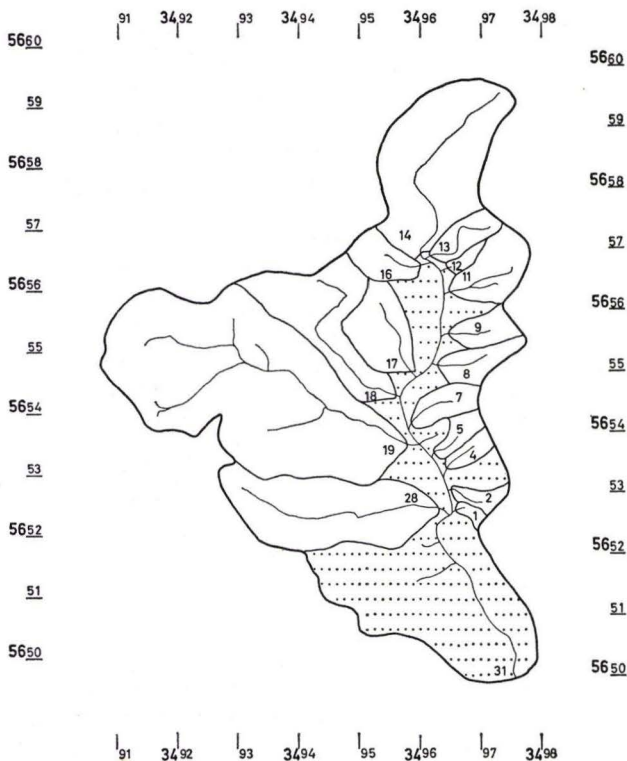


Abb. 7. Abflüsse und Abflußspenden im Niederschlagsgebiet der Schweinfelder.

Tab. 8. Zuwachsspenden im Niederschlagsgebiet der Schweife

F_N (Nr.)	ΔF_N (km ²)	ΔQ (l/s)	$q = \Delta Q / \Delta F_N$ (l/s · km ²)	Abflußhöhe mm/a
1	0,18	0,30	1,66	52,3
2	0,27	0,13	0,48	15,1
3	0,46	tr.	—	—
4	0,33	0,55	1,66	52,3
5	0,35	0,80	2,28	71,8
6	0,16	tr.	—	—
7	0,52	0,50	0,96	30,2
8	0,72	1,00	1,39	48,3
9	0,64	0,10	0,16	5,0
10	0,24	tr.	—	—
11	0,89	1,73	1,94	61,1
12	0,18	0,30	1,66	52,3
13	0,56	0,46	0,82	25,8
14	2,49	2,90	1,16	36,5
15	1,68	1,70	1,01	31,8
16	0,72	1,00	1,39	43,8
17	1,31	0,73	0,55	17,3
18	2,41	0,50	0,27	8,5
19	0,83	4,00	4,81	151,5
20	0,70	tr.	—	—
21	0,39	tr.	—	—
22	1,31	2,20	1,68	52,9
23	0,57	0,01	0,02	0,6
24	1,43	4,65	3,25	102,4
25	2,42	2,20	0,91	28,7
26	0,23	0,15	0,65	20,8
27	0,72	0,12	0,17	5,4
28	3,26	4,80	1,47	46,3
29	1,36	tr.	—	—
30	0,82	tr.	—	—
31	1,32	21,21	16,06	505,9
32	0,51	6,27	12,29	387,1
33	1,75	6,47	3,70	116,6
34	1,01	26,75	26,48	834,1
35	3,68	4,87	1,32	41,6
36	2,29	7,40	3,23	101,7
37	0,27	23,60	87,40	2753,1

(tr. = trocken)

In der Tabelle bedeuten:

 ΔF_N = den Zuwachs des Niederschlagsgebietes in km² gegenüber der nächsten oberhalb gelegenen Meßstelle (= Niederschlagsteilgebiet) ΔQ = den Zuwachs des gemessenen Abflusses in l/s gegenüber der nächsten oberhalb gelegenen Meßstelle (= Abflußzuwachs) q = Abflußspende im Niederschlagsteilgebiet = $\Delta Q / \Delta F_N$ (= Zuwachsspende)

Ursache sind jeweils im Vorfluter-Niveau liegende, an Verwerfungen gebundene Quellen (Q 18 u. 50), deren Wässer hydrochemisch nicht zu den Wässern im Buntsandstein gehören (s. Kap. 9 und 10).

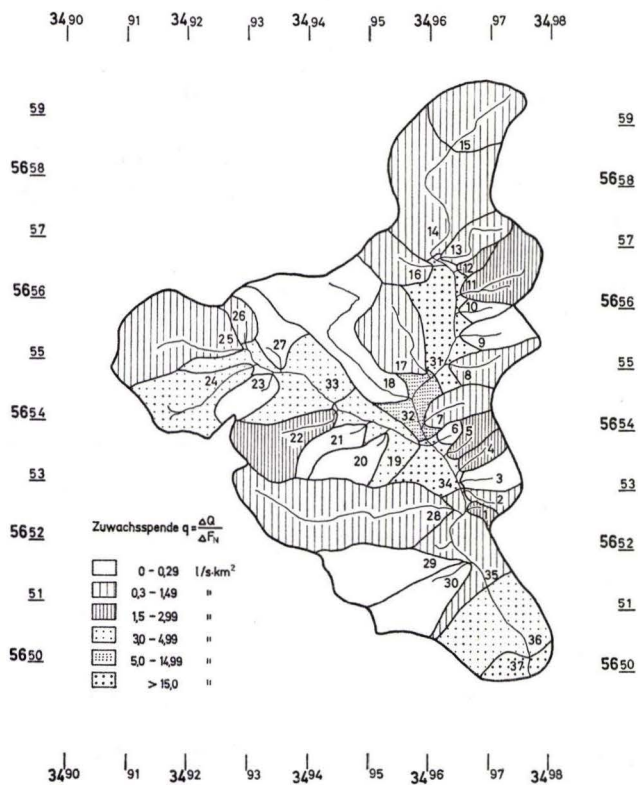


Abb. 8. Zuwachsspenden im Niederschlagsgebiet der Schweinfelt.

Die Abflußspende von 3,25 l/s · km² des Niederschlagsteilgebietes 24 wird durch einen Graben mit Mittlerem Buntsandstein hervorgerufen. In den Gebieten 35 und 36 ist ein nur geringer Grundwasserzulauf zu beobachten, der mit der Verschiebung der Grundwasserscheiden und -fließrichtungen zusammenhängt (s. Kap. 8).

7.2. Quellendichte und Quellschüttung

Es wurden insgesamt 58 Quellen über einen verschiedenen langen Beobachtungszeitraum beobachtet, Schüttungen gemessen sowie die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wassers untersucht. Zwei Quellen (Q 34, 35) liegen außerhalb des Arbeitsgebietes und werden nur zu Vergleichen benutzt. Die Lage der Quellen ist aus Taf. 11 ersichtlich.

Die Quellendichte ist weitgehend abhängig von den geologisch-tektonischen Gegebenheiten. Im Schiefergebirgsanteil gehören die Quellen zur Gruppe der Schuttquellen. Die Quellendichte errechnet sich zu 3 Quellen/km².

Wesentlich niedriger liegt der Wert in Buntsandsteingebieten, wo weniger als 1 Quelle/km² zu beobachten ist. Im Teilniederschlagsgebiet 35 steigt die Quelledichte auf 2,2 Quellen/km² an, wozu 3 Schichtquellen einer „Quellinie“ beitragen.

Im Gebiet zwischen Grüsen und der Eisenbahnbrücke Gemünden sind im Hangbereich keine Wasseraustritte zu erkennen, dafür treten im Talniveau einige Quellen (Q 44, 45, 50, 56, 57) mit zum Teil erheblicher Schüttung aus.

Die Quelledichte beträgt, auf das gesamte Arbeitsgebiet bezogen, etwa 1,7 Quellen/km².

Im folgenden werden die Minimal- den Maximalschüttungen ohne Berücksichtigung der geologischen Position gegenübergestellt. Der Minimalausschüttung gemäß lassen sich die Quellen einteilen in:

0– 0,1 l/s	22 Quellen (38,0%)
– 0,3 l/s	14 Quellen (24,1%)
– 0,5 l/s	10 Quellen (17,2%)
– 1,0 l/s	4 Quellen (7,0%)
– 5,0 l/s	5 Quellen (8,6%)
> 5,0 l/s	3 Quellen (5,1%)

Der Maximalschüttung gemäß setzen sich die Quellen wie folgt zusammen:

0– 0,1 l/s	1 Quelle (1,7%)
– 0,3 l/s	10 Quellen (17,2%)
– 0,5 l/s	17 Quellen (29,4%)
– 1,0 l/s	11 Quellen (18,9%)
– 5,0 l/s	15 Quellen (25,8%)
> 5,0 l/s	4 Quellen (7,0%)

Es zeigt sich, daß die meisten Quellen sehr niederschlagsabhängig sind. Dies trifft insbesondere für die Schuttquellen des Schiefergebirges und die Schichtquellen des Buntsandsteins zu.

Quellen mit größeren Einzugsgebieten oder Talgrundquellen zeigen dagegen keine oder nur geringe Schüttungsunterschiede. Demzufolge ändert sich der Prozentsatz der Quellen mit > 5 l/s Schüttung nur unwesentlich.

Als Maß der minimalen oder maximalen Ergiebigkeit der Quellen dient die Schwankungsziffer (TURNER 1967: 64), die sich aus Höchstergiebigkeit dividiert durch Mindestergiebigkeit errechnet. Je größer der Wert der Schwankungsziffer wird, desto ungünstiger sind Speichermöglichkeiten und Retentionsvermögen des Gesteins. Die Wasseraustritte zeigen vielfach eine direkte Abhängigkeit vom Niederschlag.

Die Schwankungsziffer wurde nur an den Quellen mit mindestens 7 Schüttungsmessungen bestimmt. Um bei trockenen Quellen einen ungefähren Richtwert zu erhalten, wird hier die Mindestergiebigkeit mit 0,01 l/s als Zahlenwert benutzt. Dies ist zulässig, weil meist nur wenige Meter unterhalb der ursprünglichen Meßstelle wieder Wasser zutage tritt. Die Werte der einzelnen Quellen sind in Tab. 9 zusammengefaßt.

Die höchsten Schwankungsziffern zwischen 24,0 und 200,0 treten bei den Schuttquellen (Q 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 14) des Schiefergebirges auf.

Ein besseres Retentionsvermögen besitzt das tonige bis schluffige Ältere Konglomerat, die Schwankungsziffer (Q 8, 13, 32) beträgt 7,0–9,0. Mischformen der Wässer in Älterem Konglomerat und Schichten des gefalteten Paläozoikum bilden die Quellen

4, 13 und 28. Bei Q 4 liegt die Schwankungsziffer mit 5,0 zugunsten des Älteren Konglomerat, bei Q 13 und 28 mit 12,0 und 14,75 mehr zur Seite der Grauwacken und Tonschiefer hin verschoben.

Tab. 9. Schwankungsziffern ausgewählter Quellen

Quelle Nr.	Q_{min} l/s	Datum	Q_{min} l/s	Datum	Schwankungs- ziffer $S = Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}$	Zahl der Messungen
1	0,35	31. 8. 69	0,04	1. 6. 69	8,75	8
2	0,85	31. 8. 69	0,02	23. 10. 69	42,5	8
3	0,9	23. 4. 70	0,01	4. 8. 69	90,0	8
4	1,1	23. 4. 70	0,22	23. 10. 69	5,0	8
5	2,0	31. 8. 69	0,01	23. 10. 69	200,0	8
6	0,24	23. 4. 70	0,01	26. 9. 69	24,0	8
7	0,57	23. 4. 70	0,04	23. 10. 69	14,25	8
8	0,14	23. 4. 70	0,02	4. 8. 69	7,0	8
9	0,12	23. 4. 70	0,01	4. 7. 69	12,0	8
10	0,45	23. 4. 70	0,01	4. 8. 69	45,0	8
11	0,46	31. 8. 69	0,01	26. 9. 69	46,0	8
12	0,3	2. 5. 69	0,01	4. 8. 69	30,0	8
13	4,5	23. 4. 70	0,5	23. 10. 69	9,0	8
14	0,6	23. 4. 70	0,01	4. 8. 69	60,0	8
15	21,0	2. 5. 69	1,0	23. 10. 69	17,0	8
19	1,5	2. 5. 69	0,14	23. 10. 69	10,7	8
21	1,24	23. 4. 70	0,18	23. 10. 69	6,9	8
25	0,47	23. 4. 70	0,16	23. 10. 69	2,9	8
26	0,45	23. 4. 70	0,16	23. 10. 69	2,8	8
28	0,12	31. 8. 69	0,01	4. 8. 69	12,0	7
29	0,4	1. 6. 69	0,12	23. 10. 69	3,3	7
32	0,56	23. 4. 70	0,07	23. 10. 69	8,0	7
33	0,04	31. 8. 69	0,02	23. 10. 69	2,0	7

Da die Grauwacken-Tonschiefer-Wechselagerung im Bereich von Q 9 durch einen Lößschleier überlagert wird, sinkt die Schwankungsziffer auf 12,0 ab.

Ganz geringe Schwankungsziffern mit 2,0–3,3 (Q 25, 26, 29, 33) weisen die Quellen auf, in deren Einzugsbereich vorwiegend Geismarer Schichten (Rote Pelite) anstehen.

Den Wert von 17,0 erreicht die Schwankungsziffer bei Q 15. Dabei ist zu beachten, daß Q 15 als Gesamtschüttung aller im Klingelborntal zwischen Q 15 und Q 58 vorwiegend diffus austretenden Wässer zu verstehen ist. Die anderen Werte aus dem Buntsandstein (Q 19, 21) liegen bei 6,9 und 10,7. Der Wert 6,9 ist auf den Einfluß des Mittleren Buntsandstein zurückzuführen, der wegen seiner besseren Gesteinsdurchlässigkeit ein gleichmäßigeres Auslaufen gewährleistet.

8. Grundwasserfließrichtungen und Grundwasserscheiden

Durch einen Vergleich der Abflußpenden von Teilniederschlagsgebieten ist es möglich, vom oberirdischen Niederschlagsgebiet F_N ausgehend das unterirdische Einzugsgebiet F_B zu berechnen.

Es wird davon ausgegangen, daß bei Gebieten mit ähnlichem geologischen Aufbau, etwa gleicher Größe und Lage zum Vorfluter die Abflußspenden keine größeren Abweichungen besitzen sollten. Aufgrund der insgesamt etwa einheitlichen Grundwasserneubildung „müssen Gebiete mit hohen Spenden unabhängig von der Größe des Niederschlagsgebietes auch entsprechend große (unterirdische) Einzugsgebiete haben, Gegenden mit kleinerer Spende entsprechend kleinere Einzugsgebiete“ (MATTHESS & THEWS 1959: 425).

Die Ermittlung des Einzugsgebietes geschieht mit Hilfe des Abflusses und der durchschnittlichen Grundwasserspende gemäß der Formel: $F_E = \frac{Q}{q_G}$

Es bedeuten:

F_E = Einzugsgebiet (km²)

Q = Abfluß der Teilniederschlagsgebiete (l/s)

q_G = mittlere Grundwasserspende des Teilniederschlagsgebietes (l/s · km²).

Die folgenden Berechnungen erstrecken sich nur auf die westlichen und südlichen Bereiche des Arbeitsgebietes, wo im wesentlichen Unterer Buntsandstein ansteht.

Geht man vereinfachend von einer angenommenen mittleren Abflußspende von 3,5 l/s · km² aus, so zeigt es sich, daß die Einzugsgebiete bei den berechneten Beispielen z. T. beträchtlich kleiner sind als die Niederschlagsgebiete. Es findet im südwestlichen Arbeitsgebiet eine vom Untersuchungsgebiet (vermutlich nach SW) gerichtete Grundwasserbewegung statt. Die Grundwasserscheide verlagert sich dadurch nach E ins Arbeitsgebiet hinein. Die ermittelten Größenwerte für die Einzugsgebiete sowie deren Abweichung zum Niederschlagsgebiet in km² bzw. % sind in Tab. 10 wiedergegeben.

Tab. 10. Abweichungen von Niederschlags- und Einzugsgebieten

Niederschlags- gebiet	km ²	Q (l/s)	q _G (l/s · km ²)	F _E (= Q/q _G) (km ²)	ΔF _E zu F _N (km ²)	(%)
19	10,25	19,4	3,5	5,55	-4,70	-46
28	3,26	4,8	3,5	1,37	-1,89	-58
29, 30 und Gebiet rechts der Schweinfe bis Meßst. 31	3,88	14,0	3,5	4,00	+0,12	+0,3

In weitergehenden Untersuchungen (Veröffentlichung in Vorbereitung) werden die großräumigen Grundwasserfließrichtungen in der Frankenberger Bucht zusammenfassend erarbeitet, so daß geringe Korrekturen obiger Werte noch möglich sind.

9. Chemische Beschaffenheit der Grund- und Quellwässer

9.1. Darstellung der Analysen

Zur Charakterisierung der chemischen Kennwerte werden folgende Diagramme benutzt: - 3-lineares Diagramm

- Härte-Diagramm

- Diagramm des Gesamtlösungsinhalts.

Das 3-lineare Diagramm nach HEM (1959, 1970) besteht aus einem Vierstoff- und zwei Dreistoff-Diagrammen. Im Vierstoff-Diagramm werden die Ionenverhältnisse in Prozenten (mval-%) eingetragen, Alkalien den Erdalkalien und Hydrogenkarbonat den bestimmten Restanionen Cl , SO_4 und NO_3 gegenübergestellt. Die prozentuale Zusammensetzung der Lösungsgeossen spiegelt dabei die Reaktionsverhältnisse wider.

Es ist so möglich, aufgrund der Darstellung „eine von lokalen Eigenheiten unabhängige Festlegung von Grundwassertypen“ vorzunehmen (LANGGUTH 1966: 52).

Folgende Grundwassertypen (Abb. 9) werden unterschieden:

- Normal erdalkalische Süßwässer
 - a) überwiegend hydrogenkarbonatisch
 - b) hydrogenkarbonatisch-sulfatisch
 - c) überwiegend sulfatisch
- Erdalkalische Süßwässer mit höherem Alkaliengehalt
 - d) überwiegend hydrogenkarbonatisch
 - e) überwiegend sulfatisch
- Bereich alkalischer Süßwässer
 - f) überwiegend hydrogenkarbonatisch
 - g) sulfatisch-chloridisch

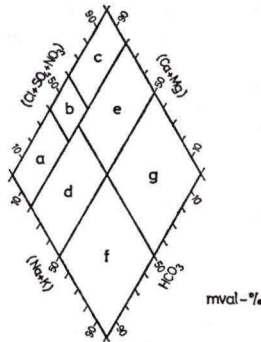


Abb. 9. Grundwassertypen.

In den beiden Dreistoff-Diagrammen (= OSANN'sche Dreiecke) sind die Reaktionsverhältnisse für Kationen und Anionen getrennt dargestellt. Im Kationen-Dreieck sind Ca, Mg und (Na + K) in mval-% gegeneinander aufgetragen, im Anionen-Dreieck HCO_3 , SO_4 und $(\text{Cl} + \text{NO}_3)$. Die Anwendung der Darstellungen geht auf SCHWILLE (1956), LANGGUTH (1966) und FURTAK & LANGGUTH (1967) zurück.

Im Härte-Diagramm wird die Gesamthärte der Karbonat- und Nichtkarbonathärte gegenübergestellt. Es ist daher möglich, auf einen Blick die Zusammensetzung der Gesamthärte zu erfassen.

Von LANGGUTH (1966) wird zur Darstellung des Gesamtlösungsinhaltes (mval) ein Diagramm entworfen, das auch die prozentuale Zusammensetzung der Lösungsgeossen (mval-%) berücksichtigt. Auf der Ordinate sind die mval aufgetragen, auf der Abszisse wird die Analyse durch zwei Punkte gekennzeichnet. Der ausgefüllte Punkt

gibt die Lage der mval-% von (Ca + Mg) an, der offene Kreis die mval-% HCO_3 . Auf diese Weise ist es möglich, auch typmäßig gleiche Wässer aufgrund ihres Lösungsinhaltes zu trennen oder den Chemismus beeinflussende Faktoren zu erkennen.

Zusätzlich sind an der rechten Seite des Diagrammes noch die mval-Lösungsinhalte gemäß Tab. 11 in Härtegrade unterteilt.

Tab. 11. Lösungsinhalt und Härtegrade

°dH	~ mval	Beurteilung
0- 4	0- 1,5	sehr weich
4- 8	1,5- 3,0	weich
8-12	3,0- 5,0	mittelhart
12-18	5,0- 7,0	ziemlich hart
18-30	7,0-10,0	hart
>30	>10,0	sehr hart

9.2. Kurzbeschreibung der Quellen und Typisierung ihrer Wässer

Im folgenden werden die Quellen tabellarisch aufgezählt. Die in Tab. 12 benutzten geologischen Abkürzungen sind die gleichen wie die bei der Beschreibung der Einzugsgebiete verwendeten. In der Spalte Flächennutzung bedeuten: F = forstwirtschaftliche, L = landwirtschaftliche, W = weidewirtschaftliche Nutzung.

Tab. 12. Kurzbeschreibung und Lage der Quellen mit Angabe des Quellwasser-Typs; der dominierende Wassertyp ist fett gedruckt

Quelle Nr.	H-Wert	Lage		geol. Position des Einzugsgebietes F_E	Flächen- nutzung im F_E	Wasser- typ
		R-Wert				
1	56 59 55	34 97 50		cd, gt	F	e
2	56 59 59	34 97 04		cd, gt	F	e
3	56 58 98	34 96 20		D	F	a b c
4	56 58 65	34 95 89		D - zr	F	a
5	56 58 70	34 97 23		cd, gt	F	c
6	56 58 39	34 96 93		cd, gt - D	F	a b
7	56 57 33	34 97 33		cd, gt - zr	F	a
8	56 56 92	34 97 06		zr - suK	F	a b
9	56 55 43	34 97 52		cd, gt - löf	F	c
10	56 55 71	34 97 53		cd, gt	F	a c e
11	56 55 78	34 97 43		cd, gt	F	a c e
12	56 56 71	34 97 76		cd, gt - zr	F	a b c
13	56 56 76	34 97 54		zr	F	a
14	56 56 37	34 97 45		cd, gt	F	a b c
15	56 52 53	34 94 25		suW - smV	F	b c
16	56 52 92	34 97 35		z, t - löf	L	a
17	56 53 28	34 97 06		zr - z, t - löf	L	b
18	56 53 41	34 96 28		suK - suW	L	a
19	56 53 94	34 93 23		suW	F	c e
20	56 54 53	34 91 73		suW - smV	F	c

Tab. 12. (Fortsetzung)

Quelle Nr.	H-Wert	Lage R-Wert	geol. Position des Einzugsgebietes F _E	Flächen- nutzung im F _E	Wasser- typ
21	56 54 36	34 91 79	suW - smV	F	c e
22	56 55 24	34 91 61	suW - smV	F	c
23	56 55 09	34 91 10	suW - smV	F	c
24	56 56 08	34 95 53	zs - suK	F, W	a
25	56 56 39	34 94 45	z, t - zs	F	a
26	56 56 48	34 94 47	z, t - zs	F	a
27	56 57 12	34 95 39	zs - suK	F, L, W	a b
28	56 52 88	34 96 89	cd, g - zr	L, W	a b
29	56 52 60	34 96 80	zs - suK	L	a b
30	56 51 67	34 95 42	suW - smV	F	c e
31	56 51 23	34 95 83	suW - smV	F, W	c e
32	56 56 16	34 94 07	zr - z, t	F	a
33	56 55 89	34 94 63	z, t - zs - suK	F	a
34	56 58 52	34 91 52	cd, gt - zr	L, W	b
35	56 51 95	34 91 76	suW - sm	F	e
36	56 52 92	34 96 71	zd, g	L	a
37	56 53 63	34 96 91	z, t - löf	L, W	a
38	56 53 85	34 96 73	z, t - löf	L	a b
39	56 52 64	34 97 07	zs - suK - suW	L, W	a b
40	56 53 92	34 96 39	zr - z, t - löf	L	b
41	56 54 46	34 96 51	z, t - löf	L	a b
42	56 55 99	34 97 07	z, t - zs	W	a e
43	56 57 71	34 96 92	cd, gt - D	F	b c
44	56 51 05	34 97 27	suW	L, W	a
45	56 50 56	34 97 71	suW	L, W	a
46	56 55 93	34 96 40	zs - suK	L, W	a
47	56 55 49	34 92 95	?suK - suW	F, L, W	a
48	56 55 66	34 92 02	?suW	F	a
49	56 53 71	34 95 07	suW - löf	L	c
50	56 59 95	34 97 65	suW	F, W	a
51	56 55 52	34 93 42	suK	L, W	c
52	56 55 93	34 93 07	?suK - suW	F, W	b
53	56 54 76	34 93 36	suK - suW - löf	L, W	c
54	56 56 87	34 97 31	zr	F	a
55	56 54 07	34 94 01	suW - löf	F, L, W	b
56	56 50 31	34 97 77	suW	L	b
57	56 49 94	34 97 63	suW	F, W	a
58	56 53 14	34 93 13	suW - sm	F, L	c
59	56 55 89	34 91 68	suK	F	c
60	56 54 18	34 92 41	suK - ?sm	F	b

9.3. Wasser im Unterkarbon

Als Grundlage zur Beschreibung und Auswertung der Analysen dient folgendes Material:

Tab. 13. Analysenmaterial der Wässer im Unterkarbon

Quelle Nr.	Zahl der Analysen	durchschnittlicher Lösungsinhalt (mval/l)	Wassertyp
1	4	4,52	e
2	8	4,96	e
3	6	3,64	a b c
5	5	3,08	c
6	5	4,10	a b
9	3	4,16	c
14	6	4,75	a b c
43	2	2,97	b c

Bei den zu besprechenden Quellwässern (Abb. 10 a–c) handelt es sich um normal erdalkalische Süßwässer, teils überwiegend hydrogenkarbonatisch, teils hydrogenkarbonatisch-sulfatisch und sulfatisch.

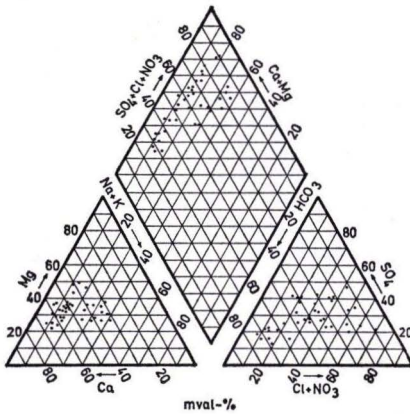


Abb. 10a. Zusammensetzung der Wässer im Unterkarbon.

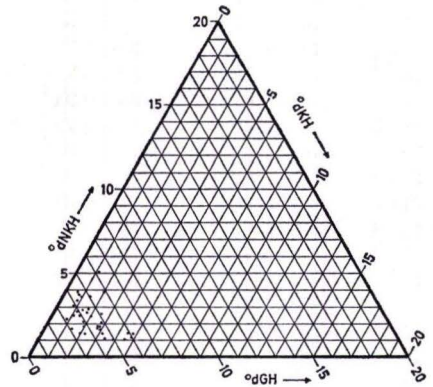


Abb. 10b. Härte-Diagramm der Wässer im Unterkarbon.

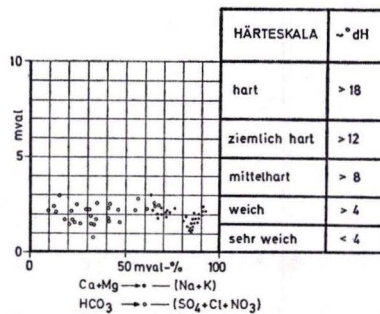


Abb. 10c. Gesamtlösungsinhalt der Wässer im Unterkarbon.

Die Quellen 1 und 2 zeigen bei überwiegend sulfatischem Charakter einen höheren Alkaliengehalt zwischen 20 und > 40 mval-% (Na + K). Die Schwankungen ihres Chemismus halten sich, trotz starker Niederschlagsabhängigkeit und Schüttungsunterschiede, in engen Grenzen. Bei den übrigen Kationen liegt der Ca-Gehalt einheitlich zwischen 30 und 46 mval-%, der Mg-Gehalt zwischen 54 und 72 mval-%. Die Anionen zeigen wie die Kationen nur eine geringe Streubreite. Der SO_4 -Gehalt beträgt zwischen 20 und 35 mval-%, der HCO_3 -Gehalt zwischen 9 und 42 mval-%.

Die Gesamthärte liegt bei $4-5^\circ$ dGH, bei Karbonathärten von $0,8-2,8^\circ$ dKH. Eine Ausnahme stellt bei Q 2 eine Analyse (vom 2. 5. 1969) dar: die Gesamthärte steigt auf $6,2^\circ$ dGH an. Möglicherweise ist dieser Wert und der hohe Lösungsinhalt von etwa 7 mval/l auf Streusalzreste der Straßenreinigung zurückzuführen.

Quelle 5 und 9 sind als normal erdalkalische Süßwässer anzusprechen. Der (Ca + Mg)-Anteil beträgt über 80 mval-%, wobei Kalzium mit über 80 mval-% dominiert. Der HCO_3 -Anteil liegt bei 10–35 mval-%, die Härte zwischen $3,5$ und 6° dGH.

Die übrigen Quellen könnten als Mischtypen normal erdalkalischer Süßwässer mit einem (Ca + Mg)-Anteil von 80 mval-% bei wechselnden HCO_3 -Gehalten verstanden werden. Je nach Niederschlagsanteil und Verweildauer im Boden sind unterschiedliche Lösungsinhalte zu erwarten.

9.4. Wässer im Zechstein und Jüngerem Konglomerat

Da keine Unterscheidungsmöglichkeit der Wässer im Jüngerem gegenüber denen im Älteren Konglomerat oder in den Geismarer Schichten im Sinne der Hydrochemie bestehen, werden diese zusammenfassend behandelt. Als Grundlage zur Beschreibung und Auswertung der Analysen dient das folgende Material:

Tab. 14. Wässer im Zechstein und Jüngerem Konglomerat

Quelle Nr.	Zahl der Analysen	durchschnittlicher Lösungsinhalt (mval/l)	Wassertyp
4	8	10,53	a
13	8	9,92	a
18	8	8,04	a
24	3	9,66	a
25	8	9,87	a
26	8	9,68	a
32	7	9,67	a
46	3	9,42	a
47	3	9,92	a
48	3	8,28	a

Alle Wässer gehören zur Gruppe der erdalkalischen Süßwässer mit überwiegend hydrogencarbonatischem Einschlag (Abb. 11 a–c). Der (Ca + Mg)-Anteil liegt bei allen Analysen über 90 mval-%, der der Alkalien dementsprechend unter 10 mval-%. Im Kationen-Dreieck fällt das Verhältnis von Kalzium und Magnesium auf. Zwar ist beim Kalzium ein Maximum bei 60–70 mval-%- (entsprechend 30–40 mval-% Mg)

zu erkennen, jedoch streuen die Werte bei etwa gleichbleibenden Alkaligehalten von 2–16 mval-% zwischen 12 und 75 mval-% beim Kalzium, entsprechend zwischen 25 und 88 mval-% beim Magnesium.

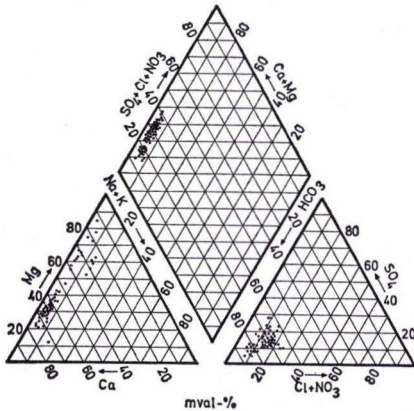


Abb. 11a. Zusammensetzung der Wässer im Zechstein und Jüngerer Konglomerat.

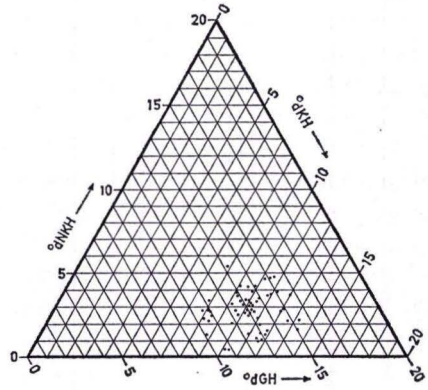


Abb. 11b. Härte-Diagramm der Wässer im Zechstein und Jüngerer Konglomerat.

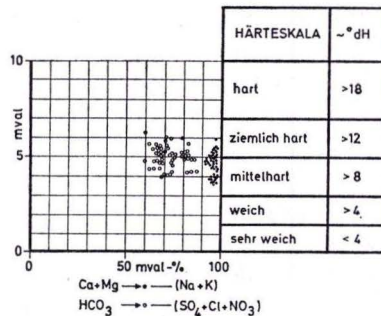


Abb. 11c. Gesamtlösungsinhalt der Wässer im Zechstein und Jüngerer Konglomerat.

Die Anionen zeigen durchweg geringere Schwankungsbreiten, dominierend ist der HCO_3 -Anteil mit Werten von 59–87 mval-%, der $(\text{Cl} + \text{NO}_3)$ -Gehalt übersteigt nur selten 20 mval-%.

Die Härten liegen alle über 10°dGH bei Karbonathärten zwischen 7,5–13,5 dKH. Die Wässer können als mittelhart bis ziemlich hart bezeichnet werden. Insgesamt zeigt das Härte-Diagramm jedoch nicht das geschlossene Bild, welches das Vierstoff-Diagramm vermittelt.

Der Gesamtlösungsinhalt streut zwischen 8,3 und 10,5 mval/l.

9.5. Wässer im Buntsandstein

Es wird nicht zwischen Wässern der Korbach- und Waldeck-Folge sowie des Mittleren Buntsandstein unterschieden. Als Grundlage zur Beschreibung und Auswertung der Analysen dient folgendes Material:

Tab. 15. Analysenmaterial der Wässer im Buntsandstein

Quelle Nr.	Zahl der Analysen	durchschnittlicher Lösungsinhalt (mval/l)	Wassertyp
15	8	3,15	b c
19	8	3,05	c e
20	3	4,10	c
21	8	2,89	c e
22	2	3,80	c
23	3	4,09	c
30	3	2,58	c e
31	2	3,22	c e
35	1	2,14	e
53	1	3,71	c
58	1	4,19	c
60	1	4,76	b

Die Wässer im Buntsandstein (Abb. 12 a–c) liegen weitgehend im Grenzbereich zwischen normal erdalkalischen Süßwässern und erdalkalischen Süßwässern mit höherem Alkaliengehalt.

Aus dem Vierstoff-Diagramm ist zu ersehen, daß die HCO_3^- -Werte vorwiegend zwischen 10 und 30 mval-%, vereinzelt zwischen 30 und 50 mval-% liegen. Nur ein Wert (Q 60) übersteigt 50 mval-% HCO_3^- .

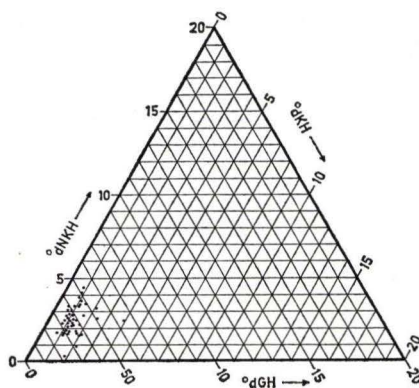
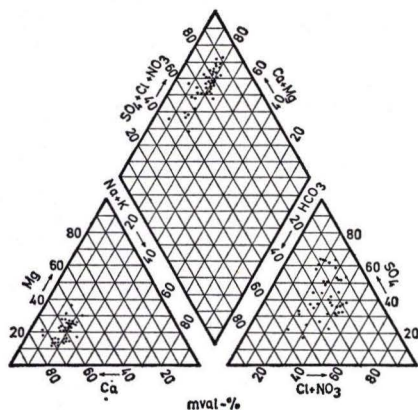


Abb. 12a. Zusammensetzung der Wässer im Buntsandstein.

Abb. 12b. Härte-Diagramm der Wässer im Buntsandstein.

Diese Quelle fällt auch durch ihre hohe Gesamthärte von $6,4^\circ$ dGH auf. Es ist nicht auszuschließen, daß hier eine nahegelegene, gedüngte Schöpfung Einfluß auf den Wasserchemismus genommen hat.

Die mval-%-Summe von $(\text{Ca} + \text{Mg})$ bewegt sich weitgehend um 80 mval-%. Im Kationendreieck ist der an sich geringe Streubereich der Kationen zu erkennen:

die Alkalien liegen bei etwa 20 mval-% (Na + K), 50–70 mval-% Ca und 30–50 mval-% Mg.

Eine große Streuung zeigen dagegen die Anionen: mit Schwankungen zwischen 20 und 65 mval-% besonders die Sulfate und die Hydrogenkarbonate in einem Bereich zwischen 10 und > 50 mval-%. Die mval-%-Summe von (Cl + NO₃) liegt zwischen 18 und 45 mval-%.

Da die Härtebildner enge Schwankungsbereiche aufweisen, ist demzufolge auch im Härte-Diagramm keine große Streuung zu erwarten. Bis auf die genannte Quelle 60 liegen alle Werte der Gesamthärte bei 2,2–4,5° dGH, die der Karbonathärte bei 0,5–2,5° dKH.

Bei geringem Lösungsinhalt mit weniger als 5 mval/l können die Wässer als weich bis sehr weich bezeichnet werden.

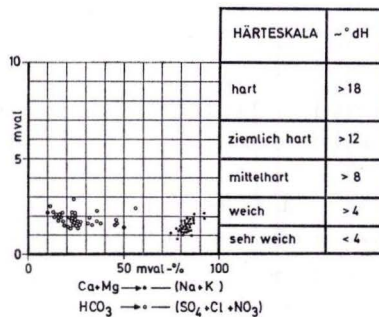


Abb. 12c. Gesamtlösungsinhalt der Wässer im Buntsandstein.

9.6. Mischwässer aus Schichten des Unterkarbon und Zechstein

Grundlage der Bewertung ist folgendes Analysenmaterial:

Tab. 16. Analysenmaterial der Mischwässer aus Schichten des Unterkarbon und Zechstein

Quelle Nr.	Anzahl der Analysen	durchschnittlicher Lösungsinhalt (mval/l)	Wassertyp
7	8	6,57	a
12	6	4,40	a b c

Die Mischwässer gehören zum Typ der überwiegend hydrogenkarbonatischen, hydrogenkarbonatisch-sulfatischen und sulfatischen, normal erdalkalischen Süßwässer (Abb. 13 a – c). Während die Wässer von Quelle 12 den Typen a, b und c zuzuordnen sind, gehören die von Quelle 7 ausnahmslos zu Typ a.

Die Ca-Werte liegen bei Quelle 7 im Kationen-Dreieck zwischen 60 und 75 mval-%. Die Alkaliengehalte betragen unter 10 mval-% (Na + K). Auch die Anionen liegen dicht beieinander: der (Cl + NO₃)-Gehalt beträgt zwischen 17 und 35 mval-%, der HCO₃-Gehalt zwischen 65 und 83 mval-%.

Interessant ist die Verteilung im Härte-Diagramm. Es ist bei dieser Quelle eine eindeutige Abhängigkeit von der Schüttung und damit vom Niederschlag abzulesen. Je niedriger die Quellschüttung ist, desto höher wird der Anteil aus dem retentionsfähigeren Älteren Konglomerat, der Härtegrad steigt auf etwa 11° dGH. Bei erneutem Niederschlag nimmt der Anteil des reinen Kluftwassers aus den Grauwacken zu, die Verweildauer im Boden bzw. Gestein wird geringer, die Härte sinkt auf 5,3 – 7,3° dGH ab.

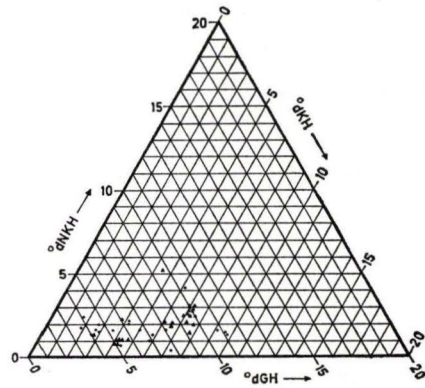
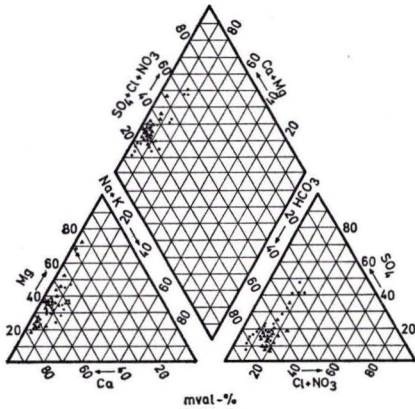


Abb. 13a. Zusammensetzung der Mischwässer aus Schichten des Unterkarbon und Zechstein sowie Zechstein und Buntsandstein.

Abb. 13b. Härte-Diagramm der Mischwässer aus Schichten des Unterkarbon und Zechstein sowie Zechstein und Buntsandstein.

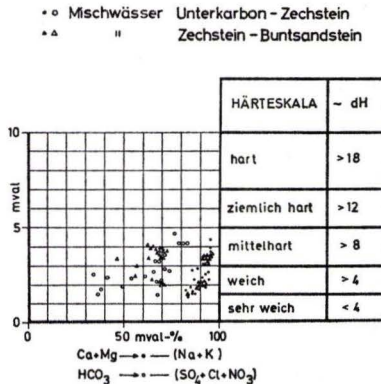


Abb. 13c. Gesamtlösungsinhalt der Wässer aus Schichten des Unterkarbon und Zechstein sowie Zechstein und Buntsandstein.

Diese Abhängigkeit läßt sich weiterhin im Diagramm des Gesamtlösungsinhaltes ablesen. Bei steigender Schüttung (= geringerem Anteil des Zechstein-Wassers) nimmt der Gesamtlösungsinhalt von 8,2 mval/l auf 4,6 mval/l ab.

Quelle 12 zeigt, wie oben erwähnt, einen wesentlich größeren Schwankungsbereich, vor allem bei den Anionen. Hier treten auch höhere Sulfatgehalte auf, ein Zeichen für den Einfluß der Tonschiefer. Die Härten streuen von 4–8° dGH, die höchsten Härtegrade treten analog Quelle 7 bei geringster Schüttung auf.

9.7. Mischwässer aus Schichten des Zechstein und Buntsandstein

Als Bewertungsgrundlage dienen die folgenden Angaben:

Tab. 17. Analysenmaterial der Mischwässer aus Schichten des Zechstein und Buntsandstein

Quelle Nr.	Anzahl der Analysen	durchschnittlicher Lösungsinhalt (mval/l)	Wassertyp
8	8	4,34	a b
27	7	7,42	a b
33	7	7,35	a
50	1	6,43	a
54	2	6,26	a
57	2	6,58	a

Gegenüber den Wässern im Zechstein zeichnen sich die Mischwässer bei nur geringer oder keiner typmäßigen Abweichung (Abb. 13a–c) durch einen geringeren Lösungsinhalt aus. Im Vierstoff-Diagramm läßt sich die prozentuale Verteilung der Lösungsgenossen ablesen: bei den Kationen liegen die Erdalkalien zwischen 88 und 95 mval-% (Ca + Mg) bei einem Hydrogenkarbonatgehalt von 45–75 mval-%. Im Kationen-Dreieck ist etwa die gleiche Ionenverteilung vorhanden wie beim Mischwasser aus Schichten des Unterkarbon und Zechstein, bei den Anionen ist sie enger gefaßt. Hier liegen bei den oben angeführten HCO₃-Gehalten 8–35 mval-% SO₄ vor.

Die Härten sind mit Werten von 4–10,5° dGH und 2,8–7,8° dKH relativ weit gestreut. Der Lösungsinhalt bewegt sich von etwa 4 – > 7 mval/l.

9.8. Wässer mit deutlich anthropogenem Einfluß

Die einzelnen Wassertypen sind nicht in Einzeldiagrammen, sondern in einer Gesamtdarstellung (Abb. 14a–c) aufgezeichnet. Dieser Darstellung liegen die Quellen zugrunde, die in Tab. 18 aufgeführt sind:

Die Quellen unterliegen vorwiegend einer Beeinflussung durch landwirtschaftliche Nutzung in ihrem Einzugsgebiet. Nur Quelle 10 und 11 lassen aufgrund des hohen Salzgehaltes und ihrer Lage unterhalb einer stark befahrenen Straße auf eine Beeinträchtigung durch Streusalz schließen.

Die beeinflussten Quellen im Unterkarbon zeichnen sich gegenüber den nicht beeinflussten durch einen sehr hohen Lösungsinhalt von 7,2–10,2 mval/l aus. Die Werte der unbeeinflussten Quellen lagen, zum Vergleich, zwischen 3 und 5 mval/l. Demge-

mäß sind auch die Härten mit Werten zwischen 5 und 20° dGH starken Schwankungen unterworfen.

Tab. 18. Analysenmaterial der Wässer mit deutlich anthropogenem Einfluß

	Quelle Nr.	Zahl der Analysen	durchschnittlicher Lösungsinhalt (mval/l)	Wassertyp
Anthropogen beein- flußte Wässer im Unterkarbon	10	6	7,10	a c e
	11	6	10,12	a c e
	36	2	7,21	a
Anthropogen beein- flußte Wässer im Zechstein	28	5	5,77	a b
	29	7	4,39	a b
	34	1	7,46	b
	39	2	8,46	a b
	42	2	6,95	a e
Anthropogen beein- flußte Wässer im Zechstein unter Lößbedeckung	16	2	9,88	a
	17	2	13,65	b
	37	2	11,75	a
	38	2	8,84	a b
	40	2	8,78	b
	41	2	10,47	a b
Anthropogen beein- flußte Wässer im Buntsandstein	44	3	7,58	a
	45	3	5,76	a
	51	1	5,74	c
	52	1	6,06	b
	55	1	2,70	b
	56	2	6,73	b
	59	1	8,44	c
	49	1	8,74	c

Die anthropogen beeinflussten Wässer im Zechstein fallen im Härte-Diagramm durch ihren teilweise niedrigeren Wert der Gesamthärte bis 5° dGH auf. In dieser Gruppe sind aber auch Mischwässer vorhanden, so Quelle 28 (Mischwässer im Unterkarbon und Älteren Konglomerat), Quelle 29 (Mischwässer Jüngeres Konglomerat – Korbach-Sandstein) und Quelle 39 (Mischwässer Älteres Konglomerat – Jüngeres Konglomerat – Korbach-Sandstein).

Deutliche Unterschiede liegen gegenüber den Wässern im Zechstein unter Lößbedeckung vor. Diese weisen bei Karbonathärten von 6–12,5° dKH Gesamthärten bis 18° dGH auf. Der Gesamtlösungsinhalt geht bis > 13 mval/l hinauf.

Auch die beeinflussten Wässer im Buntsandstein zeigen gegenüber den unbeeinflussten wesentlich größere Lösungsinhalte von 3–8 mval/l und entsprechend auch größere Härten von 8–10° dGH bei stark wechselnden Karbonat- bzw. Nichtkarbonathärten.

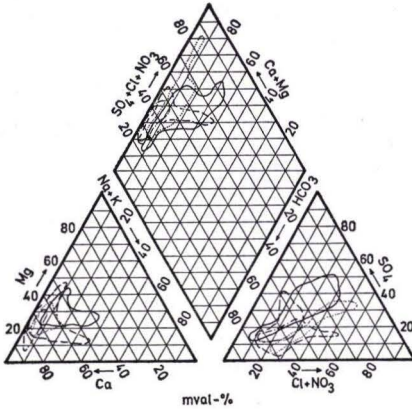


Abb. 14a. Zusammensetzung der Wässer mit deutlich anthropogenem Einfluß.

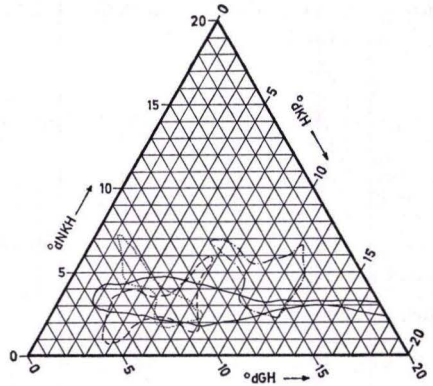


Abb. 14b. Härte-Diagramm der Wässer mit deutlich anthropogenem Einfluß.

- Wässer im Unterkarbon
- - - Wässer im Zechstein
- . . . Wässer im Zechstein unter Löß
- Wässer im Buntsandstein

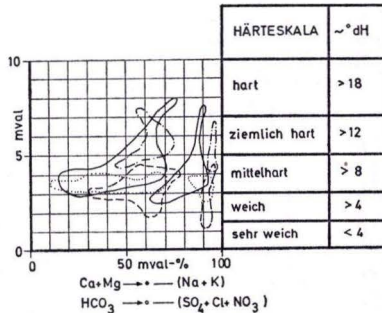


Abb. 14c. Gesamtlösungsinhalt der Wässer mit deutlich anthropogenem Einfluß.

10. Vergleich des Analysenmaterials

In Abb. 15a–c sind die Analysenwerte zusammenhängend eingetragen. Diese Darstellung ermöglicht eine optisch gute Gegenüberstellung, aus der man diese Schlußfolgerungen ziehen kann:

Wässer im Unterkarbon und im Buntsandstein weisen eine grundsätzliche Übereinstimmung auf. Unterschiede ergeben sich nur in der Streubreite der einzelnen Kationen- bzw. Anionengruppen. Die Wässer im Unterkarbon zeigen gegenüber denen im Buntsandstein prozentual einen größeren Schwankungsbereich der Erdalkalien und des Hydrogencarbonates, durchweg höhere Magnesium- und niedrigere Sulfat-Gehalte.

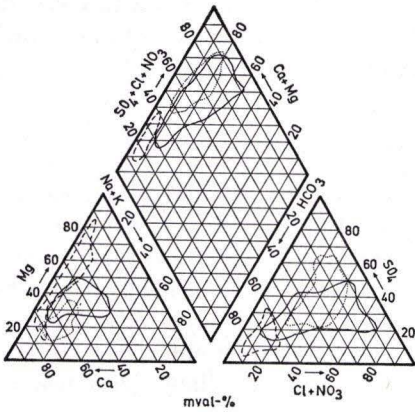


Abb. 15a. Übersicht über die Zusammensetzung der Wässer im Unterkarbon, Zechstein und Buntsandstein.

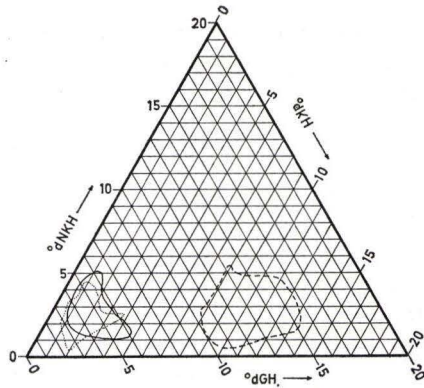


Abb. 15b. Übersicht über die Härten der Wässer im Unterkarbon, Zechstein und Buntsandstein.

- Wässer im Unterkarbon
- - - Wässer im Zechstein
- Wässer im Buntsandstein

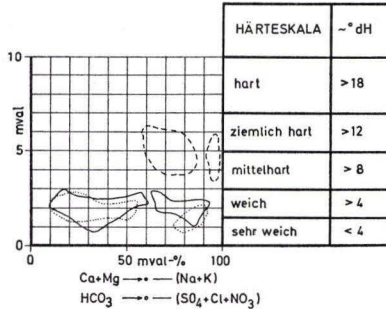


Abb. 15c. Übersicht über den Gesamtlösungsinhalt der Wässer im Unterkarbon, Zechstein und Buntsandstein.

Die Härten weichen nur unwesentlich voneinander ab: beide Wässer können als weich bis sehr weich beschrieben werden.

Im Diagramm des Gesamtlösungsinhaltes ist die Streuung der Anionen-Gruppen bei stärkerer Schwankung des Erdalkalien-Anteils den Wässern im Unterkarbon etwa gleich.

Die Wässer im Zechstein zeigen im Vierstoff-Diagramm kaum Streuung, der Erdalkalien-Anteil liegt immer über 90 mval-%, der HCO_3 -Gehalt zwischen 60 und 85 mval-% bei durchweg geringeren $(\text{Cl} + \text{NO}_3)$ - und SO_4 -Gehalten.

Während das Verhältnis von Ca:Mg bei den Wässern im Unterkarbon und im Buntsandstein etwa gleich bleibt, unterliegt es bei Wässern im Zechstein stärkeren Schwankungen.

Im Härte-Diagramm und im Diagramm des Gesamtlösungsinhaltes setzen sich die Wässer im Zechstein deutlich mit höheren Härte- und mval-Werten ab, sie können insgesamt als mittelhart bis ziemlich hart bezeichnet werden.

10.1. Verteilung der Ionenquotienten

Von Quellen mit mindestens 3 Analysen wurden aus den mval-Werten Ionenverhältnisse aufgestellt und daraus das arithmetische Mittel für die jeweilige Quelle gebildet (Tab. 19). Ein weiteres Kriterium zur Unterscheidung der Wässer bietet neben den Ionenquotienten der Härtequotient (WANDT 1960). Er errechnet sich aus Karbonathärte dividiert durch Nichtkarbonathärte. Je größer der Wert des Härtequotienten wird, desto mehr treten nur Karbonate als Härtebildner auf.

Welche Unterscheidungsmerkmale lassen sich aus der Verteilung der Ionenquotienten ablesen?

Der Quotient Na:K weist bei den Wässern im Unterkarbon allgemein einen größeren Wert als bei denen im Buntsandstein auf. Nur die Quellen 5 und 9 zeigen niedrigere Werte, die möglicherweise auf einen sehr kurzen Wanderweg des Wassers zurückzuführen sind.

Tab. 19. Ionen- und Härtequotienten

	Quelle N.	$\frac{\text{Na}}{\text{K}}$	$\frac{\text{Ca}}{\text{Mg}}$	$\frac{\text{Ca}+\text{Mg}}{\text{Na}+\text{K}}$	$\frac{\text{Cl}}{\text{SO}_4}$	$\frac{\text{HCO}_3}{\text{Cl}+\text{SO}_4+\text{NO}_3}$	$\text{Hq} = \frac{\text{KH}}{\text{NKH}}$
Quotienten	1	22,5	1,31	2,72	1,09	0,64	1,38
von Wässern	2	27,95	1,14	1,99	1,91	0,32	0,44
im Unter-	3	22,66	1,75	8,11	0,68	1,58	2,39
karbon	5	7,11	1,24	6,02	0,56	0,46	0,48
	6	43,26	2,36	7,39	0,43	1,45	2,45
	9	10,16	1,11	5,11	0,76	0,23	0,29
Quotienten	4	33,0	1,46	25,28	0,96	2,42	2,88
von Wässern	13	21,75	1,95	13,55	0,82	4,98	8,84
im Zechstein	18	7,0	1,55	18,47	0,57	3,03	3,46
	24	34,0	1,85	27,32	0,38	2,26	2,42
	25	39,32	1,31	18,53	0,38	2,35	3,25
	26	35,28	1,35	26,97	0,40	2,62	2,93
	32	17,78	2,2	26,59	0,43	3,9	5,68
	46	6,61	2,91	22,38	0,64	2,78	2,52
	47	5,66	2,05	23,33	0,91	3,81	3,77
	48	3,6	2,35	23,23	1,19	5,77	15,3
Quotienten	15	7,56	2,75	5,28	0,52	0,61	0,96
von Wässern	19	6,58	2,34	4,01	0,68	0,4	0,49
im Bunt-	20	7,94	3,5	5,21	0,26	0,24	0,38
sandstein	21	4,48	3,12	3,8	0,93	0,32	0,49
	23	10,5	2,83	4,81	0,46	0,17	0,2
	30	6,89	3,33	3,72	0,38	0,3	0,48

NÖRING (1951), BECKSMANN (1955) und LANGGUTH (1966) weisen darauf hin, daß eine Beziehung der Wässer zu den bodenbildenden Deckschichten besteht. Der Charakter eines Wassers wird demnach nicht nur durch die Verweildauer im Gestein, sondern durch Sickervorgänge im belebten Boden geprägt, LANGGUTH (1966: 51) spricht von einer „biologisch unterschiedlichen Aktivität“.

Als weitere Faktoren, die auf den Grundwasserchemismus einwirken, werden von NÖRING (1951) genannt:

- chemische Zusammensetzung des Niederschlags
- chemische Zusammensetzung zutretender Oberflächenwässer
- Einfluß von Düngung (anthropogene Faktoren) und
- physikalische Änderung im grundwasserführenden Gestein wie Grundwasserspiegelschwankung, Wasserhaltung und künstliche Vorflut durch Brunnenwasserentnahme.

Die Kaliumgehalte der Wässer stehen in enger Beziehung zum Tongehalt der Gesteine. Tonreiche Gesteine sind in der Lage, Kalium zu absorbieren (u. a. SCHWILLE 1956, ENGELHARDT 1960, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1970: 105 ff).

Diese Tatsache erklärt möglicherweise den hohen Betrag des Na:K-Quotienten bei den Wässern im Zechstein (außer Quelle 18, 46, 47, 48) und den Wässern im Unterkarbon außer den Quellen 5 und 9 (= kurzer Wanderweg) gegenüber denen im Buntsandstein. Für den niedrigen Na:K-Quotienten der Quellen 18, 46, 47, 48 besteht zur Zeit noch keine plausible Erklärung.

Das mval-Verhältnis der Erdalkalien hat bei den Wässern im Unterkarbon und Zechstein aufgrund des höheren Mg-Gehaltes der Gesteine einen niedrigeren Wert als bei denen im Buntsandstein. Auffällig sind die Unterschiede im Verhältnis von Erdalkalien zu Alkalien. Bei den Wässern im Zechstein liegen sie mit Ausnahme von Quelle 13 mit einem Quotienten von 13,5 zwischen 18,47 und 27,32. Deutlich ist der hohe Gesamtlösungsinhalt in diesem Ergebnis wiedergegeben. Stark wechselnde Werte sind bei den Wässern im Unterkarbon mit Quotienten von 1,99–8,11 vorhanden, mit den Werten von 3,8–5,28 ist der Schwankungsbereich der Wässer im Buntsandstein am geringsten.

Bei den mval-Verhältnissen der Anionen besteht im Verhältnis Cl:SO₄ wegen der SO₄-Vormacht bei allen Quellen weitgehende Übereinstimmung. Dagegen weist die Gegenüberstellung von Hydrogenkarbonat zu (Cl + SO₄ + NO₃) wieder gesteinsbedingte Unterschiede auf. HCO₃-Vormacht mit einem Quotienten von 2,42–5,77 zeigen Wässer im Zechstein, wechselnde Verhältnisse von 0,23–1,58 die Wässer im Unterkarbon. Bei den Wässern im Buntsandstein tritt der HCO₃-Anteil gegenüber den restlichen Anionen zurück, alle Werte weisen einen Quotienten < 1 auf.

Ein Maß für den Anteil von Karbonaten als Härtebildner gibt, wie erwähnt, der Härtequotient. Wechselnde Verhältnisse liegen im Schiefergebirge vor, der Buntsandstein zeigt dagegen ein Überwiegen der Nichtkarbonathärte. Wässer im Zechstein zeigen mit Quotienten von 2,42–15,3 eine Vormacht der Karbonathärte.

11. Temperaturen der Quellwässer

Die Temperaturen der Quellwässer werden am Beispiel der Messungen im April 1970 besprochen. Bei den meisten Quellen ist eine Abhängigkeit der Wassertemperatur von

der Höhenlage festzustellen, die in Abb. 16 ersichtlich ist. Die Quellen sind gemäß ihrer Schüttung in Quellengruppen zusammengefaßt und ihrer Höhenlage entsprechend von 20 zu 20 m eingetragen.

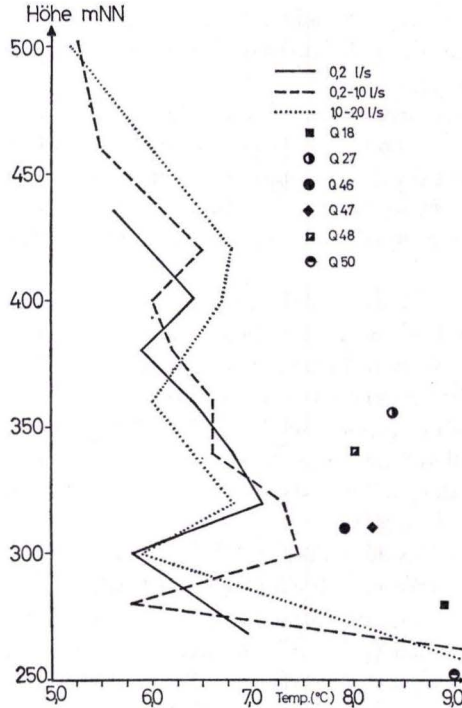


Abb. 16. Abhängigkeit der Wassertemperatur der Quellwässer von der Höhenlage.

Unabhängig von der Höhenlage sind die Quellen höherer Schüttung bzw. größeren Einzugsgebietes. Ihre Temperaturen von 7,9–9 °C liegen verständlicherweise über der mittleren jährlichen Lufttemperatur von 7–7,5 °C.

12. Physikalische und chemische Beschaffenheit des Oberflächenwassers

Mitte Oktober 1969 wurden aus der Schweinfe Proben genommen und analysiert. Die Ergebnisse sind in Tab. 20 zusammengefaßt und in Abb. 17 dargestellt.

Wie aus Abb. 17 zu ersehen ist, steigt die Gesamthärte der Schweinfe bis zur Meßstelle K nur gering an, wird aber durch Zulauf von Quelle 46 (>12° dGH) und der Abwässer des Weilers Kirschgarten auf > 13 °dGH an Meßstelle J erhöht. Härte-, Chlorid- und Sulfat-Werte steigen bis zur Meßstelle H weiter an. Da eine oberirdische Beeinflussung, die einen derartigen Anstieg verursachen kann, in diesem Bereich weitgehend auszuschließen ist, bleibt folgender Schluß: der unterirdische Zulauf in die Schweinfe beträgt im Gebiet vor Halgehausen 4,9 l/s. Durch Erfassen der Leitfähigkeitswerte aller aus den Teilniederschlagsgebieten zulaufender Wässer und der an den

Tab. 20. Chemische Daten des Oberflächenwassers

Meßstelle	GH (°dH)	KH (°dH)	NKH (°dH)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
A	9,8	6,7	3,1	14,9	29,4
B	10,1	6,7	3,4	17,7	23,7
C	11,8	8,4	3,4	18,4	48,6
D	12,6	8,1	4,5	19,1	59,6
E	12,3	8,1	4,2	17,0	51,8
F	12,3	8,4	3,9	19,1	53,8
G	14,8	9,5	5,3	19,8	99,9
H	15,4	9,5	5,9	17,7	89,7
J	13,2	9,2	4,0	15,6	46,1
K	10,4	7,3	3,1	14,9	27,5
L	15,1	9,8	5,3	19,8	76,0
M	12,6	8,1	4,5	19,1	46,7

Meßstellen ist es möglich, bei bekannter Menge des unterirdischen Zulaufs die hypothetische Leitfähigkeit des zulaufenden Wassers gemäß der etwas abgeänderten Mischungsregel zu errechnen. Infolge der nicht erfaßbaren Reaktionsverhältnisse der chemischen Bestandteile des Bachwassers mit dem zulaufenden Grundwasser ist diese Methode im Detail mit Fehlern behaftet. Es kann aber auf jeden Fall die Größenordnung der Grundwasser-Leitfähigkeit festgestellt werden. Die hypothetische Leitfähigkeit beträgt im Bereich vor Halgehausen etwa 510 μ S.

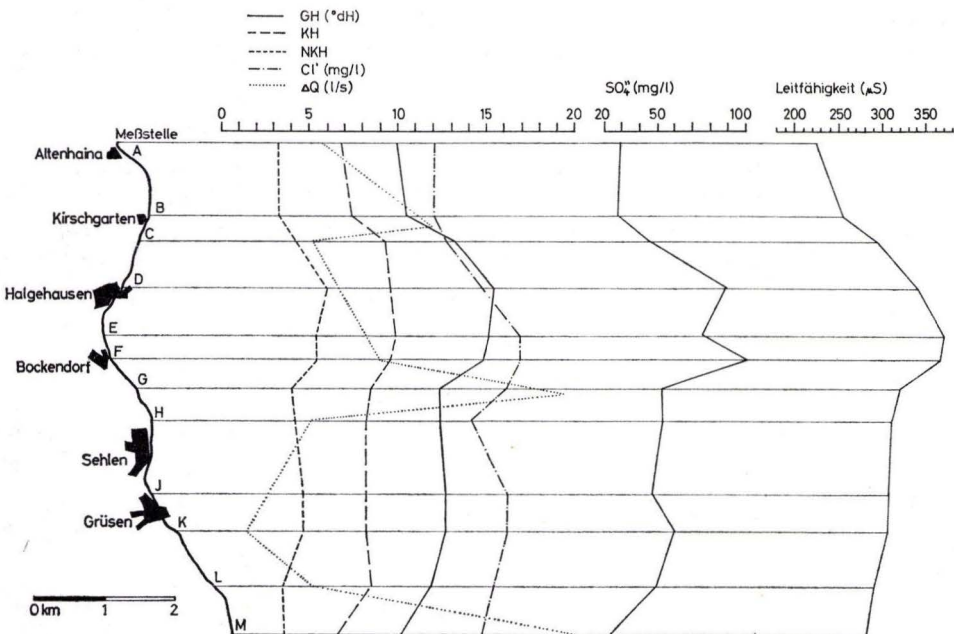


Abb. 17. Chemische und physikalische Kennwerte der Schweinfe.

Die Meßstelle L zeigt gegenüber H ein Absinken von Härtewert, Leitfähigkeit und Sulfatgehalt an, der Einfluß der Abwässer von Halgehausen ist anscheinend nicht wesentlich. Die chemischen Kennwerte der Probe G sind unbeeinflusst von der Kanalisation Bockendorf. Der unterirdische Zulauf von 6,27 l/s zwischen den Meßstellen L und G besitzt eine hypothetische Leitfähigkeit von 480 μ S.

Wie aus der Tab. 20 und Abb. 17 hervorgeht, laufen im Gebiet südlich Kirschgarten bis etwa Bockendorf unterirdisch Wässer zu, deren Chemismus mit den beobachteten Quellen in den Niederschlagsteilgebieten nicht in Einklang zu bringen ist. Aufgrund der errechneten hypothetischen Leitfähigkeit besitzen diese Wässer einen größeren Gesamtlösungsinhalt als die untersuchten Wässer im Unterkarbon, Zechstein und Buntsandstein. Weitere, noch auszuführende Detailuntersuchungen sollen den Beweis erbringen, daß es sich möglicherweise um aufsteigende Tiefenwässer mit höherem Gesamtlösungsinhalt handelt.

Von Meßstelle F an verlaufen die dargestellten Kurven ausgeglichen. Südlich Grünen wird der Einfluß der zutretenden Buntsandstein-Wässer deutlich. Bei steigendem unterirdischem Zulauf sinken Härte, Chlorid- und Sulfat-Gehalte ab. Das Leitfähigkeitsmaximum vor Meßstelle C wird wahrscheinlich durch die Abwässer eines Ausiedlerhofes verursacht.

13. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der hydrogeologischen und hydrochemischen Bearbeitung des Schweinfe-Niederschlagsgebietes können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die Flußdichte des gesamten bearbeiteten Gebietes beträgt 1,43 km/km². Merkliche Unterschiede ergeben sich in der Flußdichte mit 2,25 km/km² für den Schiefergebirgsanteil und 1,17 km/km² für die relativ gut durchlässigen Böden des Buntsandsteingebietes.
2. Als gute Kluftgrundwasserleiter sind Frankenberger Sandstein, Jüngerer Konglomerat, Korbach-Sandstein und sandige Teile der Waldeck-Folge zu nennen. Das nutzbare Hohlraumvolumen (Kluftvolumen) schwankt bei diesen Gesteinen im Tagesaufschluß von 1,0–1,8%. Kluftgrundwasserleiter mit wechselnder bis geringer Wasserwegsamkeit sind Diabas, Tonschiefer, Kieselschiefer, Grauwacken, Älteres Konglomerat und Korbach-Flaserschichten. Wasserstauer sind die Ton- und Schluffsteine der Geismarer Schichten.
3. Gesteine des Jüngerer Konglomerat und des Volpriehausen-Sandstein sind teilweise als Porengrundwasserleiter anzusprechen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte des Jüngerer Konglomerat liegen zwischen $8,38 \times 10^{-5}$ und $1,16 \times 10^{-4}$, die des Volpriehausen-Sandstein zwischen $3,75 \times 10^{-4}$ und $1,66 \times 10^{-4}$ m/s. Blockschuttreiche Talfüllungen des Schiefergebirges können gute Wasserwegsamkeit aufweisen.
4. Das gesamte Niederschlagsgebiet wurde in Teilniederschlagsgebiete bis < 1 km² aufgeteilt und deren Abflüsse und Abflußspenden ermittelt. Die Abflußspenden betragen für die einzelnen Teilniederschlagsgebiete zwischen 0 und $4,2$ l/s \times km².

Die Gesamt-Abflußpende des Schweife-Niederschlagsgebietes errechnet sich zu $3,55 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

5. Durch Berechnung des Abflußzuwachses ΔQ konnten Gebiete besonders hohen Grundwasserzulaufs festgestellt werden, die bei Kirschgarten mit etwa 21 l/s , im Gebiet zwischen Bockendorf und Sehlen mit etwa 26 l/s und nördlich der Eisenbahnbrücke Gemünden/Wohra mit $23,6 \text{ l/s}$ liegen.
6. Von April 1969 bis Mai 1970 wurden an 60 Quellen des Untersuchungsgebietes 236 Wasserproben genommen und neben der Quellschüttung die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Quellwassers festgestellt.
Die Quelledichte beträgt für das gesamte Arbeitsgebiet $1,7 \text{ Quellen/km}^2$. Durch geologische-tektonische Gegebenheiten sind im Schiefergebirge drei Quellen/km^2 , im Buntsandsteingebiet zwischen 0 und $2,2 \text{ Quellen/km}^2$ zu beobachten.
Die Quellschüttungen lassen bis auf wenige Talgrundquellen eine deutliche Abhängigkeit vom Niederschlag erkennen. Hinweise auf das Retentionsverhalten der Gesteine und die Niederschlagsabhängigkeit der Quellen gibt die Schwankungsziffer. Die höchsten Schwankungsziffern treten mit Werten von $24,0-220,0$ im Schiefergebirge auf, zwischen $6,9$ und $17,0$ liegen die Werte der Buntsandsteinquellen. Die retentionsfähigen Ton- und Schluffsteine der Geismarer Schichten zeigen eine Schwankungsziffer von $2,0-3,3$.
7. Die Differenz zwischen oberirdischem Niederschlagsgebiet und unterirdischem Einzugsgebiet beträgt etwa $6,5 \text{ km}^2$. Im SW-Teil des Niederschlagsgebietes verschiebt sich die unterirdische Wasserscheide um mehrere Kilometer nach NE in das Arbeitsgebiet hinein. Die Grundwasserfließrichtung ist in diesem Bereich vom Niederschlagsgebiet nach SW hin gerichtet.
8. Mittels eines 3-linearen Diagrammes (Vierstoff-Diagramm, kombiniert mit zwei Dreistoff-Diagrammen) konnten die auftretenden Quellwässer hydrochemisch klassifiziert und ihre chemischen Charakteristika herausgearbeitet werden.
Bei den Wässern im Unterkarbon handelt es sich um normal erdalkalische Süßwässer, teils überwiegend hydrogenkarbonatisch, teils hydrogenkarbonatisch-sulfatisch und sulfatisch.
Die Wässer im Zechstein gehören ausnahmslos zur Gruppe der normal erdalkalischen Süßwässer mit überwiegend hydrogenkarbonatischem Anteil.
Wässer im Buntsandstein liegen weitgehend im Grenzbereich zwischen normal erdalkalischen Süßwässern mit hydrogenkarbonatisch-sulfatischem oder überwiegend sulfatischem Charakter und überwiegend sulfatischen, erdalkalischen Süßwässern mit höheren Alkaliengehalt.
Anhand des Gesamtlösungsinhaltes (mval) und der chemischen Zusammensetzung war es möglich, Mischwässer der einzelnen Typen und anthropogen beeinflusste Wässer zu erkennen.
Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit zur Differenzierung der Wassertypen war durch die Ionenquotienten gegeben.
9. Die Temperaturmessung der Quellwässer ergab eine Abhängigkeit der Wassertemperatur von der Höhenlage des Wasseraustrittes.

10. Leitfähigkeitsmessungen und chemische Analysen des Schweife-Wassers ermöglichen es, den chemischen Charakter des aus dem Grundwasser in den Vorfluter tretenden Wassers annähernd zu bestimmen. Besonders interessant sind die Gebiete vor Bockendorf und Halgehausen, die einen Aufstieg von Wässern mit höherem Gesamtlösungsinhalt in diesem Gebiet vermuten lassen.

14. Schriftenverzeichnis

- BECKSMANN, E. (1955): Grundwasserchemismus und Speichergestein. — Z. deutsch. geol. Ges., **106**: 23–25; Hannover.
- DÜRBAUM, H. J., MATTHES, G. & RAMBOW, D. (1969): Untersuchung der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 258–274, 10 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- EINSELE, G., BOZORGZAD-ARBAB, D., HEITTELE, H., KLOCK, M. SEILER, U.-P. (1969): Hydrogeologische Untersuchungen in der Buntsandsteinzone des südlichen Saarlandes. Allgemeiner Teil. Neubildung und Speicherung von Grundwasser. — Geol. Mitt., **9**: 1–74, 24 Abb., 15 Tab.; Aachen.
- FAST, H. & SAUER, K. (1958): Die chemische Zusammensetzung südbadischer Grundwässer, Herkunftsfragen und Versuch einer Typologie. — Vom Wasser, **25**: 48–81, 4 Abb., 4 Tab.; Weinheim.
- GERB, L. (1953): „Reduzierte“ Wässer — Beitrag zur Typologie bayrischer Grundwässer. — GWF, **94**, H. 4: 87–92, H. 6, S. 157–161; München.
- (1958): Grundwassertypen. — Vom Wasser, **25**: 16–47, 6 Tab.; Weinheim.
- GISSLER, A. (1952a): Probleme und Wege hydrologischer und hydrogeologischer Forschung. — Wasserwirtschaft-Wassertechnik, **2**, S. 89–90; Berlin.
- (1952b): Durchführung hydrogeologischer Beobachtungen und hydrologischer Vorarbeiten. — Wasserwirtschaft-Wassertechnik, **2**: 273–274; Berlin.
- GORELL, H. A. (1958): Classification of formation waters based on sodium chloride content. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., **42**: 2513; Tulsa.
- GRIMM, A. (1969): Die Grundwasserverhältnisse im Raum Kassel (Nordhessen) unter besonderer Berücksichtigung der Hydrochemie. — Göttinger Arb. Geol. Paläontol., **2**: 1–143, 23 Abb., 8 Tab., 1 Taf., 21 Beil.; Göttingen.
- HAUSCHULZ, J. (1959): Gewässerkundliches Kartenwerk Hessen, Teil 1, 6 Ktn., 3 Tab.; Wiesbaden (Hess. Min. Landw. u. Forsten, Abt. Wasserwirtsch.).
- HEM, J. D. (1959): Study and Interpretation of Chemical Characteristics of Natural Water. — Geological Survey Water-Supply Paper **1473**: 1–269, 2 Anl., 40 Abb., 26 Tab.; Washington.
- HÖLL, K. (1964): Langjährige chemische Untersuchungen unbeeinflusster Quellen und Quellbäche. — Vom Wasser, **31**: 26–42, 5 Abb., 8 Tab.; Weinheim.
- HÖLTING, B. (1969): Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1: 25 000, Bl. 4720 Waldeck: 156–189, 2 Abb., 9 Tab.; Wiesbaden.
- JOHANNSEN, A. (1950): Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **1**: 87, 10 Taf., 8 Abb.; Wiesbaden.
- KAESS, W. (1965): Sind Härtegrade entbehrlich? — Eine Anregung. — Deutsch. gewässerkd. Mitt., **9**, S. 63–64; Koblenz.
- LANGGUTH, H. R. (1966): Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels (Rheinisches Schiefergebirge). (Minist. Ernähr. Landwirtsch. u. Forst. Nordrhein-Westfalen). 127 S., 4 Taf., 13 Tab., 8 Abb., 23 Diag.; Düsseldorf.
- MATTHES, G. & THEWS, J.-D. (1959): Erfahrungen bei der hessischen hydrogeologischen Spezialkartierung 1:25 000 in den Jahren 1957 und 1978. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 417–428, 4 Abb.; Wiesbaden.

- NÖRING, F. (1951a): Fragen der Grundwasserchemie in Beziehung zu Oberfläche und Untergrund. — Z. deutsch. geol. Ges., **102**: 123—128; Hannover.
- (1951b): Einflüsse der Kunstdüngung auf den Chemismus des Grundwassers. — Gesundh.-Ing., **72**: 190—191; München.
- PICKEL, H.-J. (1971a): Geologische, hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen am Ostrand der Frankenberger Bucht im Gebiet Altenhaina — Gemünden/Wohra. Unveröff. Dipl.-Arbeit TH Darmstadt: 1—206, 77 Abb., 4 Taf.; Darmstadt.
- (1971b): Das Profil der Bohrung Altenhaina und Bemerkungen zur Grenze Zechstein-Buntsandstein im Osten der Frankenberger Bucht. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 106—123, 7 Abb., 1 Tab., Taf. 11—13; Wiesbaden.
- SCHARPFF, H.-J. (1968): Hydrogeologie.-Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Preßberg: 110—125, 1 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- SITTE, F. (1954): Neuere Methodik der Grundwasserkartierung. — Ass. int. Hydrogeologie sci. Assemblée generale de Rome 1954, 2: 276—290, pub. 37.
- THEWS, J.-D. (1966): Die Karte der Grundwasserbeschaffenheit in Hessen 1:300000. Hess. L.-Amt Bodenforsch., 12 S., 1 Kte.; Wiesbaden.
- TURNER, A. (1967): Hydrogeologie. 350 S., 187 Abb.; Wien—New York (Springer).
- TICHY, F. (1951): Die Lahn — Geographische Grundlagen einer Wasserwirtschaft. Marburger geogr. Schr., **2**: 1—124, 31 Tab., 21 Abb.; Marburg.
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. — Forsch. deutsch. Landeskn., **104**: 47—54, 2 Abb.; Remagen.
- DIN 4049, Blatt 1. Gewässerkunde, Fachausdrücke und Begriffsbestimmungen, Teil 1: quantitativ, 26 S., 10 Abb., Berlin-Köln 1954.
- Klima-Atlas von Hessen. 75 Ktn., 9 Diagr., Erl., Bad Kissingen (Deutscher Wetterdienst) 1950.

15. Anhang

Im folgenden sind die Analysen tabellarisch (Tab. 21) zusammengefaßt. Aus drucktechnischen Gründen werden nicht alle 236 Analysen aufgeführt, sondern bei mehreren Analysen eines Wasseraustrittes nur die jeweiligen Mittelwerte mit dem Hinweis auf die Anzahl der Analysen.

Manuskript eingegangen am 4. 1. 1972

Tab. 21.

Quelle Nr.	Zahl der gemittelten Analysen	K ⁺			Na ⁺			Ca ⁺⁺			Mg ⁺⁺		
		mg l	mval l	mval -%	mg l	mval l	mval -%	mg l	mval l	mval -%	mg l	mval l	mval -%
1	4	1,1	0,02	0,92	12,9	0,56	25,8	18,0	0,9	41,47	8,5	0,69	31,79
2	8	1,2	0,03	1,27	18,0	0,78	33,19	16,5	0,82	34,89	8,9	0,72	30,63
3	6	0,6	0,01	0,57	4,0	0,17	9,77	20,0	1,0	57,47	6,9	0,56	32,18
4	8	0,5	0,01	0,19	4,6	0,2	3,93	54,4	2,72	53,54	26,3	2,15	42,32
5	5	1,0	0,02	1,31	4,4	0,19	12,5	14,4	0,72	47,36	7,3	0,59	38,81
6	5	0,5	0,01	0,51	5,0	0,21	10,88	24,0	1,2	62,17	6,3	0,51	26,42
7	8	0,4	0,01	0,31	3,6	0,15	4,76	39,4	1,97	62,53	12,5	1,02	32,38
8	8	1,0	0,02	0,98	3,8	0,16	7,84	22,5	1,12	54,9	9,1	0,74	36,27
9	3	1,2	0,03	1,57	6,7	0,29	15,18	16,0	0,8	41,88	9,7	0,79	41,36
10	6	1,4	0,03	0,81	16,7	0,72	19,67	33,8	1,69	46,17	15,0	1,22	33,33
11	6	1,5	0,03	0,63	18,0	0,78	16,52	44,7	2,23	47,24	20,6	1,68	35,59
12	6	0,7	0,01	0,5	4,9	0,21	10,6	22,0	1,1	55,55	8,1	0,66	33,33
13	8	0,6	0,01	0,2	7,3	0,31	6,45	53,5	2,67	55,62	22,2	1,81	37,7
14	6	0,9	0,02	0,91	6,3	0,27	12,38	21,3	1,06	48,62	10,2	0,83	38,07
15	8	1,2	0,03	2,06	4,6	0,2	13,79	17,0	0,85	58,62	4,6	0,37	25,51
16	2	0,3	0,007	0,15	4,0	0,17	3,64	76,0	3,8	81,54	8,5	0,69	14,8
17	2	0,3	0,007	0,1	7,5	0,32	4,98	94,2	4,71	73,36	17,0	1,39	21,65
18	8	1,0	0,02	0,51	4,0	0,17	4,41	43,0	2,15	55,84	18,5	1,51	39,22
19	8	1,6	0,04	2,75	5,8	0,25	17,24	16,8	0,84	57,93	4,0	0,32	22,06
20	3	1,3	0,03	1,65	6,0	0,26	14,36	21,3	1,06	58,56	5,7	0,46	25,41
21	8	2,1	0,05	4,16	5,1	0,22	18,33	15,5	0,77	64,16	3,3	0,16	13,33
22	2	1,4	0,03	1,66	6,3	0,27	15,0	22,0	1,1	61,11	4,9	0,4	22,22
23	3	1,2	0,03	1,62	6,7	0,29	15,67	22,7	1,13	61,08	4,9	0,4	21,62
24	3	0,6	0,01	0,19	4,0	0,17	3,28	60,1	3,0	58,02	24,3	1,99	38,49
25	8	0,5	0,01	0,21	5,3	0,23	4,9	46,5	2,32	49,46	26,1	2,13	45,41
26	8	0,3	0,007	0,14	4,1	0,17	3,52	47,3	2,36	48,96	28,0	2,29	47,51
27	7	0,8	0,02	0,57	3,9	0,16	4,62	37,2	1,86	53,75	17,4	1,42	41,04
28	5	0,8	0,02	1,0	5,4	0,23	6,5	33,6	0,85	42,5	12,2	1,0	50,0
29	7	0,6	0,01	0,52	2,2	0,05	2,61	27,4	1,37	71,72	5,9	0,48	25,13
30	3	1,2	0,03	2,8	4,5	0,19	17,75	13,3	0,66	61,68	2,4	0,19	17,75
31	2	1,8	0,04	2,98	5,0	0,21	15,67	18,0	0,9	67,16	2,4	0,19	14,17
32	7	0,6	0,01	0,21	3,9	0,16	3,36	44,6	2,23	46,84	28,8	2,36	49,57
33	7	0,4	0,01	0,29	4,6	0,2	5,83	40,6	2,03	59,18	14,6	1,19	34,69
34	1	1,7	0,04	1,2	7,0	0,3	9,0	32,0	1,6	48,04	17,0	1,39	41,74
35	1	1,5	0,03	4,0	3,0	0,13	17,33	8,0	0,4	53,33	2,4	0,19	25,33
36	2	0,5	0,01	0,29	5,5	0,23	6,68	54,0	2,7	78,48	6,1	0,5	14,53
37	2	0,6	0,01	0,16	6,0	0,26	4,36	92,1	4,6	77,18	13,4	1,09	18,28
38	2	0,2	0,005	0,11	6,5	0,16	3,59	72,0	3,6	80,89	8,5	0,69	15,5
39	2	0,5	0,01	0,24	3,5	0,15	3,69	60,0	3,0	73,89	11,0	0,9	22,16
40	2	0,3	0,007	0,16	8,0	0,34	8,03	54,0	2,7	63,82	14,6	1,19	28,13
41	2	0,1	0,002	0,04	7,0	0,3	6,26	68,1	3,4	70,98	13,4	1,09	22,75
42	2	1,4	0,03	0,9	16,0	0,69	20,84	40,0	2,0	60,42	7,3	0,59	17,82
43	2	0,4	0,01	0,7	5,0	0,21	14,78	16,0	0,8	56,33	4,9	0,4	28,16
44	3	1,2	0,03	0,81	4,7	0,2	5,42	52,0	2,6	70,46	10,5	0,86	26,3
45	3	1,4	0,03	1,07	4,0	0,17	6,09	37,4	1,87	67,02	8,9	0,72	25,8
46	3	1,2	0,03	0,65	4,0	0,17	3,69	65,4	3,27	71,08	13,8	1,13	24,56
47	3	1,3	0,03	0,61	4,0	0,17	3,5	62,7	3,13	64,53	18,6	1,52	31,34
48	3	1,5	0,03	0,74	3,0	0,13	3,23	52,0	2,6	64,67	15,4	1,26	31,34
49	1	0,5	0,01	0,31	5,0	0,21	6,54	44,1	2,2	68,53	9,7	0,79	24,61
50	1	0,7	0,01	0,34	3,0	0,13	4,43	40,1	2,0	68,25	9,7	0,79	26,96
51	1	1,4	0,03	1,14	5,0	0,21	7,98	36,1	1,8	68,44	7,3	0,59	22,43
52	1	0,7	0,01	0,33	4,0	0,17	5,7	36,1	1,8	60,4	12,2	1,0	33,55
53	1	1,5	0,03	1,84	5,0	0,21	12,88	24,0	1,2	73,61	2,4	0,19	11,65
54	2	0,8	0,02	0,65	3,0	0,13	4,27	40,0	2,0	65,78	10,9	0,89	29,27
55	1	0,1	0,002	0,17	4,0	0,17	14,52	16,0	0,8	68,37	2,4	0,2	17,09
56	2	1,2	0,03	0,92	5,5	0,23	7,07	46,0	2,3	70,76	8,5	0,69	21,23
57	2	1,0	0,02	0,63	3,5	0,15	4,74	46,0	2,3	72,78	8,5	0,69	21,83
58	1	0,9	0,02	1,02	3,0	0,13	6,66	28,1	1,4	71,79	4,9	0,4	20,51
59	1	1,8	0,04	1,02	16,0	0,69	17,6	48,1	2,4	61,22	9,7	0,79	20,15
60	1	0,3	0,007	0,32	4,0	0,17	7,83	32,1	1,6	73,73	4,9	0,4	18,43

Tab. 21. (Fortsetzung)

mg l	Cl ⁻ mval l	mval -%	mg l	NO ₃ ⁻ mval l	mval -%	mg l	SO ₄ ⁻ mval l	mval -%	mg l	HCO ₃ ⁻ mval l	mval -%	GH °dH	KH °dH	NKH °dH	Lf µS
25,9	0,72	30,63	4,8	0,07	2,97	32,0	0,66	28,08	54,9	0,9	38,29	4,6	2,5	2,1	157
45,2	1,27	48,65	6,0	0,09	3,44	31,4	0,65	24,9	36,6	0,6	22,98	4,7	1,7	3,0	170
9,0	0,25	13,15	9,0	0,14	7,36	19,7	0,41	21,57	67,1	1,1	57,89	4,5	3,0	1,5	140
29,1	0,81	14,86	6,5	0,1	1,83	35,9	0,74	13,57	231,8	3,8	69,72	14,3	10,6	3,7	331
12,2	0,34	21,79	13,6	0,21	13,46	29,3	0,61	39,1	85,4	0,4	25,64	3,8	1,2	2,6	105
9,0	0,25	11,52	9,0	0,14	6,45	28,3	0,58	26,72	73,2	1,2	55,29	5,0	3,4	1,6	130
8,4	0,23	6,72	3,6	0,05	1,46	26,0	0,54	15,78	158,6	2,6	76,02	8,8	7,3	1,5	205
12,8	0,36	15,65	5,9	0,09	3,91	17,2	0,35	15,21	256,2	1,5	65,21	5,5	4,2	1,3	140
27,6	0,77	34,22	4,3	0,06	2,66	49,3	1,02	45,33	24,4	0,4	17,77	4,9	1,1	3,8	153
30,3	0,85	21,03	10,3	0,16	3,96	64,1	1,33	32,92	292,8	1,7	42,07	8,6	4,8	3,8	238
32,4	0,91	16,85	6,5	0,1	1,85	67,0	1,39	25,74	183,0	3,0	55,55	12,0	8,4	3,6	321
10,5	0,29	11,98	6,0	0,09	3,71	35,7	0,74	30,57	79,3	1,3	53,71	5,4	3,6	1,8	151
12,8	0,36	7,03	9,3	0,15	2,92	24,8	0,51	9,96	250,1	4,1	80,07	12,8	11,5	1,3	303
8,8	0,24	9,33	6,7	0,1	3,89	30,5	0,63	24,51	97,6	1,6	62,25	6,4	4,5	1,9	180
11,9	0,33	19,41	7,3	0,11	6,47	32,1	0,66	38,82	36,6	0,6	35,29	3,7	1,7	2,0	103
17,0	0,47	9,02	8,0	0,12	2,3	39,4	0,82	15,73	231,8	3,8	72,93	13,5	10,6	2,9	304
45,0	1,26	17,94	29,5	0,47	6,69	62,2	1,29	18,37	244,0	4,0	56,98	17,2	11,2	6,0	430
12,4	0,34	8,11	19,8	0,31	7,39	30,9	0,64	15,27	176,9	2,9	69,21	10,7	8,1	2,6	250
15,0	0,42	26,25	7,2	0,11	6,87	32,2	0,67	41,87	24,4	0,4	25,0	3,7	1,1	2,6	97
10,4	0,29	12,66	4,0	0,06	2,62	69,5	1,44	62,88	30,5	0,5	21,83	4,8	1,4	3,4	128
20,0	0,56	33,13	4,8	0,07	4,14	31,9	0,66	39,05	24,4	0,4	23,66	3,3	1,1	2,2	98
11,3	0,31	15,5	2,5	0,04	2,0	60,2	1,25	62,5	24,4	0,4	20,0	4,2	1,1	3,1	117
14,6	0,41	18,3	13,3	0,21	9,37	63,8	1,32	58,92	18,3	0,3	13,39	4,7	0,8	3,9	183
16,1	0,45	8,19	10,7	0,17	3,09	56,6	1,17	21,31	225,7	3,7	67,39	14,7	10,4	4,3	334
14,6	0,41	7,91	9,3	0,15	2,89	54,2	1,12	21,62	213,5	3,5	67,56	13,0	9,8	3,2	301
13,3	0,37	7,62	11,1	0,17	3,5	53,5	1,11	22,88	195,2	3,2	65,97	13,6	8,9	4,7	304
12,6	0,35	8,83	13,6	0,21	5,3	33,9	0,7	17,67	164,7	2,7	68,18	9,9	7,6	2,3	218
15,0	0,42	11,44	33,0	0,53	14,44	34,7	0,72	19,61	122,0	2,0	54,49	8,2	5,6	2,6	207
10,4	0,29	11,69	16,9	0,27	10,88	25,3	0,52	20,96	85,4	1,4	56,45	5,9	3,9	2,0	126
10,6	0,29	19,2	5,0	0,08	5,29	40,5	0,84	55,62	18,3	0,3	19,86	2,8	0,8	2,0	76
17,0	0,47	26,4	17,5	0,28	15,73	45,1	0,93	52,24	18,3	0,3	16,85	3,9	0,8	3,1	108
11,7	0,32	6,51	4,1	0,06	1,22	40,0	0,83	16,9	225,7	3,7	75,35	14,4	10,4	4,0	325
23,3	0,65	16,58	2,7	0,04	1,02	25,6	0,53	13,52	164,7	2,7	68,87	9,8	7,5	2,3	216
21,3	0,6	14,52	31,0	0,5	12,1	49,9	1,03	24,93	122,0	2,0	48,42	9,2	5,6	3,6	234
13,5	0,38	27,33	4,0	0,06	4,31	12,2	0,25	17,98	42,7	0,7	50,35	2,2	1,9	0,3	52
15,6	0,43	11,4	7,5	0,12	3,18	30,1	0,62	16,44	158,6	2,6	68,96	9,8	7,3	2,5	208
28,0	0,78	13,47	35,5	0,57	9,84	40,4	0,84	14,5	219,6	3,6	62,17	16,4	10,0	6,4	406
24,3	0,68	15,48	29,0	0,46	10,47	41,0	0,85	19,36	146,4	2,4	54,66	12,9	6,7	6,2	314
16,6	0,46	10,45	26,0	0,41	9,31	30,7	0,63	14,31	176,9	2,9	65,9	11,0	8,1	2,9	270
31,6	0,89	19,6	34,0	0,54	11,89	39,3	0,81	17,84	140,3	2,3	50,66	11,2	6,4	4,8	300
34,4	0,96	16,9	28,5	0,45	7,92	42,0	0,87	15,31	207,4	3,4	59,85	14,7	9,5	5,2	301
34,7	0,97	26,64	10,5	0,16	4,39	29,5	0,61	16,75	115,9	1,9	52,19	8,1	5,3	2,8	248
8,1	0,22	14,19	6,5	0,1	6,45	35,2	0,73	47,09	30,5	0,5	32,25	3,6	1,4	1,2	108
16,8	0,47	12,08	26,7	0,43	11,05	14,3	0,29	7,45	164,7	2,7	69,4	10,3	7,6	2,7	246
14,7	0,41	12,65	28,7	0,64	14,19	17,9	0,37	11,41	122,0	2,0	61,72	7,7	5,6	2,1	191
16,3	0,45	10,51	21,7	0,35	8,17	34,8	0,72	16,82	201,3	3,3	77,1	12,9	9,2	3,7	309
16,7	0,47	9,27	18,0	0,29	5,71	24,7	0,51	10,05	231,8	3,8	74,95	13,5	10,5	3,0	310
11,8	0,33	7,74	3,0	0,04	0,93	14,3	0,29	6,8	219,6	3,6	84,5	10,8	10,0	0,8	247
26,2	0,73	20,67	75,0	1,2	33,99	57,6	1,2	33,99	24,4	0,4	11,33	8,4	1,1	7,3	252
13,5	0,38	10,85	22,0	0,35	10,0	27,5	0,57	16,8	134,2	2,2	62,85	8,4	6,2	2,2	218
24,1	0,67	21,54	38,0	0,61	19,61	40,3	0,83	26,68	61,0	1,0	32,15	7,0	2,8	4,2	204
16,3	0,45	14,61	30,0	0,48	15,58	21,8	0,45	14,61	103,7	1,7	55,19	8,4	4,8	3,6	218
20,6	0,58	26,6	23,0	0,37	16,97	35,2	0,73	33,48	30,5	0,5	22,93	5,0	1,4	3,6	148
11,3	0,31	9,93	5,0	0,08	2,56	16,3	0,33	10,57	152,5	2,5	80,12	8,6	7,0	1,6	171
9,9	0,27	17,64	2,0	0,03	1,96	25,6	0,53	34,64	42,7	0,7	45,75	3,6	2,0	1,6	78
20,9	0,58	16,66	33,5	0,54	15,51	27,2	0,56	16,09	109,8	1,8	51,72	8,8	5,0	3,8	223
14,9	0,41	11,98	18,0	0,29	8,47	15,6	0,32	9,35	146,4	2,4	70,17	8,7	6,7	2,0	196
16,3	0,45	20,08	29,0	0,46	20,53	25,6	0,53	23,66	48,7	0,8	35,71	5,0	2,2	2,8	134
48,2	1,35	29,86	6,0	0,16	3,53	60,8	1,71	37,83	79,3	1,3	28,76	8,7	3,6	5,1	258
12,1	0,34	13,17	11,0	0,3	11,62	26,2	0,54	20,93	85,4	1,4	54,26	6,4	3,9	2,5	148

Die quantitative Abschätzung von Änderungen der Mineralwasserkomponenten

Von

BERNWARD HÖLTING und **KLAUS WIEGAND**, Wiesbaden*

Kurzfassung: Ein in Rotliegend-Schichten erschlossenes Mineralwasservorkommen setzt sich aus einer Cl-haltigen Tiefensole und einer mehr SO_4^- und HCO_3^- -haltigen Komponente aus den Rotliegend-Schichten zusammen. Zwischen den Jahren 1932 und 1966 waren Cl-Gehalt und Konzentration zurückgegangen. Zur Untersuchung der Ursachen für die festgestellten Änderungen wird der Tiefensole-Anteil der Rotliegend-Quelle über die Anionenverhältnisse eines benachbarten, fast ausschließlich Tiefensole führenden Mineralwasservorkommens errechnet. Dabei zeigt sich, daß der Tiefensole-Anteil abgenommen hat. Die möglichen Ursachen für diesen Rückgang werden untersucht. Es wird festgestellt, daß schon ein geringer Rückgang des Tiefensole-Anteils genügt, um die Zusammensetzung des Rotliegend-Mineralwassers erheblich zu verändern. — Der Rückgang des Tiefensole-Anteils deutet sich auch in den Änderungen der Kationen-Verhältnisse an.

Inhalt

1. Einleitung	254
2. Quantitative Abschätzung der Änderungen der Anionen-Komponenten	255
3. Untersuchung der Ursachen für die Verschiebung der Anionen-Komponenten	257
4. Die Änderungen der Kationen-Verhältnisse	258
5. Schriftenverzeichnis	259

I. Einleitung

MÜLLER (1950) und UDLUFT (1962) zeigten, wie und warum die Mineralquellen in ihrem chemischen Bestand veränderlich sein können. HÖLTING (1966) unterschied dabei:

- a) Kurzfristige Änderungen, vielfach periodisch, verursacht z. B. durch wechselnde Witterungsverhältnisse (u. a. unterschiedliche Niederschläge, Luftdruckschwankungen und dadurch hervorgerufene wechselnde CO_2 -Gehalte in den Mineralwässern), Grundwasserspiegelschwankungen, anthropogene Einflüsse, Neufassung von Quellen u.a.m. Die kurzfristigen Änderungen treten für eine kurze Zeit, also in Wochen und Monaten ein.

*) Dr. B. HÖLTING, Oberregierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

Dr. K. WIEGAND, Regierungsrat z. A. im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

b) Langfristige Änderungen, meist nicht periodisch, z. B. durch Änderungen des Klimas und damit der Grundwasserverhältnisse über größere Gebiete, vor allem aber durch anthropogene Eingriffe in der Umgebung der Mineralquellen (Bebauungen, Kanalisationen, zu starke Förderung aus den genutzten oder benachbarten Mineralwassergewinnungsanlagen). Die Änderung tritt für längere Zeit (in Jahren oder Jahrzehnten) ein und ist häufig nicht wieder umkehrbar.

Zur hydrogeologischen Beurteilung dieser Vorgänge ist es wesentlich, die Änderungen quantitativ abzuschätzen und damit ihren Ursachen näherzukommen. Die Möglichkeit zu einer derartigen Untersuchung bot sich bei einem Mineralwasservorkommen, das aus verständlichen Gründen nicht näher genannt werden kann und von dem geologische und hydrogeologische Einzelheiten nur so weit mitgeteilt werden, wie es zum Verständnis der folgenden Darlegungen notwendig ist. Die Verfasser wollen damit auf die Möglichkeiten derartiger quantitativer Abschätzungen aufmerksam machen.

2. Quantitative Abschätzung der Änderungen der Anionen-Komponenten

Es handelt sich um ein seit Jahrzehnten genutztes Mineralwasservorkommen, das durch eine über 200 m tiefe Brunnenbohrung ausschließlich in Rotliegend-Schichten gefaßt wurde. Die Filterstrecken wurden unterhalb 100 m u. GOK eingebaut. Die Schüttung betrug gleichbleibend 6,4 l/s. Durch eingehende Messungen besonders in den letzten Jahren wurde eine Schwankungsbreite von $\pm 1,3$ l/s ermittelt, so daß das Dargebot genau mit $6,4 \pm 1,3$ l/s anzugeben ist. Analysen aus den Jahren 1932 und 1966 ergaben (mval/kg):

	1932	1966
Na ⁺	40,4	30,2
K ⁺	0,3	1,6
Ca ⁺⁺	23,1	26,3
Mg ⁺⁺	13,7	11,4
Cl ⁻	23,6	15,60
SO ₄ ⁻⁻	0,8	0,86
HCO ₃ ⁻	54,2	53,97
	<u>78,6 mval</u>	<u>70,43 mval</u>

Außerdem enthält das Mineralwasser größere Mengen gelöster freier Kohlensäure.

Der Vergleich beider Analysen zeigt, daß Verschiebungen in den Kationen- und Anionen-Anteilen eingetreten sind, die chemische Veränderungen in der Zusammensetzung des Mineralwassers erbrachten. Nach hydrogeologischen Überlegungen setzt sich das Mineralwasser aus 2 Komponenten zusammen, nämlich einer Cl-haltigen Tiefensole und einer Cl-armen, dafür mehr SO₄- und HCO₃-haltigen Komponente aus den Rotliegend-Schichten.

Die beim Vergleich der beiden Analysen augenfällige Abnahme der Konzentration war auf Grund ebenfalls zurückgegangenen Cl-Gehaltes vermutlich auf eine Minderung des Tiefensole-Zuflusses zurückzuführen. Zur quantitativen Abschätzung des

Tiefensole-Zuflusses wurde angenommen, daß fast alle Cl-Ionen durch die Tiefensole zugeführt werden. Deshalb können die errechneten Zahlen auch nur als Schätzwerte gelten. Die Zusammensetzung der Sole ist aus einem nicht entfernt gelegenen Mineralwasservorkommen bekannt, dessen Zufluß (Lösungsinhalt > 500 mval) ausschließlich (soweit diese hydrogeologische Aussage möglich ist) aus der Tiefensole stammt. Für diese Sole wurden die Ionen-Verhältnisse errechnet, die sich nach Untersuchungen von HÖLTING (1969, 1970) auch bei Konzentrationsschwankungen über längere Zeit hinweg konstant erwiesen haben. Nach den Ionen-Verhältnissen (Mol-Verhältnisse) der Vergleichsquelle wird der Anteil der Tiefensole in der zu untersuchenden Quelle für die Jahre 1932 und 1966 in folgender Weise errechnet:

- a) Das Mineralwasser der Vergleichsquelle hatte die Anionenverhältnisse:

$$\text{Cl}:\text{SO}_4 \text{ (Salinarverhältnis)} = 555$$

$$\text{HCO}_3:(\text{Cl} + \text{SO}_4) \text{ (Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis)} = 0,06.$$

- b) Errechnung des Tiefensole-Anteils (Anteil am Gesamtlösungsinhalt) in der zu untersuchenden Mineralquelle für das Jahr 1932:

$$\text{Cl} = 23,6 \text{ mval (nach Analyse)}$$

$$\text{Cl}:\text{SO}_4 = 555$$

$$\text{SO}_4 = \frac{23,6}{555} = 0,04 \text{ mval}$$

$$\text{HCO}_3:(\text{Cl} + \text{SO}_4) = 0,06$$

$$\text{HCO}_3 = 0,06 \cdot (23,6 + 0,04)$$

$$\text{HCO}_3 = 1,42 \text{ mval}$$

Der Anteil der Tiefensole beträgt damit

$$\text{Tiefensole (Cl} + \text{SO}_4 + \text{HCO}_3) = 25,06 \text{ mval.}$$

Da der gesamte Lösungsinhalt im Jahre 1932 (Anionen-Summe) mit 78,6 mval bestimmt wurde, errechnet sich der Rotliegend-Anteil wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Rotliegend-Anteil} &= \text{Gesamtlösungsinhalt} - \text{Tiefensole-Anteil} \\ &= 78,60 - 25,06 \end{aligned}$$

$$\text{Rotliegend-Anteil} = 53,54 \text{ mval}$$

- c) Nach der Analyse aus dem Jahre 1966 errechnen sich in gleicher Weise folgende Anteile für die Tiefensole:

$$\text{Cl} = 15,60 \text{ mval}$$

$$\text{HCO}_3 = 0,94 \text{ mval}$$

$$\text{SO}_4 = 0,02 \text{ mval}$$

$$\hline 16,56 \text{ mval}$$

Da der Gesamtlösungsinhalt an Anionen 70,43 mval betrug, entfallen 53,87 mval auf den Rotliegend-Anteil.

Bei Vergleich der Werte ist festzustellen, daß der Tiefensole-Anteil vom Jahre 1932 (25,06 mval) bis zum Jahre 1966 (16,56 mval) um 8,50 mval abgenommen hat. Unter Zugrundelegung des ursprünglichen Anteils (Jahr 1932) errechnet sich im Hundertsatz ein Rückgang um 34%.

3. Untersuchung der Ursachen für die Verschiebung der Anionen-Komponenten

Nach dem Ergebnis dieser Berechnungen ist der Lösungsanteil der Tiefensole um 34% gefallen, während der Anteil des Rotliegend-Wassers in der gleichen Zeit absolut etwa gleich geblieben (53,54 zu 53,87 mval), relativ (im Verhältnis zum Tiefensole-Anteil) aber gestiegen ist.

Für den Rückgang des Tiefensole-Anteils sind 2 Ursachen denkbar:

- Gleichbleibender Zufluß an Tiefensole, aber Verdünnung durch Steigerung des Zuflusses an Rotliegend-Wasser.
- Abnahme des Zuflusses an Tiefensole bei gleichbleibendem oder entsprechend zunehmendem Zufluß an Rotliegend-Wasser.

Zu a):

Der absolute Lösungsinhalt des Rotliegend-Anteils blieb von 1932 bis 1966 etwa gleich (53,54 bzw. 53,87 mval). Um eine Verdünnung des Lösungsgehaltes der Tiefensole von 25,06 mval bei einer Schüttungsmenge von 6,4 l/s im Mittel auf 16,56 mval zu bewirken, müßte der Zufluß an Rotliegendwasser zugenommen haben. Die für eine solche Verdünnung der Tiefensole erforderliche Wassermenge errechnet sich wie folgt:

Jahr 1932: 25,06 mval Lösungsanteil der Tiefensole ergaben sich bei einer Schüttung von 6,4 l/s;

1 mval ist in einer Menge von $6,4 \cdot 25,06$ enthalten;

Jahr 1966: 16,56 mval sind in $\frac{6,4 \cdot 25,06}{16,56} = 9,7$ l/s enthalten.

Das bedeutet, daß die Schüttung der Mineralquelle um 3,3 l/s ($9,7 - 6,4$ l/s) hätte zunehmen müssen, um diesen Verdünnungseffekt zu bewirken. Dieser Wert liegt aber deutlich außerhalb der gemessenen Schwankungsbreite ($6,4 \pm 1,3$ l/s). Es ist also nicht wahrscheinlich, daß der Rückgang des Tiefensole-Anteils auf eine Verdünnung durch höheren Rotliegendwasser-Anteil zurückzuführen ist.

Zu b)

Die zum Vergleich herangezogene, fast ausschließlich Tiefensole führende Mineralquelle schüttet im Mittel 11,2 l/s. Bei einem Anionen-Inhalt ($\text{Cl} + \text{SO}_4 + \text{HCO}_3$) dieser Quelle von 545,86 mval errechnet sich die Lösungsfracht (= Anionen-Konzentration in mval \times Schüttung in l/s) zu 6110 mval/s. Für die zu untersuchende Mineralquelle mit der Schüttung von 6,4 l/s und einem Lösungsinhalt (Anteil der Tiefensole) von 25,06 mval für das Jahr 1932 errechnet sich die Lösungsfracht zu 161 mval/s. Für diese Lösungsfracht bedarf es in der Untersuchungsquelle folgenden Tiefensole-Zuflusses:

Vergleichsquelle: 6110 mval/s werden von 11,2 l/s zutage gebracht;

Untersuchungsquelle: 161 mval/s von $\frac{11,2 \cdot 161}{6110} = 0,29$ l/s.

Entsprechend für das Jahr 1966:

$$106 \text{ mval/s von } \frac{11,2 \cdot 106}{6110} = 0,19 \text{ l/s.}$$

Das bedeutet, daß infolge der hohen Konzentration der Tiefensole schon ein Nachlassen ihres Zuflusses um 0,10 l/s (0,29–0,19 l/s) bei gleichbleibendem Zufluß an Rotliegend-Wasser zu einer deutlichen Abnahme des Cl-Gehaltes und zu einer relativen Zunahme des HCO_3^- - und SO_4^{2-} -Gehaltes führt. Dadurch wird belegt, daß die Untersuchungsquelle in ihrer chemischen Beschaffenheit äußerst empfindlich auf geringe Änderungen des Zuflusses an Tiefensole reagiert. Die berechnete Schüttungsabnahme von 0,10 l/s liegt innerhalb der Fehlergrenze der Messungen und innerhalb des oben genannten Schwankungsbereiches, so daß sie nicht erkannt werden konnte. Wenn der Zufluß an Rotliegend-Wasser entsprechend der Abnahme des Tiefensole-Zuflusses zunimmt, würde zusätzlich ein geringer Verdünnungseffekt auftreten, so daß in diesem Falle die Abnahme des Tiefensole-Zuflusses noch etwas geringer ist. Die Gesamtschüttung bleibt gleich und die Veränderung der hydraulischen Verhältnisse im tieferen Untergrund wird sich allein bei Betrachtung der Schüttungsmenge nicht feststellen lassen, sondern nur dann, wenn auch die hydrochemischen Änderungen in die Untersuchung einbezogen werden.

Nach den durchgeführten Berechnungen hat der Zufluß an Tiefensole zum Untersuchungsbrunnen offensichtlich nachgelassen. Dieses Nachlassen des Tiefensole-Zuflusses ist möglicherweise dadurch verursacht, daß der Untersuchungsbrunnen selbst einen im tieferen Untergrund vorhandenen Solevorrat im Laufe der Zeit abgebaut hat und ihm jetzt nur noch der ergänzbare Solestrom bei entsprechend zunehmendem Zufluß an Rotliegend-Wasser zufließt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß die hydraulischen Verhältnisse im tieferen Untergrund infolge Mineralwasserentnahmen in der Nachbarschaft langsam so verändert wurden, daß von der in gleichbleibendem Maße in das Gebiet zufließenden Tiefensole der Anteil verringert wurde, der bisher der Untersuchungsquelle zuströmte.

4. Die Änderungen der Kationen-Verhältnisse

Die bisherigen Untersuchungen bezogen sich allein auf die Anionen-Verhältnisse. Bei den Kationen sind ähnliche Berechnungen nicht möglich, da deren Ionen-Verhältnisse auf geologische (lithologische) Wechsel schnell reagieren und nur zur Klärung lokaler Probleme herangezogen werden können (HÖLTING 1969, 1970). Bei der hier untersuchten Mineralquelle ergaben sich jedoch einige typische Änderungen der Kationen-Verhältnisse, die kurz angeführt werden sollen. Aus den Analysen errechnen sich folgende Werte:

	<u>1932</u>	<u>1966</u>
Alkali-Verhältnis (Na:K)	135	19
Erdalkali-Verhältnis (Ca:Mg)	1,7	2,3
Erdalkali-Alkali-Verhältnis (Ca + Mg):(Na + K)	0,9	1,2

In allen Werten kommt der Rückgang des Tiefensole-Anteils deutlich zum Ausdruck. Na nimmt gegenüber K deutlich ab. Die ursprüngliche Alkali-Vormacht wechselt in eine Erdalkali-Vormacht und schließlich nimmt im Erdalkali-Verhältnis

die Ca-Vormacht zu. Auch das Chlorid-Natrium-Verhältnis (HÖLTING 1970) folgt dieser Tendenz, das bei einer wenn auch geringen Abnahme von 0,59 zu 0,54 ebenfalls auf einen verringerten Salinar-Einfluß schließen läßt.

5. Schriftenverzeichnis

- HÖLTING, B. (1966): Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **53**: 1—59, 7 Abb., 9 Tab.; Wiesbaden.
- (1969): Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 333—351, 12 Abb.; Wiesbaden.
- (1970): Beiträge zur Hydrochemie der Tiefenwässer. — Z. deutsch. geol. Ges., 1969, **121**: 19—44, 6 Abb.; Hannover.
- MÜLLER, W. (1950): Über die Veränderlichkeit der Mineralquellen. — Vom Wasser, Jb. Wasserchem. u. Wasserreinigungstechn., **18**: 27—42; Weinheim.
- UDLUFT, H. (1957): Geologie und Geochemie als Grundlage des Quellenschutzes und der Quellenpflege. — Heilbad u. Kurort, **9**, 12 Abb., 12 Tab.; Gütersloh.

Manuskript eingegangen am 22. 2. 1972

Ein in Wetter/Krs. Marburg (Hessen) erschlossenes $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -haltiges Mineralwasser und die Genese solcher Wässer

Von

BERNWARD HÖLTING, Wiesbaden*

Mit 1 Abbildung und 2 Tabellen

Kurzfassung: In Wetter/Krs. Marburg (Hessen) wurde durch eine 101,2 m tiefe Brunnenbohrung in Schichten des Perms ein Natrium-Sulfat-Chlorid-Mineralwasser erschlossen. Während der letzten Jahre wurden bei Bohrungen in unterkarbonischen Tonschiefern und Grauwacken des in der Nähe von Wetter/Kr. Marburg gelegenen Rheinischen Schiefergebirges wiederholt $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -haltige Wässer angetroffen. Diese entstehen dadurch, daß Sulfide in den Tonschiefern durch O_2 -haltige Wässer oxydiert werden, die dabei gebildete Schwefelsäure Feldspäte zersetzt und die frei werdenden Na-Ionen zusammen mit den SO_4 -Ionen zu den $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -Gehalten der Wässer führen. Für diese ist dann typisch der durch den O_2 -Entzug verursachte reduzierte Zustand, eine Dominanz von Na gegenüber den rezessiven Erdalkalien und bei den Erdalkalien der im Verhältnis zu Ca hohe Mg-Gehalt, teilweise sogar eine Mg-Dominanz. Das Vorkommen in Wetter/Kr. Marburg wird damit erklärt, daß die oxydierenden Wässer zusätzlich Cl-haltig waren.

Außer dieser Genese entstehen $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -Gehalte durch Reaktionen von SO_4 - mit Alkali- (Na-) Lösungen oder durch Ionenaustausch im Aquifer mit Erdalkalisulfaten. Solche Wässer sind in der Regel jedoch nicht reduziert, da bei ihrer Bildung kein Sauerstoff verbraucht wird.

$\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -haltige Wässer sind meistens Neubildungen (diagenetische Lösungen), nur selten entstehen sie durch Lösung von Salzen (syngenetische Lösungen).

Summary: A 101,2 m deep well, drilled at Wetter near Marburg (Hessen) in Permian strata encountered mineralwater of the sodium-sulphate-chlorine-type. Sodium-sulphate-bearing water of similar composition has been found repeatedly in recent years during drilling operations in Lower-Carboniferous (Mississippian) shales and graywackes of the Rhenish Schiefergebirge in the vicinity of Wetter.

These waters come into being by the following processes. Sulphides in the dark shales are oxidised by oxygen-bearing groundwater, thus forming sulphuric acid which in turn attacks the feldspars in the rocks. The sodium ions so released, together with the sulphate ions of the sulphuric acid, account for the sodium sulphate component of the water. Consequently these waters are characterised by the deficiency of oxygen and a marked surplus of sodium ions above the recessive alkaline-earth ions. Magnesium content is high compared with calcium, and in some places the concentration of magnesium exceeds

*) Dr. B. HÖLTING, Oberregierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

even that of calcium. The chlorine component in Wetter may be explained by the presence of chlorids in the oxidising waters.

Sodium sulphate is formed, other than by this process, by reaction of sulphate with alkaline (sodium-bearing) solutions or by ion exchange of alkaline-earth sulphates on the aquifer. Such waters however are normally not reduced as no oxygen is consumed during their genesis. Sodium sulphate-bearing waters are mostly diagenetic; only in rare cases do they originate from the solution of salts (syngenetic solutions).

Résumé: A Wetter, district Marburg, on a trouvé par un percage d'eaux qui avait un enfoncement de 101,2 m, dans les tâches du perm, une eau minérale du type sulfate-chlorure de sodium. Au courant des derniers ans, des eaux minérales d'une composition similaire, a été trouvées pendant plusieurs percages dans les schistes argileux carboniques et grauwacken du Schiefergebirge du Rhin près de Wetter, district Marburg. — Cettes aux résultent d'une oxydation des sulfides par des eaux oxygénées dans les schistes argileux. L'acide sulfurique y formé décompose du feldspath, et les ions de natrium dégagés ensemble avec les SO_4 -ions conduisent aux $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ contenances des eaux. Typiques pour eux est le déficit d'oxygène et une domination de natrium-ions en regard des alcalis-ferre-ions récessifs. La contenance de magnésium comparée avec calcium, est haute, partiellement même plus que la contenance de calcium. L'eau minérale du type de chlorure de sodium à Wetter, est expliquée de cela que les eaux oxydées, avaient en plus une contenance de chlorides.

Hors de cette genèse des contenances de $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ résultent de réactions de SO_4 avec des solutions d'alcali (natrium), ou d'une change d'ions d'alcali-terre-sulfates dans l'aquifer. Ceux eaux, normalement ne sont pas réduises, puisque pas d'oxygène est consommé pendant leur genèse.

Les eaux contenant $\text{Na}_2\text{—SO}_4$, sont le plus souvent des solutions diagénétiques, seulement rarement, elles sont d'origine de solutions de sel (solutions syngénétiques).

Inhalt

1. Einleitung	261
2. Die Brunnenbohrung in Wetter/Krs. Marburg	262
2.1. Der Ansatzpunkt	262
2.2. Schichtenverzeichnis	262
2.3. Geologisches Ergebnis	262
2.4. Pumpversuchsergebnis	263
2.5. Hydrochemisches Ergebnis	264
3. Die Genese der $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltigen (Mineral-)Wässer	266
3.1. Bekannte Vorkommen und ihre Entstehung	267
3.2. Vorkommen und Genese $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltiger Grundwässer in der weiteren Umgebung von Wetter/Krs. Marburg	269
3.3. Die Genese des in Wetter/Krs. Marburg erschlossenen Mineralwassers	277
4. Die Grundtypen der Alkali-Sulfat-Wässer	279
5. Zusammenfassung	280
6. Schriftenverzeichnis	281

Einleitung

Im Jahre 1954 wurde in Frankenberg/Eder in einer Versuchsbohrung zur Trinkwassererschließung in der „Teichwiese“ südlich der Stadt ein stärker konzentriertes Wasser erschlossen, das sich als Natrium-Sulfat-Chlorid-Mineralwasser erwies (SOBOTH 1956). In der Karte der Grundwasserbeschaffenheit (HÖLTING & THEWS

1964: E 93, K 49) des Fulda-Rahmenplanes ergab die Zusammenstellung von Wasseranalysen, daß höhere Sulfat-Gehalte, vielfach mit erhöhten Eisen-Gehalten verbunden, im Eder-Tal nördlich Frankenberg verbreitet sind. Nach weiter südlich in der Marburger Gegend ausgeführten Untersuchungen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 19) sind in Grundwässern des Lahntals und weiter nördlich wiederholt höhere Chlorid- und Sulfat-Gehalte festzustellen. Nach HÖLTING (1969: Abb. 9, 10) müßten im tieferen Untergrund nördlich Marburg hydrogenkarbonatarme Mineralwässer mit Sulfat-Vormacht zu erwarten sein. An tieferen Bohrungen, die ein solches Mineralwasser erschlossen hätten, fehlte es bisher. Deshalb war mit einigem Interesse das Ergebnis einer Brunnenbohrung am Schiefergebirgsrand rd. 10 km nördlich Marburg zu erwarten, die in Wetter/Krs. Marburg niedergebracht wurde. — Der Fa. Schoeller & Co., Elektronik GmbH, danke ich für ihr freundliches Einverständnis, die geologischen und hydrogeologischen Ergebnisse veröffentlichen zu dürfen.

2. Die Brunnenbohrung in Wetter/Krs. Marburg

2.1. Der Ansatzpunkt

Die Bohrung wurde auf dem Gelände der Fa. Schoeller & Co., Elektronik GmbH, unmittelbar südlich der Ortslage Wetter/Krs. Marburg neben (östlich) der B 252 im Ostteil des Wetschaft-Tales niedergebracht. Der Ansatzpunkt liegt auf der TK 25 Blatt 5018 Wetter bei R 3481 57, H 5640 65, auf ca. 213 m über NN.

2.2. Schichtenverzeichnis

0— 6,2 m	Feinsand, schluffig, graubraunrötlich, geröllreich	Pleistozän
— 19,5 m	Sandstein, Körnung 0,2—0,3 mm, braunrosa und gelbbraun, etwas schluffig, mit Tongallen, glimmerstaubig	Unterer Buntsandstein
— 22,0 m	wie vor, etwas mehr schluffig, überwiegend rosa- bis rotbraun	
— 41,5 m	Schluffstein, rosa-braun, und Sandstein, geröllreich (erbsengroße Gerölle aus Kieselkalk und Quarz)	Perm
— 42,0 m	Sandstein, feinkörnig, rosabraun	
— 48,0 m	Schluffstein, rotbraun und violettgrau	
— 52,6 m	Wechselfolge Schluffstein, rotbraun, und Sandstein, feinkörnig, rosa-braun und hellgrau, z. T. mit erbsengroßen Geröllen	
— 55,2 m	Schluffstein, rotbraun	(Zechstein und
— 59,0 m	Wechselfolge wie bei 52,6 m	? Rotliegendes)
— 65,0 m	wie vor, jedoch Schluffstein überwiegend, Schluffstein z. T. violettgrau, einzelne Gerölle	
— 67,0 m	wie vor, etwas weniger Schluffstein	
— 68,5 m	Schluffstein, rotbraun	
— 100,0 m	Fanglomerat aus violettgrauen Quarziten, nur mit einzelnen rotbraunen Schluffsteinlagen	

2.3. Geologisches Ergebnis

Der Brunnen wurde in den Monaten August 1971 bis Januar 1972 trocken als Schlagmeißelbohrung mit \varnothing 1000/450 mm bis in eine Tiefe von 101,20 m u. GOK niedergebracht; zwischen 39,0 m und 83,5 m neigte das Gebirge stark zum Nachfall.

Unter einer 6,2 m mächtigen Überdeckung durch schluffige Feinsande des Pleistozäns folgten feinkörnige, braunrosa-farbene und rotbraune schluffige Sandsteine des Unteren Buntsandsteins bis 22,0 m u. GOK (= 191 m über NN). Im ansteigenden Osthang des Wetschaft-Tales liegt die Grenze su/sm 0,8 km östlich der Bohrstelle auf etwa 270 m über NN. Bei leicht östlichen Schichteinfallen ergibt sich eine su-Mächtigkeit von 90–100 m, wie sie auch zu erwarten war (ROTH 1966: 178; KULICK 1966: 198).

Ab 22,0 m u. GOK stellten sich schluffreiche, rosa- bis rot-braune und violettgraue, geröllreiche Sandsteine ein; die Gerölle bestanden vorwiegend aus gerundeten Quarzen und Kieselkalken. Eine Gliederung war nicht möglich, zumal karbonatische oder sulfatische Zwischenmittel fehlten. Wegen der Geröllführung ist jedoch ein Perm- (wohl Zechstein-) Alter anzunehmen. Die feinklastischen Pelite hielten bis 68,5 m u. GOK an. Darunter folgte grob-klastisches Material aus Quarzit, kaum gerundet, das dem Älteren Konglomerat des Oberrotliegenden (SAUER 1964: 44) entsprechen könnte. Die Rundung der Quarzit-Klastika nahm nach dem Liegenden ab. Zwischen diese Fanglomerate schalteten sich tonige Schichten ein, doch war es nach den Meißelbohrproben unsicher, ob es sich um Schluffsteine oder um zerbohrte gerötete Tonschiefer handelte. Deshalb ist nicht ausgeschlossen, daß die Bohrung die im Liegenden zu erwartenden Quarzite (Unterkarbon in der Hörre-Acker-Fazies) schon erreicht hatte.

Der Brunnen steht in der Nähe des Randabbruches des Rheinischen Schiefergebirges, und zwar dort, wo der Härtling des Wollenberg-Quarzites östlich bis zu den Ortschaften Amönau und Wetter vorspringt; die Randverwerfung passiert die Bohrung Schoeller & Co. etwa 1,8 km westlich mit Nordnordwest-Südsüdost-Richtung. Die Schichten fallen östlich ein, so daß schon 0,8 km östlich des Brunnens der Mittlere Buntsandstein beginnt. Die 3,2 km ostnordöstlich gelegene 79 m tiefe Brunnenbohrung der Gemeinde Obr.-Rosphe setzt bereits an der Oberkante Detfurth-Folge des Mittleren Buntsandsteins an.

2.4. Pumpversuchsergebnis

Um Gebäudeschäden durch ungleiche Setzungen im Gelände der Fa. Schoeller & Co. zu vermeiden, durften die pleistozänen schluffigen Feinsande nicht durch Wasserentnahme aus dem Brunnen entwässert werden. Deshalb wurde in der Bohrlochverrohrung von Oberkante-Gelände bis 43,0 m u. GOK eine Tonabdichtung eingebracht und zur Kontrolle der Grundwasserspiegel 25 m und 93 m entfernt zwei 20 m tiefe Beobachtungsbrunnen eingerichtet. Der Ruhespiegel im Brunnen war vor und nach der Abdichtung unverändert und stand bei 1,0 m u. GOK. Einem ersten kürzeren Pumpversuch (17.–20. 1. 1972 über 75 Stunden) schloß ein längerer Versuch vom 8. 2. über 500 Stunden bis 29. 2. 1972 an. Dabei wurden 10557,7 m³ (nach Wasserzähler) gepumpt, im Mittel 21,1 m³/h = 5,9 l/s. Der Wasserspiegel fiel bis zum Schluß des Versuches auf 75,45 m u. GOK, ohne Beharrung zu erreichen. Die Wasserspiegel lagen in den benachbarten Beobachtungsbrunnen blieben unverändert, so daß die Tonabdichtung im Brunnen wirksam zu sein scheint. Nach Verlauf der Wasserspiegelabsenkung und der Auswertung der Wiederanstiegmessungen beider Versuche handelt es sich um ein gespanntes Grundwasser. Nach den Wiederanstiegmessungen

läuft das Grundwasser hauptsächlich unterhalb 70 m u. GOK, zum Teil auch zwischen 70 m und etwa 56 m u. GOK zu. Weiter oberhalb davon sind keine Zuläufe mehr zu erkennen.

2.5. Hydrochemisches Ergebnis

Die erste Wasserprobe wurde im Verlauf des ersten Pumpversuches vom Verfasser selbst am 19. 1. 1972 (57 Stunden nach Versuchsbeginn) entnommen. Das Wasser hatte eine Temperatur von 11,5 °C und war damit etwas wärmer als Wasser gleich tiefer Brunnen in der Umgebung (8° – 9°C). Die Analyse, ausgeführt im Laboratorium des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung (Leiter: Dipl.-Chemiker THIELICKE), ergab:

Na ⁺	2493,0 mg/l	108,43 mval/l	87,7 mval %
K ⁺	36,4	0,93	0,7
NH ₄ ⁺	1,0	0,06	—
Ca ²⁺	162,7	8,12	6,6
Mg ²⁺	73,9	6,08	4,9
Mn ²⁺	0,06	0,002	—
Fe ²⁺	3,0	0,11	0,1
	<hr/>	<hr/>	
	2770,06	123,732	
Cl ⁻	1638,1 mg/l	46,20 mval/l	37,4 mval %
NO ₃ ⁻	0,7	0,01	—
SO ₄ ²⁻	3380,9	70,38	56,8
HCO ₃	439,2	7,20	5,8
	<hr/>	<hr/>	
	5458,9	123,790	

Lösungsinhalt: 8228,96 mg/l oder (Anionen-Summe) 123,79 mval/l.

Nach der üblichen Terminologie handelt es sich um ein Natrium-Sulfat-Chlorid-Mineralwasser, das sehr ähnlicher Zusammensetzung wie das des Frankenger Vorkommens ist, nur etwas weniger konzentriert (dort anfangs 12551 mg/l). Es entspricht hinsichtlich seiner Anionen-Verteilung den hydrochemischen Erwartungen (HÖLTING 1969: Abb. 9, 10). Ergebnisse weiterer Untersuchungen sind in Tab. 1 aufgeführt.

Der Lösungsinhalt ging zunächst in einem Kurz-Pumpversuch zwischen dem 1. und 2. Pumpversuch etwas zurück, nahm dann aber im Verlauf des 2. Pumpversuches wieder zu. In den weiteren chemischen Untersuchungen wurden auch die übrigen Gehalte bestimmt. Das Wasser erwies sich als reduziert, der Gehalt an freiem Sauerstoff ging im Verlauf des 2. Pumpversuches sogar noch weiter zurück. Es enthält im reduzierten Zustand gelöstes Eisen und Mangan. Nitrate fehlen nahezu, sie dürften bakteriell reduziert sein. Die Erdalkalien treten sehr zurück, im Molverhältnis (Tab. 1 b) fällt der relativ hohe Magnesium-Anteil (= niedriges Erdalkali-Verhältnis) auf. Bei den Anionen ist der Hydrogenkarbonat-Anteil ziemlich schwach, wenn auch nicht so sehr, wie etwa bei Mineralwässern in der Nähe von Salinaren.

Die Ionenverhältnisse (Tab. 1 b; nach HÖLTING 1969: 334) verdeutlichen die hydrochemische Verteilung. Bei den Alkalien dominiert das Natrium, die Erdalkalien treten gegenüber den Alkalien stark zurück. Das Ca/Mg-Verhältnis ist ausgeglichen,

Tab. 1a. Chemische Untersuchungsergebnisse des Wassers aus dem Brunnen der Fa. Schoeller GmbH, Wetter/Marburg

Datum	19. 1. 1972	28.1 1972	24. 2. 1972
Analytiker	Labor Hess. L.-Amt f. Bodenf.	Hygiene- Institut Marburg	Hygiene- Institut Marburg
T °C	11,5	11,0	12,0
pH	6,95	7,4	7,3
Gesamthärte °dH	39,8	31,4	39,5
Karbonathärte °dH	20,2	20,2	21,3
Nichtkarbonathärte °dH	19,6	11,2	18,2
Summe der festen gelösten Bestandteile mg/l	8228,96	6070,6	7307,8
Freie Kohlensäure mg/l	n. b.	36,5	41,8
Freier Sauerstoff mg/l	n. b.	5,4	2,9
KMnO ₄ -Verbrauch mg/l	15	6,4	8,6
Natrium mval	108,43	80,0	95,65
Kalium mval	0,93	0,82	1,05
Ammonium mval	0,06	0,0	Spuren
Calcium mval	8,12	6,66	8,35
Magnesium mval	6,08	4,58	5,80
Mangan mval	0,002	0,0	0,0
Eisen (2+) mval	0,11	0,05 (filtriert)	0,11
	123,732	92,06	110,96
Chlorid mval	46,20	34,6	44,20
Nitrat mval	0,01	0,04	0,06
Sulfat mval	70,38	48,6	58,10
Hydrogenkarbonat mval	7,20	7,20	7,60
	123,79	90,44	109,96

Tab. 1b. Ionenverhältnisse

	19. 1. 1972	28. 1. 1972	24. 2. 1972
Alkali-Verhältnis			
Na:K	117	98	91
Erdalkali-Verhältnis			
Ca:Mg	1,3	1,45	1,44
Erdalkali-Alkali-Verhältnis (Ca + Mg):(Na + K)	0,13	0,14	0,15
Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis HCO ₃ :(Cl + SO ₄)	0,06	0,09	0,07
Salinar-Verhältnis Cl:SO ₄	0,65	0,71	0,76
Chlorid-Natrium-Verhältnis Cl:Na	0,43	0,43	0,46

was gegenüber der sonst in dieser Gegend beobachteten ausgeprägten Ca-Vormacht den relativ hohen Mg-Anteil anzeigt. Bei den Anionen sind die Hydrogenkarbonate gegenüber den Salinar-Anteilen rezessiv, im Cl/SO₄-Verhältnis dominiert deutlich das Sulfat (Verhältnis < 1). Das Cl/Na-Verhältnis bleibt erheblich kleiner als 1,0 und läßt nach früheren Untersuchungen (HÖLTING 1970: 28) den Schluß zu, daß der Ausgangsort für die Chloride weiter entfernt liegt. Die Veränderungen während der Pumpversuche waren, wie die Zusammenstellung in der Tab. 1 b zeigt, unwesentlich, so daß in Übereinstimmung mit der Abnahme des freien Sauerstoff-Gehaltes und der leichten Temperaturzunahme ein Zufluß allein von tieferem Grundwasser angenommen werden muß.

3. Die Genese der Na₂-SO₄-haltigen (Mineral-) Wässer

Der Untersuchung über die Entstehung des in Wetter/Krs. Marburg erschlossenen wie auch anderer Na₂-SO₄-haltiger (Mineral-)Wässer seien zunächst einige grundsätzliche Bemerkungen sowie eine Übersicht der bekannten Vorkommen mit Na₂-SO₄-haltigen (Glaubersalz-) Mineralwässern und deren von verschiedenen Autoren angenommene Bildungen vorangestellt.

Hinsichtlich der Genese ihres Lösungsinhaltes können die unter der Erdoberfläche vorkommenden Wässer folgendermaßen unterschieden werden:

a) Syngenetische Lösungen:

Sie entstehen durch Lösung von (meist leicht löslichen) Gesteinen oder aus Meerwässern, wenn diese in Aquifers infiltriert sind. Ihr Lösungsinhalt wird bestimmt durch die Löslichkeitsverhältnisse ihrer Komponenten, Lösungsgleichgewichte, Wassertemperaturen, ferner durch die lithologische Beschaffenheit des Aquifers u. a. Syngenetische Lösungen unterliegen *keinen* wesentlichen Änderungen der Ionenverhältnisse nach ihrer Genese. Wässer von Salzlagerstätten weisen z. B. das charakteristische Cl/Na-Verhältnis 1,0 – 1,2 (HÖLTING 1970: 28) auf.

b) Diagenetische Lösungen:

Sie entstehen meistens aus syngenetischen Lösungen durch Änderung der Ionenverteilung (Ionenverhältnisse) während des Bewegens im Aquifer. Ihr Lösungsinhalt wird infolge chemischer und physikochemischer Reaktionen in sich oder mit dem Aquifer verändert, z. B. infolge Änderung der Löslichkeitsgleichgewichte in polynären Systemen, durch chemische Reaktionen verschiedener Lösungen, Änderungen der Redox-Potentiale, der pT-Verhältnisse, Ionenaustausch, Ionensiebeeekte des Aquifers, Hydrolyse u. a. m. (FAIRBRIDGE 1967: 23 ff.; SCHULZE 1968: 55 ff.). Die Komponenten des Lösungsinhaltes eines Wassers am Ort der Probenentnahme geben in der Regel den dem Grundwasserzufluß und dem Aquifer entsprechenden chemischen und physikochemischen Gleichgewichtszustand wieder. Das Analyseergebnis erlaubt deshalb (besonders bei regionaler Betrachtung mehrerer Ergebnisse) eine Deutung der stattgehabten Änderungen und ihrer Ursachen.

3.1. Bekannte Vorkommen und ihre Entstehung

3.1.1. 18 km nördlich Wetter/Krs. Marburg wurde in Frankenberg/Eder durch eine 50 m tiefe, bis 30,84 m u. GOK abgedichtete Bohrung im Zechstein (Fanglomerate und Sandsteine/Schluffsteine) das eingangs erwähnte Natrium-Sulfat-Chlorid-Mineralwasser erschlossen (SOBOTH 1956). Das frei ausfließende Wasser hatte zunächst eine Konzentration von 12551 mg/l, die aber später erheblich zurückging. Das Wasser ist sehr sauerstoffarm und damit reduziert. Im Brunnenhäuschen ist ständig ein H_2S -Geruch wahrnehmbar. Aus dem ungefaßten Bohrloch stiegen Gasblasen auf, die (nach SOBOTH) nicht aus Kohlensäure bestanden. SOBOTH (1956: 104) führt die Entstehung dieses Mineralwassers auf Lösung von Glaubersalz zurück, das er in den Zechsteinschichten eingelagert glaubt. Die Glaubersalze seien am Rand des Zechsteinmeeres entstanden, ähnlich, wie sie heute in der Kara-Bugas-Bucht des Kaspischen Meeres während der kalten Jahreszeit durch einströmende Wässer ausgeschieden werden. Im Sinne unserer Definition handelt es sich nach der Auffassung SOBOTH's um eine syngenetische Lösung.

3.1.2. MATTHESS (1961: 53) nennt mehrere Vorkommen von Natrium-Sulfat-Wässern und Möglichkeiten ihrer Entstehung. Solche Wässer können im Kontakt mit salzhaltigen Gesteinen oder durch Mischung (diagenetisch) von Na- (HCO_3 -) und Ca- (SO_4 -) haltigen Wässern (ZYKA 1957: 389) entstehen oder durch Reaktionen von Ca—Mg— HCO_3 und Na—K—Cl im Ca— SO_4 -Milieu (LANG 1941: 159); die schwer löslichen CaCO_3 - und CaSO_4 -Salze scheiden aus und $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Lösungen reichern sich an. Auch mit Ionenaustausch (SCHOELLER 1934: 402; SCHWILLE 1955: 18) lassen sich manche Vorkommen erklären. SCHWILLE verweist darauf, daß Glaubersalzlagerstätten oder -imprägnierungen, die zur Erklärung herangezogen werden könnten, noch nie dort nachgewiesen wurden, wo solche Wässer auftreten, sondern immer nur vermutet wurden.

3.1.3. Nach LÖHNERT (1967: 130; 1970: 151) sind $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltige Wässer im Gebiet von Hamburg und Schleswig-Holstein an marine Ionenaustauscher gebunden. Deshalb seien dort alle Alkalisulfatwässer durch Ionenaustausch entstanden, also nach unserer Definition diagenetische Lösungen. Am Kationenaustausch müsse deshalb festgehalten werden, weil das gut lösliche Na_2SO_4 sonst häufiger feststellbar wäre. Den Ausführungen LÖHNERT's ist (wenn auch nicht expressis verbis ausgeführt) zu entnehmen, daß sich die Alkali-dominanten und erdalkali-rezessiven Lösungen im sauerstoffarmen Milieu weitgehend stagnierender Grundwässer bilden. Das Ca/Mg-Verhältnis ist in solchen Wässern kleiner als 5, Ca also im Vergleich zu anderen Wässern relativ zu Mg stärker dezimiert.

3.1.4. Nach CARLÉ (1966a) und KÄSS (1967: 103) sind Natriumsulfat-Wässer auch im Buntsandstein am Ostrand des Schwarzwaldes verbreitet. CARLÉ (1966a: 99) hält diese Wässer für synsedimentäre bis frühdiagenetische Bildungen, wobei im gleichen Bildungsmilieu wie die klastischen Gesteine beheimatete Salzlösungen das Bindemittel für die Sedimente bildeten, nämlich karbonatische, sulfatische und schließlich auch Na—Cl-haltige Lösungen. Nach Aufreißen von Klüften während späterer

tektonischer Vorgänge wurden die salinaren Bindemittel entlang der Kluftzonen wieder gelöst. Dort sind inzwischen alle salinaren Bindemittel gelöst, die Wässer sind jetzt weich. Wo jedoch mächtige und jüngere Deckgebirgsschichten eine intensive Durchspülung verhinderten, blieben die Salzwasserkörper erhalten. Sie sind heute Bildungsort für die Mineralwässer. Da CARLÉ sie für fossile, unwesentlich veränderte Meereswässer hält, sind sie als syngenetische Lösungen anzusehen.

Käss (1967: 103) bemerkt dazu, daß mit einer derartigen Deutung die Frage nach der Herkunft des Glaubersalzes in den Buntsandsteinschichten am Schwarzwald-Ostrand lediglich hinausgeschoben ist. Das Bildungsmilieu kann kaum marin, sondern muß limnisch-terrestrisch sein.

Die eher limnische Bildung ergibt sich aus der im marinen Milieu nicht existierenden ausgeprägten Sulfat-Vormacht; außerdem kann der relativ hohe Kalium-Anteil nicht marin sein. Aber auch für die Annahme eines rein limnischen Milieus, wie es schon früher von RÖHRER (1929) vermutet wurde, gibt es außer dem verhältnismäßig hohen Kalium-Gehalt wenig Hinweise. Wertet man die von RÖHRER (1929: Tab. 3) zusammengestellten Analysen von Wässern überwiegend terrestrischer Salzseen arider Klimazonen aus, so zeigen sich doch recht gravierende Unterschiede. Durchweg herrschen in diesen Seen Chloride vor, wenn auch die Salinar-Verhältnisse (Cl/SO_4) wesentlich niedriger als im Meerwasser sind; in den Na_2-SO_4 -haltigen Buntsandsteinwässern Südwestdeutschlands dominieren jedoch die Sulfate. Ein zweiter wesentlicher Unterschied ergibt sich im Cl/Na -Verhältnis, das in den rezenten Salzseen immer eine hohe Cl-Vormacht (Erdalkali-Chloride!) anzeigt; in den Natrium-Sulfat-Wässern des Buntsandsteins liegt jedoch eine ausgeprägte Na-Dominanz vor. Und: mit zunehmender Konzentration der rezenten terrestrischen Salzseen (beginnende Austrocknung!) nimmt die Cl-Vormacht zu; da parallel damit das Cl/SO_4 -Verhältnis ansteigt, heißt das, daß sich Calcium-Chlorid-, nicht aber Na_2-SO_4 -haltige Lösungen anreichern. Deshalb kann eine synsedimentäre Bildung der Buntsandstein-Glaubersalz-Mineralwässer Südwestdeutschlands nicht ohne wesentliche Änderungen der chemischen Verteilung während der postsedimentären Diagenese (im Sinne von HÖLTING 1970: 31) angenommen werden. Es handelt sich dann aber um diagenetische, und nicht um syngenetische Lösungen.

Auch westlich des Schwarzwaldes, im Rheintal, sind Na_2-SO_4 -haltige Mineralwässer bekannt (Bad Krozingen, SAUER 1960: 234).

3.1.5. Ferner sind die Mineralwässer des Vogtlandes und Nordwestböhmens reich an Natriumsulfaten, wie z. B. in Bad Elster, Franzensbad, Marienbad, Karlsbad. CARLÉ (1966 b) stellte die Analysen zusammen, deren Durchsicht folgendes ergibt: Je hydrogencarbonatärmer diese Na_2-SO_4 -haltigen Wässer sind, desto höher ist der relative Na-Anteil und desto größer ist, wie ein Analysenvergleich nach Ionenverhältnissen ergibt, die Mg-Vormacht. Zugleich nehmen die Eisengehalte zu, wodurch der reduzierte Zustand der Mineralwässer angezeigt wird. Mit steigendem HCO_3 - und fallendem SO_4 -Anteil kehren sich die Ionenverhältnisse um, das Redox-Potential wird wegen geringeren O_2 -Verbrauches bei der Oxydation Sulfid (aus Pyrit) zu Sulfat (CARLÉ 1966 b: 450) weniger erniedrigt. Dann aber steigt auch wieder der Erdalkali-Anteil und zugleich nimmt die Ca-Dominanz zu.

3.1.6. Die in Südbulgarien vorkommenden thermalen $\text{Na}_2\text{—SO}_4\text{—HCO}_3$ -Mineralwässer (SCHTEREFF, MARTINOFF & LEFTEROFF 1964) enthalten fast ausschließlich gasförmigen Stickstoff. Vermutlich stammt das Gas aus reduzierten Nitraten. — SCHMIDT (1969: 74) beschreibt $\text{Na}_2\text{—S}_4\text{O}$ -Mineralwässer aus dem Gebiet südlich des Budaer Gebirges in Ungarn, die durch Wechselwirkungen mit einem zwischen triasischen Dolomit eingelagerten Ton entstehen. Das Na stammt aus Plagioklastrümmern und das SO_4 aus der Oxydation von Pyrit. Außerdem entsteht MgSO_4 (Bittersalz) dadurch, daß die bei der Oxydation des Pyrits freiwerdende Schwefelsäure auf den Dolomit einwirkt.

3.2. Vorkommen und Genese $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltiger Grundwässer in der weiteren Umgebung von Wetter/Krs. Marburg

In den Alkali-Sulfat-Wässern übersteigt die Sulfat-Menge die der Erdalkalien abzüglich der an Hydrogenkarbonat gebundenen (LÖHNERT 1967: 130). In Analysen erkennt man solche Wässer daran, daß die aus dem SO_4 -Gehalt berechnete (theoretische) Sulfathärte ($1^\circ\text{dH} = 17,2 \text{ mg/l SO}_4$) größer als die Nichtkarbonathärte ist. Oft jedoch ist die Karbonathärte bei erheblichem Na—HCO_3 -Anteil so überhöht, daß keine Nichtkarbonathärte aus der Differenz Gesamthärte—Karbonathärte zu errechnen ist. In diesem Fall kann man den Typ daran erkennen (EREMENKO 1960: 152—157, zit. in DEGENS & CHILINGAR 1967: Taf. I), daß das Ionenverhältnis $\text{Na:Cl} > 1$ und das Verhältnis $(\text{Na—Cl}): \text{SO}_4 < 1$ ist.

3.2.1. Frankenberg:

Das $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltige Mineralwasser von Frankenberg (TK 25 Bl. 4918 Frankenberg, R 348620, H 565742, ca. 285 m über NN; Analyse Tab. 2, Nr. 3) wurde bereits erwähnt (Abschnitt 3.1.1.). In den Ionenverhältnissen gleicht es dem in Wetter erbohrten Mineralwasser; lediglich das Ca/Mg -Verhältnis ist etwas höher.

600 m nördlich der Mineralquelle Frankenberg wurde in der Molkerei Frankenberg (Bl. 4918 Frankenberg, R 348612, H 565794, ca. 276 m über NN) im Jahre 1962 ein 55,0 m tiefer Brunnen gebohrt (SAUER 1964: 71), der bis 48,0 m in Konglomeraten des Perms und darunter in Grauwacken und Tonschiefern des Unterkarbons steht. Zwischen 32,5 m u. GOK und Endteufe nahm zwar, wie die Analysen in Tab. 2a, Nr. 4a und 4b zeigen, die Konzentration an Na—Cl zu, jedoch läßt sich aus dem Analyseergebnis kein $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Gehalt des Wassers ableiten. Chemisch unterscheidet es sich damit wesentlich von dem der Mineralquelle. Das Ionenverhältnis (Tab. 2b, Nr. 4b) $\text{Cl/Na} = 1,05$ läßt es möglich erscheinen, daß der Lösungsort des Salzes nicht allzuweit entfernt ist. Es handelt sich deshalb vielleicht um eine syngenetische Lösung, wie auch schon früher vermutet wurde (SOBOTH 1956: 101; SAUER 1964: 69; HÖLTING 1969: 346).

3.2.2. Schiffelbach/Krs. Marburg:

In der 241 m tiefen Untersuchungsbohrung Schiffelbach (TK 25 Bl. 5019 Gemeinden/Wohra, R 349890, H 564684, 268 m über NN; KULICK 1966: 184; HÖLTING 1969: Abb. 9 und 10), die im Unteren Buntsandstein (bis 172 m u. GOK) angesetzt

wurde und fast die Zechsteinbasis erreichte, wurde ebenfalls ein stärker mineralisiertes Wasser (Lösungsinhalt 1075,1 mg/l) erbohrt. Es hatte jedoch nur ein sehr geringes Sauerstoff-Defizit, war also nicht reduziert. Bei den Anionen dominieren zwar die Sulfate (und Hydrogenkarbonate), doch ist die Erdalkali-Vormacht gegenüber den Alkalien so groß (Tab. 2, Nr. 2), daß nur sehr geringe $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Gehalte vorliegen können.

3.2.3. Ederbringhausen/Krs. Frankenberg:

Die im Schiefergebirge an der Mündung der Orke in die Eder gelegene Gemeinde Ederbringhausen ließ im Jahre 1970 Versuchsbohrungen zur Wassererschließung niederbringen. Die erste, 80 m tiefe (VB 1, Bl. 4819 Fürstenberg, R 349020, H 566632, 260 m über NN), in einer Wechselfolge aus Grauwacken und Tonschiefern des Kulm III stehende Bohrung im Orke-Tal erbrachte ein nicht reduziertes Hydrogenkarbonat-Wasser (Tab. 2, Nr. 5) mit Ca-Vormacht gegenüber Mg; der Alkali-Anteil war schon verhältnismäßig hoch. Der $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Anteil kann jedoch — wenn überhaupt vorhanden — nur sehr gering sein, da bei den Anionen die Hydrogenkarbonate weit aus dominieren.

Überraschend war das Ergebnis der zweiten Bohrung (VB 2; Bl. 4819 Fürstenberg, R 348962, H 566590, 300 m über NN), die 700 m südlich der ersten in einem Seitental der Orke rd. 40 m höher angesetzt und bis 100 m Tiefe ebenfalls in einer Tonschiefer-Grauwacken-Wechselfolge des Kulm III abgeteuft wurde. Zunächst fiel auf, daß der Ruhewasserspiegel 0,6 m über GOK stand; nach Angaben des Bohrmeisters trat der artesische Überlauf bei einer Bohrtiefe von 88 m u. GOK ein. Außerdem stiegen reichlich Gasblasen auf, die sich als Stickstoff-Gas erwiesen, und nicht als Kohlendioxid. Nach der Analyse (Tab. 2, Nr. 6) handelte es sich um ein stark reduziertes Wasser mit erheblicher Alkali-Vormacht und höherem Sulfat-Gehalt. Auch der Hydrogenkarbonat-Anteil war nicht gering, jedoch dominierten die Salinar-Anteile (Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis < 1), und unter diesen das Sulfat (Verhältnis $\text{Cl}/\text{SO}_4 < 1$). Aus diesem Analysenergebnis resultiert ein erheblicher $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Anteil. Bemerkenswert ist wiederum das Erdalkali-Verhältnis, das eine ausgeprägte Mg-Dominanz ($\text{Ca}/\text{Mg} < 1$) anzeigt.

3.2.4. Buchenberg/Krs. Frankenberg:

Der Brunnen der Gemeinde Buchenberg, 3 km nördlich Ederbringhausen, liegt im Eder-Tal (Bl. 4819 Fürstenberg, R 349218, H 566860, ca. 280 m über NN) und wurde im Jahre 1955 47 m tief in eine Tonschiefer-Grauwacken-Wechselfolge des Kulm III gebohrt. Das Wasser war stark reduziert (Tab. 2, Nr. 7) und wies die gleiche Alkali-Vormacht gegenüber den Erdalkalien wie das Wasser der VB 2-Ederbringhausen aus. Das Ca/Mg-Verhältnis war bei leichter Ca-Dominanz ausgeglichen. Trotz höheren HCO_3 -Anteils (Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis > 1) ergibt sich rechnerisch aus der Ionenbilanz ein $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Gehalt. Die anfänglich erhöhten Lösungsgehalte sind im Laufe der Betriebsjahre zurückgegangen, z. B. der Sulfatgehalt von anfänglich 355,9 mg/l (7,40 mval) auf 98,7 mg/l im Jahre 1965.

3.2.5. Oberense/Krs. Waldeck:

Die Brunnenbohrung in Oberense aus dem Jahre 1967 wurde in einer hydrogeologisch weitgehend isolierten Zechsteinscholle am Rande des Schiefergebirges südwestlich der Kreisstadt Korbach 152,0 m tief bis an die Zechsteinbasis niedergebracht (Profil bei KULICK 1968: 263, Bg. 25; TK 25 Bl. 4719 Korbach, R 348930, H 567743, 348 m über NN). Das Ergebnis mehrerer chemischer Untersuchungen von Wasserproben (Tab. 2, Nr. 8) wies überraschenderweise erhebliche Alkali-Sulfat-Gehalte auf. Ferner war es reduziert. Im Erdalkali-Verhältnis ergab sich eine ausgeprägte Mg-Vormacht.

Jedoch war das Erdalkali-Alkali-Verhältnis ausgeglichen. Dieses Kationen-Verhältnis weicht damit scheinbar von dem der anderen erwähnten Vorkommen $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltiger Grundwässer ab. Dabei muß indessen berücksichtigt werden, daß die grundwasserleitenden Zechsteinschichten hinsichtlich der Kationen fast allein aus Erdalkalien bestehen. Das zeigt zunächst folgende Übersicht der Gesteinsanalysen von vier zwischen 89,0 m und 106,0 m u. GOK (Hauptdolomit und Zwischensalinar) entnommenen Bohrproben (Mittelwerte, in Klammern Grenzwerte):

Na_2O	0,16%	(0,0 — 0,25%)
CaO	34,97%	(29,55 — 45,37%)
Cl	0,027%	(0,017 — 0,042%)
SO_3	16,1%	(0,7 — 45,5%)
CO_2	19,9%	(1,8 — 34,5%)

Der darunter anstehende Randkalk (Schaumkalk) besteht aus fast reinem Ca CO_3 (> 97%; KULICK 1968: 184). Im Hinblick darauf, daß es sich um ein Mischwasser aus den (gut durchlässigen) Kalk-/Dolomitsteinen und den (von der Sohle zusitzenden, s. u.!) $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltigen Wässern handelt, ist das im Pumpversuch geförderte Wasser sogar als verhältnismäßig stark Na-haltig anzusehen und damit das Erdalkali-Alkali-Verhältnis unter den lithologischen Bedingungen als niedrig zu bezeichnen.

Das Ergebnis der chemischen Untersuchung war insofern unerwartet, als benachbarte, ebenfalls bis an die Zechsteinbasis reichende Brunnenbohrungen eine solche chemische Verteilung nicht erwarten ließen, wie z. B. das Analysenergebnis einer Wasserprobe aus der 265,5 m tiefen Brunnenbohrung Korbach-Marke (Profil bei KULICK 1968: 259, Nr. 18; Analysentabelle 2, Nr. 9). Nach dem Ergebnis der Brunnenbohrung Buchenberg wurde nun vermutet, daß der Zufluß alkalisulfatreicher Lösungen von der Sohle her aus den liegenden Tonschiefern und Grauwacken des Unterkarbons erfolgt. Um diesen Zufluß zu mindern, wurde das Bohrloch von der Sohle (152 m u. GOK) bis 117,0 m u. GOK (= Oberkante Schaumkalk) mit Feinkies aufgefüllt, um den Filterwiderstand für das von der Sohle zudringende Wasser zu erhöhen. Im Pumpversuch nach Ausbau des Brunnens fiel darauf der Sulfatgehalt sprunghaft ab (von 6,2 mval auf 3,44 mval; Natrium von 6,45 mval auf 3,39 mval; das Erdalkali-Verhältnis nahm von 0,7 auf 1,02 zu, das Erdalkali-Alkali-Verhältnis von 1,1 auf 2,1). Der Sulfatgehalt war bis zum Jahre 1969 (Analyse vom 3. 9. 1969) auf 73,8 mg/l (1,54 mval) zurückgegangen, Na auf 1,8 mval; das Erdalkali-Verhältnis errechnete sich aus dieser Analyse zu 1,4, das Erdalkali-Alkali-Verhältnis zu 3,0. Unter Abnahme des Natrium-Sulfat-Anteils hat damit der Calciumhydrogenkarbonat-Gehalt zugenommen.

Tab. 2a. Chemische Untersuchungsergebnisse weiterer Grundwasser-Vorkommen

Vorkommen	Entnahme	T °C	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Anionen-Summe	CO ₂ -frei	O ₂ -frei in mg/l	Fe/Mn	Untersuchungsstelle
							in mval/l							
1. Wetter/Marburg	28. 1. 1972	11,1	80,0	0,82	6,66	6,16	33,1	47,6	7,20	87,9	36,3	5,4	5,0/0,1	Hygiene-Institut Marburg
2. Schiffelbach	12. 11. 1963	n. b.	2,2	0,14	8,95	4,05	0,48	9,4	5,20	15,1	15,4	8,6	2,16/0,0	Hygiene-Institut Marburg
3. Frankenberg/ Mineralquelle	10. 12. 1954	9,9	155,79	1,40	22,51	10,17	68,99	115,04	5,96	189,99	51	n. b.	1,85/0,23	Laboratorium Fresenius Wiesbaden
4a. Frankenberg/ Molkerei Bohrtiefe 32,5 m	29. 5. 1962	11	5,8		5,6	3,2	4,0	4,4	6,2	14,6	19,8	12,9	5,0/0,27	Landwirtschaftliches Untersuchungsamt Kassel-Harleshausen
4b. wie vor, Endtiefe	9. 8. 1962	12	31,7		10,8	5,8	33,5	8,6	6,2	48,3	33,0	3,4	0,07/0,1	Landwirtschaftliches Untersuchungsamt Kassel-Harleshausen
5. Ederbringhausen, VB 1	29. 5. 1970	n. b.	3,13	0,10	2,22	1,08	0,55	0,72	5,27	6,54	n. b.	n. b.	+/0	Chem. Labor Hess. Landesamt f. Bodenfor- schung, Wiesbaden
6. wie vor, VB2	25. 6. 1970	10,0	9,94		0,61	0,74	1,55	6,72	3,0	11,29	18,0	1,3	<0,1/0	Prof. Dr. Büsing, Marburg
7. Buchenberg	12. 9. 1955	9,7	18,97		1,88	1,00	2,35	7,40	12,1	21,85	72,0	0,89	1,7/0	Prof. Dr. Büsing, Marburg
8. Oberense	22. 8. 1967	10,5	6,45	0,1	3,0	4,3	0,85	6,2	5,6	12,7	30	3,2	Sp./0	Staatliches Chemisches Untersuchungsamt, Kassel
9. Korbach	22. 2. 1965	10,5	(0,27) ₊		3,79	3,34	0,25	2,27	4,88	7,40	15	8	0/0	Staatliches Chemisches Untersuchungsamt, Kassel

+) errechnet aus Ionen-Bilanz.

Tab. 2b. Ionenverhältnisse

Vorkommen	A-V	E-V	EA-V	HS-V	S-V	CN-V
1. Wetter/Marburg	98	1,1	0,16	0,09	0,7	0,41
2. Schiffelbach	16	2,2	5,7	0,5	0,05	0,22
3. Frankenberg-Mineralquelle	111	2,2	0,21	0,03	0,6	0,44
4a. Frankenberg/Molkerei						
Bohrtiefe 32,5 m	-(K n. b)	1,8	1,52	0,74	0,92	0,69
4b. wie vor, Endtiefe	-(K n. b.)	1,9	0,52	0,15	3,9	1,05
5. Ederbringhausen, VB 1	31	2,1	1,02	4,14	0,77	0,18
6. wie vor, VB 2	-(K n. b.)	0,8	0,1	0,36	0,23	0,18
7. Buchenberg	-(K n. b)	1,9	0,15	1,2	0,3	0,12
8. Oberense	65	0,7	1,1	0,8	0,1	0,13
9. Korbach	-(K n. b.)	1,1	26,4	1,94	0,1	(0,92)*

*) Wert unsicher, da Na nur aus Ionenbilanz errechnet.

3.2.5. Hemfurth-Edersee/Krs. Waldeck:

Im Jahre 1968 wurde im Gemeindebezirk Hemfurth-Edersee im Edertal wenig unterhalb des Edersees (TK 25 Bl. 4820 Bad Wildungen, westlich des Koordinatenschnittpunktes R 3503 26, H 5670 20) ein über 800 m langer Untersuchungsstollen für ein geplantes unterirdisches Bauwerk vorgetrieben. Der Stollen setzte im Talniveau (ca. 200 m über NN) an und erreichte nach leichtem Gefälle auf ca. 165 m über NN, rd. 300 m unter Geländeoberkante den Endpunkt. Das Gebirge besteht aus einer Wechselfolge von Tonschiefern und Grauwacken des Kulm III. Im Verlauf der Bauarbeiten wurden verhältnismäßig wenig Wasseraustritte angetroffen; der Gesamtabfluß aus dem Stollen nach Fertigstellung betrug nur 2 l/s. An Grundwasseraustritten auf Klüften, die durch den Stollen angefahren wurden, konnten Wasserproben für chemische Untersuchungen fortlaufend mit dem Vortrieb entnommen werden; die Ergebnisse werden in den Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen, Bl. 4820 Bad Wildungen (Analysen Nr. 7-14 in der hydrochemischen Tabelle des hydrogeologischen Teils der Erläuterungen) veröffentlicht. Die Veränderungen der Ionenverhältnisse mit zunehmender Entfernung vom Mundloch sind in Abb. 1 dargestellt.

Dabei ergibt sich:

- das Erdalkali-Verhältnis Ca/Mg nimmt ab, Magnesium also relativ zu; aus zunehmenden Eisenausscheidungen läßt sich parallel dazu ein abnehmender Gehalt an freiem Sauerstoff ableiten;
- im Erdalkali-Alkali-Verhältnis zeigt sich eine Zunahme der Alkalien (Na) an; der Wiederanstieg der Erdalkalien bei 500 m ab Mundloch dürfte durch stärkeren Zufluß oberflächennahen Grundwassers über eine durchschlagende Kluft verursacht sein;
- abgesehen von der 1. Probe nimmt die Konzentration leicht ab;
- der Hydrogenkarbonat-Anteil steigt nach dem Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis relativ zu Cl und SO₄ etwas an;
- nach den Änderungen der Salinar-Verhältnisse Cl/SO₄ nimmt der Cl-Anteil ab, der Sulfat-Gehalt relativ zu;

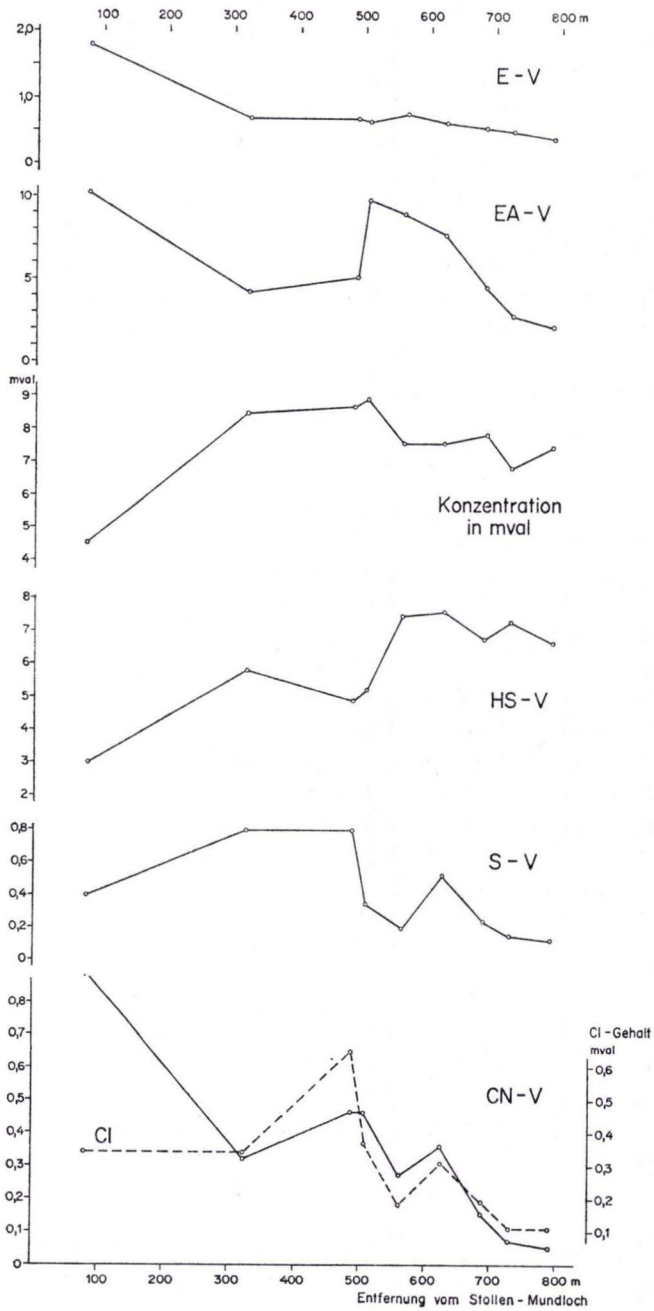


Abb. 1. Die Veränderungen der Ionenverhältnisse mit zunehmender Entfernung vom Mundloch im Versuchsstollen Hemfurth-Edersee/Krs. Waldeck.

f) das CN-Verhältnis (Cl/Na) fällt stark ab, d. h. der Na-Gehalt nimmt im Verhältnis zu Cl zu; da zugleich der Cl-Gehalt absolut abnimmt (Abb. 1), heißt das im Hinblick auf die HS- und S-Verhältnisse, daß der Anteil an Alkali-Hydrogenkarbonaten und -sulfaten ansteigt. Besonders in den letzten Proben, die am weitesten im Gebirge entnommen wurden, ergibt sich rechnerisch ein steigender Alkali-Sulfat-Gehalt.

3.2.6. Die hydrochemischen Eigenschaften dieser Wässer:

Aus den aufgeführten Vorkommen von Alkali-Sulfat-Wässern ergibt sich:

Die Alkali-Sulfat-haltigen Wässer wurden vorwiegend in Schiefergebirgsschichten angetroffen. Vorkommen in den Zechsteinschichten des hier behandelten Gebietes beschränken sich im wesentlichen auf die Mineralquelle in Frankenberg und das neue Vorkommen in Wetter/Krs. Marburg. In der Bohrung Oberense sind die Alkali-Sulfat-Gehalte vermutlich auf Zuflüsse aus Unterkarbonschichten zurückzuführen, die im Liegenden des Zechsteins und am unmittelbar westlich der Brunnenbohrung liegenden Schiefergebirgsrandabbruch anstehen. In den Ionenverhältnissen dieser Wässer zeigt sich:

- a) Alkali-Verhältnis (Na/K): hohe Na-Dominanz;
- b) Erdalkali-Verhältnis (Ca/Mg): ausgeglichenes Verhältnis oder Mg-Dominanz;
- c) Erdalkali-Alkali-Verhältnis (Summen der Erdalkalien zu Alkalien): in der Regel höhere Alkali-Vormacht;
- d) Hydrogenkarbonat-Salinar-Verhältnis (HCO_3 zur Summe von $\text{Cl} + \text{SO}_4$): wechselnd; besonders bei geringerer Konzentration kann der HCO_3 -Anteil relativ etwas höher sein;
- e) das Salinar-Verhältnis (Cl/SO_4) ist naturgemäß immer kleiner als 1,0, weist also auf eine Sulfat-Vormacht;
- f) CN-Verhältnis (Cl/Na): stets ausgesprochen hohe Na-Vormacht:

Ferner sind die hier untersuchten Alkali-Sulfat-Wässer sauerstoffarm, also reduziert, z. T. sogar erheblich. Erwartungsgemäß enthalten sie deshalb auch Eisen und (nicht immer) Mangan.

Eine Beziehung, die sich in diesen Alkali-Sulfat-Wässern zeigt, sollte jedoch besonders herausgestellt werden, nämlich, daß parallel zum reduzierten Zustand des Wassers das Calcium-Magnesium-Verhältnis ausgeglichen ist oder Magnesium sogar vorherrscht. Wie vergleichende Untersuchungen gezeigt haben, ist diese Beziehung nicht nur auf Alkali-Sulfat-Wässer beschränkt, sondern in reduzierten Wässern offensichtlich allgemein und unabhängig von der Lithologie des Grundwasserleiters festzustellen. Mg-Vormacht ist in unterirdischen Wässern verhältnismäßig selten und stellt sich sonst dort ein, wo stark Mg-haltige Gesteine (z. B. Dolomite) das Aquifer bilden, Mg-reiche Salze in der Nähe liegen oder wenn es sich um Regenerationswässer (HÖLTING 1969: 342) handelt. Ist das nicht der Fall, deutet ein relativ hoher Mg-Anteil (ausgeglichenes Erdalkali-Verhältnis oder sogar Mg-Vormacht) in der Regel auf den reduzierten Zustand des Wassers hin. Dabei genügt es schon, wenn ein im Verhältnis

zur Umgebung niedrigeres Ca/Mg-Verhältnis vorliegt, z. B. wenn das Aquifer von kalziumreicheren Gesteinen gebildet wird. Ferner kann meistens aus der Verschiebung des Ca/Mg-Verhältnisses auf die Änderungen des Redox-Potentials geschlossen werden. Vermutlich sind die Verschiebungen der Alkali-Verhältnisse in den reduzierten Wässern auf veränderte chemische Lösungsgleichgewichtszustände zurückzuführen, die sich nach den Untersuchungen von GARRELS (1960), die er mit verschiedenen Salzen im gelösten Zustand vornahm, mit dem Redox-Potential ändern.

3.2.7. Genese der $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -haltigen Wässer im Schiefergebirge:

Aus den hydrochemischen Verhältnissen ergibt sich folgender Ablauf der Genese:

Die in den Kulm-Tonschiefern reichlich vorhandenen Sulfide (besonders Pyrit) werden durch zuzitzende sauerstoffhaltige Wässer zu Sulfaten oxydiert. Dabei bildet sich freie Schwefelsäure, die auf die Feldspäte in den Grauwacken zwischen den Tonschiefern einwirkt und sie zersetzt. Dabei wird Na frei, das mit der Schwefelsäure zu den Alkali-Sulfat-Gehalten des Wassers führt. Außerdem werden unter weiterem Verbrauch von Sauerstoff aus zufließenden Wässern organische Bestandteile der Tonschiefer oxydiert. Dabei entsteht Kohlensäure, die zu höheren Gehalten an gelöster freier Kohlensäure und mit dem Natrium im Lösungsgleichgewicht Alkali-Hydrogenkarbonate bilden kann. Die Löslichkeit der Erdalkalien ist, wie oben (Abschn. 3.2.6.) ausgeführt, im reduzierten Milieu anscheinend vermindert, die des Kalziums mehr als die des Magnesiums. So kann es nicht zu höheren Erdalkalisulfat- oder -hydrogenkarbonatgehalten kommen. Entweder werden quantitativ weniger Erdalkalien aus dem Aquifer gelöst, oder die Erdalkalien scheiden mit Einsetzen des reduzierten Zustandes aus den zuzitzenden Grundwässern aus (wahrscheinlich vor allem als Karbonate, da man in den Tonschiefern und Grauwacken häufig karbonatische Gangfüllungen findet, die sogar – wie im Untersuchungsstollen Hemfurth-Edersee – dolomitisch sein können). Bei den Oxydationsprozessen, die zum reduzierten Zustand des Wassers führen, wird Energie frei, wodurch das Wasser leicht erwärmt wird. Deshalb sind die reduzierten Wässer zuweilen etwas wärmer als die sauerstoffreichen, nicht reduzierten Grundwässer in der Umgebung. Das Eisen (und Mangan) bleibt 2wertig im Wasser gelöst und scheidet erst bei Sauerstoffzutritt als 3wertiges Eisen aus. Im reduzierten Wasser ist ferner in der Regel der Nitratgehalt gering, da dem O_2 -haltigen Säurekomplex der Sauerstoff durch Bakterien entzogen wird. Die Denitrifikation geht häufig bis zum elementaren Stickstoff und führt zu Gasaustritten, wie in der Mineralwasserbohrung Frankenberg, in Ederbringhausen oder in den bereits erwähnten thermalen Alkali-Sulfat-Mineralwässern Südbulgariens. Die Denitrifikation erfolgt im reduzierten Milieu schon vor der Desulfurikation.

Daß der Typ des reduzierten Grundwassers mit den aufgezeigten hydrochemischen Eigenschaften verhältnismäßig selten ist, liegt daran, daß zu seiner Herausbildung einige Voraussetzungen erfüllt sein müssen. So müssen das zufließende sauerstoffreiche Grundwasser und die im Aquifer vorhandenen Sulfide in einem quantitativ äquivalenten Verhältnis stehen. Bei zu starkem Grundwasserzufluß oder – was gleichbedeutend – zu geringer Sulfidmenge wird die Reduktion des zufließenden Grundwassers und damit die Herausbildung des beschriebenen Grundwassertyps nur unvollständig verlaufen und je nach den Mengenverhältnissen einen Zwischentyp ent-

stehen lassen (s. a. HÖLTING 1970: 32). Außerdem muß die Verweildauer des zugeflossenen Grundwassers im reduzierenden Aquifer ausreichend sein. Da diese Voraussetzungen aber nicht überall gegeben sind, ist der Typ des reduzierten Natrium-Sulfat-Wassers mit Mg-Vormacht bei geringem Erdalkali-Gehalt im Schiefergebirge nicht so häufig anzutreffen. Auch ändern sich die hydrochemischen Gleichgewichtszustände, wenn die hydraulischen Verhältnisse geändert werden, sei es natürlich durch Witterungs- oder Klima-Schwankungen und dadurch verursachte Grundwasserschwankungen, oder sei es künstlich durch anthropogene Eingriffe, z. B. durch Grundwasserentnahme aus in diese Aquifers gebohrte Brunnen. So erklären sich z. B. die Abnahmen der Sulfatgehalte in den Wässern der Brunnen in Buchenberg (Abschn. 3.2.4.) und Oberense (Abschn. 3.2.5.). Mit der Witterung wechselnde Grundwasserzustände sind vielfach die Ursache dafür, daß Wässer aus Brunnen mit der Jahreszeit wechselnde chemische Zusammensetzungen haben, die zur Annahme mehrerer erschlossener Grundwasserstockwerke verleiten können, obwohl tatsächlich nur ein Grundwasserstockwerk genutzt wird.

Im Sinne der eingangs genannten Definition handelt es sich bei den untersuchten Alkali-Sulfat-Wässern um diagenetische Lösungen, deren Zusammensetzung eine Folge chemischer und physikoschemischer Reaktionen des sich bewegenden Grundwassers mit dem Aquifer ist.

3.3. Die Genese des in Wetter/Krs. Marburg erschlossenen Mineralwassers

Das in Frankenberg erschlossene Mineralwasser, das dem von Wetter/Krs. Marburg gleicht, hatte SOBOTHA (1956: 104) als syngenetische Lösung erklärt, also als Lösung von Glaubersalzen, die er im Zechstein des Untergrundes vermutete. Außer den im Abschnitt 3.1.2. und 3.1.3. genannten Argumenten von SCHWILLE und LÖHNERT sprechen folgende Überlegungen gegen eine syngenetische Bildung der Glaubersalzwässer. Aus BORCHERT (1940: 38 ff.) geht hervor, daß die Natrium-Sulfat-Salze (Thenardit, Astrakanit, Löweit, Vanthoffit, Glauberit) erst nach den Kalzium-Salzen und dem Steinsalz ausscheiden. Es müßten also mächtigere Steinsalzlager vorhanden sein, ehe Glaubersalzlagerstätten vermutet werden können. Wenn auch kleinere Salzvorkommen in der Frankenberger Bucht wahrscheinlich (zwischen Anhydritlagen wohl) vorhanden sind, so sicher nicht so mächtige, daß auch Glaubersalzlager eingeschaltet sein können. Immerhin liegt dieses Gebiet im Sulfatsaum des Zechsteinmeeres (und auch der Tiefenwässer nach HÖLTING 1970: 34). Das schließt nicht aus, daß lokal und vereinzelt im Laufe der Diagenese sekundär Glaubersalzkristalle entstanden, jedoch nicht im Umfang einer Lagerstätte, die den Lösungsinhalt von Mineralwässern prägt. Ferner ist zu bemerken, daß sich nach einer von RÖHRER (1929: Tab. 3) mitgeteilten Analyse das Wasser der Kara-Bugas-Bucht des Kaspischen Meeres durch Cl-Vormacht und hohen Ca-Cl₂-Gehalt (CN-Verhältnis 2,98) auszeichnet. Zum Vergleich für Bildungen am Rande des Zechsteinmeeres sind die Verhältnisse in dieser Bucht des Kaspischen Meeres daher weniger geeignet. Schließlich sind weder in der Bohrung Schiffelbach (Tab. 2, Nr. 2) noch in der Molkerei Frankenberg (Tab. 2, Nr. 4), die beide in geologisch ähnlicher Position liegen, Lösungen ähnlicher Zusammensetzung angetroffen werden.

Auch die Annahme eines fossilen Meereswassers (connate water), das sich in Poren des Aquifers erhalten hat, ist bei der bis in jüngster Zeit erfolgten (oder sogar noch andauernden) tektonischen Beanspruchung des Gebirges und seiner relativ hohen Lage im Verhältnis zum Unterstrom nicht zu vertreten.

In Wetter/Krs. Marburg wie in Frankenberg dürfte es sich um die gleiche Genese des Natrium-Sulfat-Chlorid-Mineralwassers handeln, die etwa folgendermaßen abgelaufen ist:

- a) Zunächst ist davon auszugehen, daß höher konzentrierte Na—Cl-haltige Lösungen vorhanden sind. Einmal kann der Na—Cl-Anteil aus geringmächtigen Zwischenmitteln zwischen Anhydritlagen im Zechstein der Frankenger Bucht stammen, wie schon verschiedentlich angenommen wurde (Abschn. 3.2.1.). Quantitativ erscheint es allerdings problematisch, ob tatsächlich so mächtige Steinsalzvorkommen in der Frankenger Bucht ausgebildet sind, daß es hier zu höheren Cl-Gehalten in den Mineralwässern kommen kann. Einziger Hinweis ist das Wasser der Molkerei Frankenberg (Tab. 2, Anal. 4b, mit dem CN-Verhältnis 1,05). Man müßte aber vielleicht auch daran denken, daß entlang dem Schiefergebirgsrandabbruch von Süden her salzreiche Lösungen zuwandern. Die nächsten bekannten Na—Cl-reichen Mineralwasservorkommen liegen 24 km südlich im Salzböde-Tal bei Lohra/Kr. Marburg (STENGEL-RUTKOWSKI 1967: 196) und 36 km südlich bei Gießen. Von Osten her sind keine größeren Na-Cl-Zuflüsse bekannt. Weder in der Bohrung Schiffelbach (Abschn. 3.2.2.) noch in der Bohrung Retschenhäuser Hof bei Kirtorf (KÖBRICH 1926; HÖLTING 1969: 345) sind Cl-Gehalte wesentlich erhöht. Auch in der 683,4 m tiefen sogenannten Deutag-Bohrung bei Niederklein/Krs. Marburg (UDLUFT 1951: 6) wurden im Wasser keine höheren Cl-Gehalte nachgewiesen (Cl: 12.4 mg/l; Sulfat-Gehalt nicht bestimmt; theoretischer Gehalt nach der Nichtkarbonathärte 106 mg/l). Eher liegt deshalb die Vermutung nahe, daß eine solche Zuwanderung von Süden her erfolgt.
- b) Das salz- (und sauerstoff-) haltige Wasser passiert sulfidhaltige, reduzierende Schichten und wird mit $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Lösungen angereichert, die aus der Oxydation von Eisensulfiden in den Tonschiefern und dem Zersatz von Feldspäten in Grauwacken des Schiefergebirges oder im Liegenden des Zechsteins hervorgegangen sind. Die Annahme einer bloßen Mischung zweier verschiedener Lösungen (Na—Cl- und $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Lösungen) ist problematisch. Man müßte dann nämlich annehmen, daß auch das sich beimischende Na—Cl-Wasser schon reduziert ist, da sonst (bei höherem O_2 -Gehalt des Na—Cl-Wassers) das entstehende Mischwasser einen höheren Sauerstoff-Gehalt und damit andere Erdalkali-Verhältnisse (Ca-Vormacht!) bewirken würde. Das aber ist, wie die Analysenergebnisse zeigen, nicht der Fall. Außerdem ergibt sich der geringere O_2 -Gehalt im Cl-reicheren Wasser daraus, daß im Verlaufe der Pumpversuche im Brunnen Wetter/Krs. Marburg der Cl-Gehalt relativ zu SO_4 etwas zunahm (Tab. 1) und gleichzeitig der Gehalt an freiem Sauerstoff abnahm, daß also auch das Na—Cl-reichere Wasser reduziert sein muß.
- c) Die geringen Gehalte an Erdalkalien und deren Verteilung sind wahrscheinlich eine Folge des reduzierten Zustandes des Wassers (Abschn. 3.2.6.).

- d) Die Hydrogenkarbonate stammen entweder als Neubildung aus der Oxydation organischer Bestandteile in den reduzierenden Schichten, was wegen des leicht angestiegenen Gehaltes an freier Kohlensäure am wahrscheinlichsten ist, oder aus gelösten Karbonaten im Aquifer.

Zur Diskussion muß aber auch die Möglichkeit gestellt werden, daß Ca—SO_4 -Wässer, also durch Lösung von Anhydrit oder Gips entstandene Erdalkali-Sulfat-Wässer über Ionenaustausch alkalisiert wurden. Eine solche Genese wäre für die Wässer aus dem Perm (? Oberrotliegendes und Zechstein) denkbar, weil dessen Schichten verhältnismäßig gut durchlässig sind und auch ein größeres nutzbares Porenvolumen aufweisen. Während einer möglichen zeitweiligen Meeresüberdeckung im Tertiär könnten ionenaustauschfähige Tonmineralien mit Na-Ionen belegt sein. Auf diese Möglichkeit wurde schon früher (HÖLTING 1969: 341) hingewiesen. Kaum denkbar erscheint diese Genese allerdings für die untersuchten $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltigen Schiefergebirgswässer. Einmal haben die Tonschiefer nur ein sehr geringes nutzbares Porenvolumen, in dem sich der Ionenumtausch vollziehen könnte, zum anderen aber ist das Schiefergebirge gegenüber dem Vorland durch tektonische Bewegungen stark herausgehoben. Infolgedessen liegen die herausgehobenen Schichten so hoch, daß aus den untersuchten, verhältnismäßig oberflächennahen Schichten die durch Ionenaustausch eingebrachten Alkalien bereits fortgeführt sein müßten. Außerdem kommt für eine tertiäre Meeresüberdeckung wahrscheinlich nur ein kleiner Schiefergebirgsanteil am Ostrand des Kellerwaldes in einer verhältnismäßig kurzen Zeit (Oligozän; RYZKOWSKI 1965: 80) in Frage. Ferner wäre ein Ionenaustausch eher im Wasser der Bohrung Schiffelbach (Abschn. 3.2.2.) zu erwarten, wo noch günstigere Salinar-Verhältnisse vorliegen. Das ist aber nicht der Fall. Schließlich wird bei Ionenaustausch das Redox-Potential nicht verändert, und man müßte dann nach Erklärungen suchen, wie es zu dem stark reduzierten Zustand der in Wetter und Frankenberg angetroffenen Mineralwässer gekommen ist. Einfacher ist dann doch die Erklärung, daß Na—Cl-reiche Lösungen beim Kontakt mit sulfidhaltigen Gesteinen die Sulfide oxydieren. Dabei werden Sulfate gebildet und mit Natrium aus dem Zersatz von Feldspäten angereichert.

Im Sinne der eingangs genannten Definition (Abschn. 3.) handelt es sich in jedem Fall bei den untersuchten (Abschn. 3.2. und 3.3.) Natrium-Sulfat-Mineralwässern um diagenetische Lösungen.

4. Die Grundtypen der Alkali-Sulfat-Wässer

Ein Vergleich mit den im Abschn. 3.1. genannten Vorkommen von Alkali-Sulfat-(Mineral-) Wässern zeigt, daß ihre Bildung wahrscheinlich auf zwei Grundtypen zurückgeführt werden kann:

Typ 1: Entsteht durch (meist chemische) Reaktionen verschiedener Lösungen im sauerstoffreichen (oxydierten) Zustand des Wassers, z. B. zwischen Alkali-Hydrogenkarbonaten und Kalzium-Sulfaten oder Erdalkalihydrogenkarbonaten und Alkalichloriden im Kalzium-Sulfat-Milieu; auch andere chemische Reaktionen oder Ionenaustausch sind denkbar. Diese Reaktionen führen jedoch alle nicht zur Reduktion des

Wassers, die Erdalkali-Verhältnisse sind die eines nicht reduzierten Wassers, d. h. in der Regel eine relativ hohe Kalzium-Vormacht und vielfach auch Erdalkali-Dominanz gegenüber Alkalien.

Typ 2: Entsteht durch chemische und physikochemische Reaktionen im reduzierten Wasser. Zunächst oxydieren Sulfide zu Sulfaten. Dabei wird dem zuzitenden Wasser der freie Sauerstoff entzogen, das Wasser wird reduziert und zugleich mit SO_4 -Ionen angereichert. Die SO_4 -Ionen liegen nach der Oxydation in Wasserstoffbindung (H_2-SO_4) vor, die Säure löst aus dem Aquifer (Feldspäte) Alkalien. Unter Anreicherung der Alkalien (besonders Natrium) führt der reduzierte Zustand nun zu einer Abnahme des Erdalkali-Gehaltes (bereits mitgeführt oder selektiv bei der Herauslösung aus dem Aquifer), unter den Erdalkalien zu einem geringeren Ca-Anteil und damit zu einer relativen Mg-Anreicherung.

Da der Erdalkali-Gehalt während der Genese geringer als in nicht reduzierten Wässern ist, wird das Natrium \pm allein aus Zersetz von alkalihaltigen Gesteinen stammen können, da es in diesem Milieu für einen Ionenaustausch an austauschbaren Erdalkalien mangelt. Sekundär kann dann beim Abfließen vom Bildungsort der Alkalisulfate im Kontakt mit anderen sauerstoffhaltigen erdalkalireicheren Wässern eine Mischung stattfinden, die je nach den beteiligten Mengen zu einer Sauerstoff- und Erdalkali-, besonders Kalzium-Anreicherung und damit zu einem Mischtyp führen wird. Denn das einmal gebildete Natriumsulfat ist sowohl im reduzierten als auch im oxydierten Milieu beständig und scheidet deshalb nicht aus. Auch kann es durch Setzungen (HÖLTING 1970: 31) zu Anreicherungen kommen. Vielleicht sind auch die glaubersalzführenden Mineralwässer im Buntsandstein Südwestdeutschlands (zumindest zum Teil) aus der Oxydation von Sulfiden entstanden. Denn die neuerdings von CARLÉ (1971: 75 ff.) mitgeteilten Analysen zeigen, daß dort Natrium-Sulfat-Wässer in den Bohrungen nachgewiesen wurden, die in ihren hydrochemischen Merkmalen mit den Wässern übereinstimmen, die aus der Oxydation sulfidischer Gesteine hervorgingen. Die Schwierigkeiten, die sich bei einer Erklärung als fossile, wenn auch diagenetisch veränderte marine oder limnische Wässer ergeben (Abschn. 3.1.4.), würden damit entfallen.

Bei Alkali-Sulfat-Wässern (Typ 1 und Typ 2) handelt es sich wohl in der Regel um diagenetische Bildungen. Die syngenetische Bildung dürfte verhältnismäßig selten sein, da die Glaubersalzlager schon so mächtig sein müßten, daß sie den chemischen Charakter der aus benachbarten anderen Salinaren abfließenden Lösungen überprägen.

5. Zusammenfassung

Durch eine 101,2 m tiefe Brunnenbohrung in Wetter/Krs. Marburg (Hessen), niergebracht in Schichten des Unteren Buntsandsteins und Perms (Zechstein und ?Ob. Rotliegendes), wurde ein Natrium-Sulfat-Chlorid-Mineralwasser erschlossen. Es gleicht in seiner Zusammensetzung dem schon bekannten Vorkommen in Frankenberg/Eder (Hessen). Das hydrochemische Ergebnis war Veranlassung, die Genese von Natrium-Sulfat-Wässern umfassend zu untersuchen.

Hinsichtlich ihres Lösungsinhaltes lassen sich alle unterirdisch vorkommenden Wässer unterscheiden nach syngenetischen Lösungen, die durch Auflösung von Nebenge-

steinen i.w.S. ohne wesentliche spätere Verschiebung der Ionenverhältnisse entstehen, und nach diagenetischen Lösungen, die meist aus syngenetischen Lösungen durch Änderungen der Ionenverteilung hervorgehen. Die bisher untersuchten Vorkommen von $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltigen Wässern werden von den Bearbeitern überwiegend als diagenetische Lösungen angesehen, nur vereinzelt als syngenetische.

In der weiteren Umgebung des in Wetter/Krs. Marburg erschlossenen Vorkommens sind besonders im Verbreitungsgebiet unterkarbonischer Tonschiefer und Grauwacken schon verschiedentlich $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltige Grundwässer angetroffen worden. Sie erweisen sich als sauerstoffarm (reduziert); die Erdalkalien sind gegenüber den Alkalien (Natrium weitgehend) meist rezessiv; charakteristisch ist ferner das niedrige Ca/Mg -Verhältnis, das bis zur Mg -Dominanz geht. Der reduzierte Zustand ist eine Folge des O_2 -Verbrauches bei der Oxydation von (meist Eisen-) Sulfiden in den Tonschiefern. Die dabei entstehende Schwefelsäure wirkt auf die Felspäte in den Grauwacken ein und macht Na -Ionen frei. Natrium- und Sulfat-Ionen führen zu den $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -Gehalten der Grundwässer. Diese Bildungsprozesse verlaufen jedoch nur dann optimal, wenn sauerstoffreiche Grundwässer und Sulfide im Aquifer in einem quantitativ äquivalenten Verhältnis stehen und das Grundwasser im Reaktionsmilieu eine ausreichende Verweildauer hat; sonst sind die Bildungen unvollständig.

Zu dem in Wetter/Krs. Marburg erschlossenen Cl -haltigen Glaubersalzwater ist es durch Einwirkung von Cl - und sauerstoffhaltigen Wässern auf sulfidhaltige Tonschiefer-Grauwacken-Wechselfolgen gekommen. Ihre Bildung als syngenetische Lösung erscheint unwahrscheinlich.

Vermutlich läßt sich die Genese aller $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltigen (Mineral-) Wässer auf zwei Grundtypen zurückführen: erstens durch Mischung (chemische Reaktion) verschiedener Alkali-Erdalkali- und sulfathaltiger Lösungen mit wechselnden Cl - oder HCO_3 -Gehalten im nicht reduzierten Zustand, wobei neben den Alkalien die Erdalkalien nicht dezimiert sind oder werden; zweitens: durch mehrere (chemische und physikochemische) Reaktionen in reduzierten Wässern, wobei die Sauerstoffarmut eine Folge der Sulfatbildung aus der Oxydation von Sulfiden ist. Der reduzierte Zustand führt anscheinend ferner dazu, daß der Erdalkali-Anteil in solchen Wässern gegenüber den Alkalien gering ist. Durch Mischung mit sauerstoffhaltigen Wässern kann es sekundär zu Mischtypen kommen, die in ihren hydrochemischen Merkmalen nicht-reduzierten Glaubersalzwässern entsprechen, da die Löslichkeit des Glaubersalzes nicht vom Redox-Potential abhängt.

Bei fast allen $\text{Na}_2\text{—SO}_4$ -haltigen (Mineral-) Wässern dürfte es sich um diagenetische Lösungen handeln.

6. Schriftenverzeichnis

- BORCHERT, H. (1940): Die Salzlagerstätten des deutschen Zechsteins. — Arch. Lagerstättenforsch., **67**: 1—196, 21 Abb., 12 Taf.; Berlin.
- CARLÉ, W. (1966 a): Das saline Mineralwasser bei Langenburg (Landkreis Crailsheim). — Jh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **8**: 87—104, 5 Abb; Freiburg.
- (1966 b): Zur Herkunft des Kochsalzgehaltes der vogtländischen und nordwestböhmisches Mineralwässer, vor allem des Karlsbader Mineralwassers. — Z. deutsch. geol. Ges., 1963, **115**, 2/3: 425—453, 7 Abb.; Hannover.

- CARLÉ, W. (1971): Die Tiefbohrungen auf mineralisiertes Thermalwasser in Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg. — Jh. Ges. Naturkde. Württemberg, **126**: 36—87, 8 Abb., 1 Taf.; Stuttgart.
- DEGENS, E. T. & CHILINGAR, G. V. (1967): Diagenesis of Subsurface Water. — Diagenesis in Sediments, Developments in Sedimentology, **8**: 477—502, 7 Fig.; Amsterdam-London-New York (Elsevier).
- FAIRBRIDGE, R. W. (1967): Phases of Diagenesis and Authigenesis. — Diagenesis in Sediments, Developments in Sedimentology, **8**: 19—82, 8 Abb., 2 Tab.; Amsterdam-London-New York (Elsevier).
- GABRELS, R. M. (1960): Mineral Equilibria. 254 S., New York (Harper).
- HÖLTING, B. & THEWS, J. D. (1964): Grundwasserbeschaffenheit. In: Wasservirtschaftlicher Rahmenplan Fulda: E 93—95, 1 Kte. 1:300000; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1964): Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **47**: 1—37, 2 Taf.; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. (1969): Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 333—351, 12 Abb.; Wiesbaden.
- (1970): Beiträge zur Hydrochemie der Tiefenwässer. — Z. deutsch. geol. Ges., 1969, **121**: 19—44, 6 Abb.; Hannover.
- KÄSS, W. (1967): Zur Geochemie einiger neuerschlossener Buntsandstein-Mineralwässer am Schwarzwald-Ostrand. — Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **9**: 81—104, 3 Abb., 10 Tab.; Freiburg.
- KULICK, J. (1966): Der Untere Buntsandstein am Südrande des Kellerwaldes (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 189—200, 1 Abb., 3 Taf.; Wiesbaden.
- (1968): Geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4719 Korbach u. Erl.: 1—272, 32 Abb., 8 Diagr. 15 Tab., 8 Taf.; Wiesbaden.
- KÖBRICH, C. (1926): Die Tiefbohrungen nach Salz in Oberhessen in den Jahren 1905/07. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-A. Darmstadt, (V) **8**: 197—223; Darmstadt.
- LANG, W. B. (1941): New source for sodium sulphate in New Mexico. — Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, **25**: 152—160, 2 Abb.; Washington.
- LÖHNERT, E. (1967): Grundwasser-Typen tieferer Stockwerke in Hamburg. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **129**, 2: 113—136; Stuttgart.
- (1970): Grundwasserchemismus und Kationentausch im norddeutschen Flachland. — Z. deutsch. geol. Ges., Sonderh. Hydrogeol. Hydrogeochem.; 139—159, 9 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- MATTHES, G. (1961): Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **35**: 1—85, 3 Abb., 31 Tab.; Wiesbaden.
- RITZKOWSKI, S. (1965): Das marine Oligozän im nördlichen Hessen. Stratigraphie und Paläontologie. Maschinenvervielfältigte Diss.: 1—194, 28 Abb.; Marburg.
- RÖHRER, F. (1929): Über ein neues im Buntsandstein erbohrtes Mineralwasser und die Bedeutung solcher Wässer für die Paläogeographie des Buntsandsteins. — Bad. geol. Abh., **1**: 97—116, 3 Tab.; Karlsruhe.
- ROTH, W. (1966): Der Untere Buntsandstein bei Marburg/Lahn. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 173—181, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- SAUER, K. (1960): Der Glaubersalzsäuerling von Bad Krozingen. — Heilbad u. Kurort, **12**, 10: 234; Gütersloh.
- SAUER, E. (1964): Das Perm am Schiefergebirgsrand zwischen Gilserberg und Lollar. Maschinenvervielfältigte Diss.: 1—115, 59 Abb., 9 Taf., 8 Tab.; Marburg.
- SCHMIDT, E. R. (1969): Thermal- und Mineral-Heilwässer Ungarns. — In: Mineral and Thermal Waters of the World, A-Europe, Report of the Twenty-Third Session of Internat. Geol. Congr. 1968: 69—76, 1 Kte.; (Academia) Prag.
- SCHOELLER, H. (1934): Les échanges de bases dans les eaux souterraines vadoses: Trois exemples en Tunisie. — Bull. Soc. géol. France, (V) **4**: 389—420, 2 Abb., 1 Taf., 1 Kte.; Paris.

- SCHTEREFF, K. D., MARTINOFF, S. L. & LEFTEROFF, B. K. (1964): Die Mineralwässer Bulgariens. — Heilbad u. Kurort, **16**, 4: 79—81; Gütersloh.
- SCHULZE, W. (1968): Allgemeine und physikalische Chemie, T. 2. — Sammlg. Göschen, **698/698a**: 1—222, 49 Abb., 23 Tab.; Berlin (de Gruyter).
- SCHWILLE, F. (1955): Ionenumtausch und der Chemismus von Grund- und Mineralwässern. — Z. deutsch. geol. Ges., **106**: 16—22, 2 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- SOBOTH, E. (1956): Eine neu erbohrte Mineralquelle in Frankenberg/Eder. — Z. deutsch. geol. Ges., 1956, **108**, 1: 100—104, 3 Abb.; Hannover.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1967): Einige neue Vorkommen von Natrium-Chlorid-Wasser im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 190—212, 6 Abb.; Wiesbaden.
- UDLUFT, H. (1951): Über den tektonischen Aufbau der Buntsandsteinlandschaft zwischen Marburg und Kirtorf. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**: 5—14, 1 Taf.; Wiesbaden.
- ZYKA, V. (1957): Hydrochemische Zonen in Mitteleuropa. — Acta geol. Acad. Scient. hung., IV, 3/4: 383—413; Budapest.

Manuskript eingegangen am 14. 4. 1972

B.
Amtlicher Teil

Tätigkeitsbericht

des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1971 (1. 1. — 31. 12. 1971)

Der Haushalt des Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1971 (Haushaltsgesetz 1971/72 vom 15. 6. 1971, GVBl 1971, S. 149–153) sah gegenüber dem Geschäftsjahr 1970 (Haushaltsgesetz 1969/1970 vom 12. 12. 1968, GVBl 1968, S. 303–308) eine Erhöhung des Personals von 134 auf 140, also um 4,5%, gleichzeitig eine Erhöhung der Gesamtausgaben um 14,3% vor.

Die Unterbringung des Landesamtes für Bodenforschung hat sich infolge Aufgabe des Gebäudes Bodenstedtstraße 4, wo Bibliothek und Vertriebsstelle untergebracht waren, verändert. Es wurden neue Räume angemietet, so daß das Landesamt für Bodenforschung jetzt auf 7 Stellen, 6 in Wiesbaden und 1 in Villmar/Oberlahnkreis, verteilt ist, womit sich der Arbeitsablauf erschwerte. Gerechnet von der Zentrale, Leberberg 9, mit den bebauten Grundstücken Leberberg 5 und Leberberg 11 sowie den unbebauten Grundstücken Leberberg 7 (Parkplatz) und Richard-Wagner-Straße 10 (Grünfläche) liegen zu den anderen Teilen des Landesamtes folgende Wegentfernungen vor: Sonnenberger Straße 24 (Bodenkunde) 0,3 km, Schöne Aussicht 57 (Leitung Bibliothek und Vertriebsstelle) 0,2 km, Mainzer Straße 25 (Werkstatt) 2,2 km, Barbarossastraße 21 (Hauptbestand Bibliothek) 6,8 km, Hasengartenstraße 26 (Lager Vertriebsstelle) 4,0 km, Villmar-Aumenau, Grube Strichen (Bohrkernlager) 48,1 km.

Im Rahmen dieses Vorwortes sei erwähnt, daß mehrere Angehörige des Landesamtes für Bodenforschung intensiv außerhalb ihrer Dienstobliegenheiten in der Erwachsenenbildung tätig sind. So wurden z. B. Herr Regierungsdirektor Prof. Dr. LIPPERT am 23. 6. 1970 zum Vorsitzenden des Nassauischen Vereins für Naturkunde, Wiesbaden, und Herr Regierungsdirektor Dr. RÖSING am 14. 4. 1971 mit Wirkung vom 1. 1. 1972 zum Vorsitzenden des Oberrheinischen Geologischen Vereins gewählt.

1. Geologische Landesaufnahme

Geologische Karte 1 : 25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km ²
4620 Arolsen	Feldaufnahme	45
4623 Kassel-Ost	Anschlußkartierung an Bl. 4723 Oberkaufungen	1,5

Geologische Karte 1:25000 (Fortsetzung)

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr augenommene Fläche in km ²
4624 Hedemünden	Anschlußkartierung an Bl. 4723 Oberkaufungen	1
4721 Naumburg	Herausgabe	—
4722 Kassel-Niederzwehren	Arbeit zur Herausgabe	—
4723 Oberkaufungen	Arbeit zur Herausgabe	—
4724 Großalmerode	Anschlußkartierung an Bl. 4723 Oberkaufungen	6,5
4820 Bad Wildungen	Arbeit zur Herausgabe	—
4821 Fritzlar	Feldaufnahme	22
4822 Gudensberg	Feldaufnahme	20
4823 Melsungen	Arbeit zur Herausgabe	—
4920 Armsfeld	Feldaufnahme	4
4925 Sontra	Feldaufnahme	12
5024 Rotenburg a. d. Fulda	Arbeit zur Herausgabe	—
5216 Oberscheld	Feldaufnahme	23
5225 Geisa	Feldaufnahme	35
5319 Londorf	Arbeit zur Herausgabe	—
5618 Friedberg	Arbeit zur Herausgabe	—
5620 Ortenberg	Feldaufnahme	12
5623 Schlüchtern	Herausgabe	—
5721 Gelnhausen	Feldaufnahme	11
5722 Salmünster	Arbeit zur Herausgabe	—
6217 Zwingenberg a. d. Bergstraße	Arbeit zur Herausgabe	—
6316 Worms	Feldaufnahme	45

Insgesamt wurden 238 km² geologisch neu kartiert.

Herausgegeben wurden die Blätter der Geologischen Karte 1:25000 mit Erläuterungen

4721 Naumburg (1. Auflage)
5623 Schlüchtern (2. neubearbeitete Auflage).

Als unveränderte Nachdrucke herausgegeben wurden die vergriffenen Blätter der Geologischen Karte 1:25000

5317 Rodheim-Bieber
5915 Wiesbaden.

Der Klärung von geologischen Grundlagen für die Kartierung und Erforschung des Landesgebietes dienten folgende Untersuchungen und Arbeiten:

Entwurf eines Berichtes und eines geologischen Profils 1:100000 durch Dill-Mulde, Hörre, Lahn-Mulde und Westerwald für die geplante Geotraverse im Rhenohercynikum;

Bearbeitung der Grenze zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein in Hessen für die Neuauflage der Geologischen Übersichtskarte von Hessen 1:300000.

Im Rahmen von Untersuchungen für die geologische Landesaufnahme wurden auf folgenden Blättern Geländearbeiten ausgeführt:

Blatt-Nr. und -Name	Arbeit
4520 Warburg	Bearbeitung von BAB-Trassen-Bohrungen (Buntsandstein und Muschelkalk)
4824 Hess. Lichtenau	Bearbeitung eines Muschelkalkprofils
4826 Eschwege	Bearbeitung von Zechsteinbohrungen
5125 Friedewald	Bearbeitung von Straßenbau-Aufschlüssen (Buntsandstein)
5315 Herborn	Bearbeitung von BAB-Trassen-Bohrungen (Devon und Karbon)
5316 Ballersbach	Bearbeitung von BAB-Trassen-Bohrungen (Devon und Karbon)
5324 Hünfeld	Bearbeitung von Buntsandsteinbohrungen
5416 Braunfels	Bearbeitung von BAB-Trassen-Bohrungen (Devon und Karbon)
5417 Wetzlar	Bearbeitung von BAB-Trassen-Bohrungen (Devon und Karbon)
5424 Fulda	Bearbeitung von Straßenbau-Aufschlüssen (Buntsandstein)
5425 Kleinsassen	Bearbeitung von Straßenbau-Aufschlüssen (Buntsandstein)
5426 Hilders	Bearbeitung von Straßenbau-Aufschlüssen (Buntsandstein)
5524 Weyhers	Bearbeitung von Straßenbau-Aufschlüssen (Buntsandstein)
5525 Gersfeld	Bearbeitung von Straßenbau-Aufschlüssen (Buntsandstein und Muschelkalk)
5817 Frankfurt a. M.-West	Bearbeitung von Bohrungen und Aufschlüssen der S- und U-Bahn (Tertiär)
5818 Frankfurt a. M.-Ost	Bearbeitung des Profils der BAB-Trasse Frankfurt a. M.-Ostumgehung (Tertiär)
5914 Eltville a. Rhein	Bearbeitung von Tertiäraufschlüssen
5915 Wiesbaden	Bearbeitung von Tertiäraufschlüssen
5916 Hochheim a. Main	Bearbeitung von Tertiäraufschlüssen im Steinbruch Falkenberg
6217 Zwingenberg a. d. Bergstraße	Bearbeitung von Quartäraufschlüssen

Biostratigraphie, Paläontologie

Im Rahmen der geologischen Landesaufnahme und bei der Untersuchung von wichtigen Neuaufschlüssen und Bohrprofilen, besonders bei der Baugrunderkundung für die S-Bahn und die Nord- und Ostumgehung der Autobahn in Frankfurt a. M., wurden Makro- und Mikrofossilien zur biostratigraphischen Altersbestimmung von Gesteinshorizonten aufgesammelt. Dieses im Berichtsjahr aufgesammelte oder bearbeitete Fossilmaterial stammt

aus dem Paläozoikum (Devon, Unterkarbon) der Blätter 4820 Bad Wildungen, 4920 Armsfeld, 5216 Oberscheld, 5316 Ballersbach und 5416 Braunfels,

- aus dem Mesozoikum (Trias, Jura) der Blätter 4520 Warburg, 4620 Arolsen, 4723 Oberkaufungen, 4824 Hess. Lichtenau, 4923 Altmorschen und 5225 Geisa, sowie
- aus dem Tertiär der Blätter 4722 Kassel-Niederzwehren, 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 5618 Friedberg, 5817 Frankfurt a. M.-West, 5818 Frankfurt a. M.-Ost, 5914 Eltville a. Rhein, 5915 Wiesbaden und 5916 Hochheim a. Main.

Geophysik

Geophysikalische Spezialkartierungen zur Unterstützung der geologischen Landesaufnahme wurden fortgesetzt und ergänzt auf den Blättern 4620 Arolsen, 4721 Naumburg, 4821 Fritzlar, 5024 Rotenburg a. d. Fulda und 5216 Oberscheld.

Regionale magnetische Messungen erfolgten im Taunus, im Vortaunus, im nördlichen Spessart und im Rheingau.

Forschungsschwerpunkt Oberer Erdmantel

Die vorrangige Förderung der Untersuchungen am Oberrhein-Graben im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Unternehmen Erdmantel“ wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft Ende 1970 eingestellt. Einem Beschluß auf dem 4. Kolloquium der Internationalen Rheingraben-Forschungsgruppe am 12. 6. 1970 in Frankfurt a. M. folgend, sollten im Anschluß daran bevorzugt die nördlichen und südlichen Fortsetzungsstrukturen des Oberrhein-Grabens bearbeitet werden. In diesem Zusammenhang wurden kleintektonische Untersuchungen im südlichen Taunus vorgenommen. Außerdem wurden rund 180 Röntgen-Fluoreszenz-Gesteinsanalysen an Serizitgneisen, Phylliten und Grünschiefern des „Taunus-Vordevons“ ausgeführt. Neu begonnen wurden geochemische Untersuchungen im Taunus und im Soonwald, für die neben theoretischen und praktischen Vorarbeiten erste Messungen von Spurenelementgehalten in Gesteinen des Taunus-Vordevons vorgenommen wurden.

Für diese Arbeiten wurden im Berichtsjahr aus Mitteln der DFG im Hause des Landesamtes beschäftigt:

Dipl.-Geol. HANS-JÜRGEN ANDERLE	vom 1. 2. 1971—31. 12. 1971
Dipl.-Min. GERHARD STRECKER	vom 1. 1. 1971—30. 4. 1971
	und vom 1. 8. 1971—31. 12. 1971.

Petrologie und Geochemie

Für die Erläuterungsbeiträge zur Petrologie der Sedimentgesteine und Magmatite der Blätter 4820 Bad Wildungen, 4823 Melsungen, 5216 Oberscheld, 5220 Kirtorf, 5319 Londorf, 5620 Ortenberg, 5623 Schlüchtern, 5721 Gelnhausen, 5722 Salmünster, 6217 Zwingenberg wurden Proben gesammelt und untersucht. — Arbeiten geringeren Umfangs galten der Untersuchung von Bohrproben des Blattes 5521 Gedern.

Das vom Landesamt geleitete 3. „Odenwald-Kolloquium“, an dem Geowissenschaftler mit dem Arbeitsschwerpunkt „Kristallin im Odenwald und in seinen Nachbargebieten“ seit 30. 10. 1965 beteiligt sind, wurde am 23. 4. 1971 in Heidelberg mit Vorträgen und am 24. 4. 1971 im Gelände veranstaltet.

2. Bodenkunde

Bodenkarte 1 : 25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km ²
5216 Oberscheld	Arbeit zur Herausgabe	—
5814 Bad Schwalbach	Feldaufnahme	23
5816 Königstein i. Taunus	Abschluß der Feldaufnahme	73
	Arbeit zur Herausgabe	
5817 Frankfurt a. M.-West	Feldaufnahme	21
5917 Kelsterbach	Arbeit zur Herausgabe	—
5918 Neu-Isenburg	Feldaufnahme	5

Insgesamt wurden 122 km² bodenkundlich aufgenommen.

Im Rahmen der bodenkundlichen Kartierung von Flächen mit Sonderkulturen wurden Auswertungsarbeiten für 3 Weinbauversuchsflächen durchgeführt.

Die Feldaufnahmen aus dem Jahre 1970 auf Blatt Gottesthal (Gem.-Bez. Winkel, Rheingaukreis) der Standortkarte der hessischen Weinberge (i. M. 1:5000) wurden durch Einarbeitung von Klimadaten und züchterischen Auswertungsergebnissen ergänzt.

Die Auswertung und kartenmäßige Darstellung der Ergebnisse der forsthydrologischen Untersuchungen im Gebiet Krofdorf (Ldkr. Gießen) wurden fortgesetzt.

Zur Erstellung eines Gerichtsgutachtens zur Beurteilung von Auffüllmaßnahmen in Hönebach, Kr. Rotenburg, wurden bodenkundliche Untersuchungen durchgeführt. Weitere Feldarbeiten wurden zur Erstellung eines Gutachtens für eine bodenkundliche Beurteilung von Trassenflächen der BAB-Planung A 100 im Gebiet Gießen-Marburg vorgenommen.

3. Lagerstätten**Eisen- und Manganerze**

Die Forschungsarbeiten wurden wie im vergangenen Jahr fortgesetzt. — Diese schon seit Jahren laufenden Untersuchungen — z. T. gemeinsam betrieben mit Kollegen deutscher Universitätsinstitute für Geologie und für Petrologie — vertiefen und ergänzen durch weitere Befunde die Kenntnisse über die Entstehung der Roteisenerze vom Lahn-Dill-Typ und ihre Beziehungen zum Nebengestein in Abhängigkeit vom einstigen Bildungsraum. Nur in Hessen zeigen die beiden letzten noch in Betrieb befindlichen Gruben die kennzeichnenden Besonderheiten dieser vulkanogensedimentären Erze so augenfällig, daß diese Problematik immer wieder mit Unterstützung der Bergbaufirmen bei Grubenbefahrungen zahlreichen in- und ausländischen Fachleuten vorgeführt und mit ihnen im gegenseitigen Erfahrungsaustausch diskutiert werden kann. Daraus ergeben sich vielfache Hinweise für die Prospektion auf ähnliche oder verwandte Lagerstätten im In- und Ausland.

Buntmetall-Erze

Aus Erörterungen über die zukünftige Versorgung der deutschen Industrie mit Buntmetallen ergaben sich, vor allem im Hinblick auf geänderte Gewinnungsverfahren, Befahrungen alter Lagerstättenreviere im Gebiet von Frankenberg, Korbach Dillenburg und Biedenkopf. Es konnten auch in den Gebieten Limburg – Weilminster – Usingen – Eppstein und Gelnhausen – Büdingen Schwerpunkte zur erneuten Lagerstättenuntersuchung mit Methoden der geophysikalischen und geochemischen Prospektion vorgeschlagen werden.

Bei Kartierarbeiten auf Bl. 5216 Oberscheld wurde bei Günterod (Kr. Biedenkopf) ein Schwespatvorkommen gefunden, das in seiner Beschaffenheit nicht mit den aus diesem Gebiet bisher bekannten Ba-Lagerstätten übereinstimmt. Nach vorläufigen Untersuchungsergebnissen könnte hier ein Lager von sedimentärem Schwespat mit geringen Buntmetall-Spuren im Grenzbereich von Schichten des Oberdevons und Mitteldevons vorliegen. Die Untersuchungen zur Klärung der Lagerstättenbildung, um u. U. Hinweise auf weitere Prospektionsmöglichkeiten zu erhalten, sind noch nicht abgeschlossen.

Braunkohle

Die Erfassung geologisch wichtiger Unterlagen der nordhessischen Bergbauunternehmen für das Archiv (Datendokumentation) des Landesamtes wurde fortgesetzt.

Kali, Erdöl und Erdgas

Im Bereich dieser Rohstoffe ist das Landesamt zur Zeit nicht tätig. Es besteht jedoch eine enge Zusammenarbeit mit den Bergbauunternehmen hinsichtlich hydrogeologischer Fragen.

Steine und Erden

Stratigraphische und tektonische Fragen im Zusammenhang mit der geologischen Neubearbeitung von Bl. 5216 Oberscheld waren Gegenstand von Untersuchungen in einem Dachschieferbergwerk bei Wissenbach/Dillkreis.

Über Sand/Kies-, Kalkstein- sowie Basaltvorkommen und über die Neubildung eines künstlichen Gesteins in Abwasserleitungen wurden 5 Gutachten und 2 ausführliche Stellungnahmen gefertigt; außerdem erfolgten Beratungen geringeren Umfangs.

4. Chemisches Laboratorium

233 Boden- und 307 Kornverteilungsanalysen dienten als Unterlagen für die bodenkundliche Kartierung. An die Referate Hydrogeologie und Ingenieurgeologie wurden die Ergebnisse von 416 Analysen mit z. T. bis zu 15 Bestandteilen, 5 bauchemische Wasseranalysen und 18 Analysenumrechnungen abgegeben. Für die petrographische Gesteinsuntersuchung wurden 107 Gesteinsanalysen, z. T. ebenfalls mit bis zu 15 Bestandteilen, sowie 30 Einzelbestimmungen geliefert.

5. Hydrogeologie

Hydrogeologische Grundlagenforschung

Auf den Blättern 5225 Geisa und 5319 Londorf wurden hydrogeologische Feldkartierungen durchgeführt und auf diesen Blättern und dem Blatt 5024 Rotenburg a. d. Fulda Wasserproben entnommen. Die Abschnitte „Hydrogeologie“ zu den Erläuterungen der Blätter 5618 Friedberg und 5623 Schlüchtern wurden fertiggestellt, die Bearbeitung der Erläuterungsanteile zu den Blättern 4722 Kassel-Niederzwehren und 5024 Rotenburg a. d. Fulda fortgeführt und mit der Arbeit an den Erläuterungsanteilen der neu in Angriff genommenen Blätter wurde begonnen. — An 17 ausgewählten Quellen auf Bl. 5225 Geisa wurden zur Erfassung des Schüttungsganges in regelmäßigen Abständen sechsmal die Schüttungen gemessen.

Für den im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade als Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Arbeit befindlichen Hydrologischen Atlas von Deutschland wurden die hessischen Anteile der folgenden Übersichtskarten erstellt: Karte der grundwasserführenden Gesteinseinheit für Fest- und für Lockergesteinsgebiete, Karte der chemischen Grundwasseranalysen, Karte der Gesamthärte des Grundwassers, Karte der Grundwasserspiegelschwankungen in Fest- und in Lockergesteinsgebieten, Karte des mittleren Flurabstandes des Grundwassers und Karte der Grundwasserneubildung.

Für die Hydrologische Bibliographie der Internationalen Assoziation für wissenschaftliche Hydrologie wurde die Literaturübersicht zum Kapitel V, Unterirdisches Wasser und Quellen, der Jahre 1965, 1966 und 1969 erstellt.

Hydrochemische Untersuchungen zur Erschließung von Mineralwasser wurden in Bad König und Bad Salzschlirf durchgeführt. Der hydrogeologischen Grundlagenforschung dienten auch fallgewichtsseismische Untersuchungen im Reinhardswald und geoelektrische Untersuchungen bei Fritzlar. Wissenschaftliche Untersuchungen befaßten sich mit der Mineralisation des Grundwassers im nordwestlichen Oberrheingraben. Außerdem wurden zur Klärung der Hydrochemie des Grundwassers im Platendolomit Wasseranalysen gesammelt und ausgewertet.

Die Arbeiten zum Forschungsprogramm „Auswirkungen von Müll, insbesondere Industiemüll, auf das Grundwasser“ wurden fortgeführt. Ein neues Forschungsvorhaben „Einfluß von Straßen auf das unterirdische Wasser“ zur Untersuchung der Auswirkungen der starken Motorisierung auf den Untergrund wurde begonnen.

Ein „Hydrogeologisches Main-Projekt“ entstand nach Vorerörterungen im Jahre 1969 auf Anregung der Kommission für geologische Gemeinschaftsforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Nach einem Rundgespräch am 5. 10. 1970 in Würzburg erteilte die DFG am 6. 11. 1970 ihre Zustimmung zu dem Vorhaben. Am 23. 5. 1971 wurde eine Koordinierungsgruppe gebildet, zu der als Mitglied ein Angehöriger des Landesamtes für Bodenforschung gehört. Die Koordinierungsgruppe trat am 14./15. 6. 1971 und am 9./10. 11. 1971 erneut zusammen. Auf das Land Hessen entfallen rund 17% der Fläche und rund 35% der Bevölkerung des Niederschlagsgebietes des Mains.

Der Ausschuß „Wasserschutzgebiete“ des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern e. V. (DVGW) und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), zu

dessen Obmann ein Angehöriger des Landesamtes für Bodenforschung am 6. 3. 1969 gewählt worden war, legte als erstes Arbeitsergebnis im Februar 1971 den Entwurf eines DVGW-Arbeitsblattes W 102 „Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren“ als Ersatz für die erste Ausgabe vom September 1959 vor. Der Ausschuß befaßte sich mit dem Entwurf einer ersten Ausgabe entsprechender Richtlinien zum Schutz von Seen, die der Trinkwasserversorgung dienen, und einer dritten Ausgabe der erstmals im Januar 1953 und neubearbeitet im November 1961 erschienen Richtlinien zum Schutz von Grundwasser.

Der Fachausschuß „Geohydrologie“ des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern e. V., der seit 11. 3. 1953 unter der Obmannschaft eines Angehörigen des Landesamtes für Bodenforschung steht, befaßte sich mit der Neuausgabe des DVGW-Arbeitsblattes W 111 „Richtlinien für die Ausführung von Pumpversuchen bei der Wassererschließung“ und mit der Vorbereitung anderer Druckschriften zu Fachfragen, wie z. B. einem Merkblatt für Bohrungen bei der Wassererschließung.

Ein Angehöriger des Landesamtes für Bodenforschung war in einem Arbeitskreis „Zukunftssicherung der Wasserversorgung“ des Bundesministers des Innern tätig.

Auch wurde ein Angehöriger des Landesamtes für Bodenforschung am 24. 11. 1969 zum stellvertretenden Obmann des Hauptausschusses „Wassergewinnung“ des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern e. V. gewählt.

Ein am 29. 11. 1971 gebildeter Arbeitskreis befaßt sich mit der Neufassung des Arbeitsblattes W 402 „Planung einer Wasserversorgung“.

Als Mitglied des Beirats der Fachsektion betätigte sich ein Angehöriger des Landesamtes für Bodenforschung, der von der Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 10. 10. 1967 und anläßlich der konstituierenden Sitzung der „Fachsektion Hydrogeologie“ der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 13. 5. 1969 zu deren Leiter gewählt worden war und dieses Amt bis zum 22. 4. 1970 ausübte.

Seit 1970 wirkt ein Angehöriger des Landesamtes in der Kommission zum Schutze der Wiesbadener Mineral- und Thermalquellen mit.

Der am 4. 7. 1967 gegründete Beirat „Kaliabwasserversenkung“ beim Regierungspräsidenten in Kassel, der vom Direktor des Landesamtes für Bodenforschung geleitet wird, hielt am 30. 6. 1971 seine 6. Sitzung ab.

Die Sektion Hydrologie der Deutschen Union für Geodäsie und Geophysik, deren Kommission für Unterirdisches Wasser seit 7. 2. 1952 von einem Angehörigen des Landesamtes für Bodenforschung geleitet wird, begann anläßlich einer Sitzung am 17. 9. 1971 organisatorische Änderungen.

Die Bearbeitung von Gutachten für den „Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen“ und den „Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Mümling-Gersprenz-Rodau“ wurde fortgesetzt.

Praktische Aufgaben

Im Jahre 1971 wurden 308 Gutachten und 134 Schreiben mit gutachtlichem Ausgabewert (Gesamtzahl: 442) abgegeben (gegenüber 359 bzw. 101 im Jahre 1970, Gesamtzahl 460). Die gebietliche und die sachliche Verteilung der Gutachtung ist nachfolgend aufgeführt:

Gebietliche Verteilung

Regierungsbezirk Darmstadt

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband und dgl.
—	6	Kreise Dieburg – Erbach – Offenbach; Kreise Gelnhausen – Schlüchtern; Regierungsbezirk; Region Starkenburg; Rhein-Main-Taunus-Gebiet; Untermain-Gebiet
Alsfeld	7	Altenhain, Bobenhausen II, Kirtorf, Schwarz, Sellnrod, Stumpertenrod, Udenhausen
Bergstraße	12	Bensheim, Birkenau, Groß-Rohrheim, Hornbach, Jugenheim, Lautern, Lorsch, Mörlenbach, Neckarsteinach, Ober-Mumbach, Schannenbach-Knoden, Wahlen
Biedenkopf	5	Achenbach, Breidenbach, Mornshausen a. D., Simmersbach; Kreisgebiet
Büdingen	8	Altenstadt, Berstadt (2), Bisses, Calbach, Eichelsdorf, Nidda; Kreisgebiet
Darmstadt-Land	12	Asbach, Braunshardt, Griesheim, Hähnlein, Klein-Bieberau, Nieder-Beerbach (2), Nieder-Modau, Ober-Ramstadt, Pfungstadt (2), Seeheim
Darmstadt-Stadt	1	Darmstadt
Dieburg	2	Dieburg, Georgenhausen
Dillkreis	11	Burg (3), Dillenburg, Fleisbach, Hohenroth, Mandeln, Nanzenbach, Niederscheld, Odersberg, Waldaubach
Erbach	18	Bad König (4), Beerfelden (2), Beerfurth, Falken-Gesäß, Hiltersklingen, Hummetroth, Kailbach, Kimbach, Momart, Rehbach, Reichelsheim, Sandbach, Schöllnbach, Steinbachtal
Frankfurt a. M.	6	Frankfurt a. M. (6)
Friedberg	18	Bad Nauheim (2), Bad Vilbel (3), Bodenrod, Hausen-Oes, Karben, Münzenberg (2), Niddatal-Assenheim, Nieder-Rosbach, Ober-Mörlen (2), Ober-Rosbach, Wölfersheim (2), Zweckverband Wasserversorgung Unteres Niddatal
Gelnhausen	4	Hellstein, Hesseldorf, Neuenhaßlau, Rothenbergen
Gießen-Land	10	Bettenhausen, Großen-Buseck, Grünberg, Heuchelheim, Hungen (2), Lich-Muschenheim, Rabenau, Steinbach; Kreisgebiet
Groß-Gerau	4	Kelsterbach, Raunheim (2); Kreisgebiet
Hanau-Land	6	Bergen-Enkheim, Butterstadt, Hammersbach, Hochstadt, Schöneck-Oberdorfelden, Wachenbuchen
Hanau-Stadt	1	Hanau a. M.
Lauterbach	6	Angersbach, Feldkrücken, Herbststein, Lauterbach (3)

Regierungsbezirk Darmstadt (Fortsetzung)

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband und dgl.
Limburg	6	Dauborn (2), Kirberg, Limburg (2), Thalheim
Main-Taunus	6	Bad Soden a. Ts. (2), Hofheim (2), Weilbach, Wildsachsen
Oberlahn	9	Essershausen, Löhnberg, Selters, Villmar (2), Weilburg (3), Weinbach
Obertaunus	10	Bad Homburg v. d. H., Friedrichsdorf, Königstein (7), Köppern
Offenbach-Land	8	Hausen, Heusenstamm, Klein-Krotzenburg, Neu-Isenburg (2), Sprendlingen, Zeppelinheim, Zweckverband Wasserversorgung Stadt und Kreis Offenbach
Offenbach-Stadt	2	Offenbach a. M. (2)
Rheingau	8	Geisenheim, Hallgarten (2), Kiedrich, Martinthal, Niederwalluf, Rüdesheim, Stephanshausen
Schlüchtern	5	Bad Soden bei Salmünster, Hintersteinau, Marjoß, Niederzell, Uttrichshausen
Untertaunus	14	Aarbergen-Panrod, Adolfseck, Bad Schwalbach, Bärstadt, Bechtheim, Esch, Huppert, Laufenselden, Limbach, Niederseelbach, Obermeilingen, Orlen, Schlangenbad, Wingsbach
Usingen	4	Emmershausen, Schmitten, Seelenberg, WBV Wilhelmsdorf
Wetzlar	8	Biebertal, Braunfels, Ebersgöns, Ehringshausen, Mudersbach, Nauborn, Naunheim, Niederbiel
Wiesbaden	1	Wiesbaden

Regierungsbezirk Kassel

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband und dgl.
—	4	Kreise Eschwege-Kassel-Waldeck; Kreise Wolfhagen-Ziegenhain; Regierungsbezirk (2)
Eschwege	4	Motzenrode, Schemmern, Thurnhosbach, Waldkappel-Friemen
Frankenberg	8	Battenberg-Laisa, Berghofen, Haina, Harbshausen, Löhlbach, Rennertehausen, Römershausen, Willershausen
Fritzlar-Homberg	4	Fritzlar, Gombeth, Grebenhagen, Homberg
Fulda-Land	7	Buchenrod, Gruppenwasserwerk Giebelrain, Lütter, Neuswärts, Poppenhausen, Tann, Zweckverband Gruppenwasserwerk Gichenbach

Regierungsbezirk Kassel (Fortsetzung)

Land- bew. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband und dgl.
Fulda-Stadt	3	Fulda
Hersfeld	6	Biedebach, Hohenroda, WBV Ostteil Kreis Hersfeld, Wasserleitungsverband Landeck, Willingshain; Kreisgebiet
Hofgeismar	3	Helmarshausen, Liebenau; Kreisgebiet
Hünfeld	2	Eiterfeld, Nüsttal
Kassel-Land	4	Lohfelden, Niederkaufungen, Nieste, Söhrewald
Kassel-Stadt	2	Kassel (2)
Marburg-Land	10	Allendorf (3), Amöneburg, Cappel, Cölbe, Kleinseelheim, Schiffelbach, Speckswinkel, Wetter
Melsungen	2	Kirchhof; Kreisgebiet
Rotenburg	4	Breitau, Ersrode, Rengshausen, Rockensüß
Waldeck	18	Bad Wildungen (4), Bad Wildungen-Reinhardshausen (3), Bad Wildungen-Reitzenhagen (2), Bringhausen, Diemelstadt, Heringhausen, Korbach (3), Mengeringhausen, Waldeck-Sachsenhausen (2)
Witzenhausen	1	Trubenhäuser
Wolfhagen	3	Ippinghausen, Naumburg, WBV Herksen
Ziegenhain	5	Hausen, Neukirchen, Schwalmstadt (2), Wasserverband Röllshausen-Schönberg

Regierungsbezirk Darmstadt	218 Gutachten
Regierungsbezirk Kassel	90 Gutachten
	<u>308 Gutachten</u>

Sachliche Verteilung

	Gutachten
1. Wassererschließungen	
a) Zentrale Wasserversorgungen	57
b) Aus- und Neusiedler	2
c) Dienstgehöfte	—
d) Luftschutz-, Militäranlagen, Post, Bahn	4
e) Sonstige	8
	<u>71</u>
2. Beurteilung vorhandener Wassergewinnungsanlagen	5
3. Wasserschutzgebiete	88
4. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in qualitativer Hinsicht	
a) durch Lagerflüssigkeiten	15
b) durch Müllablagerungen	20
c) anderer Art	23
	<u>58</u>

5. Abwasserversenkung, Gasspeicher	4
6. Erlaubnisse, Bewilligungen und Genehmigungen zum Bau oder Betrieb von Wassergewinnungsanlagen	3
7. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in quantitativer Hinsicht	12
8. Ursachen von Grundwasserstandsänderungen	2
9. Heil- und Mineralquellen	
a) Erschließungen	3
b) Schutzgebiete	2
10. Ausnahmegenehmigung in Schutzgebieten	
a) Heilquellen	20
b) Trinkwasser	8
11. Talsperren, Rückhaltebecken und Staustufen	3
12. Untersuchung größerer Gebiete, Rahmenpläne, Sonderpläne, Generalpläne	4
13. Landwirtschaftlicher Wasserbau, Dränung, Bewässerung	1
14. Bauwerkswasserfragen (Wasserhaltung, Vernässung)	24
	308

Die Gutachten zur Wassererschließung fielen im Berichtsjahr mit 74 Erstattungen (davon 3 für Mineralwasser) gegenüber dem Vorjahresstand (95) zurück. Der Rückgang erklärt sich zum einen aus der finanziellen Lage der Gemeinden, zum anderen aber nicht zuletzt auch aus der in Hessen seit langem hohen Zahl der zentral mit Trinkwasser versorgten Gemeinden, des also bereits vor Jahren praktisch abgeschlossenen Nachholbedarfs auf diesem Gebiet, so daß jetzt durchweg bei den Neuerschließungen nur der Wachstumsbedarf bzw. Ersatzbrunnen für Ausfälle zu beraten sind. Hervorzuheben sind aus diesem Sachgebiet neben den recht intensiven Beratungen für den Wasserbeschaffungsverband Kinzig, bei dem für weitere Neuerschließungen zum Schutz der Mineralwässer von Bad Soden bei Salmünster und Bad Orb zur Überwachung der hydraulischen Verhältnisse zahlreiche Grundwassermeßstellen neu eingerichtet werden mußten, noch Arbeiten zur Neuerschließung von Mineralwasser für Bad König, Bad Salzschlirf und Bad Soden bei Salmünster. Für die Gemeinde Bad Soden bei Salmünster wurde im Berichtszeitraum eine Neubohrung des König-Heinrich-Sprudels mit erheblich größerer Ergiebigkeit niedergebracht und ein gleichwertiges, sogar etwas höher temperiertes Mineralwasser erschlossen. — Die von Angehörigen des Landesamtes in 71 erfolgreich niedergebrachten Trinkwasserbohrungen nachgewiesene Grundwassermenge belief sich im Jahre 1971 auf rd. 785 l/s und liegt damit etwas unter der Vorjahresmenge (73 Bohrungen mit 895 l/s).

Die Gutachtengruppe „Schutz und Reinhaltung des Grundwassers und Untergrundes“ (Punkte 3, 4, 7, 9b und 10 der sachlichen Verteilung) zeigt nur geringe Veränderungen (188 Erstattungen gegen 204 im Vorjahr). In ihr haben die Gutachten zur Einrichtung von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten prozentual mit 90 gegenüber 101 im Vorjahr ihren Anteil am Gesamtgutachtenaufkommen gehalten. Hervorzuheben sind hierbei die Gutachten zur „Festsetzung eines quantitativen und qualitativen Heilquellenschutzgebietes für den als Heilquelle staatlich anerkannten Friedrich-Karl-Sprudel in Bad Vilbel“ und über „Die geologischen Grundlagen zur Frage der Festsetzung eines Heilquellenschutzgebietes für die staatlich anerkannten Heilquellen der Kaiser-Friedrich-Quelle AG in Offenbach am Main“. Weiterhin verdienen mehrere Gutachten zur Einrichtung zentraler Mülldeponien für einzelne oder

mehrere Kreise, ganze Regionen oder Planungsgemeinschaften Beachtung. Sie erreichten häufig größeren Umfang und stellen grundlegende Untersuchungen zur Reinhaltung von Natur und Umwelt dar, die durch die hohe Zuwachsrate der Industrie sowie die Umstellung der privaten Heizgewohnheiten und das dadurch bedingte ständig zunehmende Aufkommen an Müll und anderen Schadstoffen starken Gefährdungen ausgesetzt sind. Die vom Landesamt für Bodenforschung mit dem Forschungsprogramm „Auswirkungen von Müll, insbesondere von Industriemüll, auf das Grundwasser“ seit Jahren betriebene Grundlagenforschung brachte Ergebnisse, die es erlauben, auf diesem in Zukunft noch an Bedeutung gewinnenden Sektor der Daseinsvorsorge die staatlich notwendigen Maßnahmen zu treffen.

Die restlichen 46 Gutachten behandelten Vorhaben unterschiedlicher Fragestellung, wie wasserrechtliche Erlaubnis-, Bewilligungs- oder Genehmigungsverfahren, Bau von Gasspeichern, Rückhaltebecken und andere Bauwerkswasserfragen sowie die Untersuchung größerer Gebiete.

Hierunter fällt auch das umfang- und inhaltsreiche Gutachten über unterirdische behälterlose Speichermöglichkeiten für Gas in Hessen, das ebenso wie eine Kurzfassung fertiggestellt wurde. Die für die Energiepolitik und -planung des Landes Hessen bedeutsame Studie soll als Grundlage für die künftige Landesentwicklung dienen.

Im Werra-Kali-Revier wurde die Kaliabwasserversenkung und ihre Auswirkung laufend überwacht.

562 Bohrungen wurden verfolgt.

6. Ingenieurgeologie

Im Geschäftsjahr 1971 sind

238 Gutachten

44 Berichte und Stellungnahmen mit gutachtlichem Aussagewert und

425 Stellungnahmen zu Bauleitplänen nach dem BBauG

bearbeitet worden.

Die Zahl der Gutachten verteilt sich wie folgt (in Klammern Zahlen des Vorjahres):

17 Behördenbauvorhaben (24)

17 Universitäts- und Hochschulbauvorhaben (27)

19 Bauvorhaben der Bundeswehr (13)

27 Kommunale Bauvorhaben, Schulen, Krankenhäuser (28)

10 Bauvorhaben nach dem RSG, FBG und der WVVO (12)

22 Allgemeine Straßenbauvorhaben (14)

13 BAB Teilstrecken (16)

50 Brückenbauwerke (85)

18 Talsperren und Rückhaltebecken (10)

3 Felsbauvorhaben unter und über Tage (2)

6 Rutschungen, Erdfälle (9)

29 Beurteilungen von Gelände zur Industrieansiedlung

7 Sonstige Fragen.

Für Baumaßnahmen der Straßenbauverwaltung Hessen sind im Berichtszeitraum 88 Gutachten für BAB-Neubaustrecken und den Ausbau von Bundesstraßen erstattet worden, also 36% (1970 = 115, also 48%). In diesen Zahlen kommen die 1971 rück-

läufigen Investitionen im staatlichen Hochbau und im Straßenbau zum Ausdruck, die aber durch die verstärkte Planung von Rückhaltebecken zur Förderung des Fremdenverkehrs und des Umweltschutzes und durch die häufigere Beurteilung der Baugrundverhältnisse vor der Erschließung von Industriegelände wieder ausgeglichen werden.

Soweit die gutachtliche Tätigkeit es zuließ, wurde die angewandte Forschung über bei der Gutachtertätigkeit anfallende Probleme weiter betrieben. So waren 1971 zahlreiche Gebäudeschäden durch meteorologisch bedingte Austrocknung von Tonböden zu beurteilen.

7. Bibliothek

Der Zuwachs im Jahre 1971 betrug 1661 Einheiten, nämlich 1544 Bände und 117 Karten. Die Anzahl der inventarisierten Eingänge ist verhältnismäßig niedrig, da infolge des Umzuges der Bibliothek ein großer Teil der Neueingänge aus dem Jahre 1971 voraussichtlich erst im Jahre 1972 zur Inventarisierung kommt.

Die Anzahl der Tauschpartner hat sich von 550 auf 552 erhöht. – Ausgeliehen wurden im Berichtszeitraum 4349 Bände und 307 Karten.

8. Archive, Datendokumentation

Der Zuwachs betrug im Jahre 1971 insgesamt 7283 Stück (1527 Gutachten und Schreiben mit gutachtlichem Aussagewert, 2699 Schichtenverzeichnisse von Bohrungen und Sondierungen, 2942 Wasseranalysen, 109 Dias und 6 Diplomarbeiten). – Ausgeliehen und wieder vereinnahmt wurden 1395 Stück.

Die Vorbereitungen zur Datenerfassung und Dokumentation von Archivmaterial wurden in enger Zusammenarbeit mit der HZD Wiesbaden und durch Mitarbeit bei der Arbeitsgemeinschaft Dokumentation der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Bodenforschung sowie durch Mitarbeit im Unterausschuß „Grundwasserchemismus“ des Arbeitsausschusses für die Automation von Verwaltungsaufgaben vorangetrieben.

Auslandstätigkeit

Der Einsatz des Herrn Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT REICHMANN, der seit 1. 4. 1970 im Rahmen des Nachwuchsexpertenprogramms der UN für Aufgaben der Entwicklungshilfe in Guatemala freigestellt war, endete, wie vorgesehen, am 31. 3. 1971.

Hochschultätigkeit

Regierungsdirektor Dr. BARGON

als Lehrbeauftragter an der Technischen Hochschule Darmstadt
(Bodenkunde)

Regierungsdirektor Prof. Dr. KÜTSCHER

als apl. Professor an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
(Angewandte Geologie, Geschichte der Geologie)

Regierungsdirektor Prof. Dr. LIPPERT

als Privatdozent, ab 19. 7. 1971 als Honorarprofessor, an der Justus-Liebig-Universität
Gießen

(Allgemeine und angewandte Geologie)

- Regierungsdirektor Dr. MATTHES
als Privatdozent an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.
(Hydrogeologie)
- Oberregierungsrat Dr. MEISL
als Privatdozent an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.
(Gesteinsmetamorphose und spezielle Geochemie)
- Direktor des Landesamtes für Bodenforschung Prof. Dr. NÖRING
als Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Darmstadt
(Hydrogeologie)
- Oberregierungsrat Dr. PLASS
als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.
(Pleistozäne Morphologie und Bodenkunde im Fach Geographie)
- Regierungsdirektor Dr. PRINZ
als Lehrbeauftragter an der Philipps-Universität Marburg
(Ingenieurgeologie)
- Regierungsdirektor Dr. RÖSING
bis 31. 3. 1971 als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität
Frankfurt a. M.
(Geologische Landesaufnahme mit Übungen und Exkursionen)
- Regierungsdirektor Prof. Dr. ZAKOSEK
als apl. Professor an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Geologie und Bodenkunde)
- Oberregierungsrat Dr. PAULY
als Lehrbeauftragter an der University of Maryland, European Division, Heidelberg-
Wiesbaden
(Allgemeine und historische Geologie)
- Regierungsdirektor Dr. THEWS
als Lehrbeauftragter an der University of Maryland, European Division, Heidelberg-
Wiesbaden
(Physical Geology, Earth History)

Veröffentlichungen

von Angehörigen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

- BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Nomenklatur braunerde- und parabraunerdeähnlicher Böden in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt für Bodenforsch., **99**, S. 361—372, Wiesbaden 1971.
- HARRACH, T., WERNER, G. & WOURTSAKIS, A.: Gley — Pseudogleye aus Hochflutlehm/Melioration durch Tiefpflügen (Heppenheim). — Mitt. deutsch. bodenkundl. Ges., **13**, S. 449—446, Göttingen 1971.
- BEURER, M.: Kieselsäureanreicherungen in den oberjurassischen Sedimenten der Schwäbischen Alb. — Beih. geol. Jb., **109**, 69 S., 7 Abb., 3 Tab., 5 Taf., Hannover 1971.
- DIEDERICH, G.: Die Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 124—141, 2 Tab., Wiesbaden 1971.
- & HICKETHIER, H.: Obere und Untere Violette Zone im Nordspessart. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 193—199, Wiesbaden 1971.
- EHRENBERG, K.-H.: Petrographie der vulkanischen Gesteine. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4721 Naumburg, S. 89—108, Wiesbaden 1971.
- & HICKETHIER, H. mit Beitr. von BUSSE, E., KUTSCHER, F., MATTHES, G., MEISL, S., MENDE, G., REICHMANN, R., THIELICKE, G. & WENDLER, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5623 Schlüchtern. 2. Aufl., 198 S., 46 Abb., 16 Tab., 1 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1971.
- HICKETHIER, H. & LAEMMLEN, M.: Geologische Karte von Hessen 1:25000, Bl. 5623 Schlüchtern, Wiesbaden 1971.

- FICKEL, W.: Über Relikte fossiler tertiärer Bodenbildung im mittleren Taunus und im Raum Friedberg. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **1**, S. 12—13, Hannover 1970.
- Geological Survey and Report on Silica Sand Deposits in South-West Nigeria. — CCC-Selbstverlag, Hamburg, August 1971.
- s. BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H., Wiesbaden 1971.
- GOLWER, A.: Sanierung von Heizölunfällen durch Brunnen in Frankfurt am Main. — Bohrtechnik Brunnenbau Rohrleitungsbau, **22**, S. 355—360, 3 Abb., 4 Tab., Köln 1971.
- MATTHES, G. & SCHNEIDER, W.: Einflüsse von Abfalldeponien auf das Grundwasser. — Städtetag, H. 2, S. 119—124, 2 Abb., Stuttgart 1971.
- HENTSCHEL, G.: Zum Thema Mineralnamen. — Aufschluß, **22**, S. 79—82, Heidelberg 1971.
- Melilithkristalle aus der Umgebung von Rom. — Aufschluß, **22**, S. 348—349, Heidelberg 1971.
- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1970 mit Nachträgen aus den Jahren 1961—1969. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 416—431, Wiesbaden 1971.
- HICKETHIER, H.: s. DIEDERICH, G. & HICKETHIER, H., Wiesbaden 1971.
- s. EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H., Wiesbaden 1971.
- s. EHRENBERG, K.-H., HICKETHIER, H. & LAEMMLEN, M., Wiesbaden 1971.
- HÖLTING, B.: Wassererschließung im schwebenden Grundwasserstockwerk. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 341—346, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- HORN, M. & RÖSING, F.: Geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 4721 Naumburg. — Wiesbaden 1971.
- mit Beitr. von BUSSE, E., EHRENBERG, K.-H., KARSCHNY, A., KÜMMERLE, E., KUTSCHER, F., MEISL, S., PLASS, W., RAMBOW, D., RÖSING, F., THELICHE, G. & WENDLER, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 4721 Naumburg. 285 S., 29 Abb., 10 Tab., 1 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1971.
- KARSCHNY, A. in HORN, M. & RÖSING, F.: Tertiär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4721 Naumburg, S. 83, Wiesbaden 1971.
- KÜMMERLE, E.: Zur Geologie der nordwestlichen Stadtgebiete von Frankfurt a. M. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 214—231, 5 Abb., Taf. 16, Wiesbaden 1971.
- in BIBUS, E. & KÜMMERLE, E.: Alter und Ausbildung der „Nauheimer Kantkiese“ und „Södeler Rundschotter“ der Wetterau. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 62—74, 4 Abb., Wiesbaden 1971.
- in HORN, M. & RÖSING, F.: Tertiär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4721 Naumburg, S. 81, 84, Wiesbaden 1971.
- KUTSCHER, F.: Das Nivellement hoher Genauigkeit auf dem Blatt Naumburg und den angrenzenden Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4721 Naumburg, S. 196—200, Abb. 21, Wiesbaden 1971.
- Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Schlüchtern und den angrenzenden Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl., S. 195—199, Abb. 38—39, Wiesbaden 1971.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 31. Die Verbreitung der Crustaceengattung *Nahecaris* JAEKEL im Hunsrückschiefer-See. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 30—42, 4 Abb., Taf. 4, Wiesbaden 1971.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 32. *Palaeoscorpis devonicus*, ein devonischer Skorpion. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 82—88, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- in BRASSEL, G., KUTSCHER, F. & STÜRMER, W.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 33. Erste Funde von Weichteilen und Fangarmen bei Tentaculiten. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 44—50, 3 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1971.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 34. Crinoideengrus in einer Dachschieferplatte. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 113—116, 1 Taf., Wiesbaden 1971.

- KUTSCHER, F.: 100 Jahre Hunsrückschiefer-Forschung und heutiger Stand. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **4**, S. 23—26, Hannover 1971.
- Die Goniatiten des Hunsrückschiefers und ihr Aussagewert in Bezug auf das Alter desselben. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **4**, S. 26—29, Hannover 1971.
- FERDINAND BROILL, der bisher erfolgreichste Bearbeiter von Hunsrückschiefer-Fossilien (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 6). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 383—389, Wiesbaden 1971.
- Schieferplatten erzählen. — Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück, Jg. 1971, S. 33—38, 3 Abb., Bernkastel-Kues 1971.
- Erdbeben im Mittelrheintal und auf dem Hunsrück. — Rhein-Hunsrück-Kalender 1972, **28**, S. 20—23, 1 Abb., [Simmern 1971].
- FRANZ MICHELS 1891—1970. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **3**, S. 6—11, 1 Bild, Hannover 1971.
- FRANZ MICHELS †. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 10—17, 1 Bild, Wiesbaden 1971.
- HORST GROSSMANN 1930—1970. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 18—20, 1 Bild, Wiesbaden 1971.
- in FRITZ, F. & KUTSCHER, F.: MARIE DIETRICH †. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 22—24, 1 Bild, Wiesbaden 1971.
- 100 Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 7—9, Wiesbaden 1971.
- Register für die Bände **81**, 1931, bis **100**, 1969, der Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 169—190, Wiesbaden 1971.
- Vorträge im Nassauischen Verein für Naturkunde im Winter 1969/1970. Vorwort. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 191, Wiesbaden 1971.
- Die Hunsrück-Exkursion 1970 des Nassauischen Vereins für Naturkunde. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 191, Wiesbaden 1971.
- in MICHELS, F. & KUTSCHER, F.: 2. Zur Geologie des Rheintales zwischen Wiesbaden und Boppard. In GROSSMANN, H. u. a.: Rheinfahrt des Nassauischen Vereins für Naturkunde von Wiesbaden nach Boppard anlässlich seines 140-jährigen Bestehens. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 132—136, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- & MICHELS, F.: 1. Geleitworte. In GROSSMANN, H. u. a.: Rheinfahrt des Nassauischen Vereins für Naturkunde von Wiesbaden nach Boppard anlässlich seines 140-jährigen Bestehens. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 131—132, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- & PAULY, E.: Eine Fossilbank östlich der Landsteiner Mühle (Weital, Taunus). — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 59—61, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- LAEMMLEN, M.: Die 48 Tafeln des Geologischen Wanderpfades an der Wasserkuppe/Rhön. — Beitr. Naturk. Osthessen, **4**, S. 65—116, 47 Abb., 1 Tab., Fulda 1971.
- Der Geologische Lehrpfad an der Wasserkuppe. 64 S., 47 Abb., 1 Tab., mit einem Vorwort von M. KRÜPE & E. STIELER, Fulda (Parzeller & Co.) 1971.
- s. EHRENBURG, K.-H., HICKETHIER, H. & LAEMMLEN, M., Wiesbaden 1971.
- LIPPERT, H.-J.: Dr. FRIEDRICH HEINECK zum 90. Geburtstag. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 25—26, Wiesbaden 1971.
- Dr. FRITZ NEUBAUER zum 80. Geburtstag. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 27, Wiesbaden 1971.
- Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1970. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 159—168, Wiesbaden 1971.
- MATTHES, G.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl., S. 158—184, Abb. 36—37, Tab. 7—16, Wiesbaden 1971.
- in AURAND, K., MATTHES, G. & WOLTER, R.: Strontium-90, Ruthenium-106 und Caesium-137 in natürlichen Wässern. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 313—333, 9 Tab., Wiesbaden 1971.
- s. GOLWER, A., MATTHES, G. & SCHNEIDER, W., Stuttgart 1971.
- MEISL, S.: Zur Petrographie der Buntsandsteinsedimente. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl., S. 54—62, Abb. 11—13, Tab. 2, Wiesbaden 1971.

- MEISL, S.: in HORN, M. & RÖSING, F.: Tertiär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 84, Wiesbaden 1971.
- NÖRING, F.: Heilquellen und Mineralwässer in Hessen. — Gas- u. Wasserfach, **112**, S. 57—61, München 1971.
- Hydrogeologische Methoden in der Volksrepublik China. — Gas- u. Wasserfach, **112**, S. 422, München 1971.
- Der hydrogeologische Rahmen der Stadt Wiesbaden. — In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung, S. 19—22, Wiesbaden (Stadtwerke Wiesbaden AG) 1971.
- Vorwort. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5317 Rodheim-Bieber, 2. Aufl., S. 5*—8*, Wiesbaden 1971.
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1970 (1. 1.—31. 12. 1970). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 393—415, Wiesbaden 1971.
- PAULY, E.: Felsbau im Rheinischen Devon. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **4**, S. 31, Hannover 1971.
- s. KUTSCHER, F. & PAULY, E., Wiesbaden 1971.
- PLASS, W.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 170—195, Wiesbaden 1971.
- Die Böden des Kreises Waldeck. — Waldeckische Landeskr., S. 47—54, Korbach (W. Bing) 1971.
- Die Böden. In: HEINTZE, G.: Landschaftsrahmenplan Naturpark Habichtswald. — Inst. Naturschutz Darmstadt, Schr.-R. X, **3**, S. 13—16, Darmstadt 1971.
- s. BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H., Wiesbaden 1971.
- RAMBOW, D.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 158—169, Abb. 19—20, Tab. 8—10, Taf. 1, Wiesbaden 1971.
- Die natürlichen Grundlagen des Kreises. In: Der Kreis Hünfeld, S. 17—31, 1 Abb., Stuttgart und Aalen (Konrad Theiss Verlag) 1971.
- Zur Geologie des Kreises Melsungen. — Jb. Kr. Melsungen, **41**. Jg., 1972, S. 100—104, 1 Abb., Melsungen (Bernecker-Verlag) 1971.
- in HORN, M. & RAMBOW, D.: Bohrungen. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 217—279, Wiesbaden 1971.
- REICHMANN, H.: Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl., S. 185—194, Wiesbaden 1971.
- s. BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H., Wiesbaden 1971.
- REUL, K. in BACKHAUS, E. & REUL, K.: Der Mittlere und Obere Buntsandstein im Bereich der Rhönschwelle. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 142—192, 4 Abb., 2 Tab., Taf. 14, Wiesbaden 1971.
- RÖSING, F.: Zur Geologie der Langen Berge und ihrer Randgebiete südwestlich von Kassel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 240—245, Wiesbaden 1971.
- Morphologie und Geologie. — Landschaftsrahmenplan Naturpark Habichtswald. — Inst. Naturschutz Darmstadt, Schr.-R. X, **3**, S. 8—13, 1 Kte., Darmstadt 1971.
- s. HORN, M. & RÖSING, F., Wiesbaden 1971.
- in HORN, M. & RÖSING, F.: Tertiär, S. 75—89; Quartär, S. 109—123; Lagerungsverhältnisse, S. 124—148, — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, Wiesbaden 1971.
- SCHMITT, O. & SEMMEL, A.: Zum Aufbau der Bergsträßer Diluvialterrasse südlich Bensheim. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 232—239, 4 Abb., Taf. 17, Wiesbaden 1971.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Die Neufassung der Römerquelle in Schlangenbad, Untertaunuskreis. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 334—340, 3 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1971.

- STENDEL-RUTKOWSKI, W.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Taunus — Ein Beitrag zur Hydrogeologie der Festgesteine, insbesondere geschieferter Gesteine. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **4**, S. 75—76, Hannover 1971.
- STRECKER, G.: Die Uranmineralisation am Wingertsberg bei Nieder-Ramstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 286—296, 6 Abb., Taf. 21, Wiesbaden 1971.
- THEWS, J.-D.: Hydrogeologie des Stadtgebietes von Wiesbaden. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung, S. 23—34, Wiesbaden (Stadtwerke Wiesbaden AG) 1971.
- Summenwirkung von Verunreinigungen in Trinkwasserschutzgebieten. — GWF-Wasser/Abwasser, **112**, H. 2, S. 101—103, München 1971.
 - Grundwasserbeschaffenheit im Taunus und südlichen Taunusvorland. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **4**, S. 29—30, Hannover 1971.
 - in MICHELS, F. & THEWS, J. D.: Die Thermalwasserbohrung Schützenhofquelle in Wiesbaden. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 75—81, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- WENDLER, R.: Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Naumburg. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4721 Naumburg, S. 201—216, Abb. 22—29, Wiesbaden 1971.
- Die magnetischen Strukturen im südlichen Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 373—382, 2 Abb., Taf. 28—29, Wiesbaden 1971.
 - Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Schlüchtern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl., S. 200—209, Abb. 40—44, Wiesbaden 1971.
- ZAKOSEK, H.: Standortuntersuchungen im Weinbau. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **13**, S. 411—417, Göttingen 1971.
- Dunkelbrauner Rheintal-Tschernosem (Wallertheim). — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **13**, S. 445—448, Göttingen 1971.
 - Boden und Weinbau im Rheingau. In: GROSSMANN, H., HECK, L., KUTSCHER, F., MICHELS, F., NEUBAUER, F. & ZAKOSEK, H.: Rheinfahrt des Nassauischen Vereins für Naturkunde von Wiesbaden nach Boppard anlässlich seines 140jährigen Bestehens. — Jb. nass. Ver. Naturk., **101**, S. 136—138, Wiesbaden 1971.
 - s. BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H., Wiesbaden 1971.
 - & BECKER, H.: Contribution à l'étude des terroirs de la viticulture Allemande. — Le progrès agricole et viticole, Nr. 6, S. 107—110, Montpellier 1971.

Wissenschaftliche Vorträge von Angehörigen des Landesamtes

- BARGON, E.: Entwicklung und Einsatz mechanischer Kartierbohrgeräte. — Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde der Geologischen Landesämter der BRD in Kiel, 26. 5. 1971.
- GOLWER, A. & MATTHESS, G. (Vortragender): Die Bedeutung des Gasaustausches in der Bodenluft für die Selbstreinigungsvorgänge in verunreinigten Grundwässern. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Würzburg, 21. 5. 1971.
- & SCHNEIDER, W.: Effects of waste deposits on groundwater quality. — Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik in Moskau; verlesen durch A. J. JOHNSON am 6. 8. 1971.
 - Die Sanierung von Ölunfällen durch Brunnen — Erfahrungen aus dem Raume Frankfurt. — Seminar zur Fortbildung von Sachverständigen für Mineralunfälle, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 1. 12. 1971.
- KÜMMERLE, E.: Der Untergrund Frankfurts in S-, U- und Autobahnbohrungen. — Geowissenschaftliches Kolloquium des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung in Wiesbaden, 16. 12. 1971.
- LIPPERT, H.-J.: Geologie unserer Heimat. — Nassauischer Verein für Naturkunde, Wiesbaden, 5. 1. 1971.

- LIPPERT, H.-J.: Hessische Lagerstätten. — Nassauischer Verein für Naturkunde, Wiesbaden, 2. 3. 1971.
- Möglichkeit zur Prospektion auf metallische Rohstoffe in der BRD. — GDMB-Gesprächskreis „Rohstoffwirtschaft“, Düsseldorf, 19. 11. 1971.
- MATTHES, G.: Die Reinigung des Grundwassers durch Prozesse im Boden. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, München, 9. 3. 1971.
- s. NÖRING, F., MATTHES, G. (Vortragender) & RAMBOW, D., Würzburg, 20. 5. 1971.
 - s. GOLWER, A. & MATTHES, G. (Vortragender), Würzburg, 21. 5. 1971.
 - Auswirkungen von Abfalldeponien auf die Grundwasserbeschaffenheit. — Tagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V. in Frankfurt a. M., 24. 5. 1971.
 - s. GOLWER, A., MATTHES, G. & SCHNEIDER, W., Moskau, 6. 8. 1971.
 - Verunreinigung des Grundwassers durch feste und flüssige Abfallstoffe. — Ringvortrag Ringvorlesung Umweltsicherung in Gießen, 28. 10. 1971.
 - Grundwasserverunreinigung und ihre Beseitigung durch natürliche Vorgänge. — Ringvorlesung „Naturwissenschaftliche Aspekte der Umweltforschung und des Umweltschutzes“ in Frankfurt a. M., 10. 11. 1971.
- MEISL, S.: Metamorph veränderte Paläovulkanite im Taunus und im Soonwald. — Mineralogisches Institut der Universität Freiburg i. Br., 30. 1. 1971.
- Metamorphose-Bedingungen im Taunus und im Soonwald. — Fakultät „Bio-Geowissenschaften“ der Universität Karlsruhe, 5. 2. 1971.
- NÖRING, F.: Hydrogeologische Gesichtspunkte bei der Festsetzung von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Würzburg, 21. 5. 1971.
- MATTHES, G. (Vortragender) & RAMBOW, D.: Probleme der Bestimmung des gewinnbaren Grundwasserdargebotes in Festgesteinen für wasserwirtschaftliche Rahmen- und Sonderpläne. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Würzburg, 20. 5. 1971.
- PAULY, E.: Zur Geologie von Taunus und Lahnmulde. — Nassauischer Verein für Naturkunde, Wiesbaden, 26. 1. 1971.
- Pegmatite in Nord-Portugal. Geologie und wirtschaftliche Bedeutung. — Geowissenschaftliches Kolloquium des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung in Wiesbaden, 28. 10. 1971.
 - Herstellung von Felsböschungen. — Arbeitssitzung der Arbeitsgemeinschaft Ingenieurgeologie der Geologischen Landesämter in Freiburg i. Br., 3. 11. 1971.
 - Geologie als moderne Wissenschaft und als Hilfsmittel der modernen Wirtschaft. — 20 Vorträge bei der Volkshochschule Wiesbaden, 1971.
 - Lagerstätten. — 10 Vorträge bei der Volkshochschule Wiesbaden, Oktober bis Dezember 1971.
- PRINZ, H.: Erfahrungen über die heute üblichen und neueren Aufschlußmethoden und Gründungsverfahren. — Seminar über Brückenbau des VSVI in Fellinghausen, Krs. Gießen, 4. 2. 1971.
- Durchführung von Aufschlußarbeiten und ihre Auswertung bei Straßen- und Brückenbaumaßnahmen. — VSVI Kassel, 9. 2. 1971.
- RAMBOW, D.: s. NÖRING, F., MATTHES, G. (Vortragender) & RAMBOW, D., Würzburg, 20. 5. 1971.
- REICHMANN, H.: Geochemische Lagerstättenenerkundung, erläutert an einem Beispiel aus Guatemala. — Geowissenschaftliches Kolloquium des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung in Wiesbaden, 28. 10. 1971.
- REUL, K.: Zur Methodik der luftbildgeologischen Strukturanalyse mit Linearen. — Geowissenschaftliches Kolloquium des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung in Wiesbaden, 25. 11. 1971.
- & BACKHAUS, E.: Laterale und vertikale Faziesentwicklungen in Schüttungskörpern des Mittleren Buntsandsteins und Folgerungen für die Korrelierung von Leitbänken anhand von Gamma-Logs. — Geowissenschaftliches Kolloquium des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung in Wiesbaden, 16. 12. 1971.

- RÖSING, F.: Geologie von Kassel und der näheren Umgebung. — Hochschule für bildende Künste in Kassel, 1. 2. 1971.
- Subrosionen bei Kassel. — Verein für Naturkunde zu Kassel, 24. 3. 1971.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Hydrogeologie des Taunus, ein Beitrag zur Hydrogeologie der Festgesteine, insbesondere geschieferter Gesteine. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Würzburg, 20. 5. 1971.
- Hydrogeologie des östlichen Rheinischen Schiefergebirges. — Geologisch-Paläontologisches Institut, Lehrstuhl für allgemeine und historische Geologie an der Techn. Universität Berlin, 12. 11. 1971.
- Hydrogeologie des Kreises Biedenkopf. — Kreistag in Biedenkopf, 16. 12. 1971.
- STRECKER, G.: Die Uranmineralisation am Wingertsberg bei Nieder-Ramstadt. — 3. Odenwaldkolloquium, Heidelberg, 23. 4. 1971.
- THEWS, J.-D: Die Hydrogeologie des Rheingaaues. — Wasserwirtschaftliche Tagung 1971 des Landesverbandes Hessen im Bund der Wasser- und Kulturbauingenieure in Mainz-Kastel, 18. 5. 1971.

Personalbestand 31. Dezember 1971

Leiter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. FRIEDRICH NÖRING, Direktor des Landesamtes für Bodenforschung

Vertreter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. phil. FRIEDRICH KUTSCHER, Regierungsdirektor

Regierungsdirektoren (außer Vertreter):

Dipl.-Landw. Dr. agr. ERNST BARGON
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS DENGLER
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS KULICK
 Dipl.-Geol. Prof. Dr. phil. nat. HANS-JOACHIM LIPPERT
 Dipl.-Geol. Privatdozent Dr. rer. nat. GEORG MATTHES
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT PRINZ
 Dr. rer. nat. FRANZ RÖSING
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. OTTO SCHMITT
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH THEWS
 Dipl.-Landw. Prof. Dr. agr. HEINRICH ZAKOSEK

Oberregierungsräte:

Dr. rer. nat. HORST BERNHARD
 Dr. rer. nat. ECKHARD BÖKE
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WALTER FICKEL
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ALFRED FINKENWIRTH
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARTHUR GOLWER
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT HICKETHIER
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. BERNWARD HÖLTING
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. SIEGFRIED HOLTZ
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED HORN
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS-GÜNTHER KUPFAHL
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED LÄMMLER
 Dipl.-Geol. Privatdozent Dr. rer. nat. STEFAN MEISL
 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. ARNOLD RABIEN
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH RAMBOW

Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. KONRAD REUL
 Dipl.-Geol. Dr. phil. WITIGO STENGEL-RUTKOWSKI
 Dipl.-Chem. GÜNTER THIELICKE
 Dipl.-Geol. RALPH WENDLER

Regierungsräte:

- * Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MARTIN BEURER
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. GIBBERT 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. Dr. rer. nat. WILLI SCHRICKE
- * Regierungsrat z. A.

Wissenschaftliche Angestellte:

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. PETER HELBIG
 Dipl.-Geol. HANS-JÜRGEN SCHARPFF
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS WESTRUP
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KLAUS WIEGAND

Bibliothek und Vertriebsstelle:

Bibliothekarin: JOHANNA SCHADWINKEL
 LIESEL FALTER
 ILSE FRÖLICH
 GERTRUD GROSSMANN
 RUTH HEISER-SALZBURG
 CHRISTINE KINDSVOGEL
 LIESELOTTE SCHULTE

Technische Bedienstete:

PAUL ANDOR	WILHELM RICHTER
NORBERT BLECK	KARL ROMPEL
LUDWIG BÖTTIGER	ALBERT ROMSCHINSKI
EDMUND BREMSER	SUSANNE SALCHER
RICHARD BUSCHNER	HANS-HEINRICH SCHMIDT
Ing. EWALD CLOEREN	NORBERT SCHOLZ
PETER DIEZ	ECKHARD SCHULZ
GEORG DOMES	MONIKA SCHULZ
ROLF ETZ	ALOIS SEDLATSCHER
HANS EWALD	OTTO SOHN
KARL FINK	WILHELM STICH
ANTON GLASER	ERICH STRAUCH
WERNFRIED HÜBLER	WILHELM TERME
GERNOT HÜHNER	ERWIN THIEL
ALBERT KARSCHNY	PETER WENZKE
GERHARD KNAB	DAVID WHARTON
HEINZ LEICK	ROLAND WIEDERER
PAUL-WALTER LÖHR	GERHARD WOELKE
HELMA MÜNCH	URSULA ZÖLLER
NORBERT PREISNER	

Landkartentechnisches Büro:

Leitung: Techn. Amtsrat JOHANNES MATHEIS
 JOSEF BÄUERLEIN
 IRENE HEUSER

JÜRGEN BARTHOLOMAY
 INGEBORG BRANDT
 HERMANN BRENNER
 JENS DENGLER
 JUTTA VON DZIEGIELEWSKI
 JOSEF FISCHER
 ADELHEID FUSS

RUDOLF HEUSER
 KARL HIELSCHER
 ANTONIE HOCH
 ANNELEISE PREISNER
 WILLI SCHIMANSKI
 PAUL UHL

Verwaltung:

Leitung: Oberamtsrat HUBERTUS CHRISTIAN
 HUBERT GROSSMANN
 URSULA MICHNA
 CHRISTA MÜLLER
 GILDE RÖSSLER
 GERTRUD SCHUMACHER
 CHRISTA SIEMS

Schreibbüro:

ANGELA BÜSSER-WESTERHOFF
 HEIDRUN GEBAUER
 KÄTE FLOR
 BRIGITTE HOYER
 URSULA KOPP
 CHRISTEL KRUTZ
 URSULA ROTH
 ELISABETH RUTHE
 DORIS SCHIML
 ILSE SCHMITZ
 URSULA STOBER
 EDELTRAUD ZIERZ

Archiv, Registratur, Pfortner und Telefon:

EMIL COURTIAL
 ROSEL FISCHER
 HARALD GEIST
 ROSEMARIE REUBOLD
 SIEGFRIED STEIN

Lohnempfänger:

Fahrer LIENHARD BARNETT
 Fahrer FERDINAND FLIESS
 Fahrer NORBERT HÖPFNER
 Fahrer FRIEDRICH LUDWIG
 Fahrer FRITZ MEILINGER
 Fahrer SIEGFRIED WENZKE
 Bohrgehilfe GÜNTHER DZUBA
 Bohrkernlagerverwalter WILLI EBEL
 Bohrgehilfe KLAUS-DIETER GEIS
 Bohrgehilfe ANTON SCHWARZ
 Hausmeister HORST HÖHLER

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. phil. habil. HANS HENTSCHEL, Regierungsdirektor a. D., Wiesbaden,
 Fontanestraße 2
 Dipl.-Geol. Dr. ERWIN SCHENK, Gießen, Professorenweg 6
 Prof. Dr. ARNO SEMMEL, Geographisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-
 Universität, Frankfurt/M., Senckenberg-Anlage 36
 Dr. MAX TEIKE, Oberregierungsgeologe a. D., Wiesbaden, Drususstraße 29
 Prof. Dr. HEINZ TOBIEN, Paläontologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Univer-
 sität, Mainz, Saarstraße 21

Ausgeschieden bis 31. 12. 1971:

JOSEF BREITFELDER
 LORENZ DIEHL
 MARGARETE GLOTH
 GERHARD LAUE

Hessisches Geologisches Schrifttum 1971

mit Nachträgen aus den Jahren 1958—1970

Bearbeitet von

ANNELIES HERZBERG, Wiesbaden*

Nachtrag aus dem Jahre 1958

PREUSS, E.: Der Meteorit von Breitscheid. — Die Sterne, **34**, 11/12, S. 238—240, 1 Abb., Leipzig (Barth) 1958.

Nachtrag aus dem Jahre 1959

HÖRNLEIN: Die Entwicklung der Gewinnung und Aufbereitung des Köpperner Taunus-Quarzits. In: 60 Jahre Taunus-Quarzit-Werke Köppern GmbH. Größte Quarzitförderung Europas, 1899—1959, Bergbau II. S. 45—58, 15 Abb., Bad Homburg v.d.H. 1959.

KRÜGER, K.: Die Entstehung des Köpperner Taunus-Quarzits. In: 60 Jahre Taunus-Quarzit-Werke Köppern GmbH. Größte Quarzitförderung Europas, 1899—1959, Bergbau II. S. 22—26, 1 Taf., Bad Homburg v.d.H. 1959.

PREUSS, E.: Meteoriten, Boten aus dem Weltraum. — Kosmos, **55**, 4, S. 167—174, 7 Abb., Stuttgart 1959. [Meteorit von Breitscheid]

60 Jahre Taunus-Quarzit-Werke Köppern GmbH. Größte Quarzitförderung Europas, 1899—1959, Bergbau II. 78 S., Abb., Tab., Bad Homburg v.d.H. 1959.

Nachtrag aus dem Jahre 1965

SCHENK, E.: Das Alter der Lateritdecken und Eisenerzlagerstätten im Vogelsberg. — Erzmetall, **18**, S. 252—253, Stuttgart 1965.

SITTLER, C.: Le paléogène des fosses rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques. — Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., **24**, 392 S., Abb., Strasbourg 1965.

Nachtrag aus dem Jahre 1966

ENGEL, K.-H.: Neue Tonlagerstätten und ihre Bedeutung. 1. Tonlagerstätte Eisenbach im Taunus. — Ziegelindustrie, **19**, 2, S. 48—50, 5 Abb., Wiesbaden (Bauverl.) 1966.

FUCHS, K. & LANDISMAN, M.: Result of a re-interpretation of the N-S-refraction line Adelebsen-Hilders-South in Western Germany. — Z. Geophys., **32**, S. 121—123, Würzburg 1966.

* Dr. A. HERZBERG, Regierungsrätin im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

- SCHÄFER, K.: Agrarstrukturelle Rahmenplanung Dillkreis mit Beiträgen zur Regionalplanung. — Arbeitsgem. Verbesserung Agrarstruktur Hessen (AVA), 2. Aufl., 9, 222 S., Abb., Tab., Ktn., Wiesbaden 1966.
- Geschichte des Bergbaulichen Vereins Kassel. Hrsg. Bergbauver. Hessen e.V., Kassel. 175 S., Abb., Tab., Bilder, 1 Kte., Kassel 1966.

Nachtrag aus dem Jahre 1967

- ARZT, TH., HENTSCHEL, E. & MORDHORST, G.: Die Pflanzenwelt des Naturparks Hochtaunus. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, 9, 1, 148 S., Bilder, Ktn., Darmstadt 1967.
- FECHNER, H.: Geologische Untersuchungen in den metamorphen Gesteinen des Bergsträßer Odenwaldes. Diss., Göttingen 1967.
- KAUFMANN, H.: Der Einfluß einer Wasserstraße auf die Entwicklung der industriellen Standortstruktur unter besonderer Berücksichtigung der Oberweser. Diss., Münster 1967.

Nachtrag aus dem Jahre 1968

- BÜLTEMANN, H. & WUTZLER, B.: Zum Auftreten eines mit Pechblende und Coffinit vererzten Trüms im Dioritsteinbruch am Wingert-Berg bei Nieder-Ramstadt, südlich Darmstadt. — Aufschluß, 19, S. 295—296, 2 Abb., Göttingen 1968.
- ENGEL, K.-H.: Neue Tonlagerstätten und ihre Bedeutung. Beschreibung zur geologischen Kartendarstellung und zum Querprofil der Tongrube Eisenbach. — Ziegelindustrie, 21, 5, S. 92—95, 2 Abb., Wiesbaden (Bauverl.) 1968.
- Neue Tonlagerstätten und ihre Bedeutung. II. Teil: Beschreibung zur geologischen Kartendarstellung und zum Querprofil der Tongrube Oberbrechen (Kaolin- und Tonwerk). — Ziegelindustrie, 21, 6/7, S. 137—140, 2 Abb., Wiesbaden (Bauverl.) 1968.
- Neue Tonlagerstätten und ihre Bedeutung. III. Teil + Schluß: Beschreibung zur geologischen Kartendarstellung und zum Querprofil der Tongrube Auringen. — Ziegelindustrie, 21, 8, S. 174—176, 2 Abb., Wiesbaden (Bauverl.) 1968.
- FRANZ, E. G.: Vom Salzwerk zum Solbad. 150 Jahre Solbadeanstalt Sooden-Allendorf. — Werraland, 20, 2, S. 17—23, 3 Abb., Eschwege 1968.
- GWINNER, M. P., BACHMANN, G., SCHÄFER, K. & SKUPIN, K.: The bioclastic limestones of the „Trochitenkalk“ (Upper Muschelkalk) in SW Germany. In: MÜLLER, G. & FRIEDMAN, G. M. (Hrsg.): Recent developments in carbonate sedimentology in Central Europe, S. 205—214, 12 Abb., 1 Tab., Berlin-Heidelberg-New York (Springer) 1968.
- HÄGELE, U. & WOHLBERG, J.: Seismicity of the Rhinegraben rift system and a comparison with the East African rifts. — Proc. 10. general ass. Europ. seism. comm., Leningrad, 2, S. 149—157, 1968.
- HEMPEL, L.: Bodenerosion in Süddeutschland. Erläuterungen zu Karten von Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland. — Forsch. deutsch. Landeskn., 179, 12 S., 26 Ktn., Bad Godesberg 1968.
- KREBS, W.: Facies types in Devonian back-reef-limestones in the eastern Rhenish Schiefergebirge. In: MÜLLER, G. & FRIEDMAN, G. M. (Hrsg.): Recent developments in carbonate sedimentology in Central Europe, S. 186—195, 12 Abb., 2 Tab., Berlin-Heidelberg-New York (Springer) 1968.
- METZ, R.: Zur Mineralogie und Geologie der Umgebung von Göttingen mit Westharz und Teilen des nordhessischen Berglandes. — Aufschluß, Sonderh. 17, 183 S., 94 Abb., 5 Taf., Heidelberg 1968.
- MOEWES, W.: Sozial- und wirtschaftsgeographische Untersuchung der nördlichen Vogelsbergabdachung. Methode zur Erfassung eines Schwächeraumes. — Gießener geogr. Schr., 14, 232 S., Tab., Ktn., Beil., Gießen 1968.
- RANDOW, F. W. v., KLEIN, J. & HAHN, H.: Nachuntersuchung zur Agrarstrukturverbesserung im Limburger Becken. Villmar, Runkel, Lindenholzhausen, Niederbrechen im Kulturamtsbezirk Limburg/Lahn. — Arbeitsgem. Verbesserung Agrarstruktur Hessen (AVA), Sonderh. 31, 88 S., Abb., Tab., Bilder, 2 Ktn., Wiesbaden 1968.

- SCHENK, E.: Über den Wasserhaushalt des basaltischen Paläovulkans Vogelsberg in Hessen. — Steir. Beitr. Hydrogeol., S. 23—50, 11 Abb., Graz 1968.
- SCHNEIDER, G.: Erdbeben und Tektonik in Südwestdeutschland. — *Tectonophysics*, **5**, S. 459—511, Amsterdam 1968.
- SEIFERT, V.: Sozial- und wirtschaftsgeographische Struktur und Funktionsuntersuchungen im Landkreis Gießen unter besonderer Berücksichtigung regionalplanerischer Gesichtspunkte. — *Gießener geogr. Schr.*, **15**, 208 S., Abb., Tab., Ktn., Gießen 1968.
- WINTERHOFF, W. & HÖLLERMANN, P.: Morphologie, Flora und Vegetation des Bergsturzes am Schickeberg (Nordhessen). — *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, math.-physikal. Kl.*, **7**, 62 S., Abb., Göttingen 1968.
- Ausbau der Schwalm. Regelung der Abflußverhältnisse im Niederschlagsgebiet. Hrsg. Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten Wiesbaden. 32 S., Abb., Ktn., Kassel 1968.
- Der Landkreis Waldeck. Geschichte, Landschaft, Wirtschaft. 259 S., Bilder, Ktn., Oldenburg (Stalling) 1968.

Nachtrag aus dem Jahre 1969

- ERNST, E. & KLINGSPORN, H.: Hessen in Karte und Luftbild. Hrsg. Hess. L.-Verm. Amt. 182 S., 48 Luftbilder, 48 Ktn., Neumünster (Wachholtz) 1969.
- HARK, H.-U.: Die Erdöl- und Erdgasexploration in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1968. Nach Unterlagen und Bohrerergebnissen der in der Bundesrepublik explorierenden Erdölgesellschaften bearbeitet. — *Erdöl u. Kohle*, **22**, 6, S. 313—321, Hamburg 1969.
- HENNING, I.: Bibliographie hydrologischer Karten von Deutschland. — *Bibliotheca cartographica, Sonderh. 3*, 135 S., Bad Godesberg 1969.
- HOMANN, W. & PICKEL, H.-J.: Fluoreszierende Mineralien vom Katzenbuckel (Odenwald). — *Aufschluß*, **20**, S. 268—271, Göttingen 1969.
- KNAPP, R.: Änderungen in der Vegetation hessischer Gebirge in den letzten Jahrzehnten. — *Mitt. florist.-soziol. Arb.-Gem., NF*, **14**, S. 274—286, 2 Abb., Tondenmann über Rinteln 1969.
- MALZAHN, E.: Zielsetzung und Ergebnisse der Erdgas- und Erdölexploration in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1968. — *Erdöl-Erdgas-Z.*, **85**, 7, S. 258—271, 9 Abb., 6 Tab., Wien-Hamburg 1969.
- MÜLLER, ST., PETERSCHMITT, E., FUCHS, K. & ANSORGE, J.: Crustal structure beneath the Rhinegraben from seismic refraction and reflection measurements. — *Tectonophysics*, **8**, S. 529—542, 5 Fig., Amsterdam 1969.
- SCHÄLICKE, W.: Zur Tektonik des Schollenagglomerates im südlichen Odenwald. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Abh.*, **134**, 2, S. 175—191, 8 Abb., 1 Beil., 9 Diagr., Stuttgart 1969.
- SCHUBERT, W.: Chlorit-Hornblende-Felse des Bergsträßer Odenwaldes und ihre Phasenpetrologie. — *Contr. Mineral. and Petrol.*, **21**, S. 295—310, 1969.
- SCHÜTT, G.: Untersuchungen am Gebiß von *Panthera leo fossilis* (v. REICHENAU 1906) und *Panthera leo spelaea* (GOLDFUSS 1810). Ein Beitrag zur Systematik der pleistozänen Großkatzen Europas. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Abh.*, **134**, 2, S. 192—220, 2 Abb., 5 Tab., 2 Taf., Stuttgart 1969. [Funde in Hessen]
- SITTLER, C.: The sedimentary trough of the Rhinegraben. — *Tectonophysics*, **8**, S. 543—560, 9 Fig., Amsterdam 1969.
- ZIEGLER, W.: Eine neue Conodontenfauna aus dem höchsten Oberdevon. — *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.*, **17**, S. 343—360, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Krefeld 1969.
- Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969. — *Staats-Anz. Land Hessen, Wirtsch.-Reihe*, 72 S., Abb., Tab., Ktn., Wiesbaden 1969.
- Die Witterung im Sommer 1968 in Deutschland.-Gas- u. Wasserf., **110**, 14, S. 383—384, 1 Tab., München 1969.

Nachtrag aus dem Jahre 1970

- ALBERTI, G. K. B.: Unterdevonische Tentaculiten aus Oberfranken. — Paläontol. Z., **44**, 3/4, S. 161—170, 1 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1970. [Hinweise auf Rheinisches Schiefergebirge]
- Zur Augenreduktion bei devonischen Trilobiten. Mit Beschreibung von *Nephranops franconicus* n. sp. aus dem Oberdevon Ia von Oberfranken. — Paläontol. Z., **44**, 3/4, S. 145—160, 3 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1970. [Hinweise auf Rheinisches Schiefergebirge]
- ANT, H. & ENGELKE, H.: Die Naturschutzgebiete der Bundesrepublik Deutschland. Hrsg. Bund.-A. Vegetationsk., Naturschutz u. Landschaftspf. 305 S., 10 Taf., 1 Kte., Bonn-Bad Godesberg 1970.
- BORN, M.: Studien zur spätmittelalterlichen und neuzeitlichen Siedlungsentwicklung in Nordhessen. — Marburger geogr. Schr., **44**, 98 S., 1 Tab., 11 Ktn., Marburg 1970.
- BRAUSE, H.: Variszischer Bau und „Mitteldeutsche Kristallinzone“. — Geologie, **19**, 3, S. 281—292, 5 Abb., Berlin 1970.
- DUDA, H.: Abwasserverhältnisse in Hessen. — Korrespondenz Abwasser, **11**, S. 246—247, Bonn 1970.
- GOLÜKE, E., BREITENBACH, O., SEIDEL, B. & HAUSMANN, H.: Wasserwerk Jägersburger Wald — eine Gemeinschaftsarbeit von Ingenieuren, Architekten und Gartenarchitekten. — Wasser u. Boden, **22**, 12, S. 341—342, 3 Abb., Hamburg-Blankenese 1970.
- GROOS, H. & JAHNKE, H.: Bemerkungen zu unterdevonischen Beyrichien (Ostracoda) aus dem Rheinischen Schiefergebirge und Harz. — Göttinger Arb. Geol. Paläontol., **5**, S. 37—48, 5 Abb., 1 Taf., Göttingen 1970.
- HAAK, V.: Das zeitlich sich ändernde, erdelektrische Feld, beobachtet auf einem Profil über den Rheingraben. Eine hiervon abgeleitete Methode der Auswertung mit dem Ziel, die elektrische Leitfähigkeit im Untergrund zu bestimmen. Diss., München 1970.
- HILTERMANN, H.: Fortschritte der Mikropaläontologie in Deutschland mit einer Bibliographie für das Jahr 1969. — Paläontol. Z., **44**, 3/4, S. 215—227, Stuttgart 1970.
- KANDLER, O.: Untersuchungen zur quartären Entwicklung des Rheintales zwischen Mainz/Wiesbaden und Bingen/Rüdesheim. — Mainzer geogr. Studien, **3**, 92 S., 35 Abb., 1 Kte., Mainz 1970.
- KLAUSING, O.: Das hessische Lysimeter-Programm — Verdunstungs- und Versickerungsmessungen in einem Netz von Lysimeter-Stationen. — Gewässerk. Mitt., **14**, 1, S. 7—10, Koblenz 1970.
- LANGBEIN, R.: Zur Petrologie des Thüringer Buntsandsteins. — Geologie, **19**, Beih. 68, 131 S., 36 Abb., 7 Tab., 8 Taf., 22 Anl., Berlin 1970.
- LESER, H.: Die fossilen Böden im Lößprofil Wallertheim (Rheinhesisches Tafel- und Hügelland). — Eiszeitalter u. Gegenwart, **21**, S. 108—121, 4 Abb., Öhringen 1970.
- MARTINI, H. J. †, PILGER, A. & SCHIEBEL, W.: Die Verbreitung der Eruptiva in der Hohen Rhön. — Geol. Jb., **88**, S. 127—136, 4 Abb., Hannover 1970.
- NOLL, W.: Untersuchung über eine Zunahme des Coliindex im Mainwasser von 1955 bis 1965. — Gas- und Wasserf., **111**, 3, S. 139—141, 5 Abb., München 1970.
- ORTLAM, D.: Eine Strukturkarte des südlichen Kraichgaues. — Geol. Jb., **88**, S. 553—566, 2 Abb., 2 Taf., Hannover 1970. [Hinweis auf Südhessen]
- PAULITSCH, P.: Hessische Mineralien. — Aufschluß, **21**, S. 23—27, Göttingen 1970.
- PUFF, P.: Zur Grenzziehung und Paläotektonik im höheren Buntsandstein. — Geologie, **19**, 7, S. 803—812, 1 Abb., 2 Tab., Berlin 1970.
- QUENTIN, K.-E.: Die Heil- und Mineralquellen Nordbayerns. — Geologica Bavarica, **62**, 312 S., 1 Kte., München 1970.
- RICHTER, H., HAASE, G., LIEBEROTH, I. & RUSKE, R.: Periglazial-Löß-Paläolithikum im Jungpleistozän der Deutschen Demokratischen Republik. — Peterm. geogr. Mitt., Erg.-H. Nr. 274, 422 S., 105 Abb., 9 Tab., 5 Taf., 14 Fotos, Gotha/Leipzig 1970. [Hinweise auf Hessen]

- STRAUB, A.: Nordhessen. Landschaft, Geschichte, Kultur, Kunst, Wirtschaft. 1. Das Bergland von Niederhessen, **24**, 325 S., 2. Zwischen Rothaar und Rhön, **24**, S. 353—695, Nürnberg (Glock u. Lutz) 1970.
- TOBIEN, H.: Biostratigraphy of the mammalian faunas at the Pliocene-Pleistocene boundary in middle and western Europe. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **8**, S. 77—93, 2 Tab., Amsterdam 1970.
- WIMMENAUER, W.: Zur Petrologie der Magmatite des Oberrheingrabens. — *Fortschr. Mineral.*, **47**, S. 242—262, Stuttgart 1970.

1971

- AHORNER, L., MURAWSKI, H. & SCHNEIDER, G.: Die neue Karte der Erdbebenzonen. — *Umschau*, **71**, 9, S. 312—313, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1971.
- ALBERTI, G. K. B.: *Cornuproetus (Sculptoproetus) haasi* n. sp. (Trilobita, Proetidae) aus dem Devon des Rheinischen Schiefergebirges. — *Senck. leth.*, **52**, 4, S. 371—377, 1 Taf., Frankfurt a. M. 1971.
- AURAND, K., HERZEL, F., HÖFFKEN, F., KOPPE, P., NIEMITZ, W. & SIEVERS, J. F.: Untersuchungen über den Endosulfan-Gehalt im Rhein, Main und in Uferfiltraten (Juni 1969—Februar 1970). — *Gas- und Wasserf.*, **112**, 9, S. 445—447, 1 Tab., München 1971.
- MATTHES, G. & WOLTER, R.: Strontium-90, Ruthenium-106 und Caesium-137 in natürlichen Wässern. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**, S. 313—333, 9 Tab., Wiesbaden 1971. [Untersuchungen an hess. Gewässern]
- BAATZ, D.: Ausgrabungen im Limeskastell Eczell. — *Umschau*, **71**, 4, S. 127, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1971.
- BACKHAUS, E. & FLÜGEL, E.: Fazielle und geochemische Untersuchungen am Unteren Muschelkalk des Michelstädter Grabens (Odenwald). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**, S. 200—213, 2 Abb., 5 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- & REUL, K.: Der Mittlere und Obere Buntsandstein im Bereich der Rhön-Schwelle. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**, S. 142—192, 4 Abb., 2 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- BAHLO, E.: Cerviden-(Mammalia)Reste aus den Oberen Mosbacher Sanden (Mittelpleistozän) bei Wiesbaden (Hessen). — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 17—24, 3 Abb., Wiesbaden 1971.
- BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Nomenklatur braunerde- und parabraunerdeähnlicher Böden in Hessen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **99**, S. 361—372, Wiesbaden 1971.
- BECKER, G. & BLESS, M. J. M.: Zur Verbreitung der Ostracoden-Familie Hollinellidae BLESS & JORDAN. Mit Beschreibung neuer Funde aus dem Mittel- und Oberdevon Westeuropas. — *Senck. leth.*, **52**, 5/6, S. 537—567, 5 Abb., 5 Taf., Frankfurt a. M. 1971. [Fundstellen in Hessen]
- BERG, D. E.: Oligozäne Vertreter der alligatorinen Krokodilgattung *Diplocynodon*. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 25—30, 2 Taf., Wiesbaden 1971. [Fundstellen in Hessen]
- BERNHARDT, H. & HABERER, K.: Die Prognose der Wasserqualität in einer geplanten Talsperre, dargestellt am Beispiel des Wisper- und Ernstbach-Talsperrenprojektes. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 57—77, 8 Abb., 3 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- BIBUS, E. & KÜMMERLE, E.: Alter und Ausbildung der „Nauheimer Kantkiese“ und „Södeler Rundschotter“ der Wetterau. — *Jb. Nassau. Ver. Naturk.*, **101**, S. 62—74, 4 Abb., Wiesbaden 1971.

- BLIND, H.: Trinkwassertalsperre im Einzugsgebiet der Wisper. Durchführung und Ergebnisse eines Variantenstudiums. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 45–55, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- BORNEFF, J.: Die Entfernung von kanzerogenen Substanzen aus dem Wasser. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 115–121, Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971. [Untersuchungen in Wiesbaden-Schierstein]
- BRASSEL, G., KUTSCHER, F. & STÜRMER, W.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückchiefers. 33. Erste Funde von Weichteilen und Fangarmen bei Tentaculiten. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 44–50, 3 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1971.
- BRECHTEL, H. M.: Die Bedeutung der forstlichen Bodennutzung bei der Erwirtschaftung eines optimalen Wasserertrages. — Z. deutsch. geol. Ges., **122**, S. 57–70, 6 Abb., 2 Tab., Hannover 1971. [Stadtwald Frankfurt a. M., Vogelsberg]
- Einfluß des Waldes auf Hochwasserabflüsse bei Schneeschmelzen. — Wasser u. Boden, **23**, 3, S. 60–63, 7 Abb., Hamburg-Blankenese 1971. [Niederschlagsgebiet der Nidda]
- BUSSE, E.: In: Muschelkalk. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 62–74, Tab. 3, Wiesbaden 1971.
- DHONAU, W.: Die Regelung der Aar von der Landesgrenze zu Hessen bis zur Mündung in die Lahn — eine wesentliche Voraussetzung für viele Planungen im unteren Aartal. — Wasser u. Boden, **23**, 3, S. 63–65, 4 Abb., Hamburg-Blankenese 1971.
- DIEDERICH, G.: Die Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 124–141, 2 Tab., Wiesbaden 1971.
- & HICKETHIER, H.: Obere und Untere Violette Zone im Nordspessart. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 193–199, Wiesbaden 1971.
- DORN, F.: 100 Jahre Wasserversorgung Wiesbaden. — Gas- und Wasserf., **112**, 12, S. 580, München 1971.
- & HABERER, K.: Probleme der Wasserversorgung in Wiesbaden. — Gas- u. Wasserf., **112**, 2, S. 62–67, 7 Abb., 5 Tab., München 1971.
- DUDA, H.: Gewässerschutz und Stand der Abwasserbehandlung in Hessen. — Korrespondenz Abwasser, **18**, 9, S. 183–185, 2 Abb., Bonn 1971.
- Die Situation der Siedlungswasserwirtschaft in Hessen. — Gas- u. Wasserf., **112**, 8, S. 381–385, 4 Abb., München 1971.
- EHRENBERG, K.-H.: Petrographie der vulkanischen Gesteine. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 89–108, 3 Tab., Wiesbaden 1971.
- & HICKETHIER, H.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern. Mit Beitr. von BUSSE, E., KUTSCHER, F., MATTHESS, G., MEISL, S., MENDE, G., REICHMANN, H., THIELICKE, G. & WENDLER, R. 2. Aufl., 298 S., 46 Abb., 16 Tab., 1 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1971.
- FALKE, H.: Die paläogeographische Entwicklung des Oberkarbons in Süddeutschland. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **19**, S. 167–172, 2 Abb., Krefeld 1971.
- Zur Paläogeographie des kontinentalen Perms in Süddeutschland. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 223–234, 4 Taf., Wiesbaden 1971.
- FILL, K.: Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Wiesbaden in den Jahren 1969 und 1970. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 113–127, 5 Tab., Wiesbaden 1971.
- FRESENIUS, W.: Zusammenstellung der Ergebnisse der wöchentlichen Untersuchungen des Kochbrunnens und des Faulbrunnens in der Zeit vom 31. 12. 1969 bis 31. 12. 1970. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 129–130, Wiesbaden 1971.
- GOLWER, A.: Sanierung von Heizölunfällen durch Brunnen in Frankfurt am Main. — Bohrtechn., Brunnenbau, Rohrleitungsbau, **10**, S. 355–360, 3 Abb., 4 Tab., Köln 1971.

- GOLWER, A., MATTHES, G. & SCHNEIDER, W.: Einflüsse von Abfalldeponien auf das Grundwasser. — Städtetag, 2, S. 119—124, 2 Abb., Stuttgart 1971.
- GROSSMANN, H. †, HECK, L., KUTSCHER, F., MICHELS, F. †, NEUBAUER, F. & ZAKOSEK, H.: Rheinfahrt des Naussauischen Vereins für Naturkunde von Wiesbaden nach Boppard anlässlich seines 140-jährigen Bestehens. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., 101, S. 131—142, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- HABERER, K.: Zentrale Trinkwasserenthärtung. — Gas- und Wasserf., 112, 12, S. 584—585, München 1971. [Wasserwerk Wiesbaden-Schierstein]
- & BAIER, R.: Die Wirksamkeit verschiedener Gegen- und Kreuzstromanlagen zur physikalischen Wasserentsäuerung. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100-jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 159—171, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971. [Betr. Taunus-Trinkwasser]
- & HESSLER, K.-G.: Hydrologische und wasserchemische Untersuchungen im Bereich der Wassergewinnungsanlagen im Taunus. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100-jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 35—43, 2 Abb., 3 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- & NOLL, M.: Ergebnisse mehrjähriger hydrobiologischer Untersuchungen an den Vorbecken des Rheinwasseraufbereitungswerkes Wiesbaden-Schierstein. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100-jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 91—103, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- & NORMANN, S.: Untersuchungen zur Entkarbonisierung in den Anlagen des Rheinwasseraufbereitungswerkes Wiesbaden-Schierstein. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100-jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 139—158, 4 Abb., 10 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- HAHN, G. & R.: Trilobiten aus dem unteren Teil der *crenistrina*-Zone (Unter-Karbon, cuIII α_{1-2}) des Rheinischen Schiefer-Gebirges. — Senck. leth., 52, 5/6, S. 457—499, 11 Abb., 5 Tab., 4 Taf., Frankfurt a. M. 1971. [Herborn, Erdbach]
- HAMMEL, H.: Die Wasserversorgung im Gebiet Rhein-Main-Taunus auf dem Wege zur Verbundwirtschaft. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100-jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 9—18, 2 Abb., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- Die Wasserversorgung im Rhein-Main-Ballungszentrum. — Gas- u. Wasserf., 112, 12, S. 581, München 1971.
- Großer Hessenplan — Aktionsprogramm Wasser 1970—1985. — Gas- u. Wasserf., 112, 8, S. 380—381, München 1971.
- HARRACH, T. & WOURTSAKIS, A.: Der Einfluß der Unterbodenmelioration auf die physikalischen Eigenschaften von Pseudogleyen. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., 12, S. 176—178, Göttingen 1971. [Beispiele in Hessen]
- HAUCK, K. & HENNECKE, J.: Die 2. Fernwasserleitung Inheiden—Frankfurt a. M. — Gas- u. Wasserf., 112, 10, S. 505—509, 5 Abb., München 1971.
- HEIL, K.-H.: Notwendige Planungen für den Gewässer- und Umweltschutz. — Korrespondenz Abwasser, 18, 9, S. 178—182, Bonn 1971. [Rhein]
- HEIM, D.: Lateritische Basaltverwitterung und Bauxit im Bereich der Wetterau-Schwelle. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 60, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 251—257, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1971.

- HEINTZE, G.: Landschaftsrahmenplan Naturpark Habichtswald. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, **10**, 3, 114 S., 19 Bilder, 31 Tab., 20 Ktn., Darmstadt 1971.
- HENTSCHEL, H.: Das Basaltprofil aus der Bohrung Ludwigsegen 1, bei Merlau im Vogelsberg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 269—285, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1971.
- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1970 mit Nachträgen aus den Jahren 1961—1969. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 416—431, Wiesbaden 1971.
- HEYL, K. E. & GEIB, K. W.: Die Mineralwässer im linksrheinischen Teil des Mainzer Beckens. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 1, S. 24—46, 2 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1971.
- HÖLTING, B.: Wassererschließung im schwebenden Grundwasserstockwerk (Brunnenbohrung der Gemeinde Stumpertenrod/Kr. Alsfeld). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 341—346, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- HORN, M.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg. Mit Beitr. von BUSSE, E., EHRENBERG, K.-H., KARSCHNY, A., KÜMMERLE, E., KUTSCHER, F., MEISL, S., PLASS, W., RAMBOW, D., RÖSING, F., THIELICKE, G. & WENDLER, R. 285 S., 29 Abb., 10 Tab., 1 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1971.
- HUBER, H. & BUTH, K.-F.: Überblick über die Stadtentwässerung in Kassel. — Korrespondenz Abwasser, **18**, 9, S. 186—187, Bonn 1971.
- HUSMANN, S.: Die gegenseitige Ergänzung theoretischer und angewandter Grundwasser-Limnologie; mit Ergebnissen aus Wasserwerken Wiesbadens. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 79—90, 5 Abb., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- IMMEL, O.: Eine „Strukturanalyse“ der Eisenindustrie im Fürstentum Nassau-Dillenburg von 1788. — Heimatjb. Dillkr. f. 1972, **15**, S. 97—106, 3 Abb., Dillenburg 1971.
- JESSE, W.: Die Wiesbadener Stadtentwässerung. — Gas- u. Wasserf., **112**, 2, S. 68—71, 3 Abb., München 1971.
- JÖRG, E.: Ein Cranium von *Coelodonta antiquitatis* (BLUMENB.) (Perissodactyla, Mamm.) aus pleistozänen Neckarkiesen von Mannheim-Käfertal. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 83—88, 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- KARRENBERG, H.: Einführung. In: Die Karbon-Ablagerungen in der Bundesrepublik Deutschland. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **19**, S. 1—4, 2 Abb., Krefeld 1971. [Rheinisches Schiefergebirge]
- KARSCHNY, A.: In: Tertiär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 83, Wiesbaden 1971.
- KEGEL, W.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5317 Rodheim-Bieber. 2. unveränd. Aufl., 8 + 48 S., 5 Abb., Wiesbaden 1971.
- KELLER, R.: Wasserbilanz der Bundesrepublik Deutschland. — Umschau, **71**, 3, S. 73—78, 5 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1971.
- KLEIN, H.: Pathologische Veränderungen an einem Elefanten-Oberkiefer aus pleistozänen Kiesen des Oberrheins (SW-Deutschland). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 6, S. 355—362, 1 Abb., Stuttgart 1971.
- KLEMM, D. D. & WEBER-DIEFENBACH, K.: Geochemische Untersuchungen an Amphiboliten und Dioriten des nördlichen Odenwaldes. — N. Jb. Mineral., Abh., **116**, 1, S. 80—111, 13 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1971.
- KLIPPEL, K.: Einiges über die Wasserversorgung der Stadtwerke Mainz. — N. Deliwa-Z., 3, S. 82—84, 4 Abb., Hannover 1971.
- KÜHN, R.: Beiträge zur Kenntnis der mitteleuropäischen Ulexit-(=Boronatrocalcit)-Vorkommen, insbesondere von Niederellenbach (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 253—268, 1 Abb., 4 Tab., 3 Taf., Wiesbaden 1971.
- KÜMMERLE, E.: In: Tertiär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 81 u. 84, Tab. 4, Wiesbaden 1971.
- Zur Geologie der nordwestlichen Stadtgebiete von Frankfurt a. M. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 214—231, 5 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1971.

- KUSTER-WENDENBURG, E.: Pteropoden-Arten der Gattung *Creseis* RANG, 1828 aus den mitteloligozänen (Rupelium) Sedimenten des Mainzer Tertiärbeckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 99—112, 4 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1971.
- KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 31. Die Verbreitung der Crustaceengattung *Nahecaris* JAEKEL im Hunsrückschiefer- Meer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 30—42, 4 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 32. *Palaeoscorpis devonicus*, ein devonischer Skorpion. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 82—88, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 34. Crinoideengrus in einer Dachschieferplatte. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 113—116, 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Schlüchtern und den angrenzenden Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, S. 195—199, 2 Abb., Wiesbaden 1971.
- Das Nivellement hoher Genauigkeit auf dem Blatt Naumburg und den angrenzenden Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 196—200, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- Die Hunsrück-Exkursion 1970 des Nassauischen Vereins für Naturkunde. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 143—149, Wiesbaden 1971.
- Erdbeben im Mittelrheintal und auf dem Hunsrück. — Rhein-Hunsrück-Kalender f. 1972, **28**, S. 20—23, 1 Abb., Simmern 1971.
- FERDINAND BROILI, der bisher erfolgreichste Bearbeiter von Hunsrückschiefer-Fossilien (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 6). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 383—389, Wiesbaden 1971.
- Franz Michels †. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 10—17, 1 Bild, Wiesbaden 1971.
- 100 Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 7—9, Wiesbaden 1971.
- & PAULY, E.: Eine Fossilbank östlich der Landsteiner Mühle (Weital, Taunus). — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 59—61, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- LAEMMLEN, M.: Die 48 Tafeln des Geologischen Wanderpfades an der Wasserkuppe/Rhön. — Beitr. Naturk. in Osthessen, **4**, S. 65—116, 47 Abb., 1 Tab., Fulda 1971.
- mit einem Vorwort von M. KRÜPE und E. STIELER: Der Geologische Lehrpfad an der Wasserkuppe. 64 S., 47 Abb., 1 Tab., Fulda (Parzeller & Co.) 1971.
- LEPPLA, A. & STEUER, A.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5915 Wiesbaden. 3. unveränd. Aufl., 4 + 52 S., Wiesbaden 1971.
- LÖBER, K., Buchbesprechung: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5215 Dillenburg. — Heimatj. Dillkr. f. 1972, **15**, S. 132—133, Dillenburg 1971.
- MAGGETTI, M.: Die basischen Intrusiva des Heppenheim-Lindenfelder-Zuges (Mittlerer Bergsträßer Odenwald). T. I. — N. Jb. Mineral., Abh., **115**, 2, S. 192—228, 15 Abb., 4 Tab., Stuttgart 1971.
- Die basischen Intrusiva des Heppenheim-Lindenfelder-Zuges (Mittlerer Bergsträßer Odenwald). T. II (Schluß). — N. Jb. Mineral., Abh., **115**, 3, S. 229—251, 7 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1971.
- MARTINI, E.: Neue Insektenfunde aus dem Unter-Oligozän von Sieblos/Rhön. — Senck. leth., **52**, 4, S. 359—369, 1 Abb., 2 Taf., Frankfurt a. M. 1971.
- & MENTZEL, R.: Lebensspuren und Nannoplankton aus dem Alzeyer Meeressand (Mittel-Oligozän). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 54—61, 1 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1971.
- MATTHES, S. & SCHUBERT, W.: Der Original-Beerbachit im Odenwald, ein Amphibolit-Hornfels in Pyroxen-Hornfelsfazies. — Beitr. Mineral. Petrol., **33**, 1, S. 62—86, 15 Abb., 4 Tab., Berlin-Heidelberg-New York 1971.

- MATHESS, G.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, S. 158—184, 2 Abb., 10 Tab., Wiesbaden 1971.
- MEISL, S.: In: Tertiär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 84, Wiesbaden 1971.
- Petrographische Untersuchungen. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 29—30 u. 37, Wiesbaden 1971.
- Zur Petrographie der Buntsandsteinsedimente. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, S. 54—62, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1971.
- MENDE, G.: Vor- und Frühgeschichte. Grobgerätige Fundkomplexe im Raum Schlüchtern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, S. 213—225, 2 Abb., Wiesbaden 1971.
- MENK, H.: Stufenweiser Ausbau der Kläranlage eines Industriebetriebes, gezeigt an der Abwasserbehandlung des Volkswagenwerkes Kassel. — Korrespondenz Abwasser, **18**, 9, S. 188—192, 7 Abb., Bonn 1971.
- MICHELS, F. † & THEWS, J. D.: Die Thermalwasserbohrung Schützenhofquelle in Wiesbaden. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 75—81, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- MÜLLER, C.: Nannoplankton-Gemeinschaften aus dem W-deutschen Mittel-Oligozän. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 43—53, 1 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1971. [Hessische Senke, Mainzer Becken, Rheingraben]
- NEUFFER, F. O.: Nachweis von Färbungsmustern an tertiären Bivalven unter UV-Licht. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 121—130, 3 Taf., Wiesbaden 1971. [Fundstellen Mainzer Becken]
- NÖRING, F.: Der hydrogeologische Rahmen der Stadt Wiesbaden. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 19—22, Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- Heilquellen und Mineralwässer in Hessen. — Gas- u. Wasserf., **112**, 2, S. 57—61, 1 Kte., München 1971.
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1970 (1. 1.—31. 12. 1970). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 393—415, Wiesbaden 1971.
- Vorwort. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5317 Rodheim-Bieber, S. 5*—8*, Wiesbaden 1971.
- NORMANN, S.: Bibliographie zur Wasserversorgung von Wiesbaden. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 173—178, Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- OELKERS, K.-H.: Die Erarbeitung von Gesetzmäßigkeiten der Bodenverbreitung Südniedersachsens, unter Verwendung der Bodenschätzung sowie geologischer und morphologischer Karten. — Z. deutsch. geol. Ges., **122**, S. 1—10, 5 Abb., Hannover 1971.
- OPPERMANN, S. A.: Die Zechstein-Basissedimente des Richelsdorfer Gebirges. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 283—287, 1 Abb., Wiesbaden 1971.
- ORTLAM, D.: Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF, **53**, S. 171—181, 5 Abb., Stuttgart 1971. [Odenwald]
- PICKEL, H.-J.: Das Profil der Bohrung Altenhaina und Bemerkungen zur Grenze Zechstein-Buntsandstein im Osten der Frankenberger Bucht. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 106—123, 7 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Wiesbaden 1971.
- PLASS, W.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 170—195, Wiesbaden 1971.
- Die Böden. In: HEINTZE, G.: Landschaftsrahmenplan Naturpark Habichtswald. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, **10**, 3, S. 13—16, Darmstadt 1971.

- PLASS, W.: Die Böden des Kreises Waldeck. — Waldeckische Landesk., S. 47—54, Korbach (W. Bing) 1971.
- PLESSMANN, W. & SPAETH, G.: Sedimentgänge und tektonisches Schichtfließen (Biegungsfließen) im Rechtsrheinischen Schiefergebirge. — Geol. Mitt., **11**, 1—2, S. 137—164, 23 Abb., Aachen 1971.
- PRYOR, W. A.: Petrology of the Weissliegende sandstones in the Harz and Werra-Fulda areas, Germany. — Geol. Rdsch., **60**, 2, S. 524—552, 13 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1971.
- QUENTIN, K.-E., FEILER, L. & SCHRETZENMAYR, G.: Untersuchungen über Vorkommen und Verhalten von Selen in den Wassergewinnungsanlagen Wiesbaden-Schierstein. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 123—126, 1 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- RAMBOW, D.: Die natürlichen Grundlagen des Kreises. In: Der Kreis Hünfeld, S. 17—31, 1 Abb., Stuttgart-Aalen 1971.
- Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 158—169, 2 Abb., 3 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- Zur Geologie des Kreises Melsungen. — Jb. Kreis Melsungen f. 1972, **41**, S. 100—104, 1 Abb., Melsungen (Bernecker-Verl.) 1971.
- In HORN, M. & RAMBOW, D.: Bohrungen. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 217—279, Wiesbaden 1971.
- REICHERT, J. K.: Untersuchungen zur chemischen Bestimmung fäkaler Trinkwasserverunreinigungen. — Gas- u. Wasserf., **112**, 8, S. 403—406, 1 Abb., 2 Tab., München 1971. [Analysen von hessischen Wässern]
- REICHMANN, H.: Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, S. 185—194, Wiesbaden 1971.
- REIF, W.-E.: Zur Genese des Muschelkalk-Keuper-Grenzbonebeds in Südwestdeutschland. — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **139**, 3, S. 369—404, 14 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1971.
- RÖSING, F.: Morphologie und Geologie. In: HEINTZE, G.: Landschaftsrahmenplan Naturpark Habichtswald. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, **10**, 3, S. 8—13, Darmstadt 1971.
- Zur Geologie der Langen Berge und ihrer Randgebiete südwestlich von Kassel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 240—245, Wiesbaden 1971.
- In HORN, M. & RÖSING, F.: Tertiär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 75—89, Wiesbaden 1971.
- In HORN, M. & RÖSING, F.: Quartär. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 109—123, 4 Abb., Wiesbaden 1971.
- In HORN, M. & RÖSING, F.: Lagerungsverhältnisse. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, S. 124—149, 4 Abb., Wiesbaden 1971.
- ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A.: Bemerkungen zur Stratigraphie des Würm-Lösses im westlichen Mitteleuropa. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 246—252, 2 Abb., Wiesbaden 1971.
- ROTHER, P.: High-Magnesian Calcite from the Corbicula- and Hydrobia-Beds (Lower Miocene) in the Mainz Basin. — N. Jb. Mineral., Mh., **10**, S. 460—466, 1 Abb., Stuttgart 1971.
- SCHÄFER, W.: Faunistisch-ökologische Untersuchungen des Untermainns. — Natur u. Mus., **101**, 1, S. 38, Frankfurt a. M. 1971.
- Keine Hoffnung für den Rhein? — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 47—52, 3 Abb., Wiesbaden 1971.
- SCHIDLowski, M. & STAHL, W.: Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotopenuntersuchungen an der Karbonatfraktion alpiner Spilite und Serpentine sowie von Weilburgiten des Lahn-Dill-Gebietes. — N. Jb. Mineral., Abh., **115**, 3, S. 252—278, 10 Abb., 8 Tab., Stuttgart 1971.

- SCHMITT, O. & SEMMEL, A.: Zum Aufbau der Bergsträßer Diluvialterrasse südlich Bensheim. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 232—239, 4 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- SCHNEIDER, W.: Der Einfluß von Mülldeponien auf das Grundwasser. — Gas- u. Wasserf., **112**, 3, S. 179, München 1971. [Rhein-Main-Gebiet]
- SCHOTTLER, W.: WILHELM WAGNER 1884—1970. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF, **53**, S. 47—58, 1 Abb., Stuttgart 1971.
- SCHWARZHANS, W. & WEILER, W.: Ein ungewöhnlicher Fund von Otolithen „in situ“ aus dem mitteloligozänen Meeressand des Mainzer Beckens. — Senck. leth., **52**, 5/6, S. 529—535, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1971.
- SITTLER, C. & SONNE, V.: Vorkommen und Verbreitung eozäner Ablagerungen im nördlichen Mainzer Becken. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **6**, S. 372—384, 2 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1971.
- SOLLE, G.: *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* im Rheinischen Devon. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **59**, 163 S., 1 Diagr., 20 Taf., Wiesbaden 1971.
- SONNE, V.: *Bolivina wagneri* n. sp. (Foram.) und ihre Bedeutung für die Grenze Schleichsand/Cyrenen-Mergel im Mainzer Becken. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 159—166, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1971.
- SONTHEIMER, H.: Veränderung der Rheinwasserqualität zwischen Mannheim und Wiesbaden. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 105—113, 5 Abb., 2 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- WEINDEL, W. & MAIER, D.: Untersuchungen zur Gewässergüte im Rheineinzugsgebiet im Jahre 1970. — Gas- u. Wasserf., **112**, 10, S. 479—483, 5 Abb., 4 Tab., München 1971.
- STARKE, K.-H.: Die Mikroflora aus den Keuper-Schichten von Uttrichshausen in der Rhön (Blatt 5524 Weyhers). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 62—77, 3 Taf., Wiesbaden 1971.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Die Neufassung der Römerquelle in Schlangenbad, Untertaunuskreis. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 334—340, 3 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1971.
- STRECKER, G.: Die Uranmineralisation am Wingertsberg bei Nieder-Ramstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 286—296, 6 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1971.
- THEWS, J.-D.: Hydrogeologie des Stadtgebietes von Wiesbaden. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. S. 23—34, 2 Abb., 2 Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- Summenwirkung von Verunreinigungen in Trinkwasserschutzgebieten. — Gas- u. Wasserf., **112**, 2, S. 101—103, München 1971. [Beispiele aus Hessen]
- TOBIAS, W.: Gewässerprojekt Unterrhein — ein senckenbergisches Forschungsprogramm. — Natur u. Mus., **101**, 3, S. 124—131, 6 Abb., Frankfurt a. M. 1971.
- TOBIEN, H.: Mikromammalier aus dem alltertiären Melanionton von Nordhessen. Teil 1: Marsupialia, Insectivora, Primates. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 9—29, 1 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Wiesbaden 1971.
- UDLUFT, P.: Hydrogeologie des oberen Sinntales. Ein Beitrag zur Kenntnis der bayerischen Rhön. — Geologica Bavarica, **64**, S. 365—384, 10 Abb., 4 Tab., München 1971.
- VOSSOUGH-ABEDINI, M. & HENTSCHEL, H.: Der Lagenbau des Diabases von Waldhausen bei Weilburg/Lahn. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 297—312, 2 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1971.
- WEILER, H.: Fossile Grünalgen in jungtertiären Süßwasserablagerungen des Mainzer Beckens und des Oberrheingrabens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**, HEINZ-TOBIEN-Festschrift, S. 178—186, 2 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1971.

- WENDLER, R.: Die magnetischen Strukturen im südlichen Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**, S. 373—382, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1971.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Naumburg. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4721 Naumburg, S. 201—216, 8 Abb., Wiesbaden 1971.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Schlüchtern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5623 Schlüchtern, S. 200—209, 5 Abb., Wiesbaden 1971.
- WEYER, D.: *Neaxon regulus* (RH. RICHTER 1848), ein Leitfossil der mitteleuropäischen *Wocklumeria*-Stufe (Anthozoa, Rugosa; Oberdevon). — Geologie, **20**, 3, S. 292—302, 1 Abb., 6 Taf., Berlin 1971. [Vorkommen im Rheinischen Schiefergebirge]
- WIESNER, E.: Das Frankfurter Gebiet zur Unter-Miozän-Zeit. — Natur u. Mus., **101**, 11, S. 445—457, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1971.
- WOHLRAB, B.: Bodenkundliche Untersuchungen und Kartierungen für den wasserwirtschaftlichen Rahmenplan. — Z. deutsch. geol. Ges., **122**, S. 47—55, 5 Abb., Hannover 1971. [Rahmenpläne aus Hessen]
- WOLF, H.: Der Diabas des oberen Dilltales und die Verbreitung wärmeliebender Ameisen, Wespen und Bienen. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **101**, S. 89—96, 3 Ktn., Wiesbaden 1971.
- WOLFSKEHL, O., HUGELMANN, H. & GERTZ, H.: Probleme der Wasserversorgung der Stadt Kassel. — Gas- u. Wasserf., **112**, 8, S. 386—391, 6 Abb., 1 Tab., München 1971.
- ZIEGLER, W. & LINDSTRÖM, M.: Über *Panderodus* ETHINGTON, 1959, und *Neopanderodus* n. g. (Conodonta) aus dem Devon. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 10, S. 628—640, 3 Abb., Stuttgart 1971. [Fundsichten Bl. 5316 Ballersbach]
- Arbeitsgemeinschaft Dinantium-Stratigraphie: Unterkarbon (Dinantium). — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **19**, S. 5—18, 3 Abb., Krefeld 1971. [Rheinisches Schiefergebirge]
- Der Kreis Hünfeld. 212 S., Abb., Tab., Stuttgart—Aalen 1971.
- Die Karbon-Ablagerungen in der Bundesrepublik Deutschland. Eine Übersicht. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **19**, VIII + 242 S., 79 Abb., 15 Tab., 8 Taf., Krefeld 1971.
- Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. Wissenschaftliche Berichte über Untersuchungen und Planungen. Festschrift zum 100jährigen Bestehen der Wiesbadener Trinkwasserversorgung. Hrsg. Stadtwerke Wiesbaden AG. 179 S., Abb., Tab., Wiesbaden (Wiesbadener Kurier Verl.) 1971.
- Hessen. Jahresbericht der Wasserwirtschaft, Rechnungsjahr 1970. — Wasser u. Boden, **23**, 6/7, S. 169—173, 3 Abb., Hamburg-Blankenese 1971.
- Hydrobiologischer Kurs in Bieber im Spessart. — Natur u. Mus., **101**, 2, S. 84—88, 2 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1971.
- Magnetfeld im Oberrheingraben. — Umschau, **71**, 6, S. 212, Frankfurt a. M. 1971.

Manuskript eingegangen am 29. 6. 1972

Register

Autorenregister

- AGASSIZ, L. 47
 ALBERTI, G. 85
 ANDRAE, R. 188
 ASSELBERGHS, E. 73
 BACKHAUS, E. 131—134, 180
 BAHLO, E. 51, 57
 BEHRE, K.-E. 160
 BERDAU, D. 153, 158
 BERGGREN, W. A. 35
 BLANCKENHORN, M. 142
 BOCK, W. 179, 181
 BOHN, P. 42
 BOLTER, E. 168
 BORCHERT, H. 277
 BOSMA, A. A. 19
 BOUCOT, A. J. 79, 85
 BOY, J. 46—59
 BRADLEY, W. H. 50
 BRANDES, R. 181, 183
 BRINKMANN, R. 121
 BROOKS, H. K. 52
 BULMAN, O. M. 47
 BULTYNCK, P. L. 85
 BURHENNE, H. 82
 BURMEISTER, H. 47
 BUSSE, E. 135—152
 CARLÉ, W. 267, 268, 280
 CARLS, P. 81
 CHILINGAR, G. V. 269
 CRAY, P. E. 21
 DAHMER, G. 63, 65, 74, 78
 DE BONIS, L. 14
 DEGENS, E. T. 269
 DIENEMANN, W. 188
 DROZDZEWSKI, G. 57
 DÜRBAUM, H. J. 213
 ELLENBERG, H. 182
 ERBEN, H. K. 80, 81, 83
 EREMENKO 269
 ERNST, E. 178
 FEARON, R. E. 131
 FIRBAS, F. 159, 161
 FOERSTE, A. 41
 FOLLMANN, O. 63, 71, 72
 FRANZEN, J. L. 31
 FRECHEN, J. 174, 195
 FRICKE, K. 188
 FUCHS, A. 126
 FUCHS, G. 62
 GANDL, J. 81
 GAST, P. W. 175
 GEIB, K. W. 72, 78
 GIESSLER, A. 219
 GODEFROID, J. 85
 GÖRGES, J. 204
 GOLDMANN, K.-J. 126, 128
 GRAMANN, F. 177
 GRAMSE, M. 174
 GREEN, W. G. 131
 GROOS-UFFENORDE, HELGA 81, 92—130
 GRUPE, O. 189
 GUTHÖRL, P. 52
 HÄNDEL, D. 154
 HARTENBERGER, J.-L. 9, 19
 HEDEMANN, H.-A. 181, 184
 HEIBEL, B. 66
 HEINE, K. 154
 HEINRICHS, H. 164—176
 HEM, J. D. 231
 HEMPEL, L. 153
 HENNINGSEN, D. 121
 HENTSCHEL, H. 124, 128
 HERRMANN, R. 177—193
 HERZBERG, A. 310—322
 HÖLTING, B. 216, 254—283
 HOFKER, J. 47
 HOLLARD, H. 81
 HOLLINGER, J. 57
 HORNSTEIN, F. 183
 HOUSE, M. R. 83

- HUCKRIEDE, R. 153—163
 HUGUENEY, M. 9
 HUTCHINSON, G. E. 50

 INSOLE, A. 19

 JÄGER, H. 190
 JÄGER, K.-D. 154
 JAHNKE, H. 75, 76, 81
 JANKUHN, H. 154
 JOCHMUS-STÖCKE, K. 121
 JOHNSON, J. G. 79, 85

 KÄSS, W. 267, 268
 KAMMERER, F. 184
 KAYSER, E. 94, 97, 118, 124
 KEGEL, W. 94, 97, 115—119, 126
 KEGLER, J. 128
 KELLER, R. 184
 KLEINSORGE, H. 141, 142, 144, 148
 KLINGSPORN, H. 178
 KNER, R. 47
 KOCKEL, C. W. 122
 KÖBRICH, C. 278
 KREBS, W. 100
 KREJCI-GRAF, K. 49
 KRÜGER, F. 181, 183
 KRÜGER, J. 51, 57
 KRÜSSMANN, G. 161
 KUHN, O. 53
 KULICK, J. 121, 263, 269, 271
 KUTSCHER, F. 184

 LANG, H. D. 154
 LANG, W. B. 267
 LANGGUTH, H. R. 231
 LAVOCAT, R. 19
 LEFTEROFF, B. K. 269
 LEGRAND, PH. 79
 LINSTOW, O. v. 179, 182—184
 LIPPERT, H.-J. 66, 98, 100, 128
 LIPPOLD, H. 178, 181
 LÖHNERT, E. 267, 269, 277
 LOHMANN, H. 184
 LORENZ, V. 195, 201
 LUDWIG 82
 LÜTTIG, G. 154

 MACKELDEY, W. 182
 MÄCKEL, R. 154
 MARTINI, E. 34
 MARTINOFF, S. L. 269
 MATTHES, G. 213, 216, 219, 267
 MAUZ, J. 65
 MEIBURG, P. 135, 136, 141—143, 151

 MEISCHNER, D. 92, 126
 MEYER, B. 153, 154, 159
 MEYER, H. v. 47
 MISONNE, X. 13
 MITTMAYER, H.-G. 62, 65, 67, 70, 72, 74, 78
 MÖTZING, K. 183
 MOY-THOMAS, J. A. 47
 MÜLLER, C. 34
 MÜLLER, H. 153, 157, 158
 MÜLLER, W. 254

 NELSON, G. J. 47
 NEUFFER, FR. O. 41—45
 NEUMEISTER, H. 154
 NIETSCH, H. 154
 NIKOLAUS, H. J. 119—121, 128
 NÖLDNER, W. 161
 NÖRING, F. 219, 287—309
 NUTALL, C. 41

 OBERLING, J. J. 42
 OLSON, E. C. 52

 PENNDORF, H. 136
 PICKEL, H. J. 207—253
 PICKEL, W. 121

 RABIEN, A. 92, 108, 126, 128
 RAMBOW, D. 143, 213
 RAYNER, D. 50
 REDEMANN, E. 179, 182
 REHAGEN, H.-W. 153, 161, 162
 REIS, O. 47
 REUL, K. 131—134
 RICHARDSON, E., jr. 49
 RICHTER, E. 78, 85
 RICHTER, R. 78, 85
 RIEHL, N. 43
 RITZKOWSKI, S. 34, 279
 RÖHRER, F. 268, 277
 ROEMER, F. 142
 RÖSING, F. 143, 165, 195, 199—201, 204
 ROTH, W. 263

 SANDBERGER, C. L. F. 42
 SAUER, E. 263, 269
 SAUER, K. 268
 SCHÄFER, W. 49
 SCHÄFFER, F. R. 159
 SCHARPFF, H. J. 216
 SCHAUB, S. 14
 SCHEFFER, F. 153, 159
 SCHMEISSER, A. 199, 200
 SCHMIDT, E. R. 269
 SCHMIDT, HERM. 80, 81
 SCHMIDT-KITTLER, N. 13

- SCHNEIDER, J. 126
 SCHOELLER, H. 267
 SCHTEREFF, K. D. 269
 SCHÜTRUMPF, R. 160
 SCHULTZ, W. 165, 170
 SCHWEITZER, H.-J. 161
 SCHWILLE, F. 267, 277
 SITTE, F. 219
 SOBOTH, E. 261, 267, 269, 277
 SOLLE, G. 60—91
 SOUGY, J. 82
 STAMPFUSS, R. 160
 STEHLIN, H. G. 14
 STENGEL-RUTKOWSKI, W. 262, 278
 STRAUTZ, W. 154
 STRUVE, W. 76

 TALENT, J. A. 79, 85
 TASCH, P. 52
 TERMIER, G. 70
 TERMIER, H. 70
 THALER, L. 19
 THEUERJAHR, A. 57
 THEWS, J. D. 219, 261
 TICHY, F. 213
 TOBIEN, H. 7—40
 TRUSHEIM, F. 132

 UDLUFT, H. 254, 278
 UENZE, O. 159

 VIANEY-LIAUD, M. 15
 VINX, R. 194—206
 VOLLMAYR, T. 13

 WALDMAN, M. 49
 WALLISER, O. H. 80, 81
 WALTHER, K. 95
 WASMUND, E. 49
 WATSON, D. M. S. 47
 WEHRHAHN, W. 181
 WEITZEL, K. 52
 WERNER, R. 63, 73, 78, 80, 85
 WHITE, E. I. 47
 WHITTHARD, W. 47
 WIEGAND, G. 178
 WIEGAND, K. 254—259
 WIGAND, A. 189
 WILLERDING, U. 154
 WILLIAMS, H. 201
 WINTER, J. 86
 WITTEKINDT, HELGA 111, 113, 125, 126
 WITTEKINDT, H.-P. 97, 98, 111, 113, 125,
 126
 WOLBURG, J. 132
 WORTMANN, H. 178
 WUNDERLICH, F. 65

 ZANGERL, R. 49
 ZIEGLER, W. 63, 87
 ZYKA, V. 267

Fossil-, Orts- und Sachregister

- Abflußzuwachs 224
 Abtragung, postvulkanische 194, 204
Acanthodes 47, 52—54
 Acanthodier 47, 50
 Acarina 158
Acastellina nolens 78
 Achanarras-Kalke 50
Acroperus harpae 158
Acrospirifer arduennensis 71
 — — *antecedens* 71, 75
 — — *arduennensis* 73, 75
 — — *latestriatus* 62, 71, 75
 — *extensus* 75
 — *intermedius vetustus* 85
 — *mosellanus dahmeri* 78, 79, 85
 — — *mosellanus* 62, 78
 „*Actinodon*“ *latirostris* 53, 55
 Adorf-Stufe 98, 102—108, 113, 128
Alatiformia alatiformis 77
 AlbeBen 57
Alchemilla 160

 Algerische Sahara 79
 Alkalibasalt 196—202
 Alkali-Olivinbasalt 164—175
 — -Sulfat-Wässer, Grundtypen der 279
 Alken a. d. Mosel 78
 Alleröd 154, 162
Alnus 156, 157
Alona affinis 158
 — *guttata* 158
Alonella nana 158
 Alstertal b. Lamerden 135, 140, 144—149
 Altenhaina 208, 216
 Altwasser-Sedimente 155, 158
Amblypterus 47—55
Anarcestes 96
 — *lateseptatus* 80
anchoralis-Zone 116
Ancyrodella curvata 107, 109
 — *gigas* 107
 — *lobata* 107, 109
Ancyrognathus sp. 109

- Ancyrognathus triangularis* 107
 Anhydrit 141
 Apatit 168
 Apiaceae 161
 Apioideae 157
 Appalachische Provinz 79
 Aragón 81
Archegosaurus 47, 50, 53, 54
Archiuulus 52
Arctium 160
Artemisia 157, 161, 162
Astarte triasina 142
 Asteraceae 161
Asterocalamites scrobicularis 121
atavus-pulcher-Zone 141—146, 149, 151
 Atlantikum 153, 154, 158, 159
 Auelehm 153, 154, 157—159
 Auelehme, altholozäne 153, 154, 159
 —, vorgeschichtliche 153, 154, 159
Augurites mirandus 83
 Auslaufverhalten 221
- Bachquelle 218
 Bad Pyrmont 178, 191
 Bänderschiefer 100—105, 108, 128
 Ballersbach 92
 Ballersbacher Kalk 111
 Basalt 164—175
 —, Chem. Analysen 172, 173, 203
 —, Einschlüsse im 171
 —, Korngefüge 169
 —, Modalbestand 169, 170, 203
 Basaltschlot 188
Batrachium 156, 157, 160
 Belgien (Eo/Oligozän) 32
Belodella sp. 99
Bembexia (Bembexia) alta 63, 68
 — — *daleidensis* 68
 Berler Quarzit 66, 73
 Berschweiler (b. Birkenfeld) 51
Bertillonella cicatricosa 103
Betula 157, 160, 161
 — *nana* 160
 — *pubescens* 160
 Bickener Schuppe 92
 Biostratonomie (Tertiär-Säuger) 35
 Bleichung 133
 Bockendorf 208, 216, 248
 Bodenheim (b. Mainz) 33
 Boreal 153, 158
 Borgentreich 135, 143, 144, 146
Brachionus 158
Brachyspirifer-Arten 70
 — *ignoratus* 73, 74, 77
 Branchiopoden 51—55
- Branchiosaurier 47, 48, 50, 53, 55
Branchiosaurus 47—49
 Brandenberg-Phase 126
 Brassicaceae 161
 Braunmoose 158
 Buchenauer Schichten 100
 Buchenberg (Kr. Frankenberg) 270, 277
 Bunter 131
 Buntsandstein 180
 —, Unterer 211
 Burghasungen 143
Burmeisterella armata 68
Burmeisteria (Digonus) gigas 73, 74
 — *rhenana* 68
- Calamiten 47, 51
Camptocercus rectirostris 158
 Cannabinaceae 157
Carduus 156, 160
Carex 156, 160
 — *flava* 160
 Caryophyllaceae 161
Celaeceras praematurus 83
 Ceratiten-Schichten 196
 —, Ältere 139—141, 144, 146, 148
 —, Jüngere 136, 139, 142, 143, 149
Ceratites atavus sequens 144, 147, 148
 — *compressus* 136, 137, 146, 149
 — — *apertus* 146
 — *distractus* 150
 — *evolutus* 136
 — — *bispinatus* 151
 — — *parabolicus* 150
 — — *subspinatus* 136
 — — *tenuis* 150
 — *neolaevis* 137, 143, 146, 149
 — *philippii* 137
 — *posseckeri* 143
 — *praecursor* 136
 — *pulcher* 137, 139, 143, 146—149
 — *ravicostatus* 137, 143
 — *riedeli* 143
 — *robustus* 137, 139, 146, 147, 149
 — — *terminus* 137, 143
 — *spinatus* 150
 — — *capricornu* 151
 — — *penndorfi* 143
 — — *postspinatus* 143
 — — *praespinatus* 143
Chemnitzia hehli 150
Chenopodium 156
Chlamys 41
 — (*Camptonectes*) *hausmanni hausmanni*
 204
 — *decussata* 44

- Chlamys permista* 44
 — *picta* 43
 — *weinheimensis* 45
 — *varia* 42
Chydorus sphaericus 158
Cirsium 156, 160
 Cladocera 158, 160
Coenothyris vulgaris 139—148
 Coleoptera 156, 160
 Compositae 155, 160, 161
compressus-Zone 136, 143, 149, 150
Conchopoma 52—55
Cornus sanguinea 155—157
Corylus 157
 — *avellana* 153—156
Cosmarium 158
costatus-Zone 111, 115
crenistria-Zone 119, 121
crepida-Zone 108, 113
 Cricetiden 31
 Cruciferae 161
 Curculionidae 160
 Cyanophyceae 158
 Cyperaceae 157, 161
Cyzicus (Lioestheria) 52
 dachbankzyklisch 134
 Daleiden 66
 Dasberg-Stufe 107
 Deckdiabas 97, 116, 117, 122—125, 128
 Desmidiaceae 158
 Diabasmandelstein 99, 121, 122
 Diagenetische Lösungen 266, 280
 Diagramm der Härte 231—243
 — des Gesamtlösungsinhalts 230—243
 —, 3-lineares 231—243
Diaphanosoma brachiurum 158
 Diemeltal 135, 136, 141, 178
 Dillenburg Schichten 98—102, 106
 — Tuffe 100
 Dill-Mulde 92
 Diptera 160
Discinisca 137
discoides-Kalk 113
 Disibodenberger Schichten 47, 57
 Dörrbach-Tal 77
 Donnersberg 142
Douvillinella bispinosa 77
 Dreistoff-Diagramm 231
 Dryaszeit, Jüngere 160
 Eberschütz 144, 150
 Ederbringhausen (Kr. Frankenberg) 270
 Edingen 93, 113—115, 119, 121, 125
 Eichsfeld-Wechselfolge 133
 Eifelquarzit 99, 126
 Eifel-Stufe 95, 97, 98, 111, 113
 Eisentröther Schuppe 92
 Eisenkiesel 123
 Eiternhöll-Schuppe 92
 Electric-Log 131
 Emsquarzit 65, 126
 Ems-Stufe 124, 126
Encrinus liliiformis 137, 142, 146, 147, 150
Entomis sp. 96
Entomoprimitia? paeckelmanni 103
 — *splendens* 103
Entomozoe (N.) tenera 103
Eomys 31
 Eozän, Ober- 32, 33
Equisetum 161
 Erdfälle 177
 Ericales 161
Ernestriodendron 47
 Erze 168
 Estherien 51
 Eube 132
Eugereon 47
Eurycercus lamellatus 158
Euryspirifer dunensis 70, 75
 — *paradoxus* 67, 70, 73, 74, 79, 82
 Euzet-les-Bains (S-Frankreich) 11
evolutus-Zone 143, 149
 Färbungsmuster bei Pectiniden 41
 Feldspäte 167, 168
 Felssandstein 133
 Fladige Mergelkalksteine, Fazies der 141,
 142, 144, 148
 Fluoreszenz 43
 Flußdichte 213
 Fons-4 (S-Frankreich) 9
Foordites occultus 81, 84
 Fossile Farberhaltung 41
 Fossilagerstätten 47—57
Fragaria 156
 Frankenberg/Eder 261, 269, 279
Fraxinus 157
 Friedrichsfeld 183, 191
 Frohnstetten (Wttbg.) 13, 33
 Früchte 47
 Fulda 133
Galeopsis 156
Galium aparine 156
 Gamma-Log 133
 — -Ray-Log 132
 — -Strahlungsmessungen 131
 Geismarer Schichten 210, 214
 Gelbe Basis-Schichten 136, 139, 141, 143,
 145—148
Geniculatus claviger 118

- Geniculatus glottoides* 118
 Geologische Karte 1:25 000
 Bl. 5316 Ballersbach 92
 Bl. 5215 Dillenburg 100
 Bl. 4919 Frankenau 208
 Bl. 5019 Gemünden/Wohra 208
 Bl. 5315 Herborn 92
 Germete 142, 148
 Gersfeld, Rhön 132
 Gesamtlösungsinhalt 232–244
 Gipsstein 141
 Givet-Stufe 98, 100, 113, 114, 126
Gliravus 8
Gnathodus bilineatus bilineatus 118
 — *commutatus commutatus* 118
 — — *homopunctatus* 118
 — *delicatus* 118
 — *punctatus* 118
 — *semiglaber* 118
 — sp. 118
 — *texanus* 118
Goniatites crenistria 119
 — *maximus* 119
 — -Stufe 118–120, 128
 Gramineae 157, 161
 Grauwacke de Pesche 74
 Greenriver-Shales 50
 Grenze Unter-/Mitteldevon 80
 Gresaubach 51
 Grès bigarré 131
grimmeri-Zeit 128
 Grobsandstein-Horizont 132
 Grube Königsberg/Rupbach-Tal 80
 Grüsen 208
 Grundwasserfließrichtung 230
 Grundwasserleiter 213
 Grundwasserneubildung 218
 Grundwasserscheide 230
 Grundwassertypen 231

 Habichtswald 195, 199–204
 Härtequotient 244, 245
 Hangenberg-Schiefer 115, 128
 Haueda 135–151
 Haupt-Trochitenkalk 136, 139–149
 Hausberg b. Butzbach 82
Hedera 157
 Heisdorfer Schichten 73
 Hemberg-Stufe 108, 113, 115
 Hemfurth-Edersee (Kr. Waldeck) 273
 Herborn 92
 Herbornseelbach 96
 Hessische Senke 165, 174, 196
 Hessisches Geologisches Schrifttum 310 bis
 322
 Hessisches Landesamt für Bodenforschung
 287–309
Hippophaë rhamnoides 160
Hippuris vulgaris 156, 160
Hoernesia socialis 137, 140, 142
 Hörre-Fazies 115
 — -Zug 92–94, 111, 115, 125, 128
 Hofgeismar 188, 194, 195
 Hohenrheiner Schichten 73, 76
Homalonotus-Reste 96
 Homberg a. d. Efze 164, 173, 174
 Hoogbutsel (Belgien) 15, 33
 Hünenburg 142
Humulus lupulus 155–157
 Hunsrück-Insel 65
 Hypsodontie (Nagermolaren) 15–18, 27
Hysterolites (n. subgen.) *arduennensis*
 latestriatus? 95

Icriodus nodosus 97
 — *obliquimarginatus* 109
 Insekten 51, 52
intermedius-Zeit 129
 Intrusivdiabas 102–104, 122, 127
 Ionenquotient 244, 245
 Ionenverhältnisse 256, 258, 265, 273, 275
Iris pseudacoror 156
Isoptychus 19
Ivanothyris trisectus 77

 Jeckenbacher Schichten 56

 Kaolinisierung 133
 Karlshafen 189
 Kasseler Meeressand 204
Kaysersops kochi 73
 Kellerwald 126
 Kellerwaldrandstörung 211
 Kellwasserkalk 113
 Keuper, 196–198, 204
 —, Unterer 136, 143, 151
 Kieselige Übergangsschichten 119, 120, 128
 Kieselsäureausfällung 133
 Kirchgarten 246, 248
 Klein-Altenstädten 82
 Klerfer Schichten 75
 Kluftgrundwasserleiter 214–217
kockelianus-Zone 111
 Körbecke 141–147
 Kondel-Unterstufe 72, 78
 Konglomerat, Älteres 208, 209, 214
 —, Jüngeres 208, 215, 224
 Kopolithen 52, 53
 Korbach (Kr. Waldeck) 271
 Korbach-Folge 208

- Korbach-Sandstein 208, 224
 Korrelierung von Leitbänken 131
 Kretzersmühle 65, 67
 Kulm 96, 121, 124
 — -Grauwacken 120, 121, 124, 125, 129
 — -Kieselschiefer 116—119, 123, 124
 — -Tonschiefer 96, 120, 129
 Kusel 56, 57

 Laacher Bims 154, 156, 159, 162
 Labiatae 155, 157
 La Débruge (S-Frankreich) 9
 Lahn-Kiese 153, 154, 159—162
 — -Mulde 126
 Lahnstein-Laubach-Unterstufe 72, 78
 — -Unterstufe 72
 Lahn-Tal 153—162
 Lamerden 135, 140—151
Lamium 160
 Langenthal 56
 Laubach-Unterstufe 72, 76
 Lautercken 56
 Lebach/Saar 46, 47, 51, 52, 56, 57
 Lebacher Toneisensteinlager 51
 Lehm-Mudden, altholozäne 153—159
 Leitfähigkeit, elektr. 246, 247
 Lendelbach-Schuppe 92
Lepidodendron sp. 121
Leptostrophia explanata 95
 Lherzolith 171, 174
 Liebenau 136, 139, 140, 142, 147
 Liegende Alaunschiefer 116, 123
Lima striata 137, 139, 142, 145
Limoptera (Klinoptera) rhenana 68
 Linearbandkeramiker 159
Lingula tenuissima 140, 142
 Löß-Umlagerung, anthropogene 154,
 159
Loxonema sp. 137
 Lumineszenz 42
 Lungenfische 52
Lycopus 157
 — *europaeus* 156

 Magnafazies, hercynisch 81
 —, Mischfazies 79, 80, 84
 —, rheinisch 78, 84
 Mainzer Becken 32, 42
 Malpérié (S-Frankreich) 12
 Manrode 150
 Marburg 153—159
 Mardorf im Amöneburger Becken 159
 Mazon Creek, Ill. 55, 56
 Meeressand, Unterer 42
 Meisenheim 56

 Meißner 135, 136, 149, 151
 Melanienton 7
Menyanthes trifoliata 156, 160
Meristella follmanni 76
Michelinoceras 95
Microbrachis 53
Micromelerpeton 48, 49
 Mineralwasserbohrung Wetter (Kr. Mar-
 burg) 260—266
 Mineralwasserkomponenten, Änderungen
 der 254
 Mischwasser 238—240
 Mitteldevon 92, 95—97, 105, 108, 111, 113,
 114, 121—128
 Mittelrode 133
 Montalban (N-Spanien) 33
 Montmartre (Paris) 9
 Moose 160
 Mücken 158
Muensteroceras truncatum 120
 Muschelkalk 195—199, 204
 —, Mittlerer 135, 136, 139—149
 —, Oberer 135, 136, 143, 150
Myalina blezingeri 139, 142
Myophoria laevigata 140, 142
 — *ovata* 140, 142
 — *vulgaris* 137
 Myophorien- u. Astarten-Bank 137, 140,
 142, 149
Myriophyllum 156, 161
 — *verticillatum* 160

 Nannoplankton (Eo/Oligozän) 34
 Natriumsulfat- (Mineral-) Wässer, Genese
 der 276, 279
Nautilus bidorsatus 137
 Nehden-Stufe 103, 104, 108, 113, 115,
 128
 Nellenköpfchen 65
 — -Schichten 65, 67
Neoceratodus 52
 Neorhabdocoelen 158
 Neu-Calenberg 142
 Neustadt (Kr. Marburg) 8
 Niederhessen 135—152
 Niederweimar 154, 159—162
 Niedrigwasserabfluß 219
 Niveau, stratigraphisches 31
Nomismoceras sp. 119, 120
 — *spirotissimum* 119
 — *vittiger* 119
 Nordshausen (b. Kassel) 8, 29
Nuphar luteum 155, 156, 160
Nymphaea 157
 Nymphaeaceae 158

- Oberdevon 92, 95, 97, 100, 103—105, 108,
 111—116, 122—128
 Obere Dolomite 140, 141, 146, 147
 Oberems, Biozonen 63
 —, Gliederung 62
 —, Liegendgrenze 73
 — -Stufe 64, 95, 111, 126
 Oberense (Kr. Waldeck) 271, 277
 Oberrhein-Graben (Alttertiär) 32
 Odernheim/Glan 46, 47, 50, 52, 56
 Odernheimer Schichten 47, 56, 57
 Odershäuser Kalk 113
Olethrobatta 52
 Oligozän, Ober- 32, 33
 —, Unter- 32, 33
 Olivin 168, 171, 175, 202
 Olkenbacher Mulde 66, 78, 81, 82
Orbiculoidea discoides 150
 Orthocladiden 158
 Ostracoden 52, 158

 Paläonisciden 52—54
Palmatolepis crepida 107, 110
 — *distorta* 107, 110
 — *gigas* 109
 — *glabra acuta* 110
 — — *glabra* 110
 — — *lepta* 107—110
 — — *pectinata* 103, 104, 107—110
 — — *prima* 104, 107, 110
 — *gonioclymeniae* 110
 — *gracilis gracilis* 104—110
 — *minuta minuta* 104, 107, 110
 — — *schleizia* 110
 — *perlobata schindewolfi* 104—107, 110
 — — *sigmoidea* 107, 110
 — *punctata* 107
 — *quadrantinodosa inflexa* 104, 107
 — — *inflexoidea* 107, 108, 110
 — — *marginifera* 103, 107, 110
 — — *quadrantinodosa* 107
 — — ssp. 103
 — — ssp. b 110
 — *quadrantinodosalobata* 104, 107, 110
 — cf. *regularis* 110
 — *rhomboidea* 110
 — *rugosa grossi* 110
 — — ssp. 105
 — — *trachytera* 110
 — *subperlobata* 110
 — *subrecta* 107, 109
 — *tenuipunctata* 107, 110
 — *termini* 107, 110
 — *transitans* 100
 Palökologie 46—56

Paramicrobrachis 53
Paraspirifer eos 76
 — *praecursor* 76, 77
 — — *sandbergeri*-Gruppe 76
 Pariser Becken (Eo/Oligozän) 33
 Pecopteriden 47, 51
Pericyclus-Stufe 115, 116, 118, 128
 Perm (Rotliegend und Zechstein) 262
 Perrière (S-Frankreich) 12
Phyloblatta 52
 Pikrit 122—124
Pinacites jugleri 83
Pinus 160, 161
 — *silvestris* 153, 155—157
Placunopsis ostracina 140, 142
Plantago media 157
Plebejochonetes(?) crassus 77
 — *plebejus* 95
Pleuromya musculoides 137, 145, 148
Pleuroxus uncinatus 158
 Poaceae 161
Polygnathus angusticostatus 109
 — *asymmetricus asymmetricus* 100, 109
 — *communis* 116, 118
 — *cristatus* 100, 107, 109
 — *decorosus* 100, 107, 109
 — *diversus* 107, 110
 — *eiflii* 109
 — *glaber bilobatus* 110
 — — *glaber* 107, 110
 — *kockelianus* 109
 — *lacinus* 118
 — *linguiformis linguiformis* 96—99, 109
 — — *mucronatus* 109
 — — *transversus* 109
 — *pennatus* 109
 — *pseudofoliatus* 109
 — *purus purus* 115
 — *robusticostatus* 109
 — sp. 109
 — —, *nodocostatus*-Gruppe 105, 107, 110
 — *styriacus* 110
 — *trigonicus* 109
 — *triphyllatus* 104
 — *varcus* 99, 100, 109
 — *webbi* 96, 97, 109
 — *zylus* 109
Polygonum 157
 — *bistorta* 161
 — *lapathifolium* 156
Polylophondonta sp. 110
 Polypodiaceae 157
Polypodium vulgare 157
 Porengrundwasserleiter 217
Posidonia becheri 121

- Potamogeton* 156, 157, 160, 161
 — *densus* 155
 — *praelongus* 160
Potentilla 160
Proetus cultrijugati 85
Pronorites sp. 119, 120
Prosocoelus beushauseni aequivalva 68
Prunus padus 156, 157, 160, 161
 — *spinosa* 156
Pseudoloris 30
 Pyroxene 167—175

quadrantinodosa-Zone 103, 107, 108, 113
 Quarzporphyr 98, 99, 105, 121, 122
 Quellendichte 227, 228
Quercus 153, 155—157
 — *robur* 156

Ranunculus 156, 157, 160
 — *aquatilis* 155
 — *repens* 156
 Reduzierte Wässer 275, 276, 280, 281
 Rehborn 56
 Reinhardswald 178
 Retensionsvermögen 228
Rhabdolepis 53—55
Rhenothyris compressa 76, 86
 Rhenser Mühltal 67
 Rhön-Folge 133
 — -Sandstein 133
 — -Wechselfolge 133
rhomboidea-Zone 113
Richterina (*F.*) *dichotoma* 107
 — (*F.*) *intercostata* 103, 107
 — (*F.*) *striatula* 107
 Robiac (S-Frankreich) 9
robustus-Zone 137, 143, 146, 149, 150
 Rodentia 156
 Rodholz 132, 133
 Römershausen 208
 Röttgersberg 146—150
 Ronzon (Zentral-Frankreich) 15
 Rosaceae 161
 Rotatorien 158
 Roteisenstein-Grenzlager 98, 105, 126
 Rote Pelite 210, 218
 Rotliegendes 46—57
 Rubiaceae 161
Rubus 155, 156
 Rümmelbach 51, 52
Rumex 157, 160, 161
 Rupelton 32, 33

 Sababurg 182
 Sachsen 154

 Säuerling 178
Salix 157, 160—162
 Salzauslaugung 188
Sanguisorba minor 161
Saturninia 30
 Saustall/Rand Kleinbornstal 65, 76
Saxifraga 161
Scaphognathus subserratus 110
 — *velifer* 110
 Schämerich a. d. Alf 71
 Schalker Teich 85
 Schalstein 95—105, 122—127
Scheuchzeria palustris 155, 156
 Schiffelbach (Kr. Marburg) 269, 277
Schizophoria provulvaria 70, 76
 — *schnuri* 77
 — *vulvaria* 70, 76
Schizoproetus onyx 85
schmidti-Zeit 129
Schmidtognathus hermanni 109
 — sp. 100, 113
 — *wittekindti* 109
Schoenoplectus lacustris 156, 160
 Schrifttum, Geologisches 310—322
 Schüttungskörper 133
 Schüttungszyklen 133
 Schwankungsziffer 228, 229
 Schweinfe 208
Sclerocephalus 48—50, 55
 Sedimentationsrhythmen 131
Sellanarcestes tenuior 81
 — *wenkenbachi* 79, 81
 Senkungsstrukturen, vulkanische 194 bis
 204
serratostrata-Gruppe 115
 Sesquioxidfällung 133
Silene 160
 Sinn 92
Siphonodella crenulata 118
 — — -Zone 116
 — *duplicata* 116
 — *obsoleta* 118
 — *sexplicata* 118
 Söse-Mulde 126
 sohlbankzyklisch 134
Solanum dulcamara 155
 Solling-Folge 133
 Sosis (N-Spanien) 9
 Spätglazial 154, 159—161
Sparganium 157, 160, 161
Spathognathodus bidentatus 109
 — *costatus costatus* 110
 — sp. 100
 Spessart-Folge 133
Sphagnum 158

- spinosus*-Zone 136, 143, 149, 151
 „*Spirifer*“ *bornicensis* 76
splendens-Subzone 103
Stachys 155, 156
Stellaria 156
Steneofiber 22
 Stoffwanderungen im Sediment 133
striatus-Zone 121
Strophodonta virgata 70
 St. Saturnin (S-Frankreich) 9
 Styliolithen 139, 140, 142
styriacus-Zone 115
Suevosciurus 13
 Syngenetische Lösungen 266, 277
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landes-
 amtes für Bodenforschung 287–309
- Tanytarsus* 158
 Teichmühle 142
 Teilniederschlagsgebiet 221
 Tektonik 124, 125
 Tentaculitenschiefer 97
 Tertiär 165
Thalerimys 19
Thalictrum 156, 157, 160
Theridomys 13
 thermische Stratifizierung von Seen 50,
 55
 Thüringen 154
 Tiefensole 255
Tilia 153, 155, 157, 158
 – *platyphyllos* 156
 Tonplatten-Fazies 136, 141–151
Trachynerita gaillardoti 139, 142
Trechomys 15, 22
 Trendelburg 177
 Trennfugendurchlässigkeit 213
Treveropyge prorotundifrons 68, 73
 – *rotundifrons* 73
Trigonorhynchia (Oligoptycherhynchus) da-
leidensis 95
 Trochitenkalk 195–199, 204
 – -Fazies 136, 141, 144, 148, 149
 – ,Oberer 137, 140–150
 – ,Unterer s. „Haupt-Trochitenkalk“
 Trockenheitsindex 219
 Trockenwetterabfluß 221
Tropidoleptus carinatus 65, 66, 70
 Tubuliflorae 157
 Tuff 98, 100, 103, 105, 119, 128, 202–204
 – -Begrenzung 86
 – -Bentonite 86
 Tuffit 98, 100, 102, 108
 Tuff-Mischung 86
Typha angustifolia 157
- Übelgönne 139
Ulmus 157
 Umbelliferae 157, 161
Uncinulus orbignyianus 77
 Unterdevon 92, 95
 Unterems-Fauna, Erlöschchen 67
 – , Gliederung 62
 – -Oberems-Wende 65
 – -Stufe 64, 95, 99, 126
 Unterkarbon 92, 104, 108, 115, 116, 120
 bis 125, 128
 Untermiozän 165
Uronectes 47, 52–55
Urtica 157
 – *dioeca* 155, 156
 UV-Licht 41
- Velata albertia* 140, 142
velifer-Zone 107, 115
Viburnum opulus 156, 157
Viola 160, 161
 Volkmarsener Graben 148
 Volpriehausen-Sandstein 217
 Vulkanismus 121–124
- Walchien 47, 51
 Waldeck-Folge 208
 Walderbach 67
 Warburg 135, 142
 Wasser, anthropogen beeinflußt 240, 241
 – im Buntsandstein 236–238
 – im Unterkarbon 233–235
 – im Zechstein, im Jüngeren Konglomerat
 235, 236
 Wasserkuppenmassiv 132
 Weser 153, 154
 Wethen 142, 148, 149
 Wetteldorfer Richtschnitt 79, 80, 84, 87
 Wetter (Kr. Marburg) 260–279
 Wettesingen 142
 Wight, Isle of (Eo/Oligozän) 21, 32
 Willebadessen 136, 141, 142, 148, 149, 151
 Wissenbacher Fazies 80
 – Schiefer 81
 Wittgensteiner Mulde 81
 „Wolkenbrüche“ b. Trendelburg 177
 Wormeln 142
- Xenacanthoider* 47, 52
Xenacanthus 47, 50, 52, 54, 55
 Ziegenkopf 142
- Zlichov-Daleje-Grenze 82
 Zuwachsspende 224
 Zwischenschichten (Muschelkalk) 139 bis
 149

Tafel 1

Tafel I

Gliravus cf. priscus ST. & SCHB.

- Fig. 1. D⁴ sin., von occlusal; Ns 209; REM-Aufnahme.
Fig. 2. P⁴ dext., von occlusal, invers; Ns 130.
Fig. 3. M^{1/2} sin., von occlusal; Ns 129.
Fig. 4. P₄ sin., von occlusal; Ns 133.
Fig. 5. M₁ dext., von occlusal, invers; Ns 135.
Fig. 6. M₂ dext., von occlusal, invers; Ns 137.
Fig. 7. M₃ sin., von occlusal; Ns 134.

Pseudosciurus fraasi (MAJOR)

- Fig. 8. P⁴ sin., von occlusal; Ns 213; REM-Aufnahme.

Theridomys aquatilis (AYM.)

- Fig. 9. D⁴ sin., von occlusal, unangekaut; Ns 179.
Fig. 10. D⁴ sin., von occlusal, angekaut; Ns 186.
Fig. 11. M^{1/2} dext., von occlusal, invers; Ns 177.
(Bem.: Der Hinterinnenhügel ist auf der Figur zu stark eingezogen, am Objekt steht er mit dem Protocon auf gleicher Höhe.)
Fig. 12. D₄ dext., von occlusal, invers; vorn-innen defekt; Ns 182.
Fig. 13. M_{1/2} dext., von occlusal, invers; Ns 180.

Fundort: Neustadt (Kr. Marburg)

Alter: Unter-Oligozän, Niveau von Frohnstetten, Latdorfium/Unteres Tongrium

Aufbewahrungsort: Geol.-Paläontol. Abt. des Hessischen Landesmuseums, Darmstadt.

Fig. 1-7: × 25; 8-13: × 12,5 nat. Größe.



Tafel 2

Tafel 2

Thalerimys (gen. nov.) cf. *jordi* (BOSMA & INSOLE)

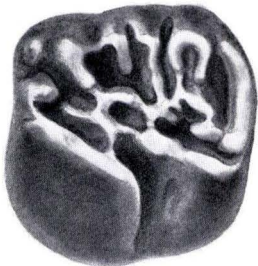
- Fig. 14. P⁴ dext., unangekaut, invers; a: von oclusal, b: von labial; 1—5: Antiklinien 1—5; Ns 4.
- Fig. 15. P⁴ sin., angekaut, von oclusal; Ns 7.
- Fig. 16. D⁴ sin., unangekaut; a: von oclusal, b: von labial; 1—5: Antiklinien 1—5; Ns 67.
- Fig. 17. D⁴ dext., von oclusal, angekaut, invers; Ns 68.
- Fig. 18. M¹ dext., unangekaut, invers; a: von oclusal, b: von labial; Ns 19.
- Fig. 19. M¹ sin., von oclusal; accessorische Antikline in III. Synkline unvollständig; Ns 27.
- Fig. 20. M¹ dext., von oclusal, invers; accessorische Antikline in III. Synkline vollständig; Ns 36.
- Fig. 21. M³ sin., unangekaut; a: von oclusal; b: von labial; Ns 61.
- Fig. 22. M³ dext., von oclusal, invers; Ns 52.

Fundort: Neustadt, Kr. Marburg.

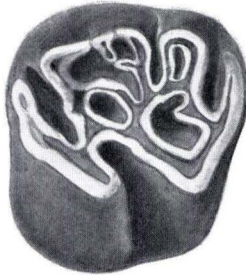
Alter: Unter-Oligozän, Niveau von Frohnstetten, Latdorfium / Unteres Tongrium.

Aufbewahrungsort: Geol.-Paläontol. Abt. des Hessischen Landesmuseums, Darmstadt.

Alle Figuren $\times 12,5$ nat. Größe.



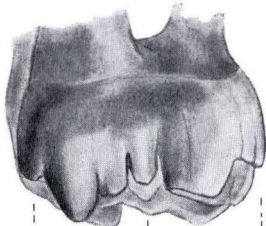
14a



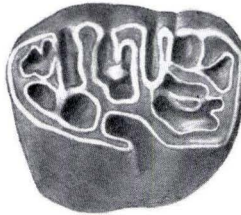
15



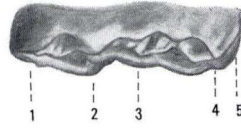
16a



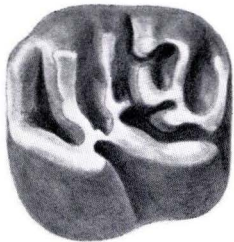
14b



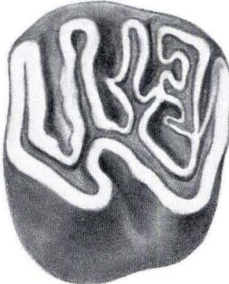
17



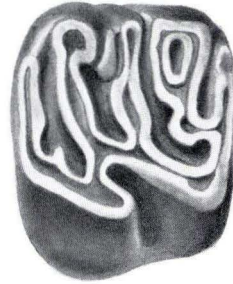
16b



18a



19



20



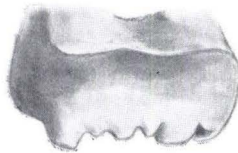
18b



21a



22



21b

Tafel 3

Tafel 3

Fig. 23. P₄ sin., unangekaut; a: von oclusal, b: von lingual; Ns 81.

Fig. 24. P₄ sin., von oclusal, angekaut; Ns 86.

Fig. 25. D₄ sin.; a: von oclusal, b: von lingual; Ns 119.

Fig. 26. M_{1/2} sin., unangekaut; a: von oclusal, b: von lingual; acc: accessorisches Antiklinid im hintersten Synelinid, Ecd: Entoconid, Mcd: Metaconid; Ns 90.

Fig. 27. M_{1/2} sin., von oclusal, angekaut; Ns 125.

Fig. 28. M₃ dext., unangekaut, invers; a: von oclusal, b: von lingual; Ns 109.

Fig. 29. M₃ dext. von oclusal, angekaut, invers; Ns 110.

Fundort: Neustadt, Kr. Marburg.

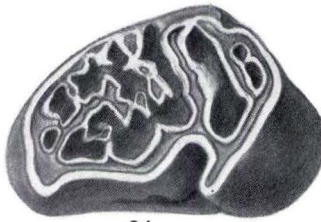
Alter: Unter-Oligozän, Niveau von Frohnstetten, Latdorfium / Unteres Tongrium.

Aufbewahrungsort: Geol.-Paläontol. Abt. des Hess. Landesmuseums, Darmstadt.

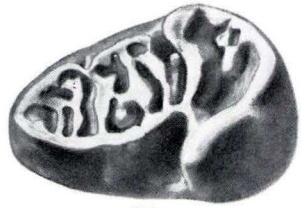
Alle Figuren $\times 12,5$ nat. Größe.



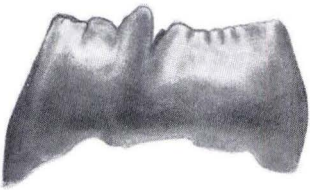
23a



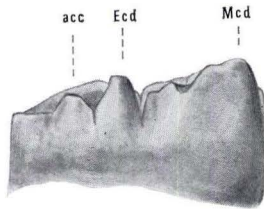
24



25a



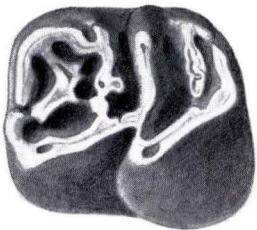
23b



26b



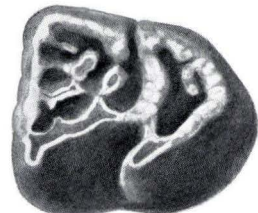
25b



27



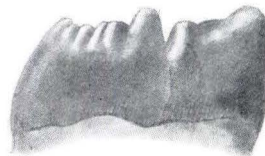
26a



28a



29



28b

Tafel 4

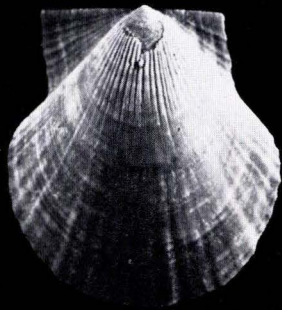
Tafel 4

Alle Fig. linke Klappen.

a: Aufnahmen unter Normallicht.

b: Aufnahmen unter UV-Licht.

- Fig. 1. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Eckelsheim; PIM Nr. F 2859; vergr. $\times 1,25$.
- Fig. 2. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Eckelsheim; PIM Nr. F 2860; vergr. $\times 1,85$.
- Fig. 3. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Eckelsheim; PIM Nr. F 2861; vergr. $\times 1,85$.
- Fig. 4. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Eckelsheim; PIM Nr. F 2862; vergr. $\times 2,5$.
- Fig. 5. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Neu-Bamberg; PIM Nr. F 2865; vergr. $\times 2,5$.
- Fig. 6 u. 7. *Chlamys varia* LINNE Contis Plage (Landes), Frankreich; PIM Nr. F 2874 – 2875; nat. Größe.

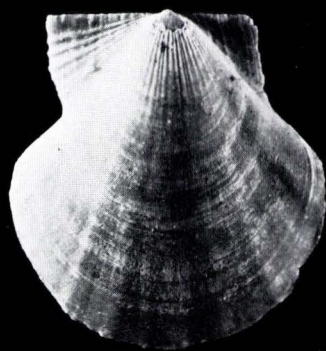


a

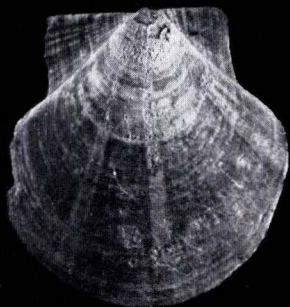
1



b



3

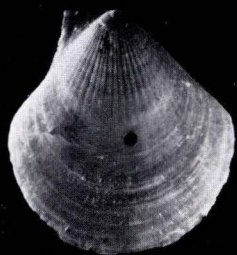
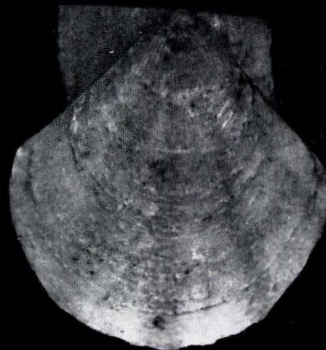


a

2



b



a

4

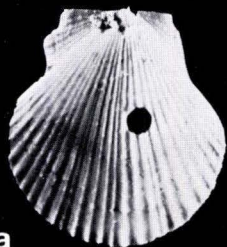


b



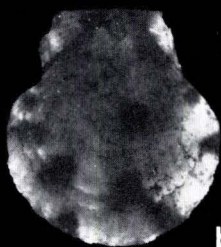
a

6



a

5



b



a

7

Tafel 5

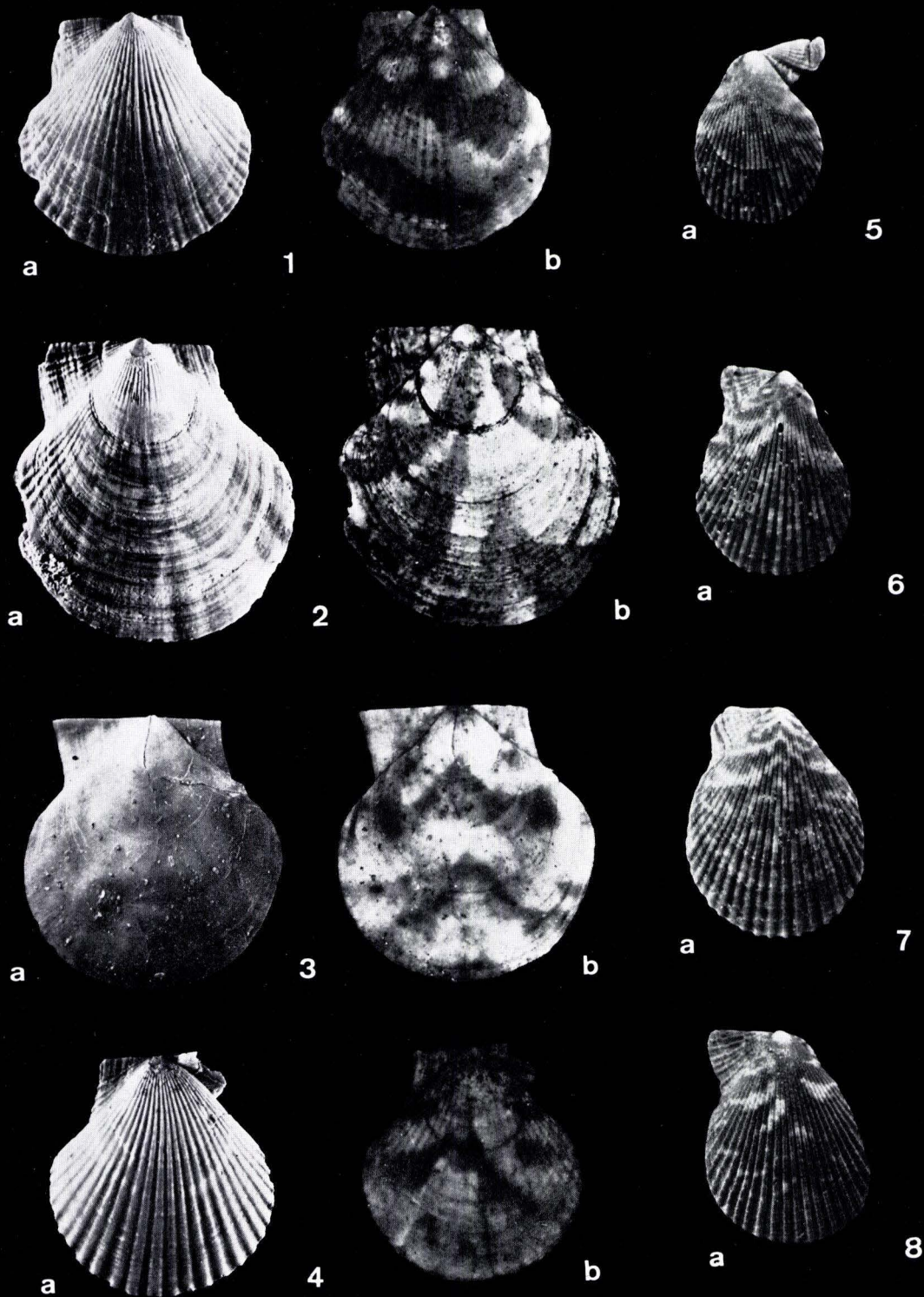
Tafel 5

Fig. 4–5 rechte Klappen; Fig. 1–3, 6–8 linke Klappen.

a: Aufnahmen unter Normallicht.

b: Aufnahmen unter UV-Licht.

- Fig. 1. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Eckelsheim; PIM Nr. F 2866; vergr. $\times 2,2$.
- Fig. 2. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Eckelsheim; PIM Nr. F 2863; vergr. $\times 1,25$.
- Fig. 3. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Wöllstein; PIM Nr. F 2858; vergr. $\times 1,25$.
- Fig. 4. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Neu-Bamberg; PIM Nr. F 2868; vergr. $\times 2,5$.
- Fig. 5–8. *Chlamys varia* LINNE Contis Plage (Landes), Frankreich; PIM Nr. F 2876–2879; nat. Größe.



Tafel 6

Tafel 6

Fig. 1. linke Klappe; Fig. 2–7 rechte Klappen.

a: Aufnahmen unter Normallicht.

b: Aufnahmen unter UV-Licht.

Fig. 1. *Chlamys weinheimensis* (WENZ 1932) Wöllstein; PIM Nr. F 2869; vergr. $\times 2,5$.

Fig. 2. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Wöllstein; PIM Nr. F 2871; vergr. $\times 2,5$.

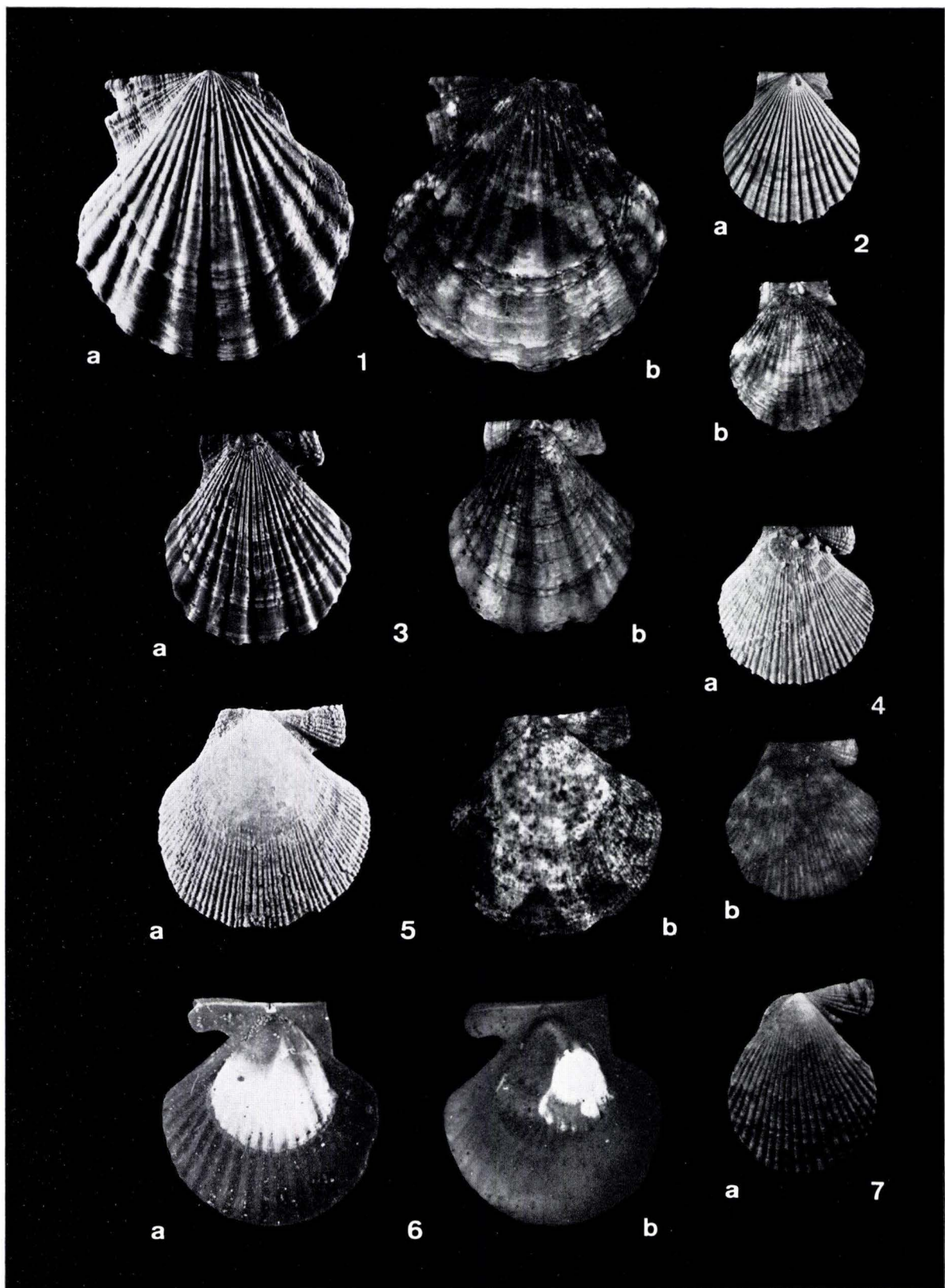
Fig. 3. *Chlamys weinheimensis* (WENZ 1932) Wöllstein; PIM Nr. F 2870; vergr. $\times 2,5$.

Fig. 4. *Chlamys permista* (BEYRICH 1848) Eckelsheim; PIM Nr. F. 2872; vergr. $\times 2,5$.

Fig. 5. *Chlamys decussata* (MÜNSTER in GOLDFUSS 1834) Wöllstein; PIM Nr. F 2836;
vergr. $\times 2,5$.

Fig. 6. *Chlamys picta* (GOLDFUSS 1834) Weinheim/Trift; PIM Nr. F 2873; vergr.
 $\times 1,2$.

Fig. 7. *Chlamys varia* LINNE Contis Plage (Landes), Frankreich; PIM Nr. F 2880
nat. Größe.

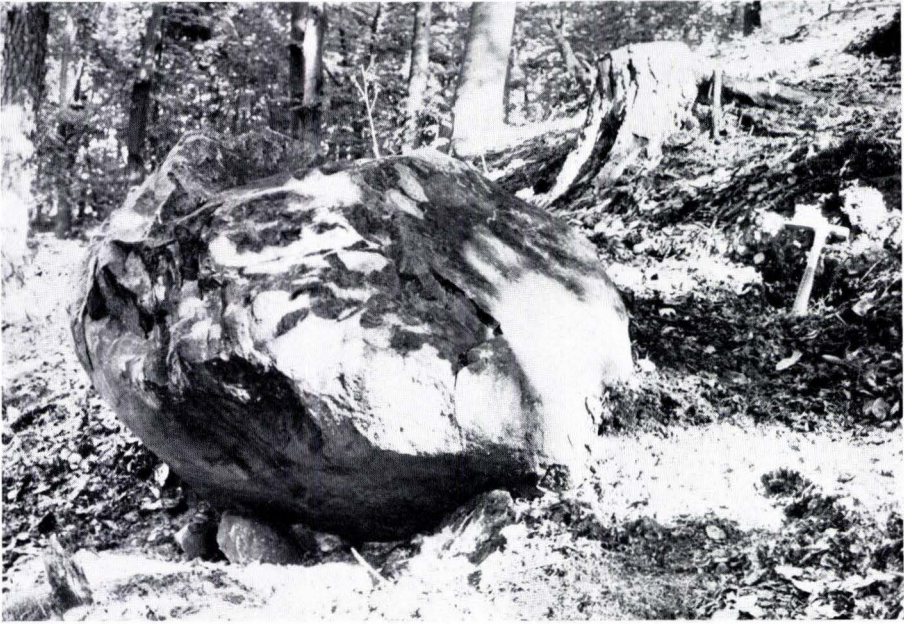


Tafel 7

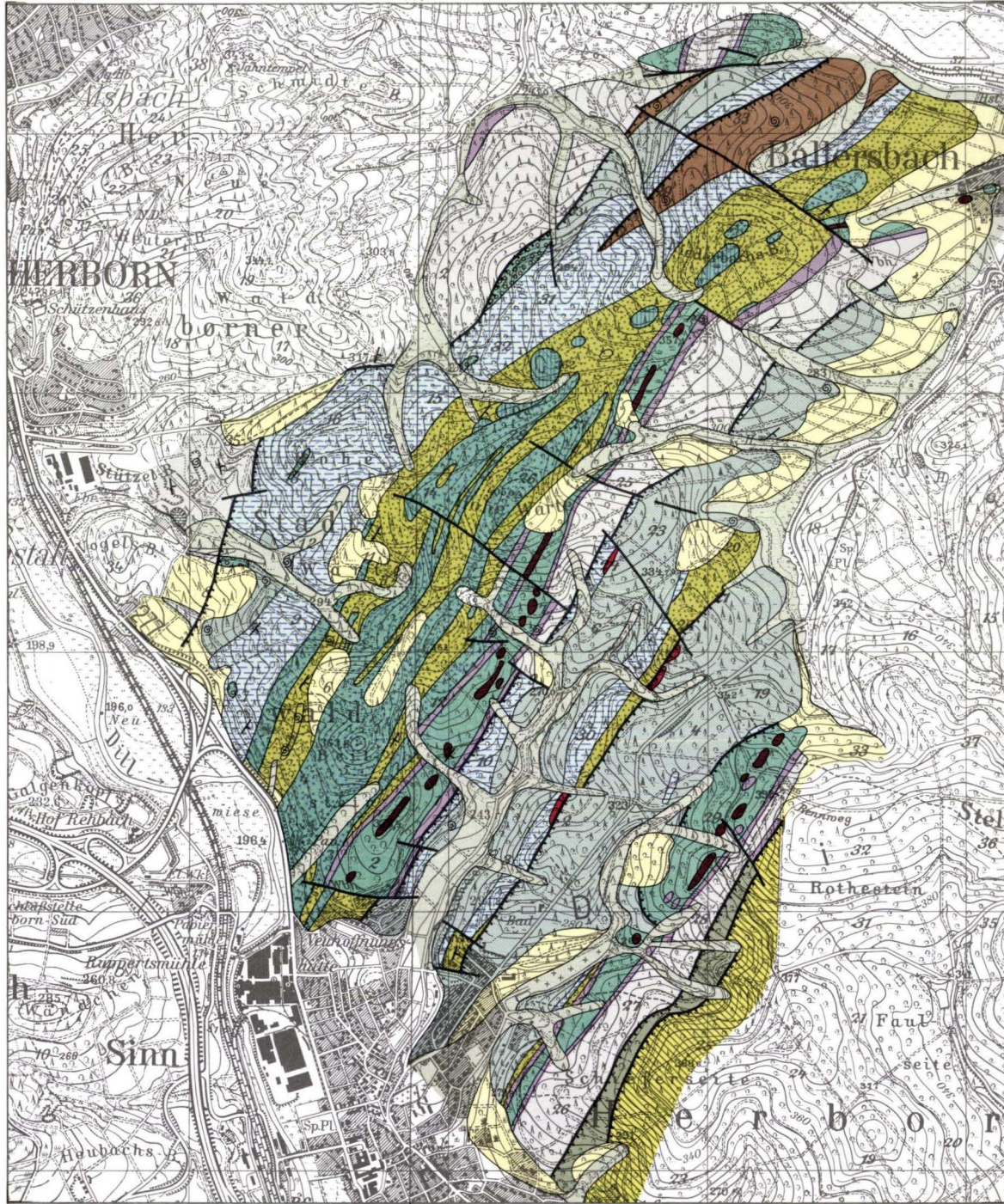
Tafel 7

Fig. 1. Größtes Quarzitgeröll im konglomeratischen Schalenstein der Eiternhöl-
Schuppe 300 m N HP 294,7 (R 34 52 53; H 56 15 45).

Fig. 2. Feinkonglomeratischer Schalstein 350 m N HP 294,7 (Streichholz als Maß-
stab).









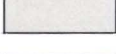

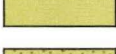










Bl. Herborn 5315 | 5316 Bl. Ballersbach

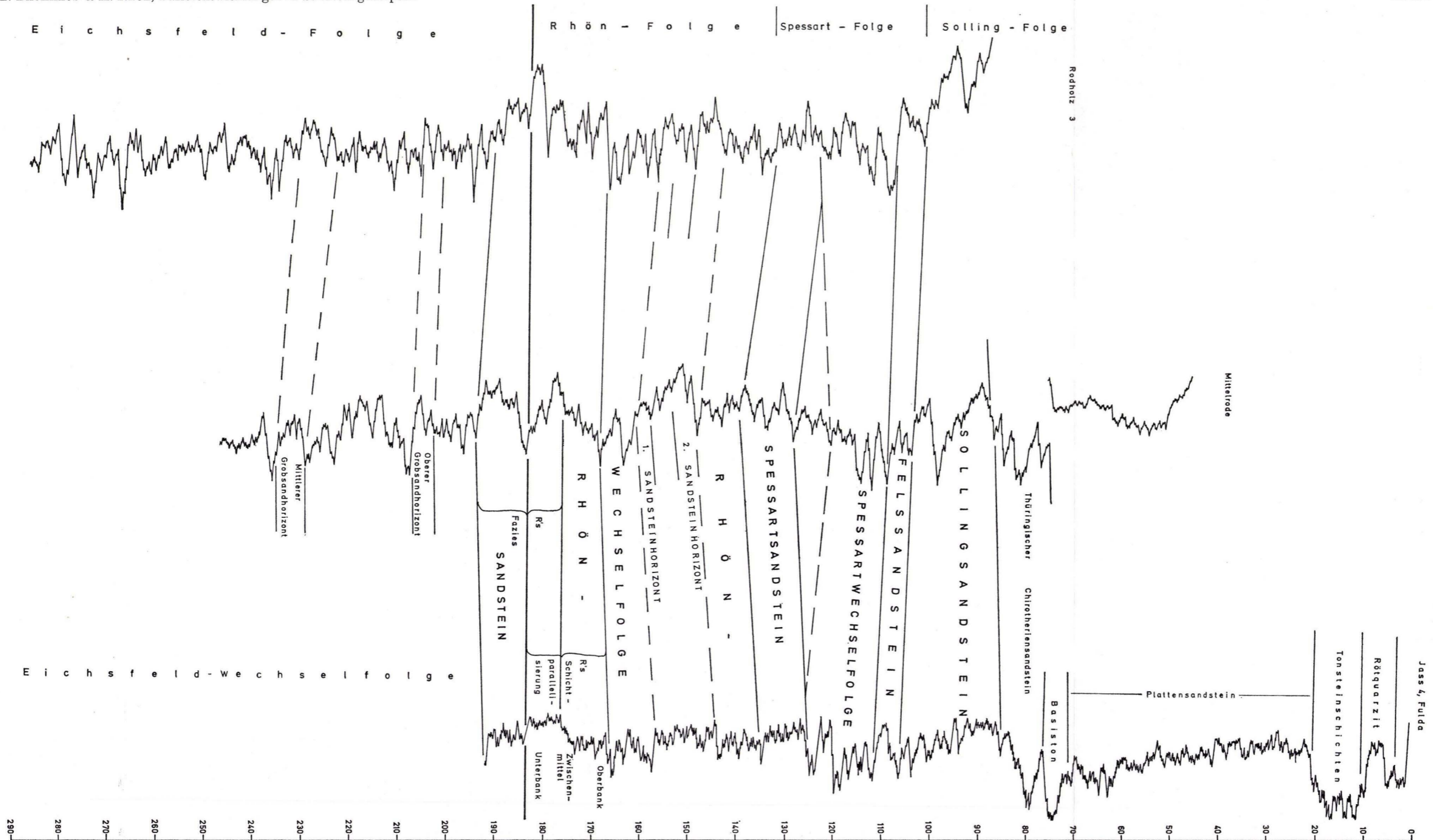


Geologische Karte 1:25 000 des Gebietes östl. von Herborn / Dillkrs.

Aufgenommen von:
H. Groos-Uffendorde

	Talboden
	Lößlehm, z.T. mit Hangschutt
	Pikrit
	Deckdiabas
	Eisenkiesel im Deckdiabas
	Intrusivdiabas im do
	Diabasmandelstein im dm
	Quarzporphyr
cuIII 	Grauwacke, Tonschiefer
cuII-III α 	Kieselschiefer, Alaunschiefer
do-cu 	Gesteine des Hörrezuges
doIIβ - III α 	Rotschiefer
do(-cu) 	Sandstein, Tonschiefer (in Lendelbach-Schuppe vereinzelt Kalksteinbänke)
dmo-dol α 	Schalstein, z.T. konglomeratisch
dm-do 	Schiefer und Kalkstein der Bickener Schuppe
dmu 	Tonschiefer (in Lendelbach-Schuppe z.T. mit Kieselgallen)
duo 	Quarzite, Schiefer, Grauwacke
	Störung, Überschiebung
	Streichen und Fallen
	Fossilfundpunkt (ohne Conodontenfundpunkte in Kalksteinen)

1000m 500 0 0.5 1km



Gamma-Ray-Log der Bohrungen Fulda, Jass 4 (TK 25, Bl. 5424 Fulda, R 354847, H 560386), Mittelrode (TK 25, Bl. 5423 Großenlüder, R 354255, H 560013) im Vergleich zu Rodholz 3 (TK 25, Bl. 5525 Gersfeld, R 356418, H 559480).

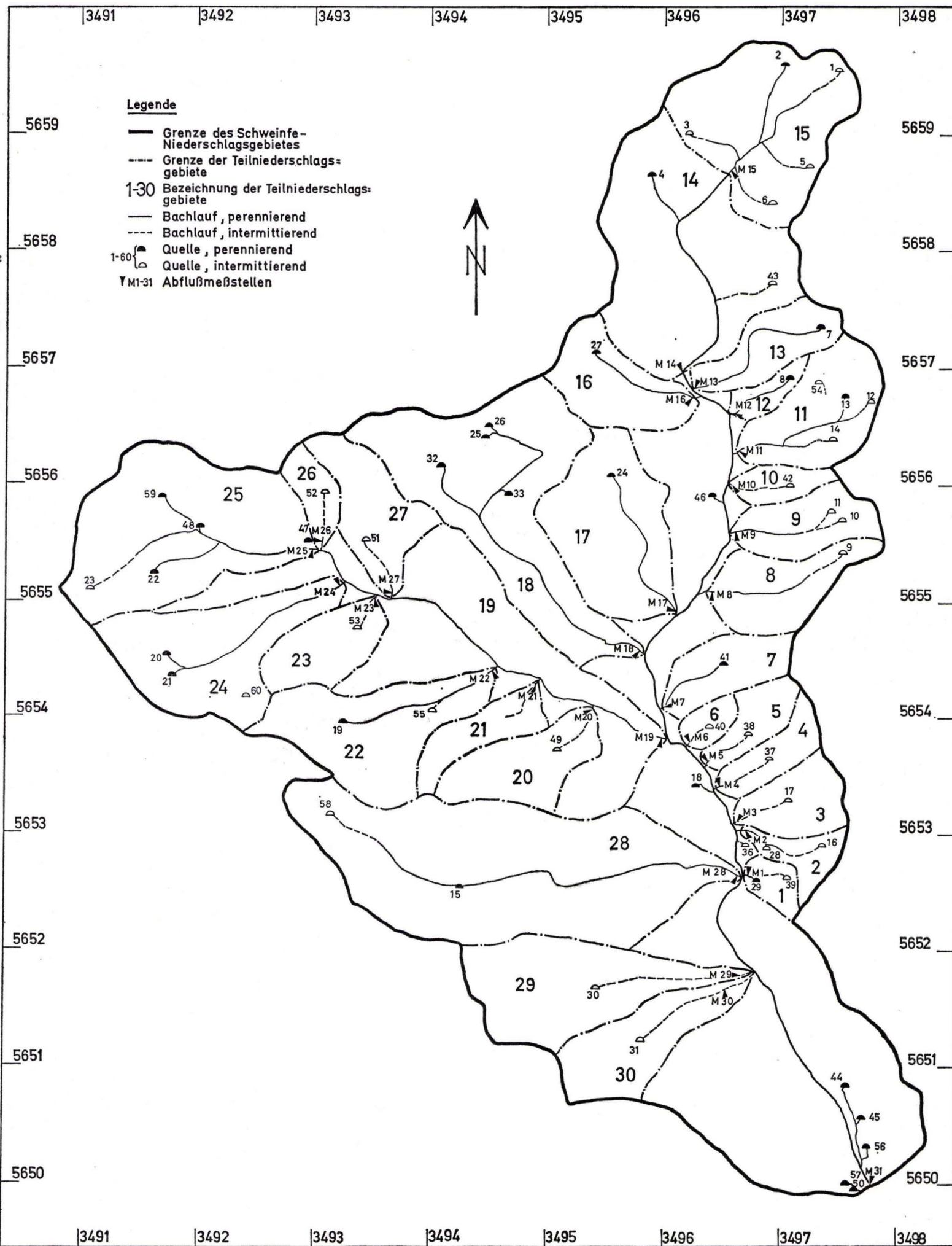
Tafel 10

Tafel 10

Der Teich im „Nassen Wolkenbruch“, vom Südhang gesehen. April 1969, phot. Verfasser.

Die umgestürzte Eiche am Ufer, ebenso wie die daneben stehende Buche ein Rest aus dem früheren Urwald, stand fünf Jahre früher noch auf der Böschung.





Übersicht über das Niederschlagsgebiet der Schweinfelder mit Teilniederungsgebieten, Abflußmeßstellen und Quellen

Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 100, 1972

Tafel 12

Tafel 12

- Fig. 1. Baugrube im Jüngeren Konglomerat, ca. 150 m NW Halgehausen. Dünnbankige Sandsteine im oberen überlagern dickbankige Konglomerate im unteren Teil.
- Fig. 2. Volpriehausen-Sandstein, Steinbruch am Nordhang des Dachsberges E Schlen. Buntstreifiger, gut gebankter, mittel-grobkörniger Sandstein.



1



2

Tafel 13

Tafel 13

- Fig. 1. Steinbruch im Korbach-Sandstein (Bausandsteinzone III), ca. 100 m W Bockendorf. Dickbankiger Sandstein, in der oberen Bank mit ausgeprägten, hangparallelen Entspannungsklüften.
- Fig. 2. Sandgrube im Jüngerem Konglomerat E Sehlen. Grobsandige bis feinkonglomeratische, bindemittelfreie (gebleichte) Zone zwischen feinkörnigem, mürben Sandstein.



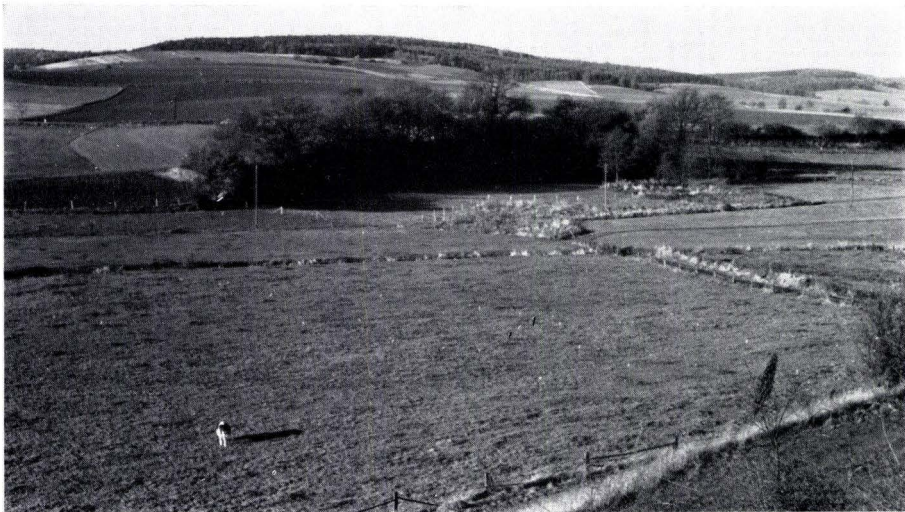
Tafel 14

Tafel 14

- Fig. 1. Bachschuttquelle Q 3. Der Wasseraustritt erstreckt sich über eine längere Strecke. In Abhängigkeit von Niederschlag und Temperatur wandert der Wasseraustritt bergauf und -ab.
- Fig. 2. Talgrundquelle Q 18. Infolge des starken Wasseraustritts und der damit verbundenen Erosion hat sich ein Halbkessel mit steilen Wänden gebildet.



1



2

**NOTIZBLATT DES HESSISCHEN LANDESAMTES
FÜR BODENFORSCHUNG ZU WIESBADEN**

VI. Folge, Heft 1, 1950: 344 S., 35 Abb., 11 Taf.	17,50 DM
VI. Folge, Heft 2, 1951: 255 S., 18 Abb., 21 Taf.	16,— DM
VI. Folge, Heft 3, 1952: 476 S., 30 Abb., 24 Taf.	20,— DM
Band 81 (VI/4), 1953: 464 S., 66 Abb., 18 Taf.	20,— DM
Band 82, 1954: 411 S., 50 Abb., 10 Taf.	20,— DM
Band 83, 1955: 420 S., 58 Abb., 26 Taf.	20,— DM
Band 84, 1956: 492 S., 58 Abb., 24 Tab., 35 Taf.	20,— DM
Band 85, 1957: 555 S., 100 Abb., 55 Tab., 26 Taf., 2 Bilder.	25,— DM
Band 86, 1958: 444 S., 63 Abb., 23 Tab., 20 Taf.	25,— DM
Band 87, 1959: 462 S., 72 Abb., 14 Prof., 32 Tab., 23 Taf., 1 Bild.	25,— DM
Band 88, 1960: 430 S., 73 Abb., 25 Tab., 23 Taf.	25,— DM
Band 89, 1961: 504 S., 97 Abb., 16 Tab., 25 Taf.	25,— DM
Band 90, 1962: 558 S., 75 Abb., 31 Tab., 36 Taf., 1 Bild.	30,— DM
Band 91, 1963: 427 S., 104 Abb., 27 Tab., 27 Taf.	30,— DM
Band 92, 1964: 340 S., 63 Abb., 19 Tab., 15 Taf.	30,— DM
Band 93, 1965: 404 S., 88 Abb., 4 Diagr., 29 Tab., 21 Taf.	40,— DM
Band 94, 1966: 456 S., 86 Abb., 13 Tab., 22 Taf.	40,— DM
Band 95, 1967: 324 S., 44 Abb., 18 Diagr., 8 Tab., 11 Taf., 2 Bilder.	40,— DM
Band 96, 1968: 424 S., 61 Abb., 17 Tab., 15 Taf., 1 Bild.	40,— DM
Band 97, 1969: 468 S., 99 Abb., 20 Diagr., 32 Tab., 15 Taf.	40,— DM
Band 98, 1970: 348 S., 59 Abb., 18 Tab., 19 Taf., 2 Bilder.	40,— DM
Band 99, 1971: 444 S., 57 Abb., 34 Tab., 29 Taf.	40,— DM