

# Notizblatt

## des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden

Band 102

Mit 76 Abbildungen, 14 Tabellen und 13 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1974

# Notizblatt

## des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden

Band 102

Mit 76 Abbildungen, 14 Tabellen und 13 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1974

Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.	102	355 S.	76 Abb.	14 Tab.	13 Taf.	Wiesbaden 1974
------------------------------------	-----	--------	---------	---------	---------	----------------

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

Hessisches Landesamt für Bodenforschung  
62 Wiesbaden, Leberberg 9

Herstellung: Universitätsdruckerei Mainz GmbH

## Inhaltsverzeichnis

BENDER, PETER, JAHNKE, HANS, & ZIEGLER, WILLI: Ein Unterdevon-Profil bei Marburg a. d. Lahn. Mit 7 Abbildungen, 2 Tabellen und Tafel 1 . . . . .	25
BIBUS, ERHARD: Das Quartärprofil im Braunkohlentagebau Heuchelheim (Wetterau) und seine vulkanischen Einschaltungen. Mit 3 Abbildungen . . . . .	159
BUSSE, ERWIN: Der Obere Muschelkalk im nordwestlichen Niederhessen (Blätter Liebenau, Hofgeismar, Warburg, Arolsen). Mit 9 Abbildungen . . . . .	91
FINKENWIRTH, ALFRED, & HOLTZ, SIEGFRIED: Entstehung und Alter des Erdfalls „Seeloch“ bei Bad Hersfeld (Nordhessen). Mit 1 Abbildung . . . . .	207
GLATTHAAR, DIETER: Zur Genese der Oberflächenformen der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle (Mittelhessen). Mit 10 Abbildungen . . . . .	191
GROOS-UFFENORDE, HELGA, & UFFENORDE, HENNING: Zur Mikrofauna im höchsten Oberdevon und tiefen Unterkarbon im nördlichen Sauerland (Conodonta, Ostracoda, Rheinisches Schiefergebirge). Mit 7 Ab- bildungen, 5 Tabellen und den Tafeln 2—6 . . . . .	58
HEIL, REINER: Zum Vorkommen von <i>Corophioides luniformis</i> BLANCKENHORN im Mittleren Buntsandstein. Mit Tafel 7 . . . . .	88
HERZBERG, ANNELIES: Hessisches Geologisches Schrifttum 1973 mit Nachträgen aus den Jahren 1963—1972 . . . . .	322
HÖLTING, BERNWARD, KULICK, JENS, & RAMBOW, DIETRICH: Stratigraphische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen in Schichtfolgen des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins im Nordteil des Kreises Waldeck/Hessen. Mit 3 Abbildungen, 2 Tabellen und den Tafeln 12—13	229
HÖLTING, BERNWARD, & LAEMMLER, MANFRED: Geologische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen am Süd- und Südwesthang des Knüll-Gebirges (Hessen). Mit 3 Abbildungen und 2 Ta- bellen . . . . .	270
KOWALCZYK, GOTTHARD, & MANZE, ULRICH: C- und O-Isotopenverhältnisse permischer Karbonatgesteine der Wetterau. Mit 3 Abbildungen . . . . .	215
KÜMMERLE, EBERHARD: Geologische Ergebnisse neuerer Bohrungen in Frankfurt am Main. Mit 1 Ab- bildung und Tafel 10 . . . . .	143

<b>KUTSCHER, FRITZ:</b>	
Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 38. Weitere Arthropodenfunde im Hunsrückschiefer [ <i>Cheloniellon calmani</i> BROILI, <i>Heroldina rhenana</i> (BROILI), <i>Mimetaster hexagonalis</i> (GÜRICH), <i>Vachonisia rogeri</i> (LEHMANN)]. Mit 9 Abbildungen . . . . .	5
<b>LÖHR, HARTWIG, &amp; BRUNNACKER, KARL:</b>	
Metternicher und Eltviller Tuff-Horizont im Würm-Löß am Mittel- und Niederrhein. Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle . . . . .	168
<b>MARTINI, ERLEND:</b>	
Vogelreste aus dem Miozän von Ravolzhausen (Kr. Hanau, Hessen). Mit den Tafeln 8—9 . . . . .	136
<b>MEISL, STEFAN:</b>	
Neues Pechblende-Vorkommen in Mackenheim/Odenwald. Mit Tafel 11 . . . . .	225
<b>NÖRING, FRIEDRICH:</b>	
Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1973 (1. 1.—31. 12. 1973) . . . . .	335
<b>SCHRADER, LUDOLF:</b>	
Die Neutronensonde: Methodische Untersuchungen und praktische Anwendung auf Weinbergsböden im Rheingau. Mit 10 Abbildungen und 1 Tabelle . . . . .	304
<b>SOBOTH, ERNST:</b>	
Chemismus und Kohlensäuregehalt von Quellwässern nach langen Trockenperioden (Winter 1971/72). Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle . . . . .	296
<b>WITTIG, REINHOLD:</b>	
Tiefoperdevonische Grauwacken unter der Hessischen Senke. Mit 3 Abbildungen . . . . .	46

## Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers

## 38. Weitere Arthropodenfunde im Hunsrückschiefer

[*Cheloniellon calmani* BROILI, *Heroldina rhenana* (BROILI),  
*Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH), *Vachonisia rogeri* (LEHMANN)]

Von

FRITZ KUTSCHER, Wiesbaden \*

Mit 9 Abbildungen

**Kurzfassung:** Es wird über Trilobitomorpha und Krebse aus dem Hunsrückschiefer-  
Meer berichtet.

*Cheloniellon calmani* hält BIRENHEIDE für einen Trilobitoiden, der aber nicht zum  
Formenkreis der Marellomorpha gehört. Selten.

*Heroldina rhenana*, bisher mäßig oft gefunden, ist ein großer Phyllocaride, der bei der  
Familie Ceratocarididae eingeordnet wird.

*Mimetaster hexagonalis* wird von BIRENHEIDE wegen trilobitomorpher Spaltbeine, die  
bei einer Neuuntersuchung entdeckt wurden, zu den Marellomorpha gerechnet. Häufig.

*Vachonisia rogeri* ordnete LEHMANN den Branchiopoden und hier der neu aufgestellten  
Ordnung Acercostraca zu. Selten.

**Abstract:** It is reported about some Trilobitomorpha and Crustacea embedded in the  
Hunsrück slate of the Hunsrück area.

BIRENHEIDE considers *Cheloniellon calmani* a Trilobitoid not belonging to the taxio-  
nomic group of Marellomorpha. Occurrence: Rare.

*Heroldina rhenana*, having been found up to date not very often, is a big Phyllocarid  
which is integrated into the family Ceratocarididae.

*Mimetaster hexagonalis* has recently been joined to Marellomorpha by BIRENHEIDE,  
since trilobitomorph appendages of this species have been found. Frequent.

*Vachonisia rogeri* was integrated to Branchiopods by LEHMANN, exactly into the new  
ordo Acercostraca. Rare.

**Résumé:** Etude des Trilobitomorphes et des Crustacés de la mer des ardoises du  
Hunsrück.

*Cheloniellon calmani* est considéré un Trilobitoid par BIRENHEIDE, mais cette espèce  
n'appartient pas au groupe des Marellomorpha. Présence: Rare.

*Heroldina rhenana*, une espèce pas retrouvée très souvent, c'est un grand Phyllocaride  
classifié dans la famille des Ceratocarididae.

Récemment, *Mimetaster hexagonalis* est classifié aux Marellomorpha par BIRENHEIDE,  
depuis que l'on a retrouvé des appendices trilobitomorphes appartenants à cette espèce.  
Fréquent.

\*) Prof. Dr. F. KUTSCHER, Diplom-Geologe, 62 Wiesbaden, Regerstraße 25.

*Vachonisia rogeri* est classifiée aux Branchiopodes par LEHMANN, c'est-à-dire au nouveau ordre des Acerostraca. Rare.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	6
2. Überblick über die Arthropodenfunde in den Hunsrückschiefer-Schichten . . . . .	6
3. Zur Überlieferung von Arthropoden aus dem Hunsrückschiefer-See . . . . .	7
4. Chronologische Aufzählung von Beschreibungen und Erwähnungen der Hunsrückschieferformen . . . . .	7
5. <i>Cheloniellon calmani</i> BROILI 1932 . . . . .	12
6. <i>Heroldina rhenana</i> (BROILI 1929) . . . . .	14
7. <i>Mimetaster hexagonalis</i> (GÜRICH 1931) . . . . .	16
8. <i>Vachonisia rogeri</i> (LEHMANN 1955) . . . . .	20
9. Zusammenfassung . . . . .	22
10. Schriftenverzeichnis . . . . .	22

### I. Einleitung

Kaum ein anderes paläozoisches Sediment weist so viele Arthropodenreste, insbesondere Crustaceen auf wie der unterdevonische Hunsrückschiefer. Manche Formen lassen sich noch schwer im zoologischen System einordnen.

Vor 2 Jahren referierte ich über die Gattung *Nahecaris*, die im Hunsrückschiefer mit den Arten *stuertzi* JAEKEL und *balssi* BROILI vertreten ist. Nunmehr sollen weitere Krebse und Trilobitomorpha, nämlich *Cheloniellon calmani* BROILI, *Heroldina rhenana* (BROILI), *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH), *Vachonisia rogeri* (LEHMANN) und ihr Vorkommen im Hunsrückschiefer des Hunsrücks behandelt werden.

### 2. Überblick über die Arthropodenfunde in den Hunsrückschiefer-Schichten

Abgesehen von Trilobiten und Ostracoden sind andere Arthropodenfunde im Unterdevon des Rheinischen Schiefergebirges zumeist nur Zufallsfunde. Anders ist es in den Hunsrückschiefer-Schichten im Hunsrück und Taunus, wo durch den intensiven Dachschieferbergbau große, gut auf Fossilien durchforschte Tonschieferkomplexe freigelegt worden sind. Wir verdanken es dem rastlosen Einsatz von F. BROILI, G. GÜRICH, W. M. LEHMANN und RUD. RICHTER, die auf den Dachschiefergruben selbst gesammelt haben, aber auch den äußerst interessierten örtlichen Sammlern HEROLD, OPITZ, LORENZ, STÜRTZ, MAUCHER, RIEVERS u. a., die immer wieder wichtiges Fundmaterial beibrachten, so daß eine Fülle von Arthropoden-Formen bekanntgemacht und wissenschaftlich untersucht werden konnten.

Im Vordergrund stehen die Trilobiten und Crustaceen.

An Trilobitomorphen und Krustern sind zu nennen:

<i>Cheloniellon calmani</i>	<i>Mimetaster hexagonalis</i>	<i>Nahecaris balssi</i>
<i>Heroldina rhenana</i>	<i>Nahecaris stuertzi</i>	<i>Vachonisia rogeri</i>

Im Hunsrückschiefer kommen an weiteren Arthropoden vor:

Scorpione	<i>Palaeoscorpis devonicus</i> LEHMANN
Pantopoden	<i>Palaeopantopus maucheri</i> BROILI
	<i>Palaeoisopus problematicus</i> BROILI

Xsiphosuren	<i>Weinbergina opitzi</i> RUD. RICHTER
Tausendfüßler	<i>Bundenbachiellus giganteus</i> BROILI
	? <i>Bundenbachiellus minor</i> BROILI

### 3. Zur Überlieferung von Arthropoden aus dem Hunsrückschiefer-Meer

Da früher über das Hunsrückschiefer-Meer noch wenig bekannt war, wurde die Frage gelegentlich diskutiert, ob die Individuen durch Flüsse oder aus dem Uferbereich in das Hunsrückschiefer-Meer eingeschwemmt oder überhaupt gelangt seien. BROILI (1930) weist darauf hin, daß bei bestimmten Arthropoden-Formen auch eine amphibische Lebensweise möglich gewesen sei. Es ist bis heute noch nicht einwandfrei geklärt, wie tief das Hunsrückschiefer-Meer war. Gelegentlich wurde aber auf Anzeichen für flachstes Wasser oder auf Trockenfallen hingewiesen. Sicher aber scheint zu sein, daß die Hunsrückschiefer-Schichten vollmarine Gesteine sind. Da die Hunsrückschiefer-Schichten insgesamt wahrscheinlich um 800 m mächtig sind, hat die Wassertiefe bei ihrer Ablagerung öfters gewechselt.

Ebenso darf heute angenommen werden, daß die Kruster im Hunsrückschiefer lebten, also autochthone Faunenelemente waren.

Die Hüllen der Krebse, aber auch die Körperanhänge und die inneren Organe sind zumeist verkiest.

Bei der Fossilisierung haben sie den gleichen Prozeß wie die meisten Hunsrückschiefer-Fossilien mitgemacht; nähere Einzelheiten sind in der einschlägigen Fachliteratur öfter beschrieben worden (GÜRICH 1931; MOSEBACH 1952).

Für die Untersuchung der Hunsrückschiefer-Fossilien ist in den meisten Fällen ihre Präparation erforderlich. Neben den herkömmlichen Methoden (mit Schaber, Stichel, Sandstrahlgebläse u. dgl.) läßt sich bei den Crustaceen vorteilhaft die Röntgentechnik anwenden, da sich meist gute Röntgenbilder von ihnen anfertigen lassen. Sie geben nicht nur den Weg für die Erkennung wichtiger Körperteile frei, sondern lassen auch Entscheidungen zu, ob ganze Leichenteile oder nur Häutungsreste vorliegen.

### 4. Chronologische Aufzählung von Beschreibungen und Erwähnungen der Hunsrückschieferformen

- 1928 BROILI, Crustaceenfunde aus dem rheinischen Unterdevon.  
S. 201—203: Ein Fossilrest von 32 cm Länge stellt das Fragment eines großen Krusters dar. Er wird mit *Mesothyra rhenana* HALL & CLARKE verglichen und einstweilen zu dieser Gattung gestellt. Spätere Funde werden wahrscheinlich eine Neubenennung notwendig machen. Vorerst wird er cf. *Mesothyra rhenana* spec. nov. genannt.
- 1929 BROILI, Beobachtungen an neuen Arthropodenfunden.  
S. 263—271: Unter der Überschrift: „Ein neuer Archaeostrace aus dem rheinischen Unterdevon“ beschreibt BROILI 4 Exemplare von Krustern, die er früher als cf. *Mesothyra rhenana* in die Literatur eingeführt hatte. Es sind bis zu 60 cm große Tiere, für die er nun die Gattungsbezeichnung *Heroldia* wählt. Innerhalb der Archaeostraca ist *Heroldia* einstweilen den Ceratiocarina CLARKE anzugliedern. Eine bessere systematische Einordnung wird bei Auffindung von Extremitäten möglich sein.



- 1929 BROILI, Beobachtungen an neuen Funden von Gliedertieren.  
S. 13\*: Vor der Akademie berichtet BROILI über neue Funde von *Nahecaris* und *Heroldia*.
- 1930 BROILI, Ein neuer Nahecaride aus den Hunsrückschiefern.  
S. 251: Im rheinischen Unterdevon treten auch Archaeostraca mit einem freien Rostrum auf, wie zum Beispiel bei der Gattung *Heroldia*.
- 1931 GÜRICH, *Mimaster hexagonalis*.  
S. 204—238: Erstbeschreibung auf Grund von 15 Exemplaren, die auf 8 Schieferplatten verteilt sind. Die anfängliche Meinung GÜRICHs, daß bei diesem Tier irgend ein symbiotisches Verhältnis zweier Organismen vorzuliegen scheine, wurde von O. ABEL und F. BROILI, denen Photos und Diapositive zugeleitet worden waren, geteilt. GÜRICH vertrat jedoch später die Auffassung, daß *M. hexagonalis* ein einheitliches Tier sei. Bei der Untersuchung standen Röntgenaufnahmen zur Verfügung.  
Als Hauptbestandteile des Fossils sind 1. die sechsstrahlige, seesternähnliche Kopfscheibe mit Kopfgliedmaßen und mit eigenartigen Muskelfasern, 2. der feinsegmentierte Rumpf mit seitlichen Anhängen festzustellen. Kopfscheibe, Kopfanhänge, Antennen, Antennulae, Rumpf, Rumpfunterseite werden eingehend beschrieben. Schwierigkeiten bei der Untersuchung bietet die Art der Erhaltung. Verkiesung, Verkieselung und Dolomitbildung werden eingehend behandelt. Die Untersuchung des Organismus, der Lebenserscheinungen und der Systematik beschließen die eingehende Bearbeitung.
- 1931 GÜRICH, *Mimaster hexagonalis*.  
S. 232: Bei der Aufzählung der im Hunsrückschiefer vorkommenden Kruster wird *Heroldina rhenana* genannt.
- 1931 GÜRICH, Nachtrag.  
S. 315: Wiedergabe einer stärkeren Vergrößerung von Abb. 7 auf S. 217 der Erstbeschreibung.
- 1931 KUTSCHER, Zur Entstehung des Hunsrückschiefers.  
S. 216: Hier werden 5 Ostracoden und die Phyllocariden *Nahecaris Stürtzi* JÄKEL, *Nahecaris Balsi* BROILI, *Heroldia rhenana* BROILI und *Mimaster hexagonalis* GÜRICH genannt.
- 1932 BEURLEN, Referat.  
S. 464: Referat zu den 2 Arbeiten von G. GÜRICH in der Paläont. Z. aus dem Jahre 1931. Es enthält in kurzen Zügen die Beschreibung von *Mimetaster hexagonalis*. BEURLEN weist auf die Möglichkeit hin, daß es sich bei diesem Kruster um ein Larvenstadium handeln könne.
- 1932 OPITZ, Nahe-Hunsrück-Land Birkenfeld.  
S. 18—26: Unter den Panzerkrebse führt OPITZ *Heroldia rhenana* BROILI auf. Er beschreibt ihn als ein 45—60 cm langes Tier. Der Schnabel wird bis zu 6 cm und der Schwanzstachel bis zu 20 cm lang. Das Tier wird als guter Schwimmer angesehen.  
S. 138—140: OPITZ beschäftigt sich mit der Beschreibung von *Mimaster hexagonalis*, referiert GÜRICH und gibt eigene Beobachtungen wieder.  
S. 141—145: Er diskutiert die Lebensweise von *M. hexagonalis*, vor allem die Ernährung und das Verhältnis zu den stets zusammen vorkommenden See- und Schlangensternen. Unter Mitarbeit von GÜRICH entwirft er eine Wiedergabe des Tieres (Abb. 137).
- 1932 HEINTZ, Über einige Fischreste aus dem Hunsrück-Schiefer.  
S. 572—576: HEINTZ beschreibt eine neue Antiarchi-Form, *Allolepis longiformis* n. g. n. sp., und bildet sie in den Figuren 1—4 ab. Sie wird später als *Heroldina rhenana* BROILI erkannt.
- 1932 GÜRICH, *Mimetaster* n. gen. (Crust.).  
S. 193: Umbenennung von *Mimaster* in *Mimetaster*.
- 1932 BROILI, Ein neuer Crustacee aus dem rheinischen Unterdevon.

S. 27—38: Ein Arthropodenrest aus Bundenbach gab bei der Präparation einen dorsoventral abgeflachten Körper von ovalem Umriß frei. Er ist segmentiert und longitudinal deutlich dreigeteilt. Mit Sicherheit lassen sich 9 Segmente beobachten, dazu 2—3 unsicher erkennbare Abdominalsegmente und noch ein freies stachel-förmiges Telson. Auf Grund der Ähnlichkeit mit einem Schildkrötenschild wurde die Crustacee als *Cheloniellon calmani* in die Literatur eingeführt.

1932 OPITZ, Seestern oder Krebs?

S. 150—155: Ähnlich wie in seiner anderen Arbeit behandelt OPITZ die Frage, ob *Mimetaster* oder Schlangensterne die Beutetiere waren. Entgegen GÜRICH vertritt er die Ansicht, daß die Schlangensterne nicht als Beutetiere von *Mimetaster* anzusehen seien. Wiedergabeversuch und Angaben über die Selbständigkeit dieses Gliederfüßlers werden gemacht.

1932 BROILI, *Palaeoisopus*.

S. 45—46: Versteinerungsmittel sind Pyrit und Kieselsäure, bei welcher Art der Erhaltung kürzlich GÜRICH (1931) wichtige Beobachtungen machen konnte (gemeint ist *Mimetaster hexagonalis*).

1933 GROSS, Die Wirbeltiere des rheinischen Devons.

S. 22: Unter Genus incertae sedis führt GROSS *Allolepis longicornis* HEINTZ auf. Eine Präparation brachte keine neuen Ergebnisse dieses sehr fraglichen Restes. S. 75: *Allolepis longicornis* wird in einer Liste über die Verbreitung der Wirbeltiere im rheinischen Devon gebracht.

1933 BROILI, Weitere Fischreste aus den Hunsrückschiefern.

S. 311: Bei einer Aufzählung der Fische aus dem Hunsrückschiefer wird *Allolepis longicornis* HEINTZ genannt.

1933 BROILI, Ein zweites Exemplar von *Cheloniellon*.

S. 11—27: Ein zweites Exemplar von *Cheloniellon* wurde in Bundenbach gefunden. Davon liegen die Extremitäten in selten schöner Erhaltung vor. Einschließlich der beiden Abdominalsegmente sind auf einem großen Teil der Spindel die Grenzen der 12 Segmente gut erkennbar.

Durch den aus drei Segmenten zusammengesetzten Kopfabschnitt scheint *Cheloniellon* ein Vertreter einer noch sehr ursprünglichen Gruppe von Crustaceen zu sein, welche dadurch noch primitiver erscheint als die Trilobiten. BROILI stellt für diesen noch sehr primitiven Krebs die eigene Subklasse Cheloniellida auf.

1938 LEHMANN, Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Paläontologie.

S. 17: GÜRICH konnte die Spaltantennen von *Mimetaster hexagonalis* hauptsächlich auf Grund einer Röntgenaufnahme, die LEHMANN hergestellt hatte, nachweisen. S. 23: LEHMANN bildete die Oberflächenaufnahme von *Cheloniellon calmani* ab und ebenso die Röntgenaufnahme, ein klares und schönes Bild des Krusters.

1941 LEHMANN, Fauna Hunsrückschiefer.

S. 21: Zu den seltenen Funden gehört *Heroldina rhenana*, während das Telson nebst Stachel häufiger isoliert vorkommt.

S. 21—22: Hinweis auf die Funde von 15 Exemplaren, die GÜRICH 1931 beschrieb. LEHMANN bedauert, daß seither weder ein vollständiges Exemplar von *Mimetaster hexagonalis* noch Reste eines solchen gefunden wurden.

1943 GUTHÖRL, Das Leben im Dachschiefermeer.

S. 113—114: Die Beine von *Mimetaster hexagonalis* waren zum Schwimmen geeignet. Trotz seiner flachen, schildförmigen Gestalt, scheint er ein geschickter Schwimmer gewesen zu sein.

1949 KUHN, Lehrbuch Paläozoologie.

S. 170: In die Ordnung Marrellomorpha (Entomotraken mit langen, gegliederten Spaltbeinen und einfachen Gehbeinen, Kopfpanzer ungegliedert und in kaudale Fortsätze ausgezogen, Rumpf ungegliedert bzw. sekundär in Brust und Schwanz geteilt, stets ohne Furca, Segmente schwankend) als 2. Unterordnung eingewiesen. 2. Unterordnung Mimetasterida, Devon (noch problematisch, äußerlich von Seestern-Form).

- 1950 LEHMANN, *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH.  
S. 101 — 103: L. fand durch Röntgenaufnahmen 23 weitere Exemplare auf insgesamt 13 Dachschieferplatten.  
S. 104 — 119: Beschreibung des neuen Materials, Aufstellung einer geänderten Diagnose.
- 1953 DECHASEAUX, in PIVETEAU, *Traité de Paléontologie*, 3.  
S. 379 — 380: DECHASEAUX beschreibt unter „Crustacés d'affinités incertaines“ die Gattung *Mimetaster* GÜRICH 1931.
- 1955 LEHMANN, *Vachonia rogeri* n. gen. n. sp. ein Branchiopod aus dem unterdevonischen Hunsrückschiefer.  
S. 126 — 130: Beschreibt 2 *Apus*-ähnliche Branchiopoden aus dem unterdevonischen Hunsrückschiefer und benennt sie *Vachonia rogeri*. Beide besitzen aber kein Postabdomen mit Furca wie *Apus* und sind deshalb unter den Notostraca oder einer anderen Gruppe der Branchiopoden nicht unterzubringen. Es wird vorgeschlagen, sie in eine neue Ordnung Acerostraca einzuordnen.
- 1956 LEHMANN, Kleine Kostbarkeiten in Dachschiefern.  
S. 67: LEHMANN fand in einer Röntgenaufnahme *Vachonisia rogeri*. Sie zeigte deutlich den Skelettbau der Tiere. Es sind Branchiopoden mit Rückenschild, einem Paar sessiler Augen, kleinen Antennen, 5 Paar gegliederten Thoracal-Anhängen und zahlreichen post-genitalen Abdominalanhängen, ohne Schwanzstachel. S. 67: Er widerlegt die Ansicht von GÜRICH, daß der winzige *Mimetaster* dem Schlangensterne *Furcaster palaeozoicus* als Nahrung diene. *Furcaster* ist ein Schlammfresser und kein Räuber. Vielmehr ist der kleine, stachelbewehrte *Mimetaster* stets der Angreifer und seine Lieblingsspeise ist anscheinend der Körpersaft der Ophiuren, den er ihnen aussaugt. Behandelt wird die systematische Stellung. LEHMANN schließt sich DECHASEAUX an, die 1953 *Mimetaster* in die Gruppe der „Crustaceen mit ungewissen Eigenschaften“ stellt.
- 1961 GERTH, Walter Maximilian Lehmann.  
S. 232 — 233: Beschreibung der Untersuchungsergebnisse von W. M. LEHMANN über *Mimetaster hexagonalis*.
- 1961 KUHN, Die Tierwelt an Bundenbacher Schiefer.  
S. 15, 36: *Heroldia rhenana*, ein großer, primitiver Krebs, nahe verwandt mit *Nahecaris*.  
S. 15, 21, 39: Heute hält man den „Scheinstern“ *Mimetaster* für einen Vertreter der Krebse. Die *Mimetaster* dürften innerhalb der primitiven Krebse eine natürliche Einheit bilden, deren Vorfahren man noch nicht ermittelt hat. Zweifellos handelt es sich um einen erloschenen Seitenast. *Mimetaster* gehört zu keiner der 50 Ordnungen der Niederen Krebse, auch nicht zu den Marrellidae.  
S. 21: LEHMANN'S *Vachonia* ist ein weiterer interessanter und neuartiger Vertreter der Niederen Krebse, dessen Rückenschild an *Apus* (*Thriops*) erinnert. Der Hinterleib trägt 50 Paar beinartige Anhänge, hat aber keine Schwanzgabel.
- 1963 MÜLLER, Lehrbuch Paläozoologie, II, Invertebraten, Teil 3, Arthropoda II — Stomochorda.  
S. 130: *Mimetaster* GÜRICH 1931 (non *Mimaster*), Abb. 182 und 183. Die Mittellinie des mit bilateral-symmetrischem, sechsstrahligem Saume versehenen Kopfschildes (Durchmesser 9 — 14 mm) geht zwischen den beiden vorderen und hinteren Stacheln durch. Es ist eine Anzahl von Anhängen vorhanden, die sich wie folgt deuten lassen (von vorn): ein Paar Antennulen (sehr fein und einzeilig), zwei Paar sehr große Anhänge, die aus wenigen langen Gliedern bestehen (? Pereiopoden, das erste Paar ist doppelt so lang wie das zweite); vier Paar wesentlich kleinere Pereiopoden. Nachweisen läßt sich ferner ein Paar gestielte Augen, zwischen denen sich wahrscheinlich noch ein weiteres Paar ungestielter Augen befindet. Abdomen vermutlich aus 24 Segmenten, die nach hinten schmaler und kürzer werden. Jedes dieser Segmente trägt ein Paar Anhänge. Das Telson wird durch eine kleine Platte gebildet. — Die bisher einzige Art ist *Mimetaster hexagonalis*.

- S. 133: *Vachonia* W. M. LEHMANN 1955.  
Carapax ähnlich wie bei *Apus*. Es sind ein Paar sessile Augen, 1 Paar sehr kleine Antennen, fünf Paar gegliederte Thoracalanhänge und 50 Paare perlschnurartige, postgenitale Abdominalanhänge vorhanden. Von den Thoracalanhängen ist ein Paar außerordentlich lang. Eine Furca fehlt.  
Abb. 186. *Vachonia rogeri*, Ventralseite. Unterdevon (Bundenbacher Schiefer) von Bundenbach (Rheinland). Die Länge beträgt vom Mund bis zum After 52 mm. — Nach W. M. LEHMANN 1955.
- 1963 KUTSCHER, Anwendung der Röntgentechnik.  
S. 81: Hinweis auf Röntgenaufnahmen von *Cheloniellon calmani*, *Mimetaster hexagonalis* und *Vachonia rogeri*, die LEHMANN (1938, 1949, 1955, 1956) und GÜRICH (1931) ausgeführt haben.
- 1965 MÜLLER, Lehrbuch Paläozoologie, II, Invertebrata, Teil 2, Molluska 2 — Arthropoda 1. S. 583: *Cheloniellon* BROILI 1932: Unt. Devon (Hunsrückschiefer) des Hunsrück (Abb. 529).  
Der fast kreisförmige Dorsalpanzer zeigt eine Gliederung in 10 Segmente und bedeckt, abgesehen von der sehr langen Furca, den ganzen Körper. Dieser erreicht, die Furca mitgerechnet, eine Länge von ca. 7 cm. Auf dem Mittelteil des hinteren Segments der Kopffregion liegen die beiden kleinen Augen. Die vordersten 4 Anhangspaare dienen wohl als Kauorgane, da die proximalen Glieder zu Kauladen umgebildet sind. Die dahinter folgenden Anhänge sind vom Triboliten-Typ; doch ist das Kiemenbein stärker entwickelt. Die Zahl der Segmente dürfte insgesamt 12 betragen. Vorhanden ist 1 Paar einästige, vielgliedrige Antennen.
- 1967 THEISS, Fossilien im Bundenbacher Schiefer.  
S. 12: *Mimetaster hexagonalis* wird aufgezählt in einer Übersicht über die wichtigsten Fossilien in Bundenbach.
- 1968 KUTSCHER, Röntgenstrahlen lüften Hunsrückschiefergeheimnisse.  
S. 50: *Mimetaster hexagonalis* war eines der ersten Objekte aus dem Hunsrückschiefer, das mittels brauchbarer Röntgenaufnahmen untersucht werden konnte.
- 1969 ROLFE, in MOORE, Treatise.  
S. R 297, R 317: *Heroldina* BROILI, 1931 [pro *Heroldia* BROILI, 1929 (non VERHOEFF, 1926)] [\* *Mesothyra rhenana* BROILI, 1928; OD] [= *Allolepichthys* WHITLEY, 1940 (pro *Allolepis* HEINTZ, 1932, non JORDAN & HUBS, 1925 (type, *A. longicornis*; OD)]. Like *Ceratiocaris* but carapace valves less acuminate anteriorly, larger rostral plate (length almost half that of carapace), projecting free from carapace anteriorly as triangular spine, and last abdominal somite very elongate. [CHLUPAC (1963) has suggested that this genus belongs to the Aristozoidae; although the last abdominal somite and telson indicate such an affinity, the carapace is unlike that of any aristozoid.] L. Dev., W. Ger. — Fig. 139, 1. \* *H. rhenana* (BROILI), Hunsrück Sh., Gemünden; left lat. view,  $\times 0.25$  (346b).
- 1969 BRASEL & KUTSCHER, Der „Scheinstern“ *Mimetaster hexagonalis*.  
S. 181–192: Eingehende Berichterstattung über *Mimetaster hexagonalis*. Trotz zahlreicher Funde in den letzten Jahren — beschrieben sind ca. 40 Exemplare — ist die systematische Stellung bis heute unbekannt geblieben.
- 1969 TASCH, in MOORE, Treatise, R. Arthropoda 4.  
S. R 141: Familie Vachonisiidae TASCH, neue Familie.  
Kurze Beschreibung von *Vachonisia rogeri*. Ähnlichkeit mit *Triops*.  
Characters of order. L. Dev.
- 1970 KUTSCHER, Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers.  
S. 93: Durch besondere Größe (60 cm lang) fällt *Heroldina rhenana* auf. Recht exotisch mutet *Mimetaster hexagonalis* an und *Cheloniellon calmani*. Zu den Niederen Krebsen ist *Vachonisia rogeri*, ein etwas fragliches Tier, zu stellen.
- 1971 KUTSCHER, Die Verbreitung der Crustaceengattung *Nahecaris* JAEKEL.  
S. 31: An Crustaceen aus dem Hunsrückschiefer sind zu nennen: *Heroldina rhenana*, *Nahecaris stuertzi*, *Nahecaris balsi*, *Vachonisia rogeri*.

Weitere Arten, die früher oder auch bis vor kurzem noch zu den Crustaceen gerechnet wurden, sind anderen Arthropodenklassen zugeordnet worden. Der bisher zu den Crustaceen gezählte *Cheloniellon calmani* wurde zu Arthropoda Incerta sedis gestellt.

- 1971 KUTSCHER, FERDINAND BROILI, der bisher erfolgreichste Bearbeiter.  
S. 384—385: *Cheloniellon calmani* und *Heroldina rhenana* werden erwähnt.  
1972 HOPSTÄTTER, Neue Forschungen im Bereiche des Hunsrückschiefers.  
S. 604: 2 Aufnahmen von *Cheloniellon calmani* sind hier abgebildet (Röntgenaufnahme und Oberflächenaufnahme).

### 5. *Cheloniellon calmani* BROILI 1932

- 1932 *Cheloniellon calmani* gen. et spec. — BROILI, Ein neuer Crustacee aus dem rheinischen Unterdevon, S. 27—38, 4 Abb., 1 Taf.  
1933 *Cheloniellon calmani* BROILI — BROILI, Ein zweites Exemplar von *Cheloniellon*, S. 11—27, 7 Abb., 3 Taf.  
1938 *Cheloniellon calmani* BROILI — LEHMANN, Die Anwendung der Röntgenstrahlen, S. 23, Taf. 7.  
1941 *Cheloniellon calmani* BROILI — LEHMANN, Die Fauna des Hunsrückschiefers, S. 22.  
1953 *Cheloniellon calmani* BROILI — DECHASEAUX, Classe des Merostomides, S. 379 bis 380.

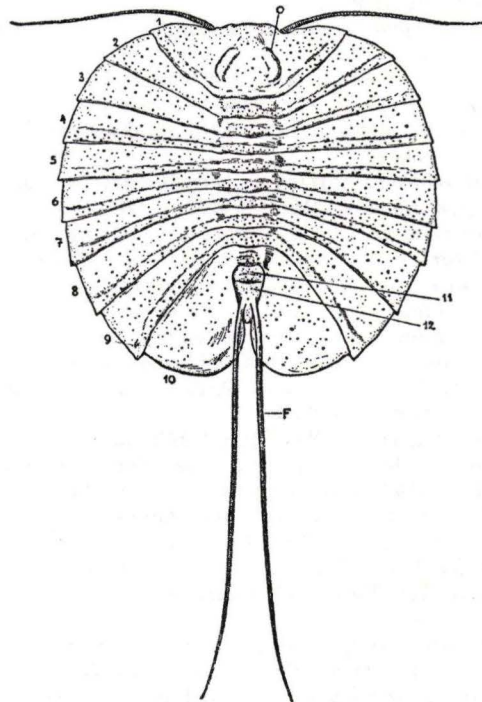


Abb. 1. Versuch einer Rekonstruktion der Dorsalansicht von *Cheloniellon calmani* BROILI. Etwa 4/10 der Größe des Originals.

1—3 „Segmente“ des Kopfabschnitts. 4—10 Segmente des Thorax. 11—12 Abdominalsegmente. O Auge. F Furca. Nach BROILI 1933, S. 12, Fig. 1.

- 1961 *Cheloniellon calmani* BROILI — KUHN, Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer, S. 15, Abb. 32.  
 1963 *Cheloniellon calmani* BROILI — KUTSCHER, Die Anwendung der Röntgentechnik, S. 81.  
 1970 *Cheloniellon calmani* BROILI — KUTSCHER, Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers, S. 93.  
 1971 *Cheloniellon calmani* BROILI — KUTSCHER, Die Verbreitung der Crustaceen-Gattung *Nahecaris*, S. 31.  
 1971 *Cheloniellon calmani* BROILI — KUTSCHER, FERDINAND BROILI, Der bisher erfolgreichste Bearbeiter, S. 384, 385.  
 1972 *Cheloniellon calmani* BROILI — HOPSTÄTTER, Neue Forschungen im Bereich des Hunsrückschiefers, S. 604, 2 Abb.

### Systematische Stellung

Subklasse unbekannt

Ordnung Cheloniellida BROILI 1933

Familie Cheloniellidae BROILI 1933

Gattung *Cheloniellon* BROILI 1932

*Cheloniellon calmani* BROILI 1932

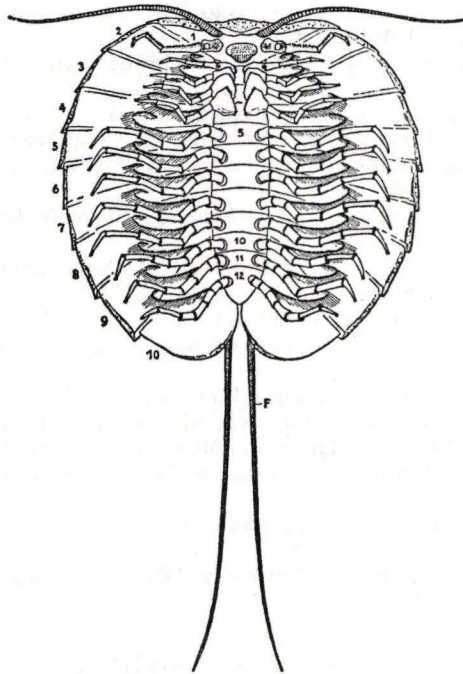


Abb. 2. Versuch einer Rekonstruktion der Ventralseite von *Cheloniellon calmani* BROILI.

Gleiche Größe wie Abb. 1.

1—3 „Segmente“ des Kopfabschnitts. 1 mit Antennula, Antenna und Labrum. 2 mit Mandibel und Maxillula. 3 mit Maxilla. 4 Segment mit dem Maxillipeden. 5—10 die Segmente des Thorax. 11—12 die 2 Abdominalsegmente. F Furca.

BROILI beschrieb 2 Funde von dieser eigentümlichen Form, die bei den Niederen Krebsen nicht einwandfrei unterzubringen sind. Augenblicklich sind die beiden Exemplare, die W. STÜRMER nachträglich röntgte, wieder in einer intensiven Bearbeitung. Beschreibungen sind in den gängigen Lehrbüchern vorhanden.

BROILI (1932) gibt auf S. 34 folgende Diagnose:

„Körper ohne Carapax, dorsoventral abgeflacht von ovalem Umriß, longitudinal dreigeteilt, ? 8 freie Thoraxsegmente, das stachelförmige Telson frei beweglich. Augensitzend. Einreihige Antennula. Am Thorax außer 8 Schreitfußästen am 6. u. 7. Segment geißelartige, mit Borsten besetzte, zum Schwimmen dienende Exopoditen erhalten. Das ? erste Abdominalsegment den Rückensegmenten ähnlich (aber ohne Schreitfußast und ohne aufgewulsteten Hinterrand). Außerdem noch 2 (?) kleinere Abdominalsegmente beobachtet.“

BIRENHEIDE (1971) hält diese Form für einen Trilobitoid, der aber nicht zum Formenkreis der Marrellomorpha gehört.

### 6. *Heroldina rhenana* (BROILI 1929)

- 1928 cf. *Mesothyra rhenana* spec. nov. — BROILI, Crustaceenfunde aus dem rheinischen Devon, S. 201—203, 1 Abb., Taf. 2.
- 1929 *Heroldia rhenana* BROILI — BROILI, Beobachtungen an neuen Arthropodenfunden. S. 263—271, 3 Abb.
- 1930 *Heroldia* — BROILI, Ein neuer Nahecaride, S. 251.
- 1931 *Heroldina rhenana* BROILI — BROILI, Über die Genusbezeichnung *Heroldia*, S. 94.
- 1931 *Heroldina rhenana* BROILI — KUTSCHER, Zur Entstehung des Hunsrückschiefers, S. 216.
- 1932 *Allolepis longicornis* n. g. n. sp. — HEINTZ, *Allolepis longicornis*, S. 572—576, Abb. 1—4.
- 1932 *Heroldia rhenana* BROILI — OPITZ, Erdgeschichte Nahe-Hunsrück-Land Birkenfeld, S. 24—25, Abb. 18—19.
- 1933 *Allolepis longicornis* HEINTZ — GROSS, Die Agnathen und Fische, S. 22.
- 1933 *Allolepis longicornis* HEINTZ — BROILI, Weitere Fischreste aus den Hunsrückschiefern, S. 311.
- 1934 *Heroldina rhenana* — GROSS, Über *Allolepis longicornis*, S. 232—233.
- 1941 *Heroldina rhenana* BROILI — LEHMANN, Die Fauna des Hunsrückschiefers, S. 21.
- 1967 *Heroldia rhenana* BROILI — THEIS, Fossilien im Bundenbacher Schiefer, S. 12.
- 1969 *Heroldina rhenana* (BROILI) — ROLFE, in MOORE, Treatise, S. R 297 u. R 317, Abb. 139.
- 1970 *Heroldina rhenana* BROILI — KUTSCHER, Versteinerungen des Hunsrückschiefers. S. 93.
- 1971 *Heroldina rhenana* BROILI — KUTSCHER, Die Verbreitung der Crustaceengattung *Nahecaris*, S. 31.

### Systematische Stellung

Subklasse Phyllocarida PACKARD 1879

Ordnung Archaeostraca CLAUS 1888

Unterordnung Ceratiocarina CLARKE, in ZITTEL 1908

Familie Ceratiocarididae SALTER 1860

Gattung *Heroldina* BROILI 1931

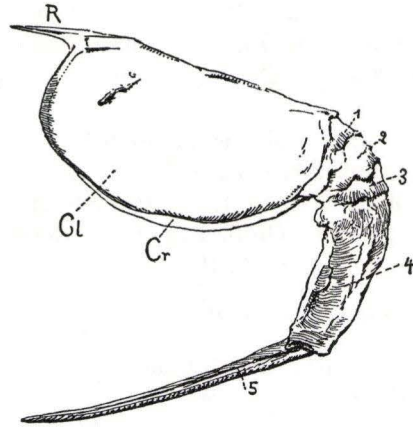


Abb. 3. *Heroldina rhenana* (BROILI). 1/4 natürlicher Größe. 45 cm langes Individuum. Cl links Klappe des Carapax, unter die etwas verschobene rechte Klappe, Cr, hervortritt. R Rostrum. 1—5 die 5 Abdominalsegmente. Nach BROILI 1929, S. 264, Fig. 3.

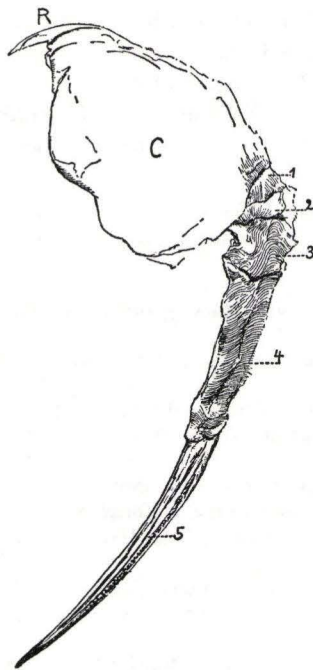


Abb. 4. *Heroldina rhenana* (BROILI). Etwas mehr als 1/4 verkleinert. 60 cm langes Individuum. C Carapax. R Rostrum. 1—5 die fünf sichtbaren Abdominalsegmente. Nach BROILI 1929, S. 267, Fig. 5.



BROILI berichtete 1928 über einen Rest eines großen Archaeostracen, der von Herrn MAUCHER erworben wurde und aus den unterdevonischen Dachschiefeln von Gemünden stammt. Das Fossil stellt nur das Fragment eines ursprünglich viel größeren Restes dar.

Bereits ein Jahr später konnte Dipl.-Ing. HEROLD 4 weitere Exemplare, mehr oder weniger gut erhalten, mit ähnlichen Formen BROILI zur Bearbeitung übergeben. Er stellte fest, daß eine Verwandtschaft zu *Mesothyra* nicht existierte und benannte diesen großen Kruster von über 60 cm Größe HEROLD zu Ehren *Heroldia*. Später wurde die Gattung in *Heroldina* umbenannt (1931).

Maße (in cm) der vier Exemplare BROILI 1929:

	I.	II.	III.	IV.
1. Länge von der Spitze des Rostrums bis zum Ende des Schwanzstachels	45	32,4	39,1	60
2. Länge des Carapax	16,3	10,5	11,3	21
3. Größte Höhe des Carapax	8,5	12,1	10,3	11,5
4. Länge des vorletzten Abdominalgliedes	8,2	9,4	78,8	13
5. Länge des Schwanzstachels	16,3	7	13,3	20,6

Für die neue Gattung ergibt sich folgende Diagnose (BROILI 1929, S. 270–271):

Carapax zweiklappig, mit langer Symphyse, rundlich, oval, ohne seitlichen Kiel; ein schmaler Randsaum mit feiner Leistchenkulptur. Unterhalb des Rostrums eine wulstartige Erhöhung entwickelt. Die vordere Hälfte des beweglichen Rostrums als spitz dreiseitiger Dorn aus dem Carapax hervortretend. Bis 6 Abdominalsegmente nachgewiesen, dieselben mit Leistchenkulptur nach hinten an Größe zunehmend, vorletztes Abdominalsegment auffallend lang, röhrenförmig, Abdomenendsegment (Telson) als ein langer Stachel entwickelt, dessen Oberkante mit kleinen Wärzchen besetzt ist.

Bis 60 cm große Tiere. Unter-Devon, Hunsrückschiefer, Rheinprovinz. Innerhalb der Archaeostraca ist *Heroldina* einstweilen den Ceratiocarina CLARKE anzugliedern.

### 7. *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931)

- 1931 *Mimaster hexagonalis* n. gen. n. sp. — GÜRICH, *Mimaster hexagonalis*, S. 204–238, 11 Abb.
- 1931 *Mimaster hexagonalis* — GÜRICH, Nachtrag, S. 315.
- 1931 *Mimaster hexagonalis* GÜRICH — KUTSCHER, Zur Entstehung des Hunsrückschiefers, S. 216.
- 1931 *Mimetaster* — GÜRICH, „*Mimetaster*“ n. gen.
- 1932 *Mimetaster hexagonalis* — BEURLEN, Referat, S. 464.
- 1932 *Mimetaster hexagonalis* — OPITZ, Nahe-Hunsrück-Land, S. 138–145, Abb. 135 bis 138.
- 1932 *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH — OPITZ, Seestern oder Krebs?, S. 150–155, 4 Abb.
- 1938 *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH — LEHMANN, Die Anwendung der Röntgenstrahlen, S. 17.
- 1941 *Mimetaster hexagonalis* — LEHMANN, Fauna Hunsrückschiefer, S. 22.
- 1943 *Mimetaster* — GÜTHÖRL, Dachschiefermeer des Hunsrücks, S. 113–114, Abb. 22.
- 1950 *Mimetaster hexagonalis* — LEHMANN, *Mimetaster*, S. 101–120, 8 Taf., 16 Abb.
- 1956 *Mimetaster hexagonalis* — LEHMANN, Kostbarkeiten in Dachschiefeln. S. 67, Abb. 7, 8, 9, 10, 11.

- 1961 *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH — GERTH, Walter Maximilian Lehmann, S. 232 bis 233.
- 1961 *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH — KUHN, Bundenbacher Schiefer, S. 15, 39, Abb. 29.
- 1963 *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH — KUTSCHER, Anwendung der Röntgentechnik, S. 81.
- 1967 *Mimetaster hexagonalis* — THEIS, Fossilien, S. 12.
- 1968 *Mimetaster hexagonalis* — KUTSCHER, Röntgenstrahlen, S. 50.
- 1969 *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH — BRASSEL & KUTSCHER, Der „Scheinstern“ *Mimetaster hexagonalis*, 1 Abb., 2 Taf., S. 181—192.
- 1970 *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH — KUTSCHER, Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers, S. 93.
- 1971 *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH) — BIRENHEIDE, Beobachtungen am „Scheinstern“ *Mimetaster*, S. 77—91, 2 Taf. 7 Abb.

### Systematische Stellung

- Unterstamm Trilobitomorpha STØRMER 1944  
 Klasse Trilobitoidea STØRMER 1959  
 Unterklasse Marrellomorpha BEURLEN 1934  
 1. Ordnung Marrellida REYMOND 1920  
 2. Ordnung Mimasterida BEURLEN 1934  
 Familie Mimasteridae BIRENHEIDE 1971  
 Gattung *Mimetaster* GÜRICH 1931

Das Tier wurde 1931 als *Mimaster hexagonalis* aufgestellt und 1 Jahr später in *Mimetaster hexagonalis* umbenannt. Es ist zuletzt von BIRENHEIDE 1971 erweitert beschrieben worden.

1950 bringt LEHMANN auf S. 119 folgende Diagnose:

„*Mimetaster* GÜRICH. Kopfscheibe rundlich, mit dem Rumpf zu einem Cephalothorax verschmolzen, am Rande mit 6 bilateral symmetrisch angeordneten Stachelstrahlen, die durch einen schmalen Stirn- und Seitenlimbus vom Cephalothorax abgesetzt sind. Letzterer besteht aus dem Kopf und 6 Brustsegmenten, deren jedes ein Beinpaar trägt. Die vordersten Beine sind bei weitem am größten und kräftigsten und bestehen aus 7 Gliedern. Beine des zweiten Beinpaares ebenfalls siebengliedrig, viel schwächer und kürzer als die ersten; 4 weitere Beinpaare, deren Beine ungefähr gleich lang, aber schwächer als die des zweiten Beinpaares sind, folgen. Vor dem ersten Beinpaar entspringt ein Paar langgliedriger, schlanker Antennulae, die über den Kopfrand hinausragen. Zwischen den Insertionsstellen der Antennula der kleine, fast kreisrunde Mund.

Auf der Rückseite des Kopfes nahe dem Seitenrande ein Paar gestielter Augen, zwischen ihnen wahrscheinlich ein zweites Paar sessiler Augen (Punktaugen).

Abdomen aus etwa 24 Segmenten bestehend, die nach hinten schmaler und kürzer werden. Eine mittlere Achse ist von seitlichen Furchen eingeschlossen. Jedes Abdominalsegment mit perlschnurartigen Anhängern, von denen die proximalen sehr lang sind und die distalwärts folgenden allmählich kürzer werden.“

*Mimetaster hexagonalis* ist ein kleines, sehr flach gebautes Tier, das durch den Druck wie eine Herbariumspflanze zusammengepreßt ist. Die Durchmesser liegen zwischen 2,4—4 cm. Die Hartteile sind größtenteils mit einer Schwefelkieshaut über-

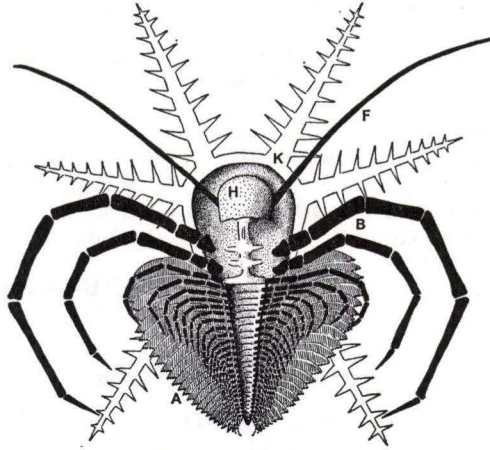


Abb. 5. Rekonstruktion des Panzers von *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931) mit Gliedmaßen; Unterseite; etwa  $1\frac{1}{2}$  natürlicher Größe.

K = Kopf-Brustschild mit den 6 Stacheln.

H = Unterlippen-(Hypostom-)artiges Gebilde.

F = Fühler (Antennen).

B = Brustbeine.

A = Fransenkämme der Schwimm-Äste, darüber (schwarz) die Geh-Leiste.

Nach BIRENHEIDE (1971), S. 81, Abb. 5.

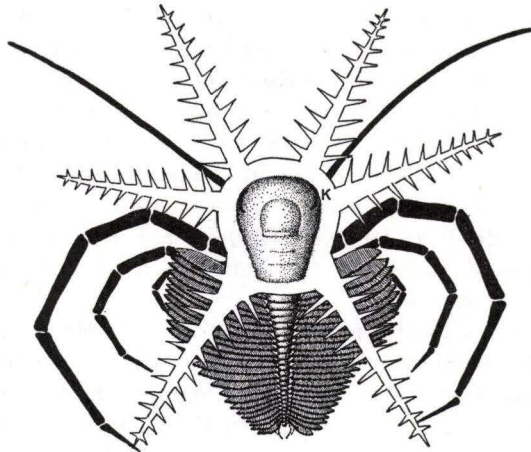


Abb. 6. Rekonstruktion des Panzers von *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931); Oberseite; etwa  $1\frac{1}{2}$  fach. Schwimm-Äste mit ihren Gliedchen erkennbar; Fransenkämme verdecken die Geh-Äste. K = Kopf-Brustschild mit zwei (?) Augen (schwarz).

Nach BIRENHEIDE (1971), S. 82, Abb. 6.

zogen, Beine und Antennulae sogar mit Schwefelkies erfüllt. Dieser Erhaltungszustand erleichtert die Herstellung brauchbarer Röntgenaufnahmen. Die Möglichkeit, eine Röntgenaufnahme zu einer schematischen Zeichnung zu benutzen, zeigte bereits GÜRICH 1931.

Eine erneute Untersuchung nahm BIRENHEIDE (1971) vor. Ihm stand nicht beschriebenes Fundmaterial sowie ein Paratypoid zur Verfügung, bei denen trilobitomorphen Spaltbeine nachgewiesen wurden. Die Verwandtschaft mit *Marrella splendens* WALCOTT 1912 wird nun bestätigt. Die Mimetasterida werden zusammen mit den Marrellida in die gemeinsame Unterklasse Marrellomorpha gestellt. Für *Mimetaster* stellte BIRENHEIDE die neue Familie Mimetasteridae auf.

Die Diagnose ändert BIRENHEIDE wie folgt ab:

„Trilobitoid mit einem den Cephalothorax überdeckenden Panzer. Panzer-Rand zu 6 Sternstacheln mit Seitensprossen ausgezogen. Sternstacheln bilateral-symmetrisch angeordnet. Auf der Panzer-Oberseite zwei augenähnliche Gebilde. Panzer-Unterseite mit hypostom-ähnlichem Gebilde. Kau- oder Saugwerkzeuge nicht nachgewiesen.

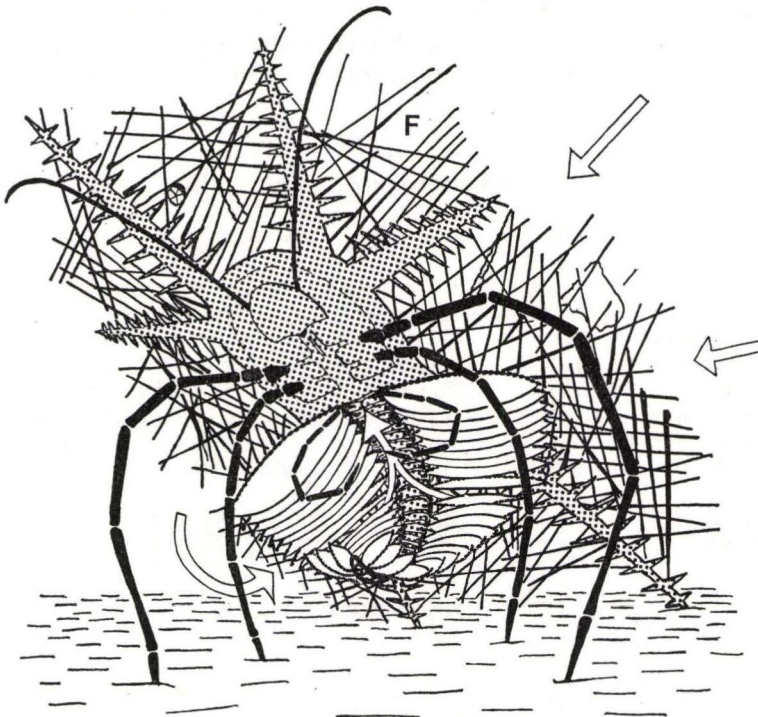


Abb. 7. Rekonstruktion von *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931) in Strudelstellung. Das künstliche Sieb besteht vorwiegend aus Echinodermen-Stacheln. Die Pfeile zeigen den Verlauf der Wasserströmung zum Mund hin an. F = Sieb aus Fremdmaterial.

Nach BIRENHEIDE (1971), S. 84, Abb. 7.

Extremitäten des Cephalothorax aus einem Paar langer Antennen und 2 Paar (?) siebengliedriger Laufbeine. Erstes Laufbeinpaar fast doppelt so lang und dick wie das zweite. Abdomen kurz und schmal, aus etwa 24 Gliedern zusammengesetzt. An jedem Glied ein Paar zweiästiger Spaltfüße, die von vorn nach hinten an Größe abnehmen. Laufbein-Äste ähnlich gebaut wie die Laufbeine des Cephalothorax und wie diese mit einfachem spitzen Endglied. Schwimmäste sehr fein gegliedert und mit großen Fransenkämmen.“

Über die Lebensweise haben sich GÜRICH 1931 und LEHMANN 1949 geäußert. BIRENHEIDE lehnt diesen gegenüber ab, daß *Mimetaster* einen Saugmund hatte und glaubt, daß dieses Tier sich wie die Trilobiten von planktonischen oder im Sediment befindlichen Kleinlebewesen ernährte. Weiterhin stellte er fest und deduzierte, daß *Mimetaster* seine Sternstrahlen mit ihren Quersprossen als Gerüstfundament für eine Art Netz- oder Reusenwerk benutzte, das hauptsächlich aus Echinodermen-Stacheln besteht. Seine übermäßig langen Vorderbeine haben wohl den *Mimetaster* besonders dazu befähigt, solche Stacheln an allen Stellen seines Sternstrahlen-Gerüsts anzubringen. Die Fransenkämme dienten wahrscheinlich als gut wirksame Atemflächen, und BIRENHEIDE möchte darin ihre Hauptfunktion sehen.

*Mimetaster* war wahrscheinlich ein Strudler; dabei steckten die Spitzen der hinteren beiden Sternstrahlen im Sediment. Bei natürlicher Strömung ging diese von hinten durch das Sieb aus Sternstrahlen und Fremdstrahlen hindurch. Kleine Nahrungsteilchen konnten passieren und dem Mund zugeführt werden, größere blieben in dem Sieb hängen.

### 8. *Vachonisia rogeri* (LEHMANN 1955)

- 1955 *Vachonia rogeri* n. g. n. sp. — LEHMANN, *Vachonia rogeri* n. g. n. sp., S. 126—130, Taf. 11, 12, 2 Abb.  
 1956 *Vachonisia* n. gen. — LEHMANN, *Vachonisia* n. gen. anstatt *Vachonia*, S. 225.  
 1956 *Vachonisia rogeri* LEHMANN — LEHMANN, Kleine Kostbarkeiten in Dachschiefeln, S. 67—69, Fig. 9—11.  
 1963 *Vachonia rogeri* LEHMANN — KUTSCHER, Anwendung der Röntgentechnik, S. 81.  
 1963 *Vachonia rogeri* LEHMANN — MÜLLER, Lehrbuch Paläozoologie, S. 133, Abb. 186.  
 1969 *Vachonisia rogeri* LEHMANN — TASCH, in MOORE, Treatise, Part. R, Arthropoda 4, S. R 141, Fig. 47, 1a, 1b.  
 1970 *Vachonisia rogeri* LEHMANN — KUTSCHER, Versteinerungen des Hunsrückschiefers, S. 93.  
 1971 *Vachonisia rogeri* LEHMANN — KUTSCHER, Die Verbreitung der Crustaceengattung *Nahecaris*, S. 31.

### Systematische Stellung

- Klasse Branchiopoda LATRAILLE 1817  
 Ordnung Acerostraca LEHMANN 1955  
 Familie Vachonisiidae TASCH 1969  
 Gattung *Vachonisia* LEHMANN 1956  
 Art *Vachonisia rogeri* (LEHMANN 1956)

Zwei verschiedengeschlechtliche Branchiopoden faßte LEHMANN 1955 unter einer neuen Art, *Vachonia rogeri*, zusammen. Er gab dafür folgende Diagnose:

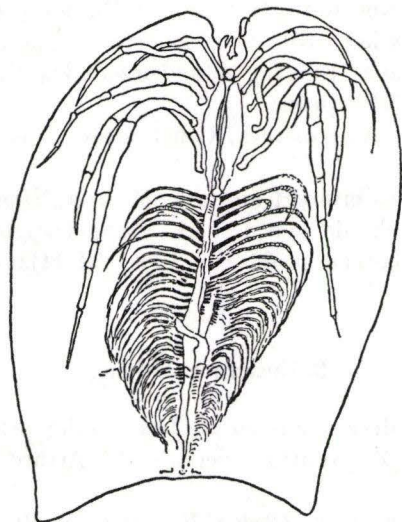


Abb. 8. *Vachonisia rogeri* (LEHMANN). Skizze des Holotyps. Nach LEHMANN 1955, S. 128, Abb. 1. Skizze gemäß Taf. 11.

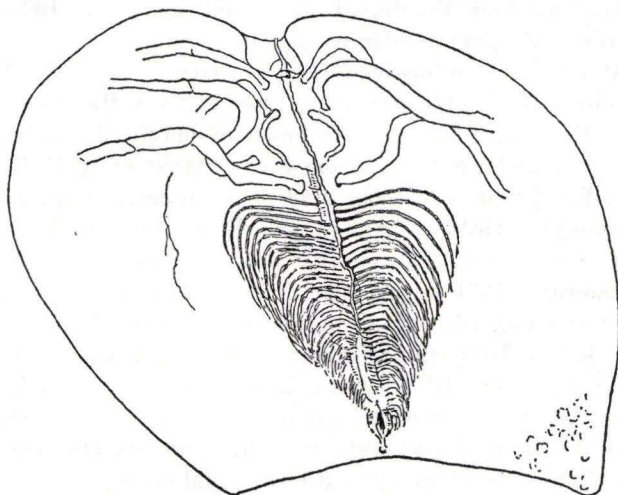


Abb. 9. *Vachonisia rogeri* (LEHMANN). Skizze.  
Nach LEHMANN 1955, S. 128, Abb. 2. Skizze gemäß Taf. 12.

„Branchiopoden der Gruppe Acerostraca n. n. mit *Apus*-ähnlichem Rückenschild, einem Paar sessiler Augen und einem Paar sehr kleiner Antennen, mit 5 Paar gegliederten Thoracalanhänger, davon ein Paar sehr viel länger als die übrigen; etwa 50 Paar post-genitaler perlenschnurartige Abdominalanhänge; ohne Schwanzgabel.“

Das Fehlen von Telson und Furca läßt die Unterbringung dieser Art bei den Notostraca nicht zu. LEHMANN hat dafür die besondere Gruppe Acercostraca vorgeschlagen, die in der Literatur auch Eingang gefunden hat. Die Unterklasse der Branchiopoden umfaßt somit die 5 Gruppen:

Anostraca, Notostraca, Acercostraca, Conchostraca, Cladocera (s. auch DECHA-SEAUX 1953).

Die Form des Abdomens erinnert an dasjenige von *Mimetaster hexagonalis*. Sehr aufschlußreich waren auch die von LEHMANN angefertigten Röntgenaufnahmen; abgebildet ist die Röntgenaufnahme des Holotyps (Taf. 11) und die Röntgenaufnahme des Cotyps (Taf. 12).

### 9. Zusammenfassung

Das Hunsrückschiefer-Meer war reich an Arthropodenformen. Nicht immer ist es gelungen eine eindeutige Zuordnung innerhalb des Arthropodenstammes durchzuführen.

Die hier behandelten Formen, *Cheloniellon calmani* BROILI, *Heroldina rhenana* (BROILI), *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH) und *Vachonisia rogeri* (LEHMANN), gehören den Trilobitomorpha und Niederen Krebsen an.

Der seltene *Cheloniellon calmani* wird zwar nicht zum Formenkreis der Marello-morpha gezählt, ist aber ein Trilobitoid. Er ist seit dem Jahre 1932 bekannt, doch haben sich seit dieser Zeit nur wenige Exemplare gefunden. Röntgenaufnahmen liegen von LEHMANN und neuerdings von STÜRMER vor.

Der große Krebs *Heroldina rhenana*, zum ersten Mal von BROILI 1929 beschrieben, kommt öfter vor. Er hat eine Länge von 60 cm, wird den Phyllocariden und bei diesen der Familie Ceratiocarididae SALTER zugerechnet. HEINTZ hatte die ihm vorliegenden Reste dieser Art für die eines Fisches, *Allolepis longicornis*, angesehen.

Den Trilobitomorpha wird der häufige, jedoch nur 4 cm große *Mimetaster hexagonalis* GÜRICH zugerechnet. BIRENHEIDE hat Spaltbeine nachgewiesen und die Familie Mimetasteridae 1971 aufgestellt. Eine Reihe von Röntgenaufnahmen lag bereits von LEHMANN vor. Die Ansichten über die Lebensweise neigten mehr denen von GÜRICH zu, jedoch BIRENHEIDE erkannte, daß *M. hexagonalis* wahrscheinlich als Strudler lebte. Eine neue Diagnose wurde von BIRENHEIDE aufgestellt.

Spät ist die von LEHMANN entdeckte, seltene *Vachonisia rogeri* beschrieben worden. Er ordnete sie bei den Branchiopoden ein und schuf eine neue Ordnung, Acercostraca, dafür. Ihr fehlen Telson und Furca. Der Rückenschild ist *Apus*-artig. Aufschlußreich waren die von LEHMANN angefertigten Röntgenaufnahmen, neuerdings stellte auch STÜRMER solche her.

### 10. Schriftenverzeichnis

- BIRENHEIDE, R. (1971): Beobachtungen am „Scheinstern“ *Mimetaster* aus dem Hunsrück-Schiefer. — *Senckenbergiana lethaea*, **52**: 77–91; Frankfurt a. M.
- BRASSEL, G. & KUTSCHER, F. (1969): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 26. Der „Scheinstern“ *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931). — *Mz. naturw. Arch.*, **8**: 181–192, 1 Abb., 2 Taf.; Mainz.

- BROILI, F. (1928): Crustaceenfunde aus dem rheinischen Unterdevon. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1928: 197—204, 1 Abb., 2 Taf.; München.
- (1929): Beobachtungen an neuen Arthropodenfunden aus dem Hunsrückschiefer. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1929: 253—280, 5 Taf., 6 Abb.; München.
- (1929): Beobachtungen an neuen Funden von Gliedertieren aus dem rheinischen Unterdevon. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1929: 13\*; München.
- (1930): Ein neuer Nahecaride aus den Hunsrückschiefern. — Cbl. Mineral. usw., Jg. 1930, B: 247—251, 2 Abb.; Stuttgart.
- (1933): Ein zweites Exemplar von *Cheloniellon*. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1933: 11—32, 3 Taf., 7 Abb., München.
- (1933): Über ein zweites Exemplar von *Cheloniellon*, dessen Extremitäten sich größtenteils erhalten haben. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1933: 1\*; München.
- (1933): Weitere Fischreste aus den Hunsrückschiefern. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1933: 269—313, 8 Taf., 20 Abb.; München.
- DACQUÉ, E. (1936): Versteinertes Leben. — 120 S., 16 Abb. im Text und 116 Abb. auf 48 Taf.; Berlin/Zürich.
- GROSS, W. (1933): Die Wirbeltiere des rheinischen Devons. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., 154: 83 S., 20 Abb., 11 Taf.; Berlin.
- (1934): Über *Allolepis longicornis* und *Brachydirus scaber*. — Cbl. Mineral. usw., B, Jg. 1934: 232—233; Stuttgart.
- GÜRICH, G. (1931): *Mimaster hexagonalis*, ein neuer Kruster aus dem unterdevonischen Bundenbacher Dachschiefer. — Palaeont. Z., 13: 204—237, 11 Abb.; Berlin.
- GUTHÖRL, P. (1943): Das Leben im Dachsteinschiefermeer des Hunsrücks. — Saarbrücker Bergmannskalender, 71: 106—117, 33 Abb.; Saarbrücken.
- HEINTZ, A. (1932): Über einige Fischreste aus dem Hunsrück-Schiefer. — Cbl. Mineral. usw., Jg. 1932, B: 572—580, 6 Abb.; Stuttgart.
- HOPSTÄTTER, H. (1972): Neue Forschungen im Bereiche des Hunsrückschiefers. — Hunsrücker Heimatbl., 12: 603—606, 2 Abb.; Simmern.
- KUHN, O. (1949): Lehrbuch der Paläozoologie. — 326 S., 224 Abb.; Stuttgart.
- (1961): Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer. — Die neue Brehm-Bücherei, 274: 48 S., 45 Abb.; Wittenberg Lutherstadt.
- KUPCHER, F. (1937): Taunusquarzit, Throner Quarzite und Hunsrückschiefer des Hunsrücks und ihre stratigraphische Stellung. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1936, 57: 186—237, 9 Abb.; Berlin.
- (1931): Zur Entstehung des Hunsrückschiefers am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. — Jb. nass. Ver. Naturk., 81: 177—232, 2 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- (1963): 3. Die Anwendung der Röntgentechnik zur Diagnostik der Hunsrückschieferfossilien. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 91: 74—86, Taf. 9—11; Wiesbaden.
- (1970): Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers. Erinnerungen an WALTHER MAXIMILIAN LEHMANN. — Aufschluß, 19. Sh.: 87—100, 14 Abb.; Heidelberg.
- (1971): 31. Die Verbreitung der Crustaceengattung *Nahecaris* JAEKEL im Hunsrück-schiefer-Meer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 99: 30—42, 4 Abb., Taf. 4; Wiesbaden.
- LEHMANN, W. M. (1938): Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Paläontologie. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., 27, Jg. 1938: 16—24, Taf. 3—8; Stuttgart.
- (1941): Die Fauna des Hunsrückschiefers. — Rheinische Heimatpflege, 13: 16—26, 11 Abb.; Düsseldorf.
- (1955): *Vachonia rogeri* n. g. n. sp. ein Branchiopod aus dem unterdevonischen Hunsrückschiefer. — Palaeont. Z., 29: 126—130, Taf. 11—12, 2 Abb.; Stuttgart.
- (1956): Kleine Kostbarkeiten in Dachschiefern. — Aufschluß, 3. Sh.: 63—74, 20 Abb.; Roßdorf b. Darmstadt.
- (1956): Notiz über Namensänderung. *Vachonisia* nov. gen. anstatt *Vachonia*. — Paläont. Z., 30: 225; Stuttgart.



- MÜLLER, A. H. (1963): Lehrbuch der Paläozoologie. Bd. II, Invertebraten, Teil 3, Arthropoda 2 — Stomochorda. — 698 S., 854 Abb.; Jena.
- OPITZ, R. (1932): Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld. — 224 S., 17 Abb.; Birkenfeld.
- ROLFE, W. D. J. (1969): Phyllocarida, R 296—R 331. — In MOORE, R. C.: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part R, Arthropoda. 4.
- TASCH, P. (1969): Branchiopoda, R 128—R 191. — In MOORE, R. C.: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part R, Arthropoda 4.
- THEIS, O. (1967): Fossilien im Bundenbacher Schiefer. Schöpfung und Geschenk. — 14 S., 13 Taf.; Bundenbach.

Manuskript eingegangen am 23. 10. 1973

## Ein Unterdevon-Profil bei Marburg a. d. Lahn

Von

PETER BENDER, Marburg, HANS JAHNKE, Göttingen, und WILLI ZIEGLER, Marburg\*

Mit 7 Abbildungen, 2 Tabellen und Tafel 1

**Kurzfassung:** Ein neues Profil durch das Unterdevon westlich Marburg hilft bei der Aufklärung der Beziehung zwischen Unterems und Pragian/Zlichovium. Gerölle eines im Profil vorkommenden Konglomerates mit tuffitischer Matrix haben  $e\beta_2$ -, Lochkovium- und Pragian-Alter.

**Abstract:** A recently discovered section of Lower Devonian rocks west of Marburg elucidates the relation between Lower Emsian and Pragian/Zlichovian. Pebbles of a conglomerate with tuffitic matrix are of  $e\beta_2$ , Lochkovian, and Pragian age.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	25
2. Profilbeschreibung . . . . .	27
3. Fauna und Alter der Kalkgrauwacke . . . . .	29
4. Fauna und Alter der Hercynkalke . . . . .	30
5. Stratigraphische Auswertung der Conodonten-Abfolge . . . . .	33
6. Das Tuffit-Konglomerat . . . . .	35
6.1. Gefügeeigenschaften . . . . .	35
6.2. Gerölmorphometrie . . . . .	35
6.3. Stoffbestand . . . . .	37
6.4. Fauna . . . . .	37
6.5. Lithogenese und Paläogeographie . . . . .	39
7. Bemerkungen zur Parallelisierung zwischen den rheinischen und böhmischen Schichtenfolgen im höheren Unterdevon . . . . .	41
8. Zusammenfassung, Summary . . . . .	42
9. Schriftenverzeichnis . . . . .	43

### 1. Einleitung

Der Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges, die Linie, an der die varistisch gefalteten Gesteine unter die permisch-mesozoische und känozoische Bedeckung der Hessischen Senke untertauchen, ist von besonderem Interesse, weil dort die devo-

\*) Dr. P. BENDER, Prof. Dr. W. ZIEGLER, 355 Marburg, Fachbereich Geowissenschaften, Geologie-Paläontologie, Lahnberge.

Dr. H. JAHNKE, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, 34 Göttingen, Berliner Str. 28.

nischen und karbonischen Sedimente Aufschluß über die paläogeographische Entwicklung des Bereichs geben können, der jetzt unter dieser jüngeren Bedeckung liegt.

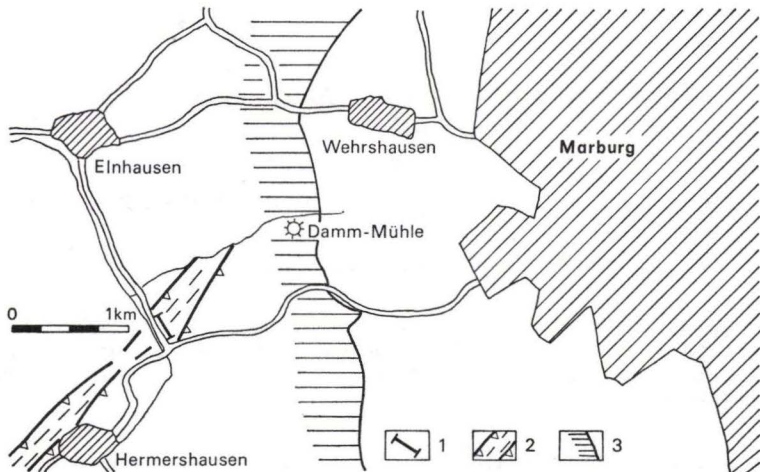


Abb. 1. Lageskizze des Marburger Profils.

- 1 = Profil an der Straße Einhausen–Hermershausen  
 2 = geschuppte Sattelzone der Damm-Mühle  
 3 = Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges

In diesem Zusammenhang erbrachte das durch eine Straßenerweiterung westlich Marburg vorübergehend erschlossene Profil, das unmittelbar am östlichen Schiefergebirgsrand liegt, neue Ergebnisse. Vor allem erschien das neu bearbeitete Profil deshalb wichtig, weil in diesem Bereich der Faziesübergang zwischen den mächtigen Klastika des rheinischen Unterdevons und den geringmächtigen hercynischen Schichten zu suchen ist. Tatsächlich enthielt das im folgenden beschriebene Profil Schichten mit hercynischer Fauna, die im stratigraphischen Verband mit Schichten mit rheinischer Fauna stehen. Es liegt an der Straße Hermershausen–Einhausen in der zerschuppten Sattelzone der Damm-Mühle (ZIEGLER 1957, 1958) (Top. Kte. 1:25000, Bl. 5218 Niederwalgern; R 347874, H 562890; Abb. 1).

Das Profil wurde von P. BENDER 1971 bei seinen Geländearbeiten zur Hörre-Karte entdeckt und geologisch aufgenommen und wird hier in einer Gemeinschaftsarbeit beschrieben und gedeutet.

Den Herren Drs. A. SCHMIDT, H. PORADA und Prof. KORITNIG danken wir für die petrographische Untersuchung der Dünnschliffe, den Herren Dr. G. PŁODOWSKI und Dipl.-Geol. K. WEDDIGE danken wir für die Hilfe bei der Probenahme.

Der Sonderforschungsbereich 48 unterstützte die Arbeit durch einen Reisekostenzuschuß an H. JAHNKE. Ein Teil der Probenaufbereitung wurde durch Mittel der DFG (Az. Wa 100/8) ermöglicht, wofür wir sehr danken.

Die Originale sind in den Geologisch-Paläontologischen Instituten in Marburg (Orig. Nr. 2450–2456) und Göttingen (Orig. Nr. 719) hinterlegt.

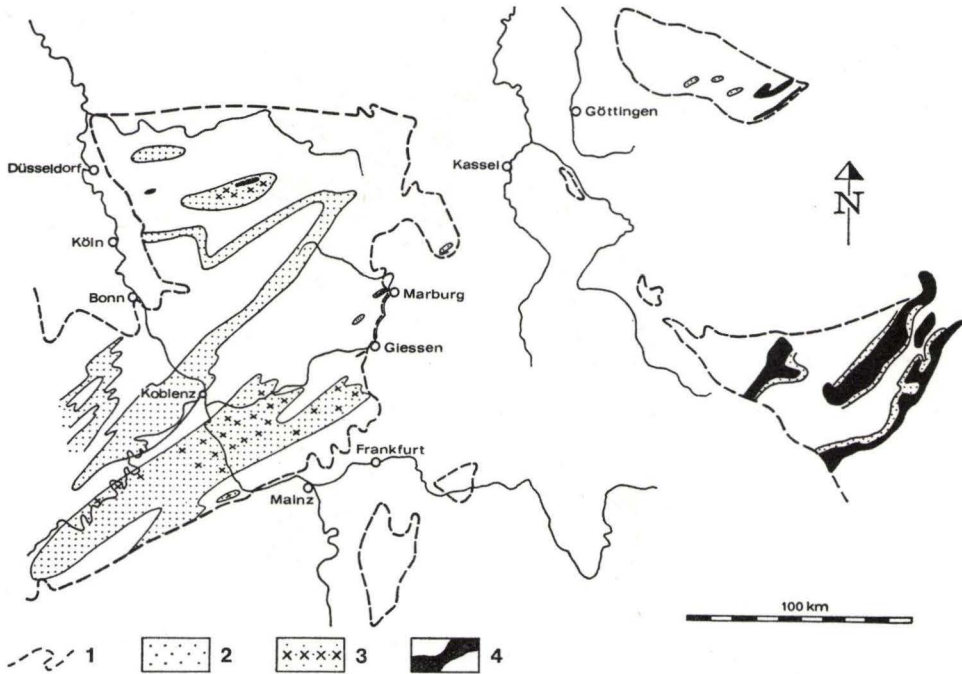


Abb. 2. Verbreitung von Silur und Unterems im mitteleuropäischen Varistikum (schematisch).

- 1 = Grenze des gefalteten Paläozoikums bzw. Grundgebirge  
 2 = Unterems  
 3 = rheinisches Unterems mit Keratophyr-Tuffen bzw. Quarzporphyr-Tuffen und -Tuffiten („Porphyroiden“); nur teilweise eingetragen, da genaue Verbreitungsgebiete und Datierungen fehlen  
 4 = Verbreitung von Silur (Přidoli Anteil eingeschlossen)

## 2. Profilbeschreibung

Der Nullpunkt des Profils liegt 71 m nordwestlich der Abzweigung der Straße nach Marburg (über Ockershausen) von der Straße Hermershausen – Elnhausen.

- 9 m stark verlehmtter Hangschutt.
- 13 m mittelgraue bis bräunlichgraue, z. T. glimmerhaltige, ruschelige Tonschiefer mit einzelnen cm-dicken Feinsandstein-Linsen.
- 20,4 m polymiktes Konglomerat mit tuffitischer Matrix – im Folgenden kurz Tuffit-Konglomerat genannt –, rötlichbraune, tuffitische Grauwacke, bankig. Von 14,5–15 m 50 cm dicke Lage mittelgrauer bis bräunlichgrauer, ruscheliger Tonschiefer.
- 41 m graue bis bräunlichgraue, z. T. plattige, glimmerführende Tonschiefer mit emdicken Lagen karbonatischer Sandsteine, die deutlich feingeschichtet sind, und einzelnen dicken, tuffitischen Sandsteinbänken, z. T. mit Schalen-Detritus.
- 47 m teilweise grobkörnige, karbonatische Grauwacke mit dünnen Schieferzwischennitteln, Crinoiden.
- 102 m Ruschelzone, Tonschiefer mit Scherlinsen aus Grauwacken, Sandsteinen und Lyditen.

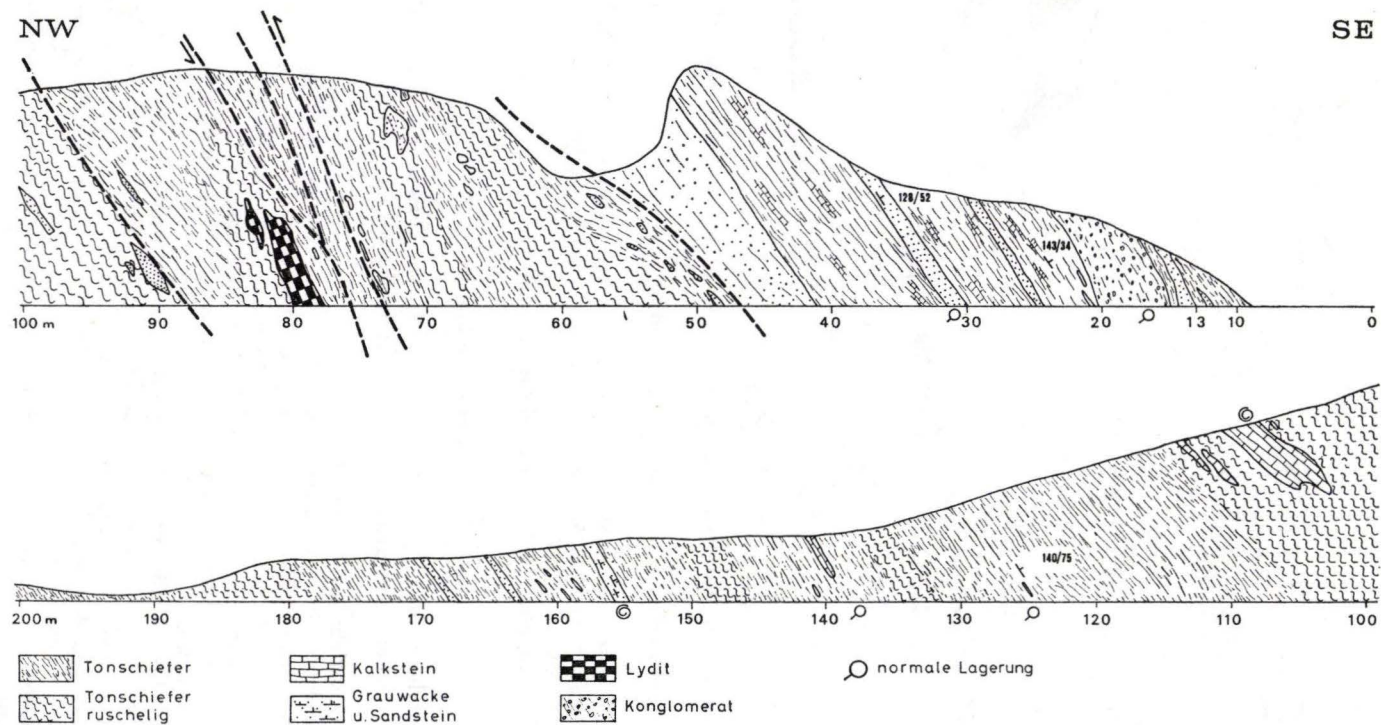


Abb. 3. Profil an der Straße Elnhausen-Hermershausen.

- 116 m ruschelige Tonschiefer mit 2 m mächtiger Kalklinse aus hellgrauem bis rötlichem Biosparit. Im Liegenden zahlreiche kleinere Linsen gelblichen und mittelgrauen, dolomitischen Kalksteins (vgl. Säulenprofil Abb. 3).
- 155 m graubraune bis rötliche Tonschiefer, z. T. siltig, mit cm-dicken Linsen oder Bänkchen von festeren Silt- oder Tonsteinen. Im oberen Teil, bei 117 m, Fossilreste (*Pleurodictyen*). Bei 132 und 148 m Ruschelzone. Bei 138 m 50 cm mächtige siltige Kalkbank.
- 156 m knapp 1 m mächtige Bank grobkörniger, fossilführender Kalkgrauwacke (Fossilliste S. 29).
- 180 m rötlichbraune Tonschiefer, z. T. siltig, mit einzelnen Siltstein- und Grauacken-Bänkchen.
- 190 m ruschelige Schiefer mit einzelnen Grauacken-Linsen.

Die Gesteine des Profils sind, wie üblich am Schiefergebirgsrand, durch den Einfluß der permischen Landoberfläche mehr oder weniger intensiv gerötet.

Die stark ruschelige und gestörte Zone zwischen 47 und 88 m deuten wir als streichende tektonische Störungszone. Solche Zonen können in diesem Gebiet häufig in den Scheitelbereichen von Sätteln beobachtet werden. SE und NW dieser Störungszone erscheint der Schichtverband ungestört. Er liegt, wie geopetale Gefüge zeigen, normal.

Das Profil ist durch Begrünung inzwischen nur noch stellenweise zugänglich.

### 3. Fauna und Alter der Kalkgrauwacke

Bestimmbare Fossilien waren nur durch die Behandlung mit Säure zu präparieren, so daß die Fauna ungünstig erhalten ist. So sind z. B. Feinheiten wie die Mikroskulptur der Spiriferen-Schalen nicht erhalten. Die Fossilien sind durch diagenetische Kompaktion senkrecht zur Schichtung flachgedrückt. Eine tektonische Verzerrung scheint zu fehlen. Folgende Fossilien wurden bestimmt:

- Euryspirifer dunensis* (KAYSER 1889)
- Arduspirifer arduennensis* subsp. indet.
- Atryparia lorana* (FUCHS 1915)
- Glassia* sp.
- Bifida* aff. *lepida* (D'ARCHIAC & DE VERNEUIL 1845)
- Meganteris archiaci* (DE VERNEUIL 1850)
- Plectodonta* (*Dalejodiscus*) *minor* subsp. indet.
- Leptostrophia* cf. *explanata* (SOWERBY 1842)
- Rugoleptena zinkenii* (F. A. ROEMER 1843)
- Crinistrophia elegans* (DREVERMANN 1902)?
- Leptagonia* sp. indet.
- Trigonirhynchia daleidensis* (C. F. ROEMER 1844)
- Uncinulus* (*Uncinulus*) sp. indet.
- Schizophoria antiqua* SOLLE 1936
- ?*Platyorthis* sp. — sensu JAHNKE 1971
- Teichostrophia lepis emsii* JAHNKE 1971
- Phacops zinkenii* (F. A. ROEMER 1843)
- Odontochile* sp. indet.
- Petridictyum petrii* (MAURER 1874)
- rugose Einzelkorallen
- Bellerophon* (*Bucania*) sp.
- „*Orthoceras*“ sp.
- „*Bactrites*“ sp.

Der Versuch, die Kalkgrauwacke biostratigraphisch auf die bisher international gültige Gliederung des Unterdevons zu beziehen, bereitet Schwierigkeiten. Einmal liegt das an dem mangelhaften Bearbeitungsstand der rheinischen Bezugsfauna, zum anderen an den bisher nicht ausreichenden biostratigraphischen Abgrenzungen. Es kommt hinzu, daß einige Fossilien, die im Kerngebiet der Ems-Stufe am Mittelrhein und im Moselgebiet offenbar lokale Zeitmarken liefern, in entfernteren Gebieten mit z. T. abweichender Fazies entweder fehlen oder eine andere vertikale Reichweite haben (vgl. z. B. die Vorkommen von *Tropidoleptus*).

Für die Datierung wichtig ist die artliche Übereinstimmung mit Formen der Erbslochgrauwacke dann, wenn eine sichere Bestimmung möglich war. Die Exemplare von *Euryspirifer dunensis* liegen mit den Werten BM: 6,5 mm und LZ: 4,0 mm eindeutig in dem Feld, das die Variationsbreite der Formen im Unterems umreißt (vgl. JAHNKE 1971). *Euryspirifer dunensis* wird hier anstelle von *E. pellicoi* verwandt. Die bisher übliche Synonymie der gut definierten Formengruppe aus dem deutschen und belgischen Varistikum mit der nordspanischen Form ist nach dem Studium des Typenmaterials von D'ARCHIAC und DE VERNEUIL (JAHNKE) nicht mehr aufrecht zu erhalten. Es zeigt, daß die rheinische Form mit der abgeschwächten Sinusgrenzrippe von den nordspanischen Formen abgetrennt werden muß. Während *Euryspirifer dunensis* eine Datierung höher als Unterems-Stufe ausschließt, schließen andere Fossilien eine ältere Datierung als Unterems nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand aus. So ist z. B. die Bestimmung von *Crinistrophia crinita* zwar nicht sicher, aber nur deshalb, weil wegen der Erhaltung noch ähnliche Formen, z. B. *Dowillinella filifer*, infrage kommen können. Alle Formen, die jedoch hierfür noch in Betracht kommen, sind nicht vor dem Unterems bekannt, sondern allenfalls jünger. Als Datierung der Kalkgrauwacke ist daher nur Unterems-Stufe möglich.

#### 4. Fauna und Alter der Hercynkalke

Durch orientiert entnommene Proben mit geopetalen Gefügen konnte die normale stratigraphische Abfolge mit dem Hercynkalk-Profil (Abb. 4) über den Tonschiefern und der Kalkgrauwacke gesichert werden.

Wegen der bisher leider fehlenden Conodontenbearbeitung der Kalkabfolgen in Böhmen muß sich die Datierung der Conodontenabfolge im Hercynkalk-Profil auf die Aussage der Dacryoconarida stützen.

In den Proben 1452 und 1463 fanden sich proximale Gehäuseteile von *Nowakia acuaria* (REINH. RICHTER 1854). Die Bestimmung ist durch die typische Form der Initialkammer, der gleichmäßigen apikalen Breitenzunahme, der Längsstreifung der Initialkammer und das sofortige Einsetzen der Transversalringe vor der Initialkammer gesichert. Als Datierung ergibt sich hier Prag-Stufe (vgl. GROOS-UFFENORDE & JAHNKE 1973: 83).

Die etwa zwischen Profilmeter 90–116 aufgeschlossene Folge von linsenförmigen und bankigen Kalken (Abb. 4) hat Conodonten in unterschiedlicher Reichhaltigkeit geliefert. Die Conodonten lassen eine vertikale Abfolge erkennen, deren Vergleich mit unterdevonischen Conodonten anderer Regionen stratigraphische Hilfe für die Einstufung des Marburger Profils leisten kann.

Die älteste Conodonten-Fauna (Tab. 1) stammt aus einer Kalklinse in tektonisch etwas beanspruchten Tonschiefern. Sie besteht aus wenigen Bruchstücken, von denen sich *Icriodus curvicauda* mit annähernder Sicherheit bestimmen läßt. Es läßt sich nicht ganz ausschließen, daß unter den Bruchstücken dieser Fauna auch *Icriodus* der *huddlei*-Gruppe vom Typ *celtibericus* CARLS & GANDL identifiziert werden kann.

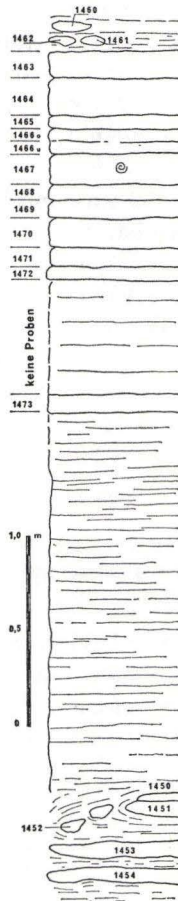


Abb. 4. Säulenprofil durch den Hercynkalk (zwischen Profilmeter 90 und 116). Zahlen: Conodontenproben. Fossilzeichen: Bank mit Uncinuliden.

Die Conodonten aus den jüngeren Proben des Marburger Profils sind im Durchschnitt viel reichhaltiger.

Mit der Fauna aus Probe 1471 tauchen zum ersten Male jüngere Arten auf. *Polygnathus* cf. *dehiscens* ist eine sehr primitive Form mit vorwiegend glatter Oberfläche und mit einer großen, sehr flachen, die ganze Unterseite einnehmenden Basalgrube. *I. bilatericrescens* dieser Probe enthält auch multicostate Formen. *Icriodus* n. sp. ist



eine Form, die von AL-RHAWI als *latus* bezeichnet werden wird. Diese sehr charakteristische Form hat Ähnlichkeit mit der von ZIEGLER (1956, Taf. 6 Fig. 1, 2) als *I. beckmanni* beschriebenen Form, ohne jedoch mit ihr übereinzustimmen. Es handelt sich dabei möglicherweise um einen Vorläufer.

In den höheren Proben verändert sich die Conodontenführung deutlich. *Polygnathus dehiscens* nimmt langsam an Zahl der Exemplare zu. *Spathognathodus steinhornensis miae* tritt zusammen mit *I. beckmanni* ab Probe 1463 auf. Die als *I. bilatericrescens* beschriebene Art enthält stets multicostate Formen. Diese multicostaten Formen wurden von CARLS & GANDL 1969 als eigene Unterart *I. bilatericrescens multicostatus* beschrieben. Der Holotypus von *I. bilatericrescens* ZIEGLER 1956 ist jedoch selber eine Form mit zahlreichen Knotenreihen, wie sie durchaus innerhalb der Variationsbreite von *I. bilatericrescens* auftreten.

Erwähnenswert ist in der Probe 1462 ein doppelreihiger *Spathognathodus*, der dem oberdevonischen *jugosus* sehr ähnlich ist.

Auffällig ist, daß im Marburger Profil *S. steinhornensis steinhornensis* nicht auftritt, daß nur wenige Vertreter von *S. steinhornensis miae* vorkommen und daß *Polygnathus foveolatus* erst im höheren Teil des Profils beobachtet wird.

Vergleich mit Conodontenfaunen aus anderen Hercynkalken:

- a) *Princeps*-Kalk vom Joachimskopf bei Zorge (Harz); Material Jahnke, top. Kte. 1:25000, Bl. 4329 Zorge, R 360386, H 572630:

Diese Probe wird mit *Nowakia acuaria* als Prag-Stufe datiert; sie führt

*Icriodus huddlei* KLAPPER & ZIEGLER 1967

*I. bilatericrescens* ZIEGLER 1956 (mit multicostaten Formen)

*P. dehiscens* PHILIP & JACKSON 1967

In dieser Fauna von etwa 300 Exemplaren werden *Spathognathodus steinhornensis miae* und *I. beckmanni* nicht beobachtet, was darauf hinweisen mag, daß es sich beim *Princeps*-Kalk des Joachimskopfes um ein Äquivalent des Anteils des Kalkes im Marburger Profil handelt, der zwischen den Proben 1471 und 1467 liegt.

- b) Vergleichsproben aus Marokko<sup>1</sup>. Die Probe 688-34-3 stammt aus dem Profil Bou-Tschera-Fine südlich Erfoud aus dem Niveau 4 mit *Anetoceras advolvens* (Vgl. H. HOLLARD 1967, Fig. 11). Sie wird als oberstes Pragium eingestuft und enthält neben *Nowakia acuaria* die folgenden Conodonten:

*Icriodus bilatericrescens* ZIEGLER 1959 (mit multicostaten Formen)

*I. beckmanni* ZIEGLER 1956

*I. beckmanni* n. subsp. (= der Form bei ZIEGLER 1956, Taf. 6 Fig. 1, 2)

*S. steinhornensis steinhornensis* ZIEGLER 1956

*I. beckmanni* n. subsp. ist eine Form, die sich möglicherweise aus *I. latus* entwickelt. Wegen des Auftretens von *S. steinhornensis steinhornensis* scheint diese

<sup>1</sup>) Diese Proben konnten durch das freundliche Entgegenkommen von Herrn H. HOLLARD auf einer Exkursion des International Committee on the Silurian-Devonian Boundary and Stratigraphy unter der Führung von Herrn HOLLARD 1971 gesammelt werden (leg. CARLS, JAHNKE & WALLISER). Wir möchten Herrn HOLLARD herzlich dafür danken.

Fauna jünger als die jüngste Fauna des Marburger Profils zu sein. Es handelt sich um die gleiche Fauna, die ZIEGLER 1956 aus dem Schönauer Kalk von der Typus-Lokalität im Kellerwald beschrieb, allerdings fehlen in der vorliegenden Fauna die Polygnathiden.

Die Probe 688-35-1 stammt aus dem Profil am Hamarlaghdad, direkt von der Basis des Zlichoviums und enthält zusammen in mehreren 100 Exemplaren:

*Icriodus bilatericrescens* ZIEGLER 1956, mit multicostaten Formen

*Icriodus beckmanni* ZIEGLER 1956

*Spathognathodus steinhornensis miae* BULTYNCK 1971

*Spathognathodus steinhornensis steinhornensis* ZIEGLER 1956

*Spathognathodus* n. sp. (schmale Basalgrube)

*Polygnathus dehiscens* PHILIP & JACKSON 1967

*P. foveolatus* PHILIP & JACKSON 1967

Diese Fauna entspricht der Conodonten-Fauna, die ZIEGLER (1956) aus dem Schönauer Kalk beschrieb mit der Ausnahme, daß unter den spathognathodiformen Elementen, die in ihrer großen Mehrzahl zu *Sp. st. steinhornensis* gehören, auch wenige Exemplare von *Sp. st. miae* auftreten.

In der Fauna des Schönauer Kalkes von Steinhorn tritt *steinhornensis miae* nicht auf; dagegen enthält die Fauna des Schönauer Kalkes westlich der Damm-Mühle bei Marburg (ZIEGLER 1956: 95-96, Nr. 4) ebenfalls einige Exemplare dieses Taxons.

## 5. Stratigraphische Auswertung der Conodonten-Abfolge

(Tab 1)

Vergleicht man die Conodonten-Verbreitung im Marburger Profil mit stratigraphisch bekannten Profilen aus Spanien und Marokko, so ergibt sich folgendes Bild über die vertikale Verbreitung der wichtigsten Conodontentaxa im Zeitabschnitt der Unterems-Stufe:

1. Mit dem Vorkommen von *I. curvicauda* ist ein wichtiger Zeitabschnitt markiert, der den ältesten Teil der Marburger Abfolge kennzeichnet.
2. Die nächstjüngere Zeitmarke ist das erste Auftreten von *I. bilatericrescens*, mit dem auch die ersten polygnathiden Elemente und *Icriodus* n. sp. (*latus*) erscheinen.
3. Die nächstjüngere Veränderung der Conodonten-Fauna ist mit dem Auftreten von *Icriodus beckmanni* gegeben, mit dem, wenn auch in wenigen Exemplaren, *Spathognathodus steinhornensis miae* auftritt. *P. foveolatus* ist hier zum ersten Mal deutlich von der Variationsbreite von *P. dehiscens* zu unterscheiden.
4. Nicht mehr angetroffen wird im Marburger Profil eine noch jüngere Fauna, die durch gehäuftes Auftreten von *Sp. st. steinhornensis* zusammen mit den Elementen der vorigen in (3.) charakterisierten Fauna gekennzeichnet ist.

Die *curvicauda*-Fauna ist von CARLS & GANDL (1969) aus den Santa-Cruz-Schichten in Aragón (Spanien) beschrieben worden. Sie ist nach CARLS & GANDL (1969, Tab. 1) oberhalb dem d3bδ nicht mehr anzutreffen und dürfte danach nicht jünger als älteres Unteremsium sein.

Tab. 1. Conodonten der Proben aus dem Hercynkalk-Profil  
Die Zahlen in ( ) bedeuten unterscheidbare Conodonten-Abschnitte

	(1)	(2)			(3)		
	1452	1471	1470	1468	1467	1463	1462
<i>Icriodus curvicauda</i> CARLS & GANDL 1969	+						
<i>Icriodus celtibericus</i> CARLS & GANDL 1969?	+						
<i>Icriodus huddlei huddlei</i> KLAPPER & ZIEGLER 1967		+	+	+	+	+	+
<i>Icriodus bilatericrescens</i> ZIEGLER 1956		+	+	+	+	+	+
<i>Icriodus</i> n. sp. ( <i>latus</i> nom. nud.)							
<i>Polygnathus dehiscens</i> PHILIP & JACK- SON 1967		cf.			+	+	+
<i>Polygnathus foveolatus</i> PHILIP & JACK- SON 1967						+	+
<i>Spathognathodus steinhornensis miae</i> BULTYNCK 1971						+	+
<i>Icriodus beckmanni</i> ZIEGLER 1956						+	+
<i>Spathognathodus</i> sp.							+
<i>Neopanderodus</i> sp.		+			+	+	+
<i>Belodella</i> sp.		+			+	+	+

Addendum während des Druckes (ZIEGLER):

Nach Einreichen des vorliegenden Manuskriptes wurden die Faunen der Tab. 1 mit meinem Freund GILBERT KLAPPER (Iowa City) während eines Besuches bei mir diskutiert. KLAPPER bereitet z. Z. zusammen mit seinem Schüler JOHNSON ein Manuskript über die hochunterdevonischen Polygnathiden von Nevada (Lone-Mountain-Abfolge) vor. Dabei werden die Polygnathiden, vorwiegend auf der Grundlage der Basalgruben-Entwicklung, revidiert. Das Ergebnis ist eine Abfolge der *Polygnathus*-Arten, die wie folgt aussieht (von unten nach oben):

*Polygnathus dehiscens* PHILIP & JACKSON  
*P. n. sp.* Z KLAPPER & JOHNSON  
*P. foveolatus* PHILIP & JACKSON s. s.  
*P. foveolatus* (späte Entwicklungsform)

Diese Abfolge ist charakterisiert durch eine zunehmende Verkleinerung der Basalgrube. Bei *P. dehiscens* (der ältesten Form) nimmt sie die ganze Unterfläche ein. Dann bildet sich am Hinterende der Unterfläche eine umgestülpte Partie heraus, die zunehmend auf Kosten der Basalgrube wächst. Bei der jüngsten Form (*P. foveolatus*, späte Entwicklungsform) ist die Basalgrube schon so stark reduziert, daß Ähnlichkeiten mit *P. linguiformis* auftreten.

Übertragen auf die Polygnathiden in Tab. 1 bedeutet das:

*P. cf. dehiscens* aus Probe 1471 ist wahrscheinlich eine juvenile Form von *Polygnathus n. sp.* Z KLAPPER & JOHNSON, *P. dehiscens* und *P. foveolatus* aus den Proben 1467, 1463 gehören zu *P. n. sp.* Z sensu KLAPPER & JOHNSON. In der Probe 1462 wird der Übergang zu *P. foveolatus* s. s. angedeutet.

Die von ZIEGLER (1956) aus dem Schönauer Kalk beschriebenen *Polygnathus linguiformis*-Formen repräsentieren den späten Entwicklungsstand von *P. foveolatus*.

Stratigraphisch läßt sich aus dieser Entwicklungsreihe ableiten, daß das Marburger Profil zwischen die Lebenszeiten von *P. dehiscens* s. s. und *P. foveolatus* s. s. einzuordnen ist.

Unsere nächstjüngere Fauna mit *Icriodus bilatericrescens* ist in Spanien (CARLS et al. 1972, Tab. 2) aus den Mariporas-Schichten bekannt. Sie beginnt dort etwa in Paket d4a $\beta$ . Der Nachweis von *Icriodus* n. sp. (*latus* nom. nud.) im Marburger Profil erlaubt eine genaue Parallelisierung mit dem oberen Abschnitt des d4a $\gamma$  in Aragón; denn auch dort treten beide Taxa zusammen auf.

Die Fauna mit *Sp. steinhornensis miae* zusammen mit *Icriodus beckmanni* ist aus Spanien nicht erwähnt, sie dürfte aber dort im Grenzbereich d4a $\gamma$ /d4b $\alpha$  zu suchen sein. Die unter (4.) charakterisierte Fauna ist im spanischen Profil vom höheren d4b $\alpha$  an zu erwarten (CARLS et al. 1971, Tab. 2). Diese Fauna, die ZIEGLER (1956) zum ersten Mal aus dem Schönauer Kalk des locus typicus beschrieben hatte (die Proben von 1956 entstammten beim Vergleich mit dem heute in größerer Mächtigkeit aufgeschlossenen Profil von dessen Basis, sie entsprechen Packen 1 und/oder 2 bei ALBERTI 1970, Abb. 1), kommt nach den Proben aus Marokko schon im höchsten Pragium vor, ist aber im wesentlichen unverändert auch im basalen Zlichovium noch anzutreffen.

Das bedeutet, daß der *Princeps*-Kalk im Marburger Profil nach dem Conodonten-Vergleich ganz in das Pragium gehört, was nach dem Auffinden von *Nowakia acuaria* in Probe 1463 schon zu erwarten war. Das bedeutet aber auch, daß *S. steinhornensis steinhornensis*, in Spanien erstmals ab dem hohen d4b $\alpha$  bekannt, schon vor dem Auftreten von *Nowakia barandei* beobachtet wird (vgl. im Gegensatz dazu in CARLS et al. 1972: 140).

Weitere Untersuchungen über die Conodonten-Abfolge des Schönauer Kalkes, die begonnen sind, sollten Aufschluß darüber geben, ob die Basis der am locus typicus erschlossenen Abfolge in das tiefe Zlichovium oder möglicherweise noch in das Pragium gehört.

## 6. Das Tuffit-Konglomerat

### 6.1. Gefügeeigenschaften

Die einzelnen Bänke des Tuffit-Konglomerates sind nicht gradiert. Die Korngrößen sind in der Bank gleichmäßig verteilt. Die einzelnen Bänke unterscheiden sich deutlich durch die obere Korngröße der größten Gerölle.

Einige Bänke zeigen mehr oder weniger deutlich längsorientierte Gerölle mit dachziegelartiger Lagerung. Die Auswertung ergab eine Strömungsrichtung von WSW bzw. WNW. Die paläogeographische Ausdeutung dieses Befundes ist nicht eindeutig, da nicht sicher gesagt werden kann, ob das Tuffit-Konglomerat als Strandkonglomerat in situ sedimentiert wurde – für diesen Fall wäre die Ausrichtung der Gerölle küstenparallel mit seewärtiger Neigung zu interpretieren oder ob das Konglomerat erst nach einem Transport abgelagert wurde.

### 6.2. Gerölmorphometrie (Abb. 5)

Die Gerölle des Tuffit-Konglomerates zeigen in der Regel Lösungsnischen. Diese sekundär durch Drucklösung entstandenen Vertiefungen in der Gerölloberfläche wurden bei der Bestimmung des Abrollungsgrades nicht mit berücksichtigt. Die

gerölmorphometrische Vermessung wurde nach der von LÜTTIG (1956) beschriebenen Methode durchgeführt. Dazu wurden ca. 300 herausgewitterte Gerölle aus dem grobkonglomeratischen Bereich des Tuffit-Konglomerats verwandt. Die Korngröße dieser Gerölle entspricht überwiegend der Grob-Mittelkies-Fraktion (63–20 mm) und Feinkies-Fraktion (20–6,3 mm). Das größte beobachtete Geröll hatte einen Durchmesser von 1 m.

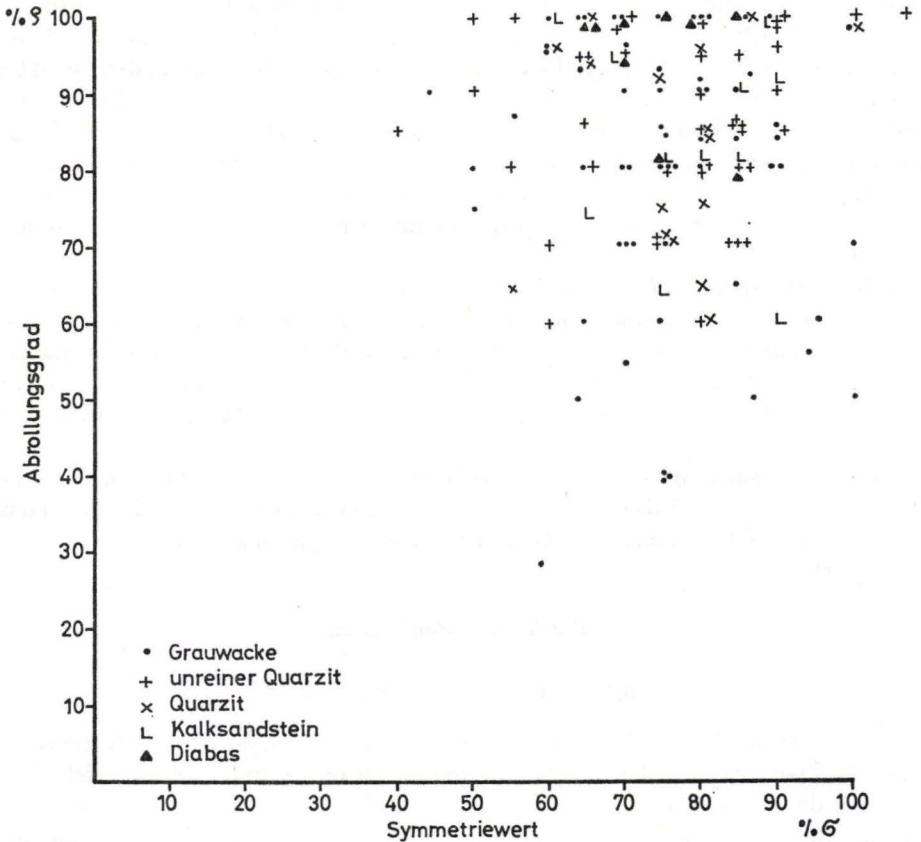


Abb. 5. Beziehung Abrollungsgrad  $\varrho$ /Symmetriewert  $\sigma$  bei Geröllen des Tuffit-Konglomerats.

In der Fraktion größer als 63 mm wurden folgende durchschnittlichen gerölmorphometrischen Indizes bestimmt:

$\pi$ : 50%

$\varrho$ : 82%

$\sigma$ : 79%

In der Fraktion 63–20 mm:  $\pi$ : 50%

$\varrho$ : 82%

$\sigma$ : 76%

In der Fraktion 20–6,3 mm:  $\pi$ : 51%

$\varrho$ : 88%

$\sigma$ : 70%

Die morphometrische Charakteristik der verschiedenen Fraktionen ist danach nahezu identisch. Ebenfalls nahezu identisch ist die Streuung und der Mittelwert, wenn man die Auswertung getrennt nach Fraktionen durchführt. Nur leichte Verschiebungen ergeben sich, wenn man die Auswertung getrennt nach den Geröll-Komponenten betrachtet. Besonders die angenähert isotrop reagierenden Lydite und Quarzite zeichnen sich durch einen hohen Abrollungsgrad und geringe Abplattung aus (Abb. 5). Ein Transport in einem größeren fließenden Gewässer ist unwahrscheinlich, dafür spricht auch die relativ geringe Abplattung wie aus den Werten von  $\sigma$  ersichtlich ist. Nach dem Abplattungsindex und dem Symmetrieindex liegt der Schluß auf den marinen Brandungsbereich nahe (vgl. auch SAMES 1966, Fig. 15, 16). Der geringe Wert für den Abrollungsgrad spricht für eine längere Aufbereitung der Gerölle im turbulenten Wasser der Küste.

### 6.3. Stoffbestand

(Abb. 6 und Taf. 1)

Anschließend an die gerölmorphometrische Analyse wurde am gleichen Material eine Geröllzählung durchgeführt. Eine sichere petrographische Ansprache ist durch die intensive permische Rötung der Gesteine manchmal schwierig und nur in Verbindung mit Dünnschliffen möglich.

In der Darstellung der Geröllkomponenten in Abb. 6 ist der Anteil der albitreichen Diabase sicher unterrepräsentiert, das geht aus dem Vergleich mit den Anschliffen und Dünnschliffen hervor. Der Grund dafür liegt darin, daß viele Diabasgerölle beim Herauswittern sofort zerfallen und deshalb nicht zu erfassen waren. Der Diabas zeigt im Schliffbild hinsichtlich der Korngröße grob- und feinkörnige Varietäten. Das Gefüge ist typisch intersertal. Die Matrix des Tuffit-Konglomerats ist hämatitreich und besteht aus kleinen Gesteinsgeröllen, gerundeten Quarzkörnern und zu einem erheblichen Prozentsatz aus z. T. gerundeten albitreichen Plagioklasleisten. Die Plagioklasleisten erreichen in der Matrix eine Länge bis ca. 5 mm. Die Frage, ob es sich bei dem Konglomerat tatsächlich um ein Konglomerat mit einer tuffitischen Matrix handelt, ist bisher nicht mit Sicherheit zu beantworten, weil der sichere Nachweis von Glas in der Matrix nicht erbracht werden konnte. Immerhin nehmen die Herren KORITNIG, PORADA und SCHMIDT, denen Schliffe zur Begutachtung vorgelegt wurden, an, daß es sich bei bräunlichen, zersetzten Partikeln um Glas handeln könnte. Die Deutung der Matrix des Konglomerats als Tuffit und damit der Schluß auf einen gleichalten Diabas-Vulkanismus halten wir für wahrscheinlich. Lehnt man diese Deutung ab, so muß man annehmen, daß ältere Diabase im Küstenbereich erodiert und aufgearbeitet wurden, wobei die Feldspatleisten isoliert wurden. Hinweise für unterdevonischen Diabas-Vulkanismus gibt es auch im Unterwerra-Sattel. Dort konnte durch WITTIG (1968: 36) ein effusiver Diabas mit *Spathognathodus steinhornensis steinhornensis* aus kalkigen Zwischenlagen datiert werden.

### 6.4. Fauna

In der Matrix des Tuffit-Konglomerats finden sich folgende Fossilien: Rugose Korallen (vermutlich die gleichen Taxa wie in der Erbslochgrauwacke des Keller-

waldes), Bryozoen, Crinoiden-Stielglieder und Schalenfragmente dickschaliger Braachiopoden. Ein Fragment konnte als *Acrospirifer fallax* (GIEBEL 1858) bestimmt werden. Damit läßt sich das Tuffit-Konglomerat als Unterems-Stufe datieren.

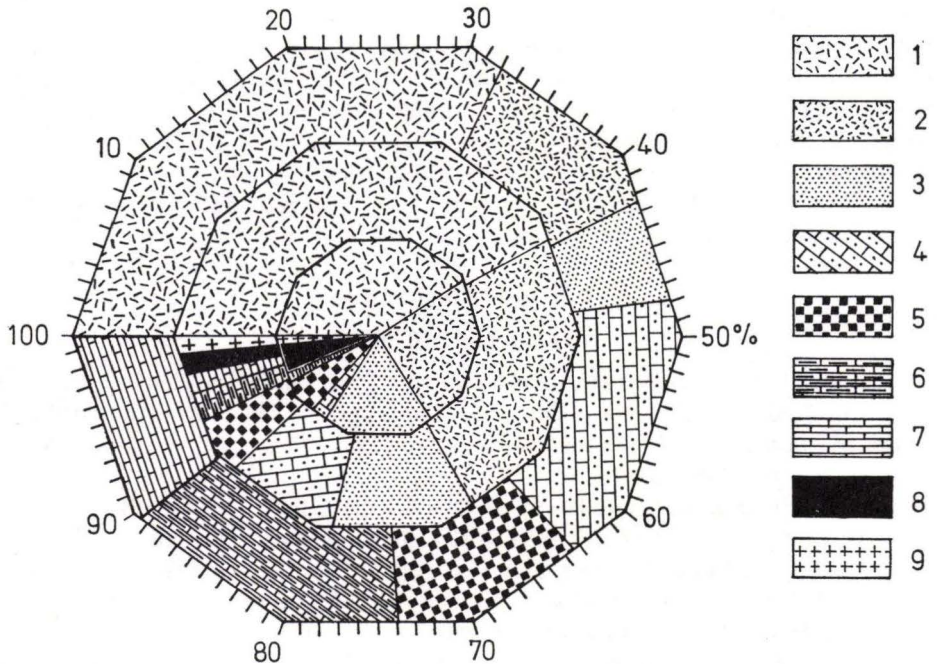


Abb. 6. Geröllkomponenten des Konglomerats mit tuffitischer Matrix.

Außen: Fraktion > 63 mm, 20 Gerölle;

Mitte: Fraktion 63–20 mm, 130 Gerölle;

Innen: Fraktion 20–6,3 mm, 70 Gerölle.

1. Grauwacke, 2. unreiner Quarzit, 3. relativ reiner Quarzit, 4. Kalksandstein, 5. albitreicher Diabas, 6. kalkiger Tonstein, 7. Hercyn-Kalk, 8. Lydit, 9. sonstiges

#### Fossilführende Gerölle:

In einigen kalkigen Geröllen fanden sich Fossilien, z. B. in einem rotbraunen, kalkigen Tonstein neben Orthoceren, Conularien und Lamellibranchiaten u. a. *Cardiola bohémica* BARRANDE 1881. Die Bestimmung dieser Art ist, wie KEGEL (1953) betont, anhand der charakteristischen Schalenornamentierung noch an Bruchstücken sicher möglich, so daß wir bei dem einzigen uns vorliegenden Exemplar sicher sind. *Cardiola bohémica* ist im Barrandium auf die Přidoli-Schichten ( $e\beta_2$ ) beschränkt (HAVLIČEK, HÓRNY, CHLUPÁČ & SNAJDR 1958). In der Lindener Mark bei Gießen ist sie ebenfalls aus dem  $e\beta_2$  mit *Monograptus transgrediens* bekannt (KEGEL 1953, JAEGER 1963). Das gleiche gilt für die Unteren Steinhornschichten des Kellerwaldes (JAEGER 1963: 121). Ebenfalls auf das  $e\beta_2$  beschränkt ist *Cardiola bohémica* in den Karnischen Alpen (HERTSCH 1930). Somit dürfte auch hier  $e\beta_2$ , also allerhöchstes Silur im Sinn der *uniformis*-Grenze, nachgewiesen sein.

Von den ca. 20 auf ihre Fauna hin untersuchten Kalkgeröllen konnten 10 mit Tentaculiten und Conodonten als oberste Lochkov-Stufe und Prag-Stufe datiert werden. Die reiche, silifizierte Fauna dieser Gerölle wurde bereits von GROOS-UFFENORDE & JAHNKE (1973) veröffentlicht.

## 6.5. Lithogenese und Paläogeographie

(Abb. 7)

Die geröllumorphometrische Analyse und die Fauna der Matrix sprechen für ein Bildungsmilieu des Konglomerats im Strandbereich. Die Korngrößenanalyse, durchgeführt mit dem Teilchengrößen-Analysator an Anschliffen, ergab eine recht breite Streuung der Korngrößen und Verteilung entsprechend der Gauß'schen Normalverteilung mit Maxima um 1,5–3,5 mm Durchmesser.

Da Gradierung und weitere Hinweise auf einen Transport durch einen Trübestrom (turbidity current) fehlen, ein breites Korngrößenspektrum und eine maximale Geröllgröße von ca. 1 m (Diabas Geröll) beobachtet werden, möchten wir auf eine Sedimentation des Konglomerats ohne nennenswerte Transportweite schließen.

Problematisch bleibt die Herkunft der beobachteten Sedimentgerölle. Nach der Häufigkeit und der geröllumorphometrischen Charakteristik sollte man weiten Transport ausschließen können. Die Kalkgerölle mit *Cardiola bohemica* entsprechen in Sediment und Fauna den bekannten Vorkommen von  $e\beta_2$  von Gießen und dem Kellerwald (KEGEL 1953, JAEGER 1963: 120).

Die unterdevonischen Hercynkalk-Gerölle sind sicher kurz nach ihrer Ablagerung bereits aufgearbeitet worden, so daß man die Zeit der relativen Hebung der betreffenden Gesteine in das Erosionsniveau und der Geröllbildung umreißen kann: Dieses Ereignis muß vor dem Oberems und nach bzw. gerade noch in der Zeit von *Icriodus huddlei curvicauda* passiert sein, also irgendwann im Unterems. Wir denken dabei nicht an Krustenbewegungen größeren Ausmaßes, vielmehr scheint es sich um lokale Bewegungen zu handeln, möglicherweise im Zusammenhang mit dem Vulkanismus.

Über Herkunft und Alter der Grauwacken-, Quarzit- und Lydit-Gerölle können nur Vermutungen geäußert werden. Schließt man einen längeren Transport für diese Gesteine aus, wofür vieles spricht, und will man die Grauwacken nicht von ähnlichen glimmerreichen Grauwacken des Marburger Hinterlandes, die in das Unterems eingestuft werden (det. SOLLE 1953), herleiten, so bleibt nur die Möglichkeit, auf silurische oder ältere paläozoische Sedimente zu schließen. Sedimente der Gedinne- oder Siegen-Stufe kommen nicht in Betracht, da sie hier wie im Kellerwald und bei Gießen in anderer Fazies, nämlich als geringmächtige Tonschiefer, z. T. mit Kieselgallen, entwickelt sein dürften. Man kann an die zu der Zeit noch nicht von ihren paläozoischen, nicht-metamorphen Deckschichten entblößte Mitteldeutsche Schwelle denken. Auffällig ist dabei das bis auf zwei Ausnahmen völlige Fehlen von metamorphen oder magmatischen Tiefengesteinen oder von vorher tektonisch geprägten Gesteinen im Geröllspektrum, eine Beobachtung, die im Einklang steht mit dem erstmals im Unterkarbon häufig beobachteten Granat-Gehalt der Grauwacken, die von der Mitteldeutschen Schwelle abzuleiten sind. Erst damit ist der Nachweis auf kristalline Gesteine im Liefergebiet erbracht (vgl. HENNINGSEN 1966, 1970).



Ein Vergleich mit bekannten Geröllhorizonten in ähnlicher stratigraphischer und regionaler Position am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges und im Harz drängt sich auf. So sind aus der Erbslochgrauwacke des Kellerwaldes Geröllhorizonte bekannt mit einem sehr ähnlichen Geröllspektrum (Quarzit, Lydit, Diabas, Hercyn-

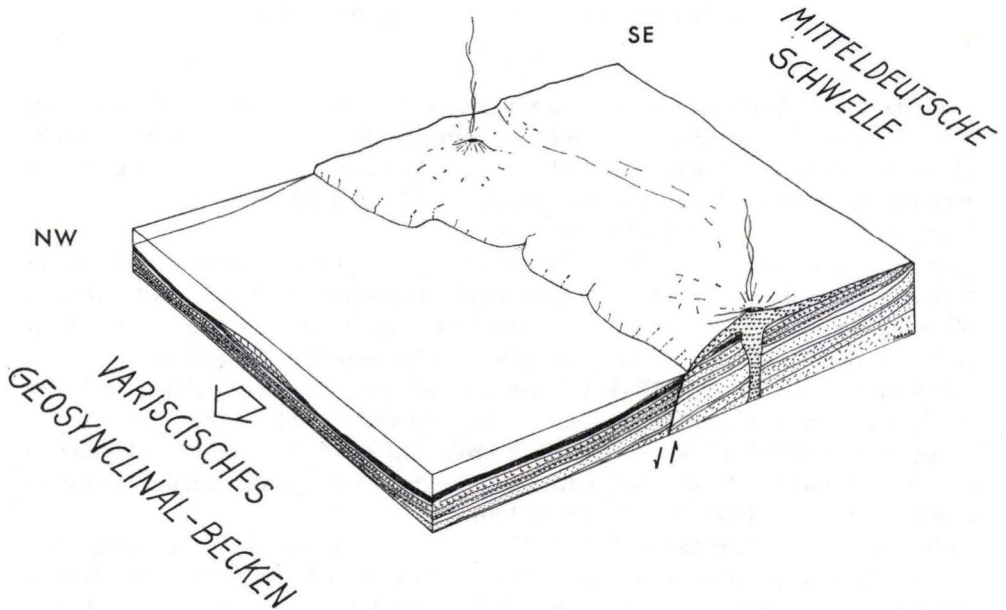


Abb. 7. Schematische Interpretation der Situation zur Zeit der Entstehung des Tuffit-Konglomerats der Unterems-Stufe bei Marburg.

An einer durch frische Hebungs-Vorgänge entstandenen Steilküste sind ältere und wenig vorher abgelagerte Gesteine in das Erosionsniveau gelangt und werden als Strandkonglomerat sedimentiert. Diese Gesteine sind tektonisch nicht vorbeanspruch. Ein gleichalter Diabas-Vulkanismus liefert grob- und feinkörnige Effusiva bzw. Subeffusiva, die ebenfalls im Strandbereich aufgearbeitet werden. Vulkanische Förderprodukte gelangen als Tuffit-Bestandteil in das Sediment.

Nahezu gleichzeitig abgelagerte marine Sedimente sind Tonschiefer mit Kieselgallen in Beckenfazies und organodetrische Kalke in Schwellen-Bereichen („Hercynkalk“).

kalk). Geröllform, Serpelpbewuchs auf den Geröllern und die Fauna der Matrix sprechen ebenfalls für eine Entstehung der Gerölle im Strandbereich (JAHNKE 1971: 9–10). Schliffuntersuchungen der Erbslochgrauwacke ergaben vereinzelt Glaspartikel (freundl. mündl. Mitt. von Herrn Prof. HENNINGSSEN). Das beweist einen tuffitischen Anteil. Aus den annähernd gleichalten Michelbacher Schichten ist ein ähnlicher Geröllhorizont bekannt (STOPPEL 1961: 24), aber bisher nicht näher untersucht.

Aus dem Unterdevon des Harzes an den Flanken der Unterharzer Silur-Vorkommen sind entsprechende Geröllhorizonte zusammenfassend von RUCHHOLZ (1964) beschrieben worden. Nach den Angaben aus der Literatur ist das Geröllspektrum oft

auffallend dem beschriebenen Marburger Tuffitkonglomerat ähnlich, ebenfalls ähnlich ist vielfach die Form der Gerölle. Dagegen fehlt bisher aus dem Harz der Hinweis auf einen tuffitischen Anteil in der Matrix der Geröllhorizonte.

Auf die Vorkommen solcher Geröllhorizonte, ihre oft komplizierten Lagerungsverhältnisse und z. T. unklaren Datierungen kann hier nicht eingegangen werden. Es wird auf die Arbeiten von H. ALBERTI (1968), BODE (1923), DAHLGRÜN (1925), LÜTKE (1968), RUCHHOLZ (1954, 1957, 1964) und SCHRIEL (1925) verwiesen. Wichtig ist jedoch, daß viele der dem Oberems zugerechneten Geröllhorizonte, bei denen die Fauna auf die Zlichov-Stufe zu beziehen ist, nun entsprechend den Ergebnissen von CARLS et al. (1972) in das Unterems eingestuft werden müssen.

Aber auch für Vorkommen, die nach der rheinischen Fauna in das Oberems eingestuft wurden, sind Zweifel angebracht. So sind die bei RUCHHOLZ (1955: 335) in der Faunenliste des Quarzitkonglomerates von Trautenstein mit Stern versehenen Formen keine Leitformen der Oberems-Stufe, sondern ebenfalls schon aus dem Unterems bekannt. Danach muß eine genaue zeitliche Einstufung dieses von RUCHHOLZ als Küstenkonglomerat gedeuteten Geröllhorizontes vorerst offen bleiben.

Festzuhalten bleibt, daß sich die Vorkommen von stratigraphisch und genetisch vergleichbaren Geröllhorizonten im Harz, Kellerwald und bei Marburg am SE-Rand des Rheinischen Schiefergebirges paläogeographisch etwa dort befinden, wo die nordwestlichsten Ausläufer von hercynischem Unterdevon anzutreffen sind. Nach NW folgen mächtige, rheinische, grobklastische Sedimente. Diese Linie markiert die Grenze zwischen dem stabilen und mobilen Schelf der varistischen Geosynklinae.

## **7. Bemerkungen zur Parallelisierung zwischen den rheinischen und böhmischen Schichtenfolgen im höheren Unterdevon**

(Tab. 2)

Wichtig für die biostratigraphische Parallelisierung unterschiedlicher Faziesgebiete sind einerseits Profile, die einen Faziesübergang der beiden Extreme oder auch einen möglichst wiederholten vertikalen Wechsel der verschiedenen Fazies enthalten, andererseits kann die biostratigraphische Aussage von relativ euryöken, „faziesbrechenden“, d. h. in den extremen Fazies zugleich vorkommenden Fossilien bedeutend sein. Diese Voraussetzungen spielten bei den Fortschritten hinsichtlich der Parallelisierung zwischen den rheinischen und böhmischen Schichtenfolgen im Unterdevon eine entscheidende Rolle. Bei der Frage der Parallelisierung der Lochkov-Prag-/Zlichov-Stufe, den Daleje-Schiefen und dem Třebotov-Kalk und ihrer Fazies-Äquivalente ist man in den letzten Jahren vor allem durch die Auswertung der Profile in den keltiberischen Ketten (CARLS & GANDL 1969 und CARLS, GANDL, GROOS-UFFENORDE, JAHNKE & WALLISER 1972) und der Guadarrama (CARLS 1969) entscheidend weitergekommen.

Einerseits ist durch diese Arbeiten die Ems/Eifel-Grenze in die Nähe der Grenze Třebotov/Choteč-Kalk gerückt, andererseits ist die Grenze Unter-/Oberems recht genau mit der Grenze Zlichov/Daleje parallelisiert worden.

Tab. 2. Stratigraphisches Schema. Parallelisierung z. T. nach CARLS (1969) und CARLS, GANDL, GROOS-UFFENORDE, JAHNKE & WALLISER (1972) unter Verwendung von Ergebnissen von JAEGER (1963).

Internationale Zeiteinheiten	Ost-Rand Rheinisches Schiefergebirge, Marburger Profil	Böhmen
OBER-EMS-STUFE	Tonschiefer mit Kieselgallen	Daleje-Schiefer
UNTER-EMS-STUFE		Zlichov-Kalk
SIEGEN-STUFE		Prag-Stufe
GEDINNE-STUFE		Lochkov-Stufe
SILUR		e $\beta$ <sub>2</sub> Budnany-Stufe
		e $\beta$ <sub>1</sub>

Problematisch, vor allem wegen der Unsicherheiten des rheinischen Bezugsprofils ist die Parallelisierung der Gedinne/Siegen-Grenze mit dem böhmischen Profil. CARLS & GANDL (1969) und CARLS (1969) führen aus den jeweils unteren Lagen des Tentaculitenkalkes (Transgressionshorizont) Oberfrankens und dem Tentaculiten-Knollenkalk Ost-Thüringens Conodonten an, die im spanischen Profil als *tiro*-Zone des Untergedinne zu datieren sind. Da der Tentaculiten-Knollenkalk und der Tentaculitenkalk im allerhöchsten Lochkovium einsetzen, würde daraus folgen, daß die Gedinne-Stufe sicher bis in die Prag-Stufe hineinreicht. Unklar ist auch, wo die Grenze Siegen/Ems im böhmischen Profil zu suchen ist.

Bei dieser Frage kann das Marburger Profil Argumente liefern. Denn die Abfolge im Profil belegt, daß über einer rheinischen Unterems-Fauna Hercynkalke der Prag-Stufe folgen. Leider kann man bisher innerhalb der Prag-Stufe mit Tentaculiten nicht differenzieren. Man kann deshalb aus diesem Befund nur schließen, daß die Unterems-Stufe an einem bisher nicht genauer zu bezeichnenden Niveau im Pragmaum beginnt, jedoch sicher nicht im tiefen Pragmaum, wenn man berücksichtigt, daß die Prag-Stufe einen Teil der Gedinne-Stufe und die gesamte Siegen-Stufe enthält.

## 8. Zusammenfassung

Ein bei Straßenerweiterungen neu erschlossenes Profil durch das Unterdevon westlich von Marburg enthält eine rheinische Kalkgrauwacke des Unteremsiums und Hercynkalke, die in das Pragmaum gestellt werden. Die Kalke lieferten eine Conodonten-Abfolge. Das Profil hilft somit bei der Korrelation der rheinischen und herczynischen Abfolgen.

Auf der Grundlage intensiver mega- und mikropaläontologischer Untersuchungen wird gezeigt, daß das Unteremsium nicht nur das gesamte Zlichovium enthält, sondern auch in einem bisher nicht genauer zu bestimmenden Niveau im Pragium beginnt.

Das Profil enthält auch ein Konglomerat mit tuffitischer Matrix, das ebenfalls in das Unteremsium gehört und als Strandkonglomerat gedeutet wird. Kalkgerölle dieses Konglomerates haben aufgrund ihrer Fossilien Pragium-, Oberlochkovium- und  $e\beta_2$ -Alter. Quarzit-, Lydit- und Grauwackengerölle sind wahrscheinlich noch älter. Beziehungen zwischen diesem Konglomerat und ähnlichen alten Geröllhorizonten im Kellerwald und im Harz werden diskutiert.

Die tuffitische Matrix des Konglomerates enthält große albitreiche Plagioklase mit zersetzten, ehemals anorthitreichen Kernen. Diese Plagioklase haben die gleiche Zusammensetzung wie die Plagioklase der im Konglomerat häufig vorkommenden Eruptiva-Gerölle. Kalifeldspäte sind weder in der Konglomerat-Matrix noch in den Eruptiva-Geröllen zu beobachten.

### Summary

An outcrop of Lower Devonian strata recently uncovered in a road-cut near the Damm-Mühle, 3 km west of Marburg, exposes a Lower Emsian calcareous graywacke of rhenish facies origin, and sparitic limestones of hercynian facies origin dated as Pragian. The latter yielded a conodont succession. The section therefore aids in correlating between the rhenish and hercynian chronologies.

On the basis of paleontological and stratigraphical studies, the section shows that the Lower Emsian comprises the Zlichovian and starts within the Pragian at a level which could not precisely be determined.

A conglomerate with a tuffitic matrix, also of Lower Emsian age, is assumed to be of nearshore origin. Limestone pebbles of this conglomerate are of Pragian, uppermost Lochkovian and  $e\beta_2$  age according to their fossils. Pebbles of quartzite, lydite and graywacke are probably older than these limestone pebbles. The relationship of this conglomerate with pebble-horizons of similar age in the Kellerwald and Harz Mts. is discussed.

The tuffitic matrix of the conglomerate contains large albite-rich plagioklase with decomposed nuclei originally rich in anorthite. They are obviously the same as the plagioklase in the pebbles consisting of igneous rocks. Potassium feldspars have not been observed either in the tuffitic matrix or in the pebbles of igneous rocks.

### 9. Schriftenverzeichnis

- ALBERTI, G. K. B. (1970): Tentaculiten (Norvakiidae) aus dem Schönauer Kalk (Unter-Devon, Kellerwald). — *Senckenbergiana lethaea*, **51**, (2/3): 201–209; Frankfurt a. M.
- AL-RAWI, D. (1971): Biostratigraphische Gliederung der Tentaculiten-Schichten des Frankenwaldes mit Conodonten und Tentaculiten. — Diss. Univ. Würzburg, 117 S.; Würzburg.
- BRINKMANN, R. (1948): Die Mitteldeutsche Schwelle. — *Geol. Rdsch.*, **36**: 56–66; Stuttgart.

- CARLS, P. (1969): Die Conodonten des tieferen Unter-Devons der Guadarrama (Mittel-Spanien) und die Stellung des Grenzbereiches Lochkovium/Pragium nach der rheinischen Gliederung. — *Senckenbergiana lethaea* **50**, (4): 303—355; Frankfurt a. M.
- & GANDL, J. (1969): Stratigraphie und Conodonten des Unter-Devons der östlichen Iberischen Ketten (NE-Spanien). — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **132**: 155—218, 3 Fig., 1 Tab., 6 Taf.; Stuttgart.
- —, GROOS-UFFENORDE, H., JAHNKE, H., & WALLISER, O. H. (1972): Neue Daten zur Grenze Unter-/Mittel-Devon. — *Newsl. Stratigr.*, **2**, (3): 115—147, 7 Fig.; Leiden.
- GROOS-UFFENORDE, H. & JAHNKE, H. (1973): Die Fauna der Kalkgerölle aus dem unterdevonischen Konglomerat bei Marburg. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **101**: 80—98, 4 Abb., 1 Tab., Taf. 7—11; Wiesbaden.
- HAVLIČEK, V., HORNÝ, R., CHLUPAČ, J., SNAJDR, M. (1958): Führer zu den geologischen Exkursionen in das Barrandeum. — 169 S., 5 Abb., 16 Taf.; Prag.
- HENNINGSEN, D.: (1966): Die paläozoischen Grauwacken bei Gießen und ihre Fortsetzung unter der südlichen Hessischen Senke. — *Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilkde. Gießen, N.F., naturwiss. Abt.*, **34**, (1—2): 19—31; Gießen.
- (1970): Paläogeographische Probleme der Mitteldeutschen Schwelle. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **121**: 143—150, 2 Abb.; Hannover.
- HERRMANN, F. (1914): Das hercynische Unter-Devon bei Marburg a. d. Lahn. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1912*, **33**, 1: 305—395, Taf., 18—23; Berlin.
- HOLLARD, H. (1967): Le Dévonien du Maroc et du Sahara nord — occidental. — *Intern. Symp. Dev. Syst. Calgary*: 203—244, 16 Fig.; Calgary.
- HURTIG, E. (1958): Die Fauna der Grenzschiefer Silur-Devon im Benneckensteiner Sattel (Unterharz). — *Unveröff. Dipl.-Arb.*; Greifswald.
- JAEGER, H. (1962): Das Silur (Gotlandium) in Thüringen und am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges (Kellerwald, Marburg, Gießen). — 2. Internat. Arb.-Tag. über die Silur/Devon-Grenze, Bonn, Bruxelles, 1960: 108—135, 2 Tab.; Stuttgart.
- JAHNKE, H. (1971): Fauna und Alter der Erbslochgrauwacke (Brachiopoden und Trilobiten, Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge und Harz). — *Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, **9**, 105 S., 50 Abb., 11 Taf.; Göttingen.
- KAYSER, E. (1915): Blatt Niederwalgern. — *Erl. Geol. Kte. Preussen u. benachb. B. — St., Lfg.* **212**, 60 S.; Berlin.
- KEGEL, W. (1953): Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **7**: 1—55, 3 Abb., 3 Taf.; Wiesbaden.
- KLAPPER, G. & ZIEGLER, W. (1967): Evolutionary development of the *Icriodus lateri-crescens* group (Conodonta) in the Devonian of Europe and North America. — *Paläontographica*, **A**, **127**: 68—83, 2 Fig., 4 Taf.; Stuttgart.
- LÜTKE, F. (1968): Die Geologie der westlichen Harzgeröder Zone im Überblick (Silur und Devon; Harz). — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1968, 8: 409—475; Stuttgart.
- LÜTTIG, G. (1956): Eine neue einfache Geröllmorphometrische Methode. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **7**: 13—20; Öhringen.
- MARONDE, H. D. (1968): Geologische Untersuchungen im Grenzbereich Silur-Devon des Südwest-Harzes. — *Geol. Jb.*, **86**: 113—172, 6 Abb., 4 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- RUCHHOLZ, K. (1955): Über Gerölluntersuchungen im Devon des Unterharzes. — *Wiss. Zeitschr. Univers. Greifswald Jg. IV, 1954/55, math. naturwiss. Reihe, Nr. 3/4*: 335—337; Greifswald.
- (1957): Zur stratigraphischen Stellung und Genese des Konglomerates südwestlich Trautenstein (Harz). — *Ber. geol. Ges. DDR.*, **2**, 4: 269—276, 1 Abb.; Berlin.
- (1964): Stratigraphie und Fazies des Devons der mittleren Harzgeröder Faltenzone im Unterharz und westlich Wernigerode. — *Geol. Bh.*, **41**: 1—119, 40 Abb., 5 Taf.; Berlin.
- SAMES, C. W. (1966): Morphometric data of some recent pebble associations and their application to ancient deposits. — *J. Sed. Petrol.*, **36**: 126—142.
- SCHRIEL, W. (1925): Transgressionen und Gebirgsbildungen im Alt-Paläozoikum des südlichen Mittelharzes. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, **45**: 200—248, 12 Abb.; Berlin.

- WITTIG, R. (1968): Stratigraphie und Tektonik des gefalteten Paläozoikums im Unterra-Sattel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 31–67, 6 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- ZIEGLER, W. (1956): Unterdevonische Conodonten, insbesondere aus dem Schönauer und Zоргensis-Kalk. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**: 93–106, Taf., 6–7; Wiesbaden.
- (1957): Das Marburger Gotlandium. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 67 bis 74; Wiesbaden.
- (1958): Ein Devon-Karbonprofil westlich von Marburg/Lahn. Stratigraphie und Tektonik. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 119–132, 4 Abb.; Wiesbaden.
- (1971): Conodont Stratigraphy of the European Devonian. — Geol. Soc. Amer. Mem., **127**: 227–284, 3 Fig., 6 Tab.; Boulder.

Manuskript eingegangen am 7. 11. 1973

## Tiefoberdevonische Grauwacken unter der Hessischen Senke

Von

REINHOLD WITTIG, Göttingen \*

Mit 3 Abbildungen

### Inhalt

1. Einleitung	46
2. Vorkommen von Adorf-Grauwacken	47
2.1. Unterwerra-Sattel	47
2.2. Südlicher Kellerwald	49
2.3. Nördliche Umgebung von Gießen	51
2.4. Der Grauwacken-Aufbruch W Baumbach/Fulda	51
2.5. Die Grauwacken von Ruhlkirchen	52
2.6. Bohrungen	52
3. Verbreitung und Zusammenhang der Adorf-Grauwacken	52
4. Paläogeographie	53
5. Zusammenfassung, Summary	55
6. Schriftenverzeichnis	56

### I. Einleitung

In den letzten Jahren sind Grauwacken des tiefen Oberdevons von verschiedenen Lokalitäten bekannt geworden. Die meist kleinen und isolierten Verbreitungsgebiete liegen in oder am Rande der Hessischen Senke. Aus dem Rheinischen Schiefergebirge sind bis auf ganz im Osten gelegene Vorkommen keine Adorf-Grauwacken beschrieben worden und auch im Harz gibt es nach dem heutigen Kenntnisstand keine Grauwacken im tiefen Oberdevon.

Grauwacken sind im Allgemeinen keine lokalen, eng begrenzten Bildungen, sondern nehmen meist größere Areale ein. Die jüngeren Grauwacken des Oberdevons und Unterkarbons im Harz und im Ostteil des Rheinischen Schiefergebirges sind als markante Gesteinseinheiten über weite Strecken im Streichen des varistischen Gebirges zu verfolgen. Der Zusammenhang der beiden Gebirgstteile unter dem Deckgebirge wird durch diese Zonen grobklastischer Gesteine besonders deutlich.

Aus der heutigen Verbreitung der einzelnen Grauwacken-Einheiten kann auf die Größe und Form der ehemaligen Sedimentationsräume geschlossen werden: Die Grauwacken sammelten sich in relativ schmalen, langgestreckten Becken, deren Längsachsen in SW-NE-Richtung verliefen.

\*) Dr. R. WITTIG, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, 34 Göttingen, Berliner Str. 28.

Diese Grauwackentröge waren zu verschiedenen Zeiten einem südöstlich gelegenen Hochgebiet, der Mitteldeutschen Kristallinschwelle, randlich in der Weise vorgelagert, daß die jeweils jüngeren im gleichen Maße weiter nach NW vorrückten wie die Hebung im Schwellengebiet sich ausbreitete.

Für die Adorf-Grauwacken ergibt sich daraus die Frage, ob die weit verstreut liegenden Einzelaufschlüsse Hinweise auf ein gemeinsames, zusammenhängendes Sedimentationsbecken geben, und wenn ja, wie sich dieses in das paläogeographische Bild des Nordrandes der Mitteldeutschen Kristallinschwelle einfügt.

Für Exkursionsführungen danke ich Herrn Prof. Dr. D. HENNINGSEN (Adorf-Grauwacken im Gießener Gebiet) und Herrn Dr. J. PAUL (Adorf-Grauwacken im südlichen Kellerwald) vielmals. Für anregende Diskussionen bin ich den Herren Prof. Dr. D. MEISCHNER und Prof. Dr. W. PLESSMANN zu Dank verpflichtet.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für einen Reisekosten-Zuschuß im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 48.

## 2. Vorkommen von Adorf-Grauwacken

Im Folgenden werden in der Reihenfolge ihrer Lage von NE nach SW zunächst die durch Fossilfunde in das tiefe Oberdevon eingestuften Grauwacken-Vorkommen aufgeführt, dann die Aufschlüsse, für die dies Alter wahrscheinlich ist und schließlich einige Tiefbohrungen. Die Angaben über die Bohrungen sind der Arbeit von HENNINGSEN (1966) entnommen.

### 2.1. Unterwerra-Sattel

Das größte zusammenhängende Gebiet mit tiefoberdevonischen Grauwacken ist im Unterwerra-Sattel in Nordhessen aufgeschlossen (Abb. 1). Der Kern dieses Sattels wird im Wesentlichen von der Werra-Grauwacke eingenommen. In der schmalen SE-NW gerichteten Sattelstruktur zeigen die Grauwacken die bemerkenswerte Ausstrichbreite von 12,5 km quer zum Streichen des varistischen Gebirges. Im SE wird die Werra-Grauwacke durch das komplex aufgebaute Albunger Paläozoikum begrenzt, im NW schließen sich im Gelstertal Adorf-Kieselschiefer an (WITTIG 1968).

Die Einstufung der fossilarmen Werra-Grauwacke wechselte mehrfach. In Anlehnung an die damals in das Unterdevon gestellte Tanner Grauwacke des Harzes bezeichnete BEYSCHLAG (1886: 12) die Werra-Grauwacke als ältestes Gestein des Unterwerra-Sattels. MÜGGE (1921: 203) hielt nach verschiedenen Beobachtungen ein hochunterkarbonisches Alter für wahrscheinlich. Nach erneuter Parallelisierung mit der Tanner Grauwacke, deren Datierung sich inzwischen geändert hatte, stufte auch H. SCHMIDT (1931, 1933) die Werra-Grauwacke in das Unterkarbon ein. Für dieses Alter fand SCHUBART (1955) weitere Argumente. Die ersten Conodonten-Funde in der Werra-Grauwacke ergaben dann aber tiefoberdevonisches Alter (WITTIG 1968).

Im Nordteil des Sattels setzt die Werra-Grauwacke in der Mittleren Adorf-Stufe ein. Die Hauptmasse der Grauwacken wurde zur Adorf-Zeit abgelagert, in geringem Umfang dauerte die Sedimentation noch in der Unteren Nehden-Stufe an.



Über Schüttungsrichtungen in der Werra-Grauwacke wurden bisher nur kurze Notizen veröffentlicht. Nach STARK (1952: 223) ist das Albunger Paläozoikum Liefergebiet für die Werra-Grauwacke. Dies setzt eine nach NW gerichtete Schüttung voraus. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam SCHUBART (1955: 19) durch Beobachtung von Strömungsrichtungen in der Werra-Grauwacke, die auch CHAUDHARI

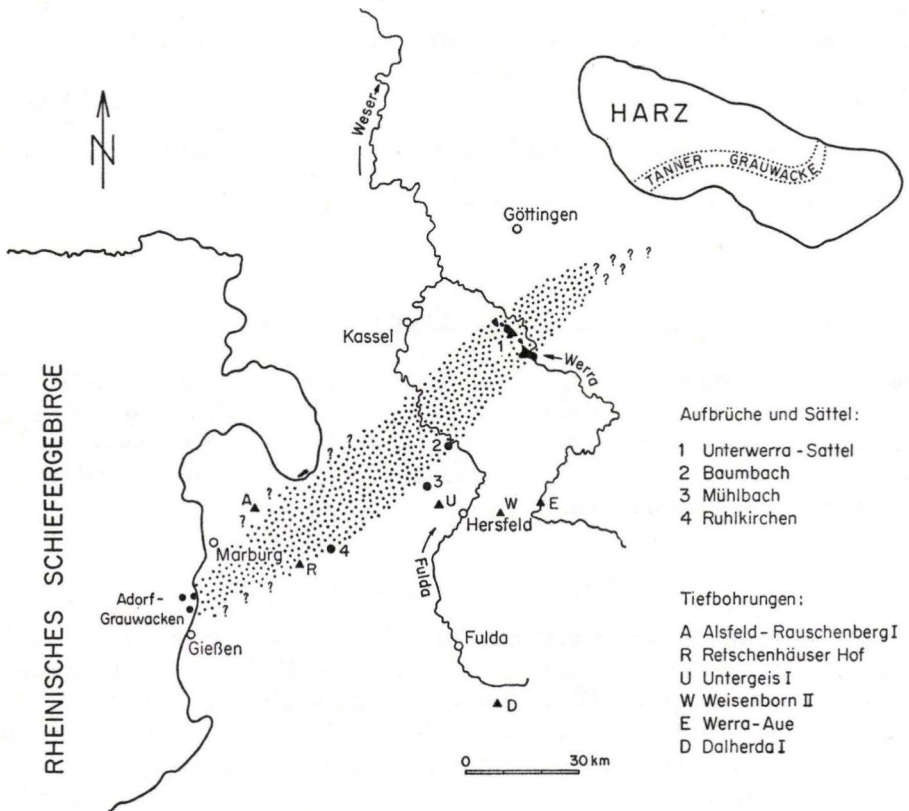


Abb. 1. Vorkommen tieferdevonischer Grauwacken im Bereich der Hessischen Senke und (punktiert) ihre vermutete Verbreitung.

(1963: 20) bestätigte. SCHUBART's wenige Strömungsanzeiger in der Grauwacke waren eingeregelter Pflanzenhäcksel und Dachziegellagerung von Geröllen. Als Abtragungsgebiet nahm er die Mitteldeutsche Kristallinschwelle an.

Diese Angaben über die Sedimentschüttung in nordwestlicher Richtung wurden zu einer Zeit gemacht, als Albunger Paläozoikum und Werra-Grauwacke als verschieden alte Serien galten (Unter- bis Mitteldevon und Unterkarbon). Inzwischen hat sich gezeigt, daß zeitgleich mit der tieferdevonischen Werra-Grauwacke im Albunger Paläozoikum Stillwasser-Sedimente (Tonschiefer, feinkörnige Kalke und Kiesel-schiefer) zur Ablagerung kamen (WITTIG 1968). Das Grauwacken-Material kann also

nach der paläogeographischen Lage nicht direkt aus SE geliefert worden sein. Eine neue Untersuchung der Schüttungsrichtungen in der Werra-Grauwacke brachte tatsächlich ein anderes Ergebnis.

Für die Rekonstruktion von Schüttungsrichtungen in gefalteten Schichtserien sind zwei Voraussetzungen wichtig, und zwar einmal möglichst zahlreiche Messungen von polaren Strömungsindikatoren und zum anderen die Kenntnis der tektonischen Achsenlagen.

In der Werra-Grauwacke sind polare Strömungsmarken wie Strömungswülste (flute casts) und Stoßmarken (impacts) selten zu beobachten. Als gleichwertiger Ersatz hat sich aber die Kombination von nichtpolaren Sohlmarken mit der Dachziegellagerung von Geröllen in den Grauwackenbänken erwiesen. Dazu wurden orientierte Handstücke von Grauwackenbänken mit deutlichen Strömungsmarken, in den meisten Fällen Schleifmarken, ein- oder mehrfach parallel zu diesen Marken geschnitten. Danach ließ sich anhand der dachziegelartigen Anordnung von größeren Geröllen bei der Mehrzahl der untersuchten Proben die Herkunftsrichtung des Materials feststellen.

Bei der Rückdrehung der Schichtflächen in die Horizontale muß zunächst die Post-Zechstein-Herauswölbung des Unterwerra-Sattels an der steilen NE-Flanke des Sattelskerns ausgeglichen werden. In den übrigen Gebieten mit flach einfallendem Deckgebirge ist der Einfluß der jungen Bewegung gering und kann vernachlässigt werden.

Die Richtung der varistischen Faltenachsen ist im Südteil des Grauwackengebietes direkt zu beobachten, weiter nördlich nur an einigen Stellen anhand von Schichtmessungen zu konstruieren oder aus der Lage von Spezialfalten-Achsen abzuleiten. Danach scheint allgemein ein SW-NE gerichtetes Achsenstreichen vorzuliegen (WITTIG 1968). Für die Rotationen der Schichtflächen habe ich deshalb einheitlich die 45° Richtung als Achsenlage benutzt. Dabei können sich Abweichungen von der tatsächlichen Achsenlage bei normaler Lagerung nur wenig auswirken, bei überkippter Lagerung aber zu größeren Fehlern führen (PLESSMANN 1961: 543).

Die Auswertung der Strömungsmessungen führte zu überraschend einheitlichen Ergebnissen (Abb. 2). Die Schüttungsrichtungen pendeln von E nach W im N-Teil des Sattels bis N nach S im S-Teil. Im mittleren Teil des Grauwacken-Gebietes herrscht die SW-Richtung vor.

Eine auffällige Abweichung zeigt sich im Berka-Tal bei Frankershausen. Hier ist direkt benachbart sowohl die NE-SW- wie auch die fast entgegengesetzte S-N-Richtung zu beobachten.

Da im Nordteil des Grauwackengebirges, im Gebiet des Gelstertales und des Rückröder Tales, günstige Aufschlußbedingungen bestehen, erscheint im Kreisdiagramm (Abb. 2) eine Häufung der hier vorherrschenden Ostwest-Richtung. Diese Häufung stellt aber kein Maximum dar bezogen auf gleiche Meßpunkt-Dichte. Dies liegt vielmehr bei etwa 45° SW.

Insgesamt erfüllen die ermittelten Strömungsrichtungen die Bedingung, die sich aus der Gleichaltrigkeit von Werra-Grauwacke und Teilen des Albunger Paläozoikums ergeben: Das Grauwacken-Material wurde nicht aus SE, sondern zum Hauptteil aus NE geschüttet.

## 2.2. Südlicher Kellerwald

J. PAUL (1967: 8) beschrieb tiefoberdevonische Grauwacken von zwei Stellen im südlichen Kellerwald. Der Hauptteil der mit Hilfe von Conodonten aus Schieferzwischenlagen datierten Grauwacken gehört in die Adorf-Stufe, Nachläufer reichen bis

in die Untere Nehden-Stufe. Die Mächtigkeit der am Sedeberg E Sebbeterode in einer Sattelstruktur aufgeschlossenen Grauwackenserie schätzt J. PAUL auf 20–80 m.

J. PAUL erwähnt, daß in der feinkörnigen, z. T. quarzitischen Grauwacke keine Hinweise auf Schüttungsrichtungen zu finden seien. Bei einem gemeinsamen Gelände-besuch gesammelte Grauwacken-Proben ergaben ebenfalls keine Anhaltspunkte für Strömungsrichtungen.

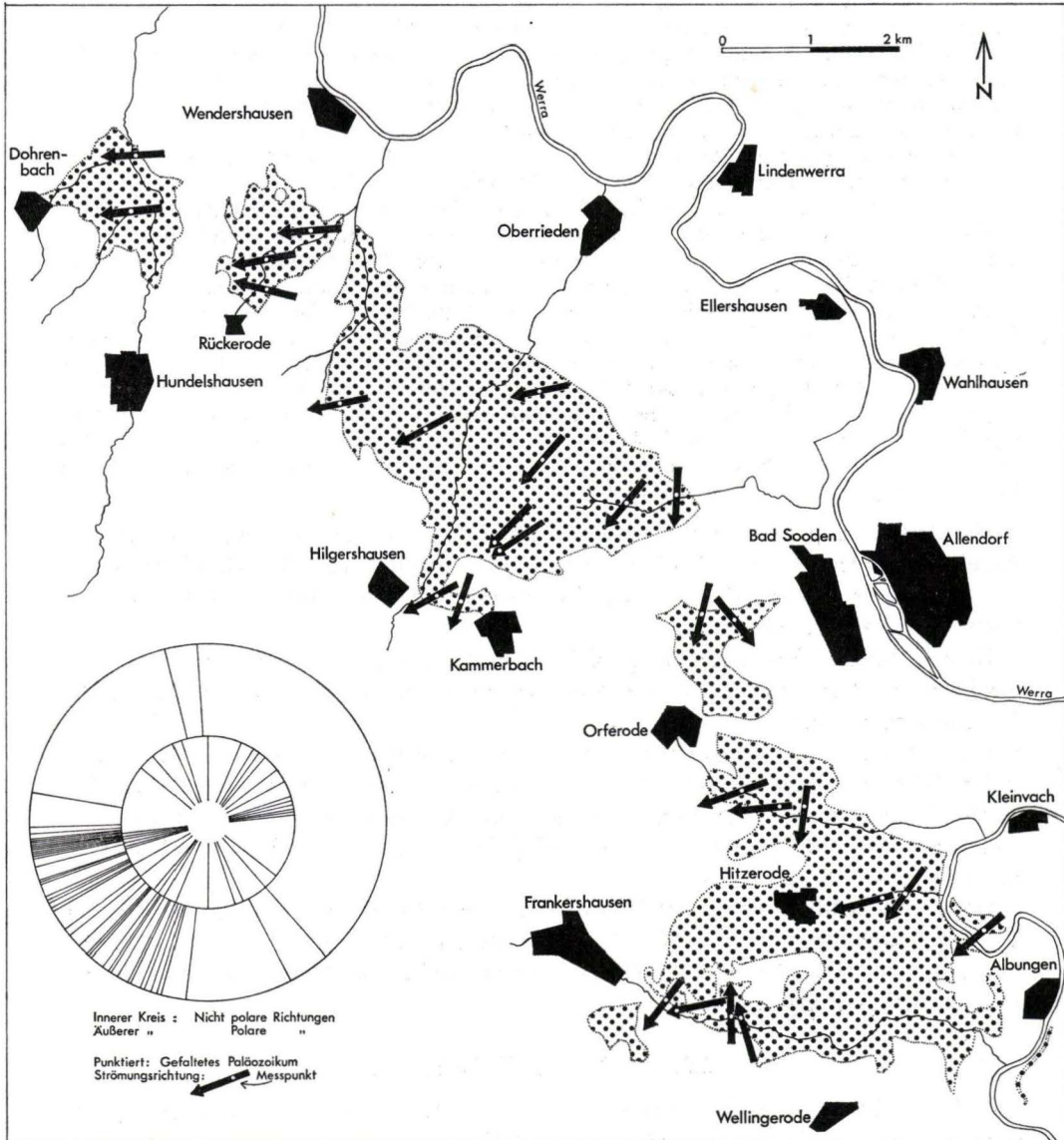


Abb. 2. Schüttungsrichtungen in der Werra-Grauwacke (Unterwerra-Sattel, Nordhessen).

### 2.3. Nördliche Umgebung von Gießen

Aus dem Krofdorfer Forst im Norden Gießens erwähnten HENNINGSEN & QUADE (1962: 202) eine Grauwackenbank, die in z. T. kieselige grünliche Schiefer der Adorf-Stufe [do I ( $\beta$ )  $\gamma$ ] eingeschaltet war. Nach diesem ersten Hinweis auf grobklastische Sedimente des tiefen Oberdevons im Rhenoharzynikum überhaupt (vgl. RABIEN & SCHRICKE 1966: 280) sind in den folgenden Jahren im Gießener Gebiet weitere Vorkommen entdeckt worden (HENNINGSEN 1963: 57–58 und 1966: 22, BRINCKMANN 1963: 71–72).

Eine größere flächenhafte Verbreitung von Adorf-Grauwacken vermutete HENNINGSEN (1966: 23) im unteren Salzbödetal (TK 25 Bl. 5315 Allendorf). Für das Gebiet der Siedlung Röder Heide bestätigen neue Conodonten-Funde diese Annahme. In einer Wechsellagerung von roten Tonschiefern und Grauwacken in einer Baugrube (R 347892, H 561602) fand sich folgende Fauna der Mittleren Adorf-Stufe [Untere *gigas*-Zone, do I  $\gamma$  (oberer Teil) bis do I  $\gamma/\delta$ ]:

*Palmatolepis* cf. *gigas* MILLER & YOUNGQUIST 1947

*Palmatolepis hassi* MÜLLER & MÜLLER 1957

*Palmatolepis subrecta* MILLER & YOUNGQUIST 1947

Strömungsmarken waren in diesem Aufschluß nicht zu beobachten.

400 m westlich stehen in der Straßenböschung petrographisch entsprechende Schichten an (Fossilfundpunkt 3 von HENNINGSEN 1966: 22). Dort läßt sich aus Kornregelung und Dachziegellagerung eine Schüttungsrichtung aus SE (142°–150°) ableiten.

In den anderen Vorkommen von Adorf-Grauwacken im Gießener Gebiet fanden sich keine Hinweise auf Strömungsrichtungen. Es bleibt daher ungewiß, ob die im Salzbödetal beobachtete Transportrichtung allgemein vorherrscht. Über Mächtigkeit und Lagerungsform der Grauwacken ist noch nichts bekannt.

### 2.4. Der Grauwacken-Aufbruch W Baumbach/Fulda

Zwischen Baumbach, Oberellenbach und Sterkelshausen (TK 25 Bl. 4923 Altmorschen) treten in einem 1 km<sup>2</sup> großen Gebiet Grauwacken und Tonschiefer zutage. In der Schichtenfolge wurden bisher keine Leitfossilien gefunden.

BEYSCHLAG (1891: 5) ließ die Altersfrage offen. Er stellte sowohl Ähnlichkeit mit den Kulm-Grauwacken des Kellerwaldes als auch mit der Werra-Grauwacke fest. NÖRING (1951: 46) hielt eine Zuordnung zur Tanner Grauwacke für wahrscheinlich. Für oberdevonisches Alter sprach sich HENNINGSEN (1966: 26–29) aus aufgrund des geringen Schwermineralgehalts und der Abwesenheit von Granat, der für Grauwacken des Unterkarbons typisch ist.

Nach der guten Übereinstimmung in der petrographischen Ausbildung mit der benachbarten Werra-Grauwacke halte ich ein tiefoperdevonisches Alter der Fulda-Grauwacken für wahrscheinlich. Die Conodonten-Suche in den Rotschiefern, bei der freundlicherweise Herr Dr. H.-D. MARONDE mitgeholfen hat, war bis jetzt leider erfolglos. Als erste Faunenreste aus diesem Grundgebirgsvorkommen lieferte ein Lesestein von Grauwacke mit kalkigem Bindemittel vom Lützelstrauch die auch in der Werra-Grauwacke häufigen Krinoiden-Stielglieder.

Obwohl die Aufschlußverhältnisse im Fulda-Grauwacken-Gebiet ungünstig sind und noch keine genaue tektonische Aufnahme durchgeführt wurde, zeigen sich doch gleiche Besonderheiten wie im Unterwerra-Sattel. Das Einfallen der Schichten ist meist gering ( $0-20^\circ$ ), dabei tritt sowohl normale Lagerung als auch Überkipfung auf. Im Werra-Sattel ist diese Lagerungsform durch liegende enge bis isoklinale Falten bedingt (WITTIG 1968).

Bei der Auswertung von Strömungsmarken der überkippten Grauwacken-Bänke tritt im N-Teil des Profils entlang dem Osterbach als Unsicherheitsfaktor die nicht bekannte Lage der Faltenachsen auf. Für die Rotation wurde die im benachbarten Varistikum vorherrschende  $45^\circ$ -Richtung benutzt. Damit ergaben sich Schüttungen aus Süden ( $160-210^\circ$ ), während in den weiter südlich im Profil aufgeschlossenen normal liegenden Grauwacken der Material-Transport aus Osten ( $95-115^\circ$ ) kommt.

Die Abweichung zwischen den Richtungen sind wahrscheinlich primär und nicht auf die falsche Wahl der Rotationsachse zurückzuführen. Wäre dies der Fall, dann müßten die Faltenachsen ein ungewöhnliches N-S-Streichen zeigen, da nur dann die Richtungen in den normalen und überkippten Grauwacken gleich sind.

### 2.5. Die Grauwacken von Ruhlkirchen

Über das 40 km SW vom Baumbacher Grauwacken-Aufbruch gelegene, schlecht aufgeschlossene Grauwacken-Vorkommen von Ruhlkirchen (TK 25 Bl. 5221 Alsfeld und 5121 Schrecksbach) ist wenig bekannt. HENNINGSEN (1966: 25, 27) betont, daß in der Schwermineralfraktion der Grauwacken der Granat fehlt und spricht sich für ein oberdevonisches Alter der Schichten aus, die vorher für Unterkarbon gehalten wurden.

Auch hier können die Conodonten vielleicht noch die Entscheidung bringen, ob es sich um Adorf-Grauwacken handelt. Beobachtungen von Schüttungsrichtungen liegen nicht vor.

### 2.6. Bohrungen

Über Tiefbohrungen in der Hessischen Senke, die das Grundgebirge erreicht haben, gab HENNINGSEN (1966) eine übersichtliche Zusammenstellung, der die folgenden Angaben entnommen sind. Fossilleere Grauwacken wurden in den Bohrungen Alsfeld-Rauschenberg 1, Werra-Aue, Weisenborn 2 (Abb. 2) und Bad Vilbel (TK 25 Bl. 5818 Frankfurt a. M.-Ost) angetroffen und als Unterkarbon angesprochen.

Nach der Schwermineralführung hält HENNINGSEN dagegen devonisches Alter für sehr wahrscheinlich. Im einzelnen vermutet er in der weit südlich gelegenen Bohrung Bad Vilbel Unterdevon, bei den Bohrungen Weisenborn 2 und Werra-Aue (mittel-) oberdevonisches Alter und in der Bohrung Alsfeld-Rauschenberg 1 Adorf.

## 3. Verbreitung und Zusammenhang der Adorf-Grauwacken

Die einzelnen Grauwacken-Vorkommen, deren tiefoberdevonisches Alter bewiesen oder aber wahrscheinlich ist, sind nicht regellos verstreut, sondern liegen eingeordnet in einer Zone, die die Hessische Senke in SW-NE-Richtung quert (Abb. 1). Diese Zone

beginnt relativ schmal am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges N Gießen. Im NE ist der Unterwerra-Sattel der letzte Aufschluß. Dort läßt sich die Breite der Zone mit 12,5 km direkt beobachten.

Nach der auffälligen Anordnung der Grauwacken genau im Streichen des varistischen Gebirges parallel zu den jüngeren Zügen grobklastischer Gesteine liegt es nahe, an eine Verbindung der einzelnen Vorkommen unter dem Deckgebirge zu denken. Besonders kann es für den Unterwerra-Sattel nach den sicher großen Grauwacken-Mächtigkeiten mit Schüttungsrichtungen aus NE als gesichert gelten, daß sich die Gesteine im Untergrund nach NE und SW fortsetzen.

Der kleine am SE-Rand der Grauwacken-Zone gelegene Aufbruch bei Baumbach (Fulda) zeigt mit Transport-Richtungen nach W, daß auch hier die Zone eine größere Breite haben muß und die geradlinige Verbindung des NW-Endes des Unterwerra-Sattels mit dem südlichen Kellerwald wahrscheinlich ist.

Im Unterwerra-Gebiet nimmt die tiefoberdevonische Grauwacke ein geschlossenes Areal über die gesamte Breite der Zone ein. Schematisch sind diese Verhältnisse auf die ganze Länge der Zone übertragen worden, doch sind an anderen Stellen die Grauwacken – wahrscheinlich um so häufiger, je geringer ihre Mächtigkeit wird – von anderen Gesteinen unterbrochen. Dafür sprechen Vorkommen älterer Gesteine, wie die Emsquarzite, die STOPPEL (1958) durch die Geröllführung des Buntsandsteins indirekt nachgewiesen hat und auch die durch jüngere Gesteine getrennten Adorf-Grauwacken am Schiefergebirgs-Ostrand.

Ungewiß bleibt zunächst, wie weit sich die Zone nach NE fortsetzt. Im Harz könnten möglicherweise in dem als Unterdevon auskartierten Gebiet nordwestlich der metamorphen Zone von Wippra tiefoberdevonische Grauwacken verborgen sein.

#### 4. Paläogeographie

Ebenso wie für die jüngeren grobklastischen Sedimente der varistischen Geosynkline kommt auch für die tiefoberdevonischen Grauwacken ein zusammenhängendes Sedimentationsbecken mit SW-NE-Erstreckung in Frage.

Die Begrenzung dieses Beckens durch Gesteine anderer Fazies läßt sich im Unterwerra-Sattel erkennen, wo Schichten des Albunger Paläozoikums den SE-Rand der Werra-Grauwacke bilden (s. o.). Weiterhin zeigt auch das Massenkalk-Vorkommen von Mühlbach (GUNZERT 1955), für das ein tiefoberdevonischer Anteil nicht auszuschließen ist, die südöstliche Begrenzung. Für die Massenkalk-Fazies ist eine größere Verbreitung im Streichen wahrscheinlich, da das Zechstein-Konglomerat im Grauwacken-Aufbruch bei Baumbach vorwiegend bis kopfgroße Gerölle von Korallenkalk enthält, die vermutlich ganz in der Nähe abgetragen worden sind.

Der SE-Rand des Grauwacken-Beckens war aber nach folgenden Überlegungen nicht kontinuierlich von gleichalten Sedimenten anderer Fazies eingenommen, sondern es müssen Unterbrechungen vorhanden gewesen sein: Als Liefergebiet des Grauwacken-Materials wird die südöstlich gelegene Mitteldeutsche Kristallinschwelle angesehen (HENNINGSEN 1966: 27). Die ermittelten Schüttungsrichtungen zeigen nun meist einen anderen Transport an als aus SE. Dies war auch nicht unbedingt zu

erwarten, da Strömungsmarken keine direkten Rückschlüsse auf die Lage des Liefergebietes erlauben, sondern nur die Strömungsrichtungen im Sedimentationsgebiet widerspiegeln.

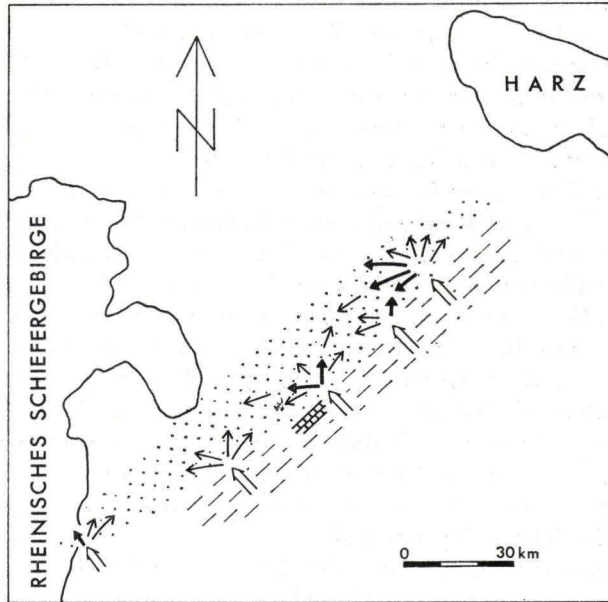


Abb. 3. Ein Modell für die paläogeographische Lage der tiefoberdevonischen Grauwacken, ausgehend von der Situation im Unterwerra-Sattel. Dort treten südöstlich der Grauwacken gleichaltrige Stillwasser-Sedimente auf. Die radiale Anordnung von Strömungsmarken läßt auf ein Schüttungszentrum im NE des heutigen Sattels schließen.

Punktiert: Mögliche Verbreitung der tiefoberdevonischen Grauwacken (Senkungsgebiet).  
Strichsignatur: Gebiete gleichalter Stillwasser-Sedimentation (Tonschiefer, Kalke-, Kiesel-schiefer; von SE her langsame Hebung).

Mauersignatur: Riffkalke. Die Häufigkeit und Größe der Korallenkalk-Gerölle im Zechstein-Konglomerat von Oberellenbach läßt auf eine größere Verbreitung des Mühlbacher Massenkalk-Vorkommens unter dem Deckgebirge schließen (s. a. GUNZERT 1955: 122). Die stratigraphische Reichweite der Kalke ist noch nicht bekannt.

Kräftige Pfeile: Beobachtete Schüttungsrichtungen.

Dünne Pfeile: Hypothetische Schüttungsrichtungen.

Offene Pfeile: Mögliche Lage von canyonartigen Zufuhr-Kanälen, in denen der Haupttransport des Grauwackenmaterials (Detritus der Sedimenthülle der Mitteldeutschen Kristallinschwelle) durch Gebiete mit Stillwasser-Sedimentation erfolgte. (Die Lage und Anzahl ist ebenfalls hypothetisch!)

Einen Hinweis auf die Art der Beckenfüllung geben die Beobachtungen im Unterwerra-Sattel. Insgesamt zeigen die Strömungsmarken dort eine radiale Anordnung, die auf ein Schüttungszentrum im NE des Sattels hinweist. Der beträchtliche Anteil an umgelagertem sedimentärem Material in der Werra-Grauwacke (Kalke sowie Ton- und Kiesel-schiefer, die den Gesteinen des Albunger Paläozoikums gleichen) spricht für eine starke Erosion am Beckenrand in der streichenden Verlängerung des Albun-

ger Paläozoikum. Nach der Lage des Schüttungszentrums der Werra-Grauwacke muß die Abtragung im NE stattgefunden haben. Der Beckenrand wurde dort wahrscheinlich von einem (canyonartigen) Einschnitt unterbrochen, in dem Schutt-Material von SE herangeführt wurde, um sich zunächst radial und dann vorwiegend longitudinal im Becken auszubreiten.

Die Strömungsmarken in den anderen Gebieten sprechen dafür, daß mehrere solcher engbegrenzten Zufuhrstellen am SE-Rand des tiefoberdevonischen Grauwacken-Troges bestanden haben. Für eine Aussage, wieviele es davon gab und wo sie genau lagen, sind die Grauwacken-Vorkommen allerdings zu klein und zu verstreut.

Der Versuch, die paläogeographische Situation darzustellen (Abb. 3), ist deshalb in dieser Hinsicht schematisch. Anhaltspunkte geben nur die im SE des Unterwerra-Sattels beobachteten N gerichteten Strömungsmarken, die dafür sprechen, daß sich dort die Schüttungen von zwei Zentren überschneiden. Im Gebiet SE des Grauwacken-Beckens ist fast durchgehend mit Gesteinen anderer Fazies zu rechnen, deren Sedimentation länger andauert als die der Grauwacken. Dafür sprechen neben dem Albunger Paläozoikum und (fraglich) dem Mühlbacher Grundgebirgs-Vorkommen auch die Bohrungen Untergeis 1, Weisenborn 2 und Werra-Aue, in denen nach HENNINGSEN (1966: 26–28) Oberdevon vermutet wird.

Südlich an diese Zone schließt sich das eigentliche Hebungsgebiet, die Mitteldeutsche Kristallinschwelle, an. Im tiefen Oberdevon sind wahrscheinlich erst kleine Teile ihres kristallinen Kerns freigelegt gewesen. Es muß deshalb hervorgehoben werden, daß Ausmaße und Form der Schwelle im tiefen Oberdevon anders gewesen sind als die Umrise, die sie heute unter dem Deckgebirge hat (z. B. dargestellt von PAPROTH & TEICHMÜLLER 1958: 474). Deshalb besagen die in der Bohrung Dalherda 1 (Abb. 2) unter dem Zechstein angetroffenen Paragneise (MALZAHN 1957: 212) für die Paläogeographie wenig, da sie im Oberdevon noch von einer sedimentären Hülle verdeckt gewesen sein können. Das Becken der tiefoberdevonischen Grauwacken war wahrscheinlich flacher als jüngere Grauwackentröge (WITTIG 1968: 48), dafür aber – nach der heutigen Verbreitung zu urteilen – breiter (in Abb. 1 ist zum Vergleich der Tanner Zug im Harz dargestellt). Ihre Lage relativ nahe der Mitteldeutschen Kristallinschwelle paßt gut in das Bild der sich im Lauf der Zeit nordwestwärts verlagernden Grauwacken-Schüttungen (tiefoberdevonische Grauwacken–Tanner Grauwacke–Kulm-Grauwacken–Namur-Grauwacken).

Die wenigen Vorkommen von tiefoberdevonischen Grauwacken geben so wichtige Hinweise auf das Grundgebirge unter der Hessischen Senke. Das paläogeographische Bild kann wahrscheinlich durch weitere Fossilfunde in den Aufbrüchen und neue Tiefbohrungen weiter untermauert werden.

## 5. Zusammenfassung

Aus den isolierten Vorkommen tiefoberdevonischer Grauwacken im Bereich der Hessischen Senke und am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges sowie aus Literatur-Angaben über Tiefbohrungen ergeben sich Hinweise auf ein zusammenhängendes SW–NE streichendes Grauwackenbecken unter dem Deckgebirge. Dieses Becken



ordnet sich zwanglos ein in die räumliche und zeitliche Abfolge der Grauwackenschüttungen in der varistischen Geosyncline, seine Form war allerdings weniger langgestreckt als die jüngeren Grauwacken-Tröge, dafür aber breiter.

Im Unterwerra-Sattel, in dem die tiefoberdevonischen Grauwacken-Zone in der bemerkenswerten Breite von 12,5 km aufgeschlossen ist, sprechen Strömungsmessungen für beckenparallelen Materialtransport vorwiegend aus NE.

Für die Herkunft des Grauwacken-Materials und die Art der Lieferung wird ein Modell entwickelt:

Durch canyonartige Zufuhrkanäle gelangte Detritus der Sedimenthülle von der sich im SE heraushebenden Mitteldeutschen Schwelle durch Gebiete gleichzeitiger Stillwasser-Sedimentation in das Becken, in dem es sich zunächst radial und dann vorwiegend longitudinal ausbreitete.

Für das gesamte Becken sind mehrere solcher Schüttungszentren zu vermuten.

### Summary

Isolated occurrences of low upper Devonian greywackes in the vicinity of the Hessian Depression and at the eastern margin of the Rheinische Schiefergebirge, taken together with previous descriptions of deep boreholes, indicate the presence of a continuous, NE/SW striking, greywacke basin beneath the post-Variscan cover. This basin fits loosely into the spatial and temporal sequence of greywacke deposition in the Variscan geosyncline but was clearly broader and less elongated than the younger greywacke troughs.

Current determinations in the Lower Werra anticline, where the low upper Devonian greywacke outcrop reaches the noteworthy width of 12,5 km, indicate a longitudinal, essentially southwestward transport direction.

The following model is proposed for the origin and transport of the greywacke material: Débris, which originally skirted the „mid-German Rise“ to the SE was fed, via canyon-like channels, through areas of low-energy sedimentation into the basin. On reaching the basin, the material was at first distributed radially and then mainly longitudinally. Several such centres of deposition are envisaged for the whole basin.

### 6. Schriftenverzeichnis

- BEYSCHLAG, F. (1886): Erl. geol. Spec.-Kte. Preußen u. thür. St., Lfg. **23**, Bl. Allendorf; Berlin.
- (1891): Erl. geol. Spec.-Kte. Preußen u. thür. St., Lfg. **45**, Bl. Altmorschen; Berlin.
- BRINCKMANN, J. (1963): Der Nordost-Teil der Hörre-Ackerzone bei Marburg/Lahn (Rheinisches Schiefergebirge). — Diss., 148 S., 19 Abb., 5 Tab.; Marburg.
- CHAUDHARI, S. M. (1963): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen unter Berücksichtigung der Klufftektonik im Gebiet zwischen Witzenhausen und Eschwege/Hessen. — Diss. 148 S., 16 Abb., 5 Beil.; Berlin.
- GUNZERT, G. (1955): Der Grundgebirgsaufbruch von Mühlbach (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**: 106—125; Wiesbaden.
- HENNINGSEN, D. (1963): Zur Herkunft und Unterscheidung der sandigen Gesteine am Südostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1963**, 2: 49—67, 3 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.

- HENNINGEN, D. (1966): Die paläozoischen Grauwacken bei Gießen und ihre Fortsetzung unter der südlichen hessischen Senke. — Ber. oberhess. Ges. Natur- und Heilkde. Gießen, N.F., naturwiss. Abt. **34**, 1–2: 19–31, 1 Abb.; Gießen.
- & QUADE, H. (1962): Stratigraphie und Faziesverhältnisse in der Braunfels-Wetzlarer Oberdevonmulde (Lahnmulde, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 179–209, 5 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- MALZAHN, E. (1957): Die geologischen Ergebnisse der Erdölaufschlußbohrstätigkeit des Jahres 1956 in Westdeutschland. — Erdöl u. Kohle, **10**: 201–216, 3 Abb.; Hamburg.
- MÜGGE, O. (1921): Zur Kenntnis der Petrographie des älteren Paläozoikums zwischen Albugen und Witzenhausen, besonders des Variolits. — Jb. preuß. geol. Anst., **40**, 1: 201–217; Berlin.
- NÖRING, F. (1951): Der paläozoische Aufbruch der Naumburg bei Erbstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**: 44–46; Wiesbaden.
- PAPROTH, E. & TEICHMÜLLER, R. (1958): Die paläogeographische Entwicklung der subvaristischen Saumsenke in Nordwestdeutschland im Laufe des Karbons. — 4<sup>e</sup> Congr. Avancem. Etud. Stratigr. Geol. Carbon.: 471–490, 16 Fig.; Heerlen.
- PAUL, J. (1967): Devon und Karbon des südlichen Kellerwaldes zwischen Hundshausen und Moisdied (Mtbl. 5020 Gilserberg). — Unveröff. Dipl.-Arb., 76 S., 2 Abb., 3 Anlagen (dabei 1 Kte. 1:10000); Göttingen.
- PLESSMANN, W. (1961): Zur Entwicklung von Doppelachsen (B' B') in einem Bauakt. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1961**, 6: 318–328, 6 Abb.; Stuttgart.
- RABIEN, A. & SCHRICKE, W. (1966): Biostratigraphischer Nachweis und Petrographie von Adorf-Sandsteinen in der Dillmulde/Rheinisches Schiefergebirge (Ober-Devon I, Ostracoden- und Conodonten-Stratigraphie). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 278–301, 2 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- SCHUBART, W. (1955): Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der Witzenhäuser Grauwacke. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **10**, 67 S., 8 Abb., 4 Taf.; Wiesbaden.
- STARK, H. (1952): Altersstellung und Tektonik des Paläozoikums bei Albugen. — Geol. Jb., **66**: 203–226, 9 Abb.; Hannover.
- STOPPEL, D. (1958): Emsquarzit unter der Hessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 133–139; Wiesbaden.
- WITTIG, R. (1968): Stratigraphie und Tektonik des gefalteten Paläozoikums im Unterrerra-Sattel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 31–67, 6 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 13. 11. 1973

## Zur Mikrofauna im höchsten Oberdevon und tiefen Unterkarbon im nördlichen Sauerland

(Conodonta, Ostracoda, Rheinisches Schiefergebirge)

Von

HELGA GROOS-UFFENORDE und HENNING UFFENORDE, Göttingen \*

Mit 7 Abbildungen, 5 Tabellen und den Tafeln 2-6

**Kurzfassung:** In den Schichten des höchsten Oberdevons (Wocklum-Stufe) und tiefen Unterkarbons (*Gattendorfia*-Stufe) am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges bei Stockum (Grenze von Bl. Plettenberg und Endorf) wurden in 3 Schürfen am Spitzer Kahlenberg mehrere ostracodenreiche Lagen gefunden, die aufgrund von Conodonten-Funden relativ genau eingestuft werden konnten. Diese Ostracoden- und Conodonten-Faunen werden außer mit den bisher bekannten auch mit den jetzt gefundenen Faunen aus dem Hasselbachtal (Bl. Hohenlimburg) verglichen.

24 Ostracoden-Arten (Entomozoen) werden aufgeführt und z. T. beschrieben. 4 Arten sind neu, wovon *Ungerella postmulticostata* n. sp. und *Ungerella stockumensis* n. sp. benannt werden.

**Abstract:** Several ostracod-rich horizons were found in highest Upper Devonian (Wocklum Stage) and low Lower Carboniferous (*Gattendorfia* Stage) beds exposed in three trenches at Spitzer Kahlenberg, near Stockum (boundary of 1:25.000 map sheets Plettenberg and Endorf), on the northern margin of the Rheinische Schiefergebirge. Conodont faunas were also found and enabled a relatively accurate dating of the ostracod-bearing layers. These ostracod and conodont faunas are compared with previously known as well as recently discovered faunas from Hasselbachtal (sheet Hohenlimburg). 24 ostracod species (Entomozooids) are listed and in some cases described. They include 2 named — *Ungerella postmulticostata* n. sp. and *Ungerella stockumensis* n. sp. — and 2 unnamed new species.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	59
2. Fundpunkte . . . . .	59
2.1. Stockum . . . . .	59
2.2. Hasselbachtal . . . . .	60
2.3. Oese . . . . .	62
3. Conodonten (H. UFFENORDE) . . . . .	62
3.1. Vorbemerkungen . . . . .	62
3.2. Profil Stockum . . . . .	64
3.3. Profil Hasselbachtal . . . . .	66

---

\*) Drs. HELGA und HENNING UFFENORDE, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, 34 Göttingen, Berliner Str. 28.

4. Ostracoden (H. GROOS-UFFENORDE)	68
4.1. Vorbemerkungen	68
4.2. Stratigraphische Verbreitung der Entomozoen	68
4.2.1. Bisherige Verbreitung	68
4.2.2. Profil Stockum	70
4.2.3. Profil Hasselbachtal	70
4.3. Beschreibung der Entomozoen	72
<i>Bertillonella</i> STEWART & HENDRIX 1945	72
<i>Maternella</i> RABIEN 1954	74
<i>Richterina</i> ( <i>Richterina</i> ) GÜRICH 1896	80
<i>Ungerella</i> LIVENTAL 1948	81
5. Zusammenfassung	84
6. Schriftenverzeichnis	86

## 1. Einleitung

Im Rahmen der Untersuchungen des Sonderforschungsbereiches 48 Göttingen, Teilprojekt A10, wurden im Rheinischen Schiefergebirge unter Leitung von Herrn Prof. WALLISER drei Schürfe am Spitzten Kahlenberg bei Stockum angelegt, um Klarheit über Schichtenfolge und Faunen-Inhalt am locus typicus des „Stockumer Kalkes“ (Bl. Plettenberg) zu erhalten. Dabei wurde ein Profil von den hochoberdevonischen Knollenkalken bis in die Liegenden Alaunschiefer der unteren *Pericyclus*-Stufe aufgeschlossen.

Weitaus der größte Teil des Profils wird von siltigen Tonschiefern und Siltsteinen eingenommen, nur gelegentlich unterbrochen von z. T. karbonatischen Sandsteinen, konkretionären Kalk- und Tonsteinen und dem z. T. detritischen „Stockumer Kalk“. Die für die Hangenberg-Schiefer-Fazies relativ ungewöhnliche Häufigkeit von Ostracoden und Conodonten, insbesondere im Unterkarbon, ließ es angebracht erscheinen, beide Gruppen zu untersuchen und eine Parallelisierung von Ostracoden- und Conodonten-Zonierung zu versuchen, zumal bislang keine, über isolierte Funde hinausgehenden systematischen Aufsammlungen aus diesem Fazies-Bereich bekannt sind.

Herr Prof. Dr. O. H. WALLISER förderte unsere Untersuchungen durch zahlreiche Hinweise und anregende Diskussionen. Frau I. BADURA und Frau A. SUBATZUS sind wir für die Reinzeichnungen der Abbildungen dankbar. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die gewährten Reisebeihilfen im Rahmen des SFB 48.

Das Belegmaterial aus den Schürfen bei Stockum ist unter der Nummer 1008 und das Belegmaterial aus dem Profil Hasselbachtal unter der Nummer 718 im Geol.-Paläont. Institut der Universität Göttingen hinterlegt.

## 2. Fundpunkte

### 2.1. Stockum

Abb. 1 zeigt die Lage der drei Schürfe am Spitzten Kahlenberg SE Stockum (Schurf I auf Bl. 4713 Plettenberg, Schurf II und III auf Bl. 4714 Endorf) am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges. Die Aufnahme der Schürfe erfolgte in den Jahren 1971 und 1972 durch H. ALBERTI, H. GROOS-UFFENORDE, H. UFFENORDE und

O. H. WALLISER. Die allgemeinen Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen in einer gemeinsamen Arbeit (ALBERTI et al.) dargestellt werden. Die Conodonten aus dem Bereich des „Stockumer Kalkes“ wurden von H. ALBERTI, H. UFFENORDE und O. H. WALLISER untersucht. Weitere Publikationen sind vorgesehen über die Ergebnisse der Bearbeitung der Trilobiten (H. ALBERTI), Sporen (M. STREEL) und Goniatiten (O. H. WALLISER).

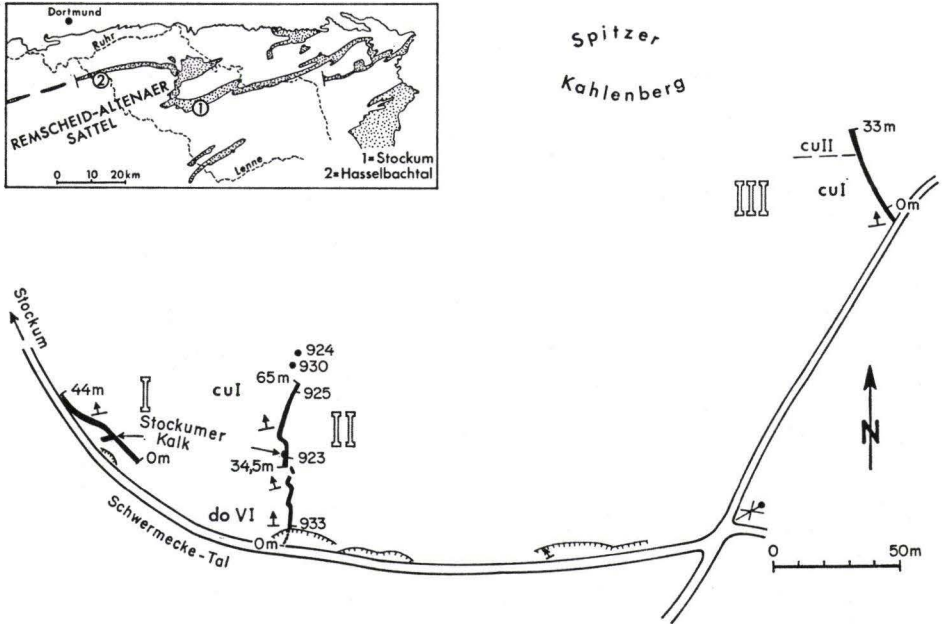


Abb. 1. Lage der untersuchten Profile im Rheinischen Schiefergebirge (Unterkarbon punktiert) und Lage der drei Schürfe am Spitzer Kahlenberg bei Stockum.

Auf Abb. 2 sind in schematischen Säulenprofilen die im folgenden erwähnten Proben und Datierungen eingetragen.

Auf Tab. 1 und 4 sind die gefundenen Conodonten und Ostracoden in stratigraphischer Reihenfolge aufgeführt.

## 2.2. Hasselbachtal

Herr Dr. A. RABIEN (Wiesbaden) zeigte im Mai 1973 seine anlässlich einer Exkursion am 31. 3. 1968 aufgesammelten Entomozoen (Probe Rb 1418) aus dem Hangenden des Hangenberg-Kalkes im Hasselbachtal, 1,5 km ENE Hohenlimburg-Reh (Bl. 4611 Hohenlimburg). Angeregt durch diese Funde, versuchten wir im Juli 1973 Vergleichsaufsammlungen durchzuführen. Dazu stellte uns freundlicherweise Herr Prof. Dr. D. MEISCHNER (Göttingen) seine nicht publizierte, detaillierte Profilaufnahme von 1965 zur Verfügung, wofür wir ihm nochmals herzlich danken.

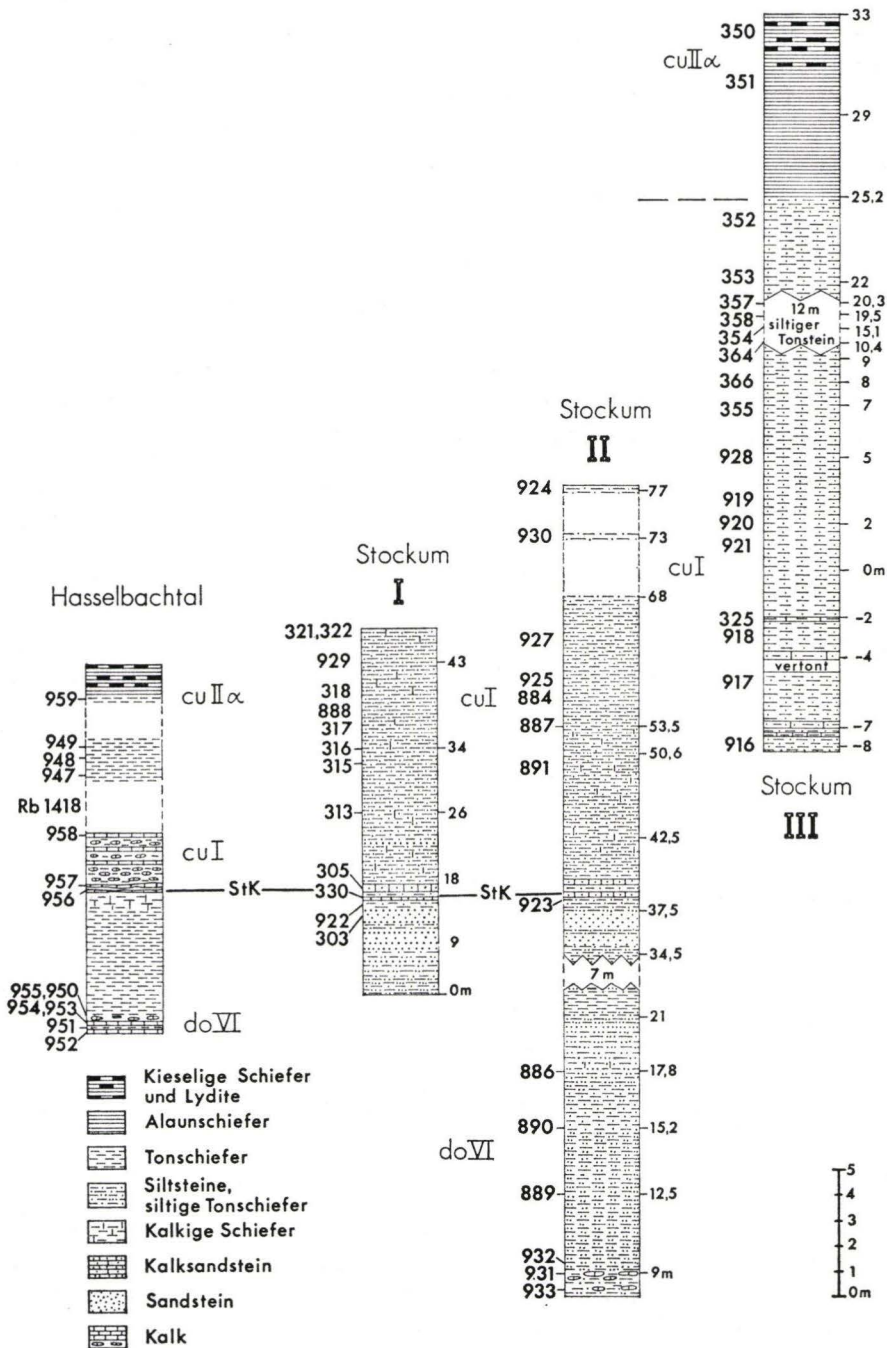


Abb. 2. Schematische Profile durch die Schichtenfolge an der Devon/Karbon-Grenze mit Lage der Fundschichten (StK = Stockumer Kalk, Proben-Nummern links und Profil-Meter rechts der Säulen).

Wegen der Verbreiterung der Brücke über den Hasselbach am Top des Hangenberg-Kalkes konnte leider nur ein Teil des Profiles auf Ostracoden hin untersucht werden. Zur Datierung dieser Funde wurden einige Conodonten-Proben entnommen. Die Lage der Proben sind in das schematische Säulenprofil auf Abb. 2 eingezeichnet (Profilbeginn bei R 340072, H 569432). Tab. 2 und 5 enthalten die Conodonten- und Ostracoden-Funde.

### 2.3. Oese

Herr Dr. G. EICKHOFF (Clausthal) fand erstmalig in kieseligen Schiefen des cu II  $\beta/\gamma$  hinter dem Restaurant „Jägerhof“ am Haltepunkt Oese (Bl. 4512 Menden) einige Entomozoen, die er dankenswerterweise zur Verfügung stellte. Es wurden mehrere Abdrücke und Steinkerne von *Maternella* n. sp. 3 und ein unvollständiger Abdruck und Steinkern von *Maternella geniceraensis* JORDAN & BLESS 1970? bestimmt.

## 3. Conodonten

(H. UFFENORDE)

### 3.1. Vorbemerkungen

Während die bisherigen Conodonten-Untersuchungen aus dem Devon/Karbon-Grenzbereich und dem tiefen Unterkarbon sich fast ausschließlich mit aus Kalken gewonnenen Conodonten befaßten, liegen aus den drei Schürfen am Spitzten Kahlenberg bei Stockum erstmals umfangreiche Conodonten-Aufsammlungen aus der Schiefer-Fazies vor; nur wenige, geringmächtige, unreine Kalke und karbonatische Sandsteine lieferten Conodonten (Proben-Nr. 303 bis 325).

Diese Conodonten-Funde ermöglichen:

1. eine unmittelbare Parallelisierung der aus den Schiefen geborgenen entomozoiden Ostracoden mit der Conodonten-Zonierung,
2. eine genaue stratigraphische Fixierung der drei Profilschnitte,
3. die Ermittlung der Gesamtmächtigkeit der in einem definierten Zeitabschnitt abgelagerten Sedimente, wie sie heute am NNE-Rand des Ebbe-Antiklinorium (infolge ihrer leichten Verwitterbarkeit meist schlecht) aufgeschlossen sind.

Die unter 1. und 2. angesprochene Problemstellung gilt auch für Conodonten-Funde vom Devon/Karbon-Profil im Hasselbachtal bei Hohenlimburg-Reh (Lageskizze in Abb. 1; Abb. 2).

Die stratigraphische Stellung des in Abb. 2 eingezeichneten „Stockumer Kalkes“ (StK) ist Gegenstand einer gesonderten Veröffentlichung (ALBERTI et al., in Druckvorbereitung) und wird deshalb hier nur in Hinblick auf die Einstufung der Ostracoden-Faunen kurz umrissen.

Die Stratigraphie im Devon/Karbon-Grenzbereich und im tiefen Unterkarbon mit Hilfe von Conodonten ist nach den Pionierarbeiten von BISCHOFF (1957) und VOGES (1959, 1960) durch eine Vielzahl von Untersuchungen bestätigt und in Details verfeinert oder revidiert worden.

Tab. 1. Verbreitung der stratigraphisch wichtigen Conodonten in den Schürfen am Spitzten Kahlenberg bei Stockum

1 = Mittlere *Sp.-costatus*-Zone ZIEGLER 1962

2 = Obere *Sp.-costatus*-Zone ZIEGLER 1962 (?)

3 = *Protognathodus*-Fauna sensu SANDBERG et al. 1972 (= „*Gnathodus* n. sp. A Assemblage Zone“ COLLINSON et al. 1962)

4 = *Protognathodus-kuehni* – *Protognathodus-kockeli*-Zone (= „*Gnathodus* n. sp. B – *Gnathodus kockeli* Assemblage Zone“ COLLINSON et al. 1962) = *Siphonodella-sulcata*-Zone sensu SANDBERG et al. 1972, unterer Teil)

5 = *Siphonodella-crenulata*-Zone sensu VOGES 1960

	303	305	313	315	316	317	318	929	921	922	924	920	928	930	931	932	933	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	
Schurf I																												
Schurf II	886	890	892	931	933																							
Schurf III						916																						
<i>Palmatolepis goniclymeniae</i> MÜLLER 1956	x	?	o	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pa. gracilis sigmoidalis</i> ZIEGLER 1962	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spathognathodus costatus costatus</i> (BRANSON 1934)	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sp. costatus spinulicostatus</i> (BRANSON 1934)	x	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sp. costatus ultimus</i> BISCHOFF 1957	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sp. supremus</i> ZIEGLER 1962	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Formengr. <i>Sp. stabilis</i> (BR. & M. 1934) – <i>Sp. anteposicornis</i> SCOTT 1961 – <i>Sp. aculeatus</i> (BR. & M. 1934) s. l.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protognathodus meischneri</i> ZIEGLER 1969	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pr. collinsoni</i> ZIEGLER 1969	-	-	-	x	?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pr. kockeli</i> (BISCHOFF 1957)	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pr. kuehni</i> ZIEGLER & LEUTERITZ 1970	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siphonodella praesulcata</i> SANDBERG 1972	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polygnathus purus subplanus</i> VOGES 1959	-	-	-	-	-	?	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Po. purus purus</i> VOGES 1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Po. flabellus</i> (BRANSON & MEHL 1938)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudopolygnathus fusiformis</i> (BR. & M. 1934)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ps. marginatus</i> (BRANSON & MEHL 1934)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ps. triangulus inaequalis</i> VOGES 1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ps. triangulus triangulus</i> VOGES 1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ps. triangulus pinnatus</i> VOGES 1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siphonodella duplicata</i> (BRANSON & MEHL 1934) s. s.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si. cooperi</i> HASS 1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si. sandbergi</i> KLAPPER 1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si. obsoleta</i> HASS 1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si. quadruplicata</i> (BRANSON & MEHL 1934)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si. cf. Si. isosticha</i> (COOPER 1939) [cf. KLAPPER 1971]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si. lobata</i> (BRANSON & MEHL 1934)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Si. crenulata</i> (COOPER 1939)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinodus fragosus</i> (BRANSON 1934)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Di. leptus</i> COOPER 1939	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elictognathus bialatus</i> (BRANSON & MEHL 1934)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

x = vorhanden	1	2	3	4	?	?	5
o = cf.-Bestimmung	Zonen		<i>costatus</i> -Z.	<i>sulcata</i> -Z.	<i>Ps.-tri.-inaequalis</i> -Z.	<i>Ps.-triang.-triangulus</i> -Z.	
? = fragliche Bestimmung	Stufen		do VI	?	cu I		cu II



So führten Conodonten-Untersuchungen im Devon/Karbon-Grenzbereich von SCOTT (1961), SCOTT & COLLINSON (1961), COLLINSON, SCOTT & REXROAD (1962), WEYER (1965), ZIEGLER (1969), KOCH, LEUTERITZ & ZIEGLER (1970) und SANDBERG, STREEL & SCOTT (1972) zum Erkennen einer neuen conodontenchronologischen Einheit: der „*Protognathodus*-Fauna“. Eine Übersicht über die diesbezüglichen Forschungsergebnisse brachte jüngst auch EBNER (1973).

Die auf VOGES (1960) zurückgehende Conodonten-Gliederung des deutschen Unterkarbons erfuhr nomenklatorische Korrekturen durch ZIEGLER (1969), MEISCHNER (1971) und SANDBERG, STREEL & SCOTT (1972).

Zur Kenntnis der Conodonten, die in der *Gattendorfia*-Stufe des Rheinischen Schiefergebirges von stratigraphischer Bedeutung sind, haben ferner in den letzten Jahren u. a. die Arbeiten von KLAPPER (1966), SANDBERG & KLAPPER (1967), SCHÖNLAUB (1969), THOMPSON & FELLOWS (1970), KLAPPER (1971) und SZULCZEWSKI (1973) beigetragen.

### 3.2. Profil Stockum

Tab. 1 bringt die in den drei Schürfen am Spitzen Kahlenberg bei Stockum gemachten stratigraphisch wichtigen Conodonten-Funde, ihre Einordnung in die Zonengliederung und die relative stratigraphische Stellung der in den Profilsäulen auf Abb. 2 genannten Proben der einzelnen Schürfe zueinander.

Die Basis des Säulenprofils von Schurf II schließt an die über 10 m mächtige Kalkknollenschiefer-Folge an, die an der Fahrwegböschung im Schwermecke-Tal abgeschlossen ist.

Während ZIEGLER (1969: 347) die höchsten Kalkknollen-Lagen bereits zur Oberen *Spathognathodus-costatus*-Zone rechnete, reicht nach den vorliegenden Untersuchungen die Mittlere *costatus*-Zone noch über Probe 890 hinaus, d. h. über 6 m in die Schiefer-Folge im Hangenden. Mit abnehmendem Kalk-Gehalt und zunehmendem Silt-Anteil werden in den darüber folgenden Schiefeln Conodonten sehr selten. Aus diesem Grunde und aufgrund der von ZIEGLER (1962: 42) gegebenen Definition der Oberen *costatus*-Zone, die eine höhere Conodonten-Zahl pro Probe impliziert, ist diese Zone hier nicht sicher nachweisbar. Sie dürfte auch in anderen Profilen mit rein schiefriger oder schiefrig-sandiger Faziesentwicklung schwerlich zu beweisen sein.

Erst Conodonten-Funde von Schurf I aus dem kalkigen Top des Sandsteins im Liegenden des „Stockumer Kalkes“ lassen eine Datierung zu (Pr. 303). Nach ALBERTI et al. gehört er zur *Protognathodus*-Fauna sensu SANDBERG, STREEL & SCOTT 1972. Der „Stockumer Kalk“ (Pr. 330) enthält mit *Protognathodus kuehni* bereits ein Element der *Siphonodella-sulcata*-Zone sensu SANDBERG et al. 1972 (vgl. ZIEGLER 1968: 352). *Protognathodus kuehni* tritt ebenfalls in der Kalksandstein-Bank im Hangenden des „Stockumer Kalkes“ auf (Pr. 305).

Mit *Polygnathus purus subplanus* beginnen die im Rheinischen Schiefergebirge weit verbreiteten tief-unterkarbonischen Formen (Schurf I, Pr. 313?; Schurf II, Pr. 891). Da weitere Leitformen nicht beobachtet wurden, werden die Schichten über dem „Stockumer Kalk“ bis in Höhe von Probe 891 mit Vorbehalt zur *Siphonodella-sulcata*-Zone gerechnet.

Funde von *Pseudopolygnathus triangulus inaequalis* bzw. *Siphonodella duplicata* s. s. ermöglichen, die *Pseudopolygnathus-triangulus-inaequalis*-Zone unterhalb der Proben 315 (Schurf I) und 916 (Schurf III) beginnen zu lassen. Neben einer Reihe von Proben im höheren Teil der Säulenprofile bilden diese Proben erste Anhaltspunkte für die in Abb. 2 und Tab. 1 dargestellte Koppelung des Säulenprofils von Schurf III an die Profile der beiden anderen Schürfe. Die Lage von Probe 884 (Schurf II) höher im Profil im Vergleich zu den beiden vorgenannten Proben in Schurf I und III macht ihre Zugehörigkeit zu der *triangulus-inaequalis*-Zone sehr wahrscheinlich, zumal der einzige gefundene Conodont, *Polygnathus purus purus*, nach VOGES (1959) und MEISCHNER (1971) erst im oberen Teil der *sulcata*-Zone einsetzt und knapp 1 m über dieser Probe bereits *Pseudopolygnathus triangulus inaequalis* gefunden wurde (Pr. 925).

Probe 321 und 322 in Schurf I und Probe 918 und 325 in Schurf III lieferten erste Siphonodellen mit – im Vergleich zu *Siphonodella duplicata* – stärker differenzierter Plattform (*Siphonodella cooperi*, *Si. quadruplicata?*, *Si. lobata?*). Da teils über ihre taxonomische Abgrenzung wie auch über ihr erstes Auftreten unterschiedliche Auffassungen bestehen (vgl. VOGES 1959, SANDBERG & KLAPPER 1967: B 46, MEISCHNER 1971, COLLINSON, REXROAD & THOMPSON 1971 u. a.), teil sich bislang die deutsche Conodonten-Zonierung nur grob mit der nordamerikanischen Zonierung mit Siphonodellen parallelisieren läßt, ist z. Z. eine Zuordnung dieser Proben weder zur *triangulus-inaequalis*- noch zur *triangulus-triangulus*-Zone möglich.

Zusammen mit dem ersten *Pseudopolygnathus triangulus triangulus* in Schurf III erscheint *Siphonodella sandbergi* (Pr. 921). Diese Art kommt auch in der stratigraphisch höchsten Probe nördlich Schurf II (Pr. 924) vor, zusammen mit *Elictognathus bialatus*. Sie wurde in der tieferen *triangulus-triangulus*-Zone als relativ verbreitete und leicht erkennbare Form beobachtet.

In Übereinstimmung mit VOGES (1959) setzt nach THOMPSON & FELLOWS (1970) *Elictognathus bialatus* zusammen mit *Pseudopolygnathus triangulus triangulus* ein. KLAPPER (1966: 12, 19) und SANDBERG & KLAPPER (1967: B 46) erwähnen *Siphonodella sandbergi* bereits aus den höchsten Teil der *triangulus-inaequalis*-Zone vom Hönnetal-Profil. Mit SANDBERG & KLAPPER (1967: B 48), THOMPSON & FELLOWS (1970) und COLLINSON, REXROAD & THOMPSON (1971) wird die Obergrenze ihrer Verbreitung weit unterhalb des verbreiteten Vorkommens von *Siphonodella crenulata*, wahrscheinlich noch in der unteren Hälfte der *triangulus-triangulus*-Zone, angenommen.

Die Grenze *triangulus-triangulus*-Zone/*Siphonodella-crenulata*-Zone fällt offenbar – wie verbreitet im nördlichen und östlichen Rheinischen Schiefergebirge – mit der Grenze Hangenberg-Schichten/Liegende Alaunschiefer zusammen. Die im Grenzbereich stark bröckelig bis griffelig zerfallenden Tonschiefer lieferten keine Conodonten. Erst ab einem gewissen SiO<sub>2</sub>-Gehalt der Alaunschiefer war es möglich, Conodonten zu gewinnen, die eine sichere Zuordnung in die *crenulata*-Zone gestatteten (Schurf III, Pr. 351).

Die Gesamtmächtigkeit der zwischen Kalkknollenschiefern des Oberdevon VI und Alaunschiefern des Unterkarbon II $\alpha$  in den drei Schürfen erschlossenen Folge der Äquivalente der Hangenberg-Schichten liegt somit bei etwa 58 m. Es wurden nur Störungen mit offenbar geringem Versatz beobachtet, so daß diese Angabe keiner wesentlichen Korrektur bedarf.

Zusammenfassend kann über die Conodonten-Verteilung in der unterkarbonischen Schiefer-Fazies bei Stockum folgendes gesagt werden:

Die Conodonten-Faunen enthalten — mit wenigen Ausnahmen — die gleichen Leitformen wie die Hangenberg-Kalke (s. auch MEISCHNER 1971: 1171). In den Schiefern zwischen „Stockumer Kalk“ und dem ersten Auftreten von *Pseudopolygnathus triangulus inaequalis* wurde jedoch *Siphonodella sulcata* bislang nicht angetroffen. Außer einer Reihe von Funden des Durchläufers *Polygnathus communis*, der im Bereich des „Stockumer Kalkes“ besonders häufig vorkommt (s. auch ZIEGLER 1969: 349), und von *Polygnathus purus subplanus* liegen nur einzelne Funde von Spathognathen und Pseudopolygnathen vor. Wie EBNER (1973: 42ff.) zeigte, läßt sich dies quantitativ auch in den Kalken der Karnischen Alpen belegen.

Polygnathen und Pseudopolygnathen herrschen in der *Ps. triangulus-inaequalis*-Zone, Pseudopolygnathen und Siphonodellen in der *Ps. triangulus-triangulus*-Zone vor. Dies gilt offenbar sowohl für die Arten- als auch Individuenzahl.

In Anbetracht des unterschiedlichen Bearbeitungsstandes ist über die stratigraphischen Reichweiten einiger nordamerikanischer Formen (z. B. *Pseudopolygnathus marginatus*, *Siphonodella sandbergi*) in den Hangenberg-Kalken z. Z. noch wenig bekannt. *Siphonodella sandbergi* scheint nach den vorliegenden Daten in der höheren *Ps. triangulus-inaequalis*-Zone einzusetzen (KLAPPER 1966, SANDBERG & KLAPPER 1967) und nicht über den unteren Teil der *Ps. triangulus-triangulus*-Zone hinauszugehen.

### 3.3. Profil Hasselbachtal

Die im Bachprofil im Hasselbachtal ENE Hohenlimburg-Reh gefundenen leitenden Conodonten sind in Tab. 2 aufgeführt.

Die Kalkknollen-Lagen in den oberen 0,35 m des oberdevonischen Kalkknollenschiefers lieferten reiche Faunen der Mittleren *costatus*-Zone (Pr. 952 bis 954). Die bis etwa 0,20 m darüber vereinzelt vorkommenden Kalkknollen gehören jedoch bereits in die Obere *costatus*-Zone (Pr. 955). Die überlagernden siltigen Schiefer lieferten keine Conodonten. Diese Folge ist ca. 5,10 m mächtig und im höheren Teil zunehmend kalkig.

Zwei Kalk-Lagen stark schwankender Mächtigkeit enthielten reichlich *Protognathodus*-Elemente. Pr. 956 = „Stockumer Kalk“ und Pr. 957 = Basis des Hangenberg-Kalkes). Ähnlich wie im Stockumer Schurf I erlauben vereinzelte Funde von *Protognathodus kuehni* eine Zuordnung der beiden Horizonte zur *Protognathodus-kuehni-Protognathodus-kockeli*-Zone. Das Vorkommen von *Siphonodella sulcata* in Probe 956 bestätigt die Gleichsetzung dieser Zone mit der *Siphonodella-sulcata*-Zone durch SANDBERG et al. 1972.

Die oberste, z. Z. aufgeschlossene Kalk-Bank (Pr. 958), 1,9 m über diesen beiden Kalk-Lagen gehört nach dem gemeinsamen Auftreten von *Polygnathus purus subplanus*, *Po. cf. flabellus* [cf. VOGES 1959] und *Pseudopolygnathus fusiformis* in die *Pseudopolygnathus-triangulus-inaequalis*-Zone. Das Vorkommen von *Siphonodella carinthiaca* steht in Übereinstimmung mit Angaben von SCHÖNLAUB (1969: 343), der für diese Art eine Verbreitung im oberen Abschnitt der *Siphonodella-sulcata*-Zone bis zur *triangulus-inaequalis*-Zone angibt.

Tab. 2. Verbreitung der stratigraphisch wichtigen Conodonten im Profil Hasselbachtal

	952	954 953	955	956	957	958	948	959
<i>Palmatolepis gonioclymeniae</i> MÜLLER 1956	x x x			+				
<i>Pa. gracilis sigmoidalis</i> ZIEGLER 1962	x x x		x					
<i>Pseudopolygnathus trigonicus</i> ZIEGLER 1962	x x x		x	+				
<i>Spathognathodus costatus costatus</i> (BRANSON 1934)	x x x		x					
<i>Sp. costatus spinulicostatus</i> (BRANSON 1934)	x x x		x	+				
<i>Sp. supremus</i> ZIEGLER 1962	x x x		x	*				
Formengr. <i>Sp. stabilis</i> (BR. & M. 1934) – <i>Sp. antepo-</i> <i>sicornis</i> SCOTT 1961 – <i>Sp. aculeatus</i> (BR. & M. 1934) s. l.					x x			
<i>Protognathodus meischeri</i> ZIEGLER 1969					x x			
<i>Pr. collinsoni</i> ZIEGLER 1969					x			
<i>Pr. kockeli</i> (BISCHOFF 1957)					x x			
<i>Pr. kuehni</i> ZIEGLER & LEUTERITZ 1970					x x	x		
<i>Siphonodella praesulcata</i> SANDBERG 1972					x			
<i>Si. sulcata</i> (HUDDLE 1934)					x			
<i>Polygnathus purus subplanus</i> VOGES 1959						x		
<i>Po. purus purus</i> VOGES 1959						x x		
<i>Po. flabellus</i> (BRANSON & MEHL 1938)						x o		
<i>Pseudopolygnathus fusiformis</i> (BRANSON & MEHL 1934)						x x		
<i>Siphonodella carinthiaca</i> SCHÖNLAUB 1969						x x		x
<i>Si. cooperi</i> HASS 1959							x x	x
<i>Si. obsoleta</i> HASS 1959								x
<i>Si. crenulata</i> (COOPER 1939)								x
					<i>sulcata</i> -Z.		<i>tri-triangulus</i> -Z. ?	cu II
					<i>Protogn. F. s. SANDB. et al.</i>		<i>tri-inaequialis</i> -Z.	cu I
					Obere			?
					Mittlere			do VI

\* = vorh., vielleicht umgelagert

+ = vorh., umgelagert

x = vorhanden

o = cf.-Bestimmung

Nach einer Profilaufnahme aus dem Jahre 1965, die uns Herr Prof. MEISCHNER freundlicherweise zur Verfügung stellte, endet die Fazies des Hangenberg-Kalkes 0,5m über dieser Bank.

Wegen aufschlußbedingter Lücken und der Seltenheit von Conodonten in den Ostracoden-Schiefern läßt sich Pr. 948 nur mit Vorbehalt dem höheren cu I zuordnen. H. SCHMIDT (1924: 101) rechnete diese Schiefer in einer Kurzbeschreibung des Profils

ohne Angabe von Gründen bereits zu den Liegenden Alaunschiefern. Erst die im Zwickel zwischen den beiden Bachläufen anstehenden dunkelgrauen Tonschiefer lieferten mit *Siphonodella crenulata* das Leitfossil der Liegenden Alaunschiefer (Pr. 959).

#### 4. Ostracoden

(H. GROOS-UFFENORDE)

##### 4.1. Vorbemerkungen

Da bisher aus dem Grenzbereich Devon/Karbon des Rheinischen Schiefergebirges nur isolierte Ostracoden-Fundpunkte vorliegen (KUMMEROW 1939, RABIEN 1960 und KOCH 1970), erschien es sinnvoll, die in den Schürfen am Spitzen Kahlenberg bei Stockum angetroffene, vermutlich vollständige Schichtenfolge auf Entomozoen näher zu untersuchen. Tonige und siltige Lagen wurden im Gelände auf Fauna hin durchgeklopft. Von den aufgefundenen ostracodenhaltigen Lagen wurden danach mehr als 5 kg Gestein im Labor durchgeklopft und unter dem Binokular auf Ostracoden und Conodonten hin durchgemustert.

In den folgenden Kapiteln werden nur die Entomozoen behandelt. Unter den begleitenden benthonischen Ostracoden überwiegt *Healdia* sp., seltener treten Abdrücke und Steinkerne von *Bairdia* sp., Amphissitidae und Rectonariidae auf. Die in den Kalken des Oberdevons vorkommenden, z. T. reichen, verkieselten Ostracoden-Faunen sollen Gegenstand einer späteren Untersuchung sein.

**Häufigkeit:** Bei Mengenangaben im paläontologischen Teil und auf den Tabellen 4–5 sind nur die Zahlen der sicher bestimmbaren Exemplare aufgeführt. Aus den Tabellen kann also die absolute Ostracoden-Häufigkeit nicht abgelesen werden, da juvenile Exemplare und fast alle Bruchstücke unberücksichtigt blieben.

**Erhaltung:** Die Ostracoden liegen in Schiefererhaltung vor. Die Abdrücke und Steinkerne sind aber im Vergleich zu den bisherigen Funden aus gleichaltrigen Schichten des Rheinischen Schiefergebirges recht gut erhalten, d. h. nur sehr selten verzerrt.

Eine Verdriftung bzw. Frachtsonderung der Klappen kann ausgeschlossen werden, da oftmals die zusammengehörenden rechten und linken Klappen dicht nebeneinander liegen.

Benutzte Abkürzungen: Abdr. = Abdruck  
Stk. = Steinkern

##### 4.2. Stratigraphische Verbreitung der Entomozoen

###### 4.2.1. Bisherige Verbreitung (Tab. 3)

**Rheinisches Schiefergebirge:** Mit Hilfe von Ostracoden konnte RABIEN (1960) einen oberdevonischen und unterkarbonischen Anteil der Hangenberg-Schiefer im Rheinischen Schiefergebirge abgrenzen. Er unterscheidet die jüngere *hemisphaerica-dichotoma*-Zeit (obere Dasberg- bis Wocklum-Stufe), den vermutlich noch zum größten Teil zum Oberdevon gehörenden Grenzhorizont mit massenhaft *Richterina* (*Richterina*) *striatula* (*hemisphaerica/latior-Interregnum*) und die etwa der

*Gattendorfia*-Stufe entsprechende *latior*-Zeit. Eine Untergliederung der *Gattendorfia*-Stufe konnte bisher mangels durchgehender ostracodenhaltiger Profile nicht durchgeführt werden.

Tab. 3. Die Verbreitung der Entomozoen im höchsten Oberdevon und im tieferen Unterkarbon aufgrund von Literaturangaben

	Rhein. Schiefergeb.			Thüringen		Seiler		Dresberg	
	do V-do VI	cu I		do VI	cu I	do VI	cu I	ob. cu I	cu II
Entomoprimitia ( <i>Reptiprimitia</i> ) <i>rabieni</i> BLUMENSTENGEL 1959									
Entomozoe ( <i>Nehdentomis</i> ?) <i>acuta</i> RABIEN 1954									
E. (N.) n. sp., aff. E. (N.) <i>tenera</i> (GÜRICH 1896) sensu RABIEN 1954									
<i>Richterina</i> ( <i>Richterina</i> ) <i>costata</i> (Rh. RICHTER 1869)	?	?	?						
R. (R.) <i>striatula</i> (Rh. RICHTER 1848)									
<i>Maternella exornata</i> (MATERN 1929)									
M. <i>dichotoma</i> (PAECKELMANN 1913)									
M. <i>hemisphaerica</i> (Rh. RICHTER 1848)									
M. ? n. sp. A RABIEN 1954									
<i>Richterina</i> ( <i>Richterina</i> ) <i>robusta</i> RABIEN 1960								?	
R. (R.) <i>latior</i> RABIEN 1960								—	aff.
R. (R.) <i>tenuistriata</i> KUMMEROW 1939								—	
R. (R.) <i>empleura</i> KUMMEROW 1939								—	
R. (R.) ? cf. <i>empleura</i> KUMMEROW 1939 sensu GRÜNDEL 1961								—	
R. (R.) <i>sphaerulum</i> KUMMEROW 1939								—	
<i>Maternella arcuata</i> GRÜNDEL 1961								—	
M. <i>clathrata</i> KUMMEROW 1939								—	
M. <i>circumcostata</i> RABIEN 1960								—	
M. <i>grammica</i> KUMMEROW 1939 (= M. <i>lenticularis</i> KUMMEROW 1939)							cf.	—	
M. cf. <i>gyrata</i> (Rh. RICHTER 1856) sensu RABIEN 1960								—	
M. <i>gyrata</i> (Rh. RICHTER 1856) ? sensu GRÜNDEL 1961								—	
M. <i>pfaffenbergensis</i> GRÜNDEL 1961								—	
M. <i>rabieni</i> GRÜNDEL 1961								—	
M. <i>schindewolfi</i> (KUMMEROW 1939) (= M. <i>circumcostatula</i> KOCH 1970)								—	
M. <i>seilerensis</i> KOCH 1970								—	
M. <i>steinachensis</i> GRÜNDEL 1961								—	
M. ? <i>gyripunctatus</i> (JONES & KIRKBY 1886) sensu KUMMEROW 1939								—	
<i>Richterina</i> ( <i>Richterina</i> ) ? <i>ampla</i> GRÜNDEL 1963								—	
<i>Ungerella</i> n. sp. ? GRÜNDEL 1961								—	
<i>Ungerella mepeli</i> (KUMMEROW 1939)								—	
<i>Maternella geniceraensis</i> JORDAN & BLESS 1970								—	
<i>Bertilionella sphaerula</i> GRÜNDEL 1961								—	
	RABIEN 1960			GRÜNDEL 1961		KOCH 1970		RABIEN 1960 KUMMEROW 1939 GRÜNDEL 1963 JORDAN & BLESS 1970	

In den Schürfen an der Seiler bei Iserlohn (KOCH, LEUTERITZ & ZIEGLER 1970) wurden aus Schichten des engeren Grenzbereiches Devon/Karbon keine Ostracoden führenden Lagen beschrieben. Die jüngste oberdevonische Ostracoden-Fauna (KOCH et al. 1970: 690, 717) stammt aus Schiefen über einer Kalkbank mit Conodonten der Mittleren *costatus*-Zone, die ältesten unterkarbonischen Schiefer-Ostracoden wurden

erst direkt unter den Liegenden Alaunschiefern über der höchsten Kalklage mit Conodonten der *Gattendorfia*-Stufe (*Ps. triang. triangulus*-Zone) nachgewiesen (KOCH et al. 1970: 692, 701). Schon RABIEN (1960: 89) stufte frühere Schiefer-Ostracoden-Funde von der Seiler (GALLWITZ 1928) in die obere Dasberg- bis Wocklum-Stufe und in vermutliches Unterkarbon I ein.

Thüringisches Schiefergebirge: „Die Unterscheidung von do VI und cu I mit Hilfe der Entomozoidae“ kann in Thüringen nach GRÜNDEL (1961: 139) „eindeutig erfolgen“. Die Wocklum-Stufe ist durch das massenhafte Auftreten von *R. (R.) striatula* und *R. (R.) costata* gekennzeichnet, die bis kurz vor der Formationsgrenze von *M. hemisphaerica* und *M. dichotoma* begleitet werden. Massenhaftes Auftreten von *R. (R.) latior* ist typisch für das cu I in Thüringen.

3–7 m „Hangender Quarzit“ ohne Ostracoden werden in den Grenzbereich Devon/Karbon eingestuft, so daß die Formationsgrenze doch nicht ganz exakt gefaßt werden kann. Allerdings dürfte der fehlende Zeitabschnitt recht kurz sein. Eine sichere Einstufung der thüringischen unterkarbonischen Ostracoden-Faunen mit Conodonten gelang nur im unteren cu I (*Siph.-sulcata*-Zone), eine Trennung der *Ps. triangulus-inaequalis*- von der *Ps. triang. triangulus*-Zone gelang nicht (GRÜNDEL 1961: 142).

#### 4.2.2. Profil Stockum

Die 21 Ostracoden führenden Proben sind in Tab. 4 und Abb. 2 in ihrer stratigraphischen Reihenfolge aufgeführt.

Die Ostracoden-Faunen aus dem unteren Teil des Stockumer Profils (Schurf II) lassen sich recht gut mit den bisher aus dem Rheinischen und Thüringischen Schiefergebirge bekannten oberdevonischen Faunen vergleichen. Die nur z. T. in guter Erhaltung vorliegenden Faunen sind durch das massenhafte Auftreten von *R. (R.) striatula* und *R. (R.) costata* gekennzeichnet (Pr. 886, *hemisphaerica/latior*-Interregnum), die in Pr. 932, 889 und 890 von *M. dichotoma* und *M. hemisphaerica* begleitet werden (obere *hemisphaerica-dichotoma*-Zeit).

Die meist reichen und gut erhaltenen unterkarbonischen Ostracoden-Faunen aus Stockum zeigen nur z. T. Beziehungen zu gleichaltrigen bekannten Faunen. Neu für das Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges ist vor allem das nicht seltene Auftreten von Bertillonellen und Ungerellen, wodurch Ähnlichkeiten zu Entomozoen-Faunen aus der Adorf-Stufe entstehen (POLENOVA 1955, RABIEN 1954 etc.).

Die höhere *Gattendorfia*-Stufe ist bei Stockum durch massenhaftes Auftreten von *M. cf. arcuata* und *M. schindewolfi* charakterisiert. Sie ersetzen *R. (R.) latior*, die Leitform für das thüringische Unterkarbon I. In Schichten der höchsten *Gattendorfia*-Stufe und in den Liegenden Alaunschiefern wurden keine Ostracoden gefunden.

#### 4.2.3. Profil Hasselbachtal

Die 6 Ostracoden führenden Proben sind in Tab. 5 und Abb. 2 in ihrer stratigraphischen Reihenfolge angegeben.

In Pr. 951 wurde *M. dichotoma* nicht gefunden. Die Probe enthält aber sonst die für die *hemisphaerica-dichotoma*-Zeit (obere Dasberg- bis Wocklum-Stufe) typischen

Entomozoen-Arten. In Pr. 950 fanden sich die beiden für das *hemisphaerica/latior*-Interregnum charakteristischen Arten.

Tab. 4. Die Verbreitung der Entomozoen im Profil Stockum

1 = obere *hemisphaerica* - *dichotoma* - Zeit

2 = *hemisphaerice/latior* - Interregnum

3 = *latior* - Zeit

4 = *Siphonodella-sulcata* Zone sensu SANDBERG et al. 1972.

Conodonten-Zonen	mittl. costatus-Z.		o. Proto-gn. -F.	4	Ps. tr. inaequalis-Z.		? Ps. tr. triang. -Z.	
	922	923			888	929	930	924
Schurf I			922		888	929		
Schurf II	932	889	923	891	887	925	927	930
Schurf III					916	917	918	921
								928
Richterina ( <i>Richterina</i> ) <i>costata</i>	■							
R. (R.) <i>striatula</i>	■							
<i>Maternella dichotoma</i>	■							
<i>M. hemisphaerica</i>	■							
<i>M. ? n. sp. A</i>	■							
<i>M. n. sp. 3</i>			?	?	■			
<i>M. sp. 4</i>			■		■			
<i>Richterina (Richterina) latior</i>					■			
R. (R.) <i>tenuistriata</i>					■			
<i>Bertilionella (Waldeckella) n. sp. 1</i>					■			
B. (W.) <i>sp. 2</i>					■			
<i>Maternella sp. 5</i>					■			
<i>M. sp. aff. M. circumcostata</i>					■			
<i>M. clathrata</i>					■			
<i>Ungerella postmulticostata</i>					■			
<i>U. stockumensis</i>					■			
<i>Maternella schindewolfi</i>					■			
<i>M. circumcostata</i>			?		■			
<i>M. cf. arcuata</i>					■			
<i>M. pfaffenbergensis</i>					■			
	1	2	3					
	do VI	? u. cu I	mittl. cu I		?	ob. cu I		

Die in unterkarbonischen Schiefen des Hasselbachtals massenhaft vorkommenden Entomozoen wurden nur z. T. in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt. Es sollte vorerst nur die Frage geklärt werden, ob die Ostracoden-Gemeinschaften aus dem Profil Stockum auch in anderen Profilen wiederzufinden sind. Außerdem wollten wir versuchen, auch aus Schiefen direkt unter den Liegenden Alaunschiefern Entomozoen-Faunen zu gewinnen, weil dies im Profil Stockum nicht geglückt war.

Die Probe Rb 1418 (0-50 cm über dem Hangenberg-Kalk) mit einer fraglichen *M. cf. arcuata*, mehr als 5 *M. schindewolfi* und ohne *R. (R.) latior* läßt sich mit den Ostracoden-Faunen aus dem unteren Teil des oberen cu I von Stockum vergleichen.



Die Probe stammt aus einem Bereich, der der Brückenerweiterung zum Opfer fiel und uns daher nicht mehr zugänglich war. Für Pr. 947 bis 949 ist wie im oberen cu I von Stockum *M. schindewolfi* die auffälligste Art. Allerdings wird sie im Hasselbachtal nicht von *M. cf. arcuata*, sondern von *R. (R.) latior* begleitet. *M. pfaffenbergensis* und *M. n. sp. 3* konnten im Profil Hasselbachtal nicht nachgewiesen werden. Zu den beiden *Ungerella*-Arten aus dem mittleren cu I des Profils Stockum tritt im Hasselbachtal eine weitere *Ungerella*-Art hinzu.

Tab. 5. Die Verbreitung der Entomozoen im Profil Hasselbachtal

	951	950	Hb 1418	947	948	949
1-5 Exemplare						
6-10 Exemplare						
11-20 Exemplare						
mehr als 20 Exemplare						
Richterina ( <i>Richterina</i> ) <i>costata</i>	■	■				
<i>R. (R.) striatula</i>	■	■				
<i>Maternella hemisphaerica</i>	■					
<i>M. cf. arcuata</i>			?			
<i>M. clathrata</i>				■	■	■
<i>M. schindewolfi</i>				■	■	■
<i>M. circumcostata</i>				?	?	
<i>M. sp. 4</i>				■	■	■
<i>Richterina (Richterina) latior</i>				■	■	■
<i>R. (R.) tenuistriata</i>				■	■	■
<i>Ungerella postmulticostata</i>				■	■	■
<i>U. stockumensis</i>				■	■	■
<i>U. cf. mepeli</i>					■	■
<i>Maternella grammica</i>					■	■
<i>M. sp., aff. M. circumcostata</i>						■
	do VI	?		ob. cu I		

#### 4.3. Beschreibung der Entomozoen

##### *Bertillonella* STEWART & HENDRIX 1945

##### *Bertillonella (Waldeckella)* n. sp. 1

Abb. 3 und Taf. 2 Fig. 6

Diese relativ große *Bertillonella* mit geradem Schloßrand ist durch ein rundes Skulpturzentrum unterhalb der Klappenmitte gekennzeichnet. Die äußeren Rippen verlaufen ungefähr parallel zum freien Rand, während die inneren Rippen das Skulpturzentrum erst konzentrisch umgeben und dann durch Rippeneinschaltungen zum Dorsalrand hin einen spitzen Winkel bilden.

Bemerkungen: Von einer Benennung dieser sicherlich neuen Art wird vorerst abgesehen, da kein ganz vollständiges Exemplar vorliegt.

Beziehungen: Durch das runde Skulpturzentrum und die Größe läßt sich diese Art nicht mit *Bertillonella (W.)* sp. 2 verwechseln. Durch das Fehlen einer Furche ist *Bertillonella (W.)* n. sp. 1 von Entomoprimitien zu unterscheiden.

Material: 23 Exemplare aus dem Profil Stockum.

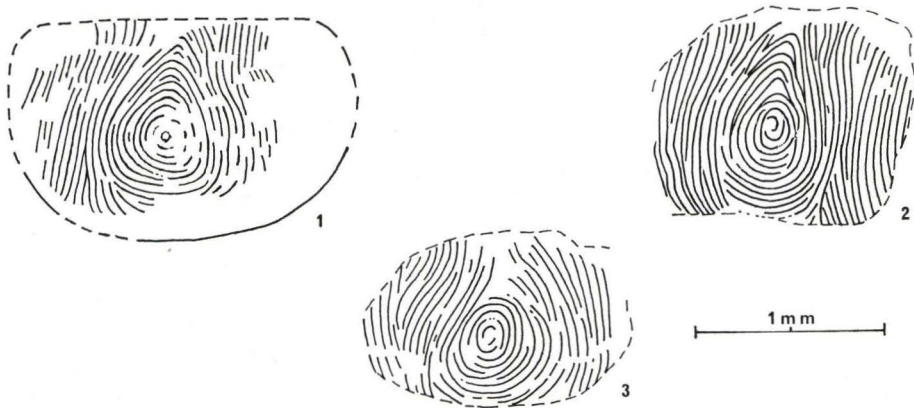


Abb. 3. *Bertillonella (Waldeckella)* n. sp. 1, Stockum.

Fig. 1. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-916-15a)

2. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-916-17)

3. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-925-12)

#### *Bertillonella (Waldeckella)* sp. 2

##### Abb. 4

Diagnostisch wichtige Merkmale: Bei dieser sehr kleinen *Bertillonella* mit ovalem, annähernd senkrecht stehendem Skulpturzentrum verlaufen die äußeren Rippen parallel zum freien Rand.

Bemerkungen: Da noch nicht ausgeschlossen werden kann, daß es sich um juvenile Exemplare von Maternellen handelt, wird von einer Benennung abgesehen.

Beziehungen: Bei der sehr ähnlichen, aber wesentlich größeren *Bertillonella (W.) erecta* (RABIEN 1954) aus der Adorf-Stufe verläuft das Skulpturzentrum schräg zum Dorsalrand. *Bertillonella sphaerula* GRÜNDEL 1961 hat ein rundes Skulpturzentrum. Bei *Maternella sphaerula* (KUMMEROW 1939) liegt das ovale Skulpturzentrum parallel zur Längsachse des Gehäuses.

Material: 49 Exemplare aus dem Profil Stockum.

1 leicht verdrücktes und beschädigtes Exemplar aus Meschede, Fundschicht 2 (Material Rabien, Wiesbaden: Rb 4615/156, det. *R. (M.)?* sp. sp.)

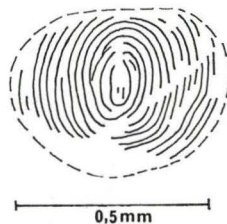


Abb. 4. *Bertillonella (Waldeckella)* sp. 2, Stockum.

Abdr. (Orig.-Nr. 1008-916-22)

*Maternella* RABIEN 1954*Maternella* cf. *arcuata* GRÜNDEL 1961

Taf. 2 Fig. 5

Kennzeichnend für diese Art ist das langgestreckt linsenförmige Skulpturzentrum, der sehr enge, gleichmäßige Rippenabstand und die feinen Zwischenrippen.

Beziehungen: Von *Maternella arcuata* GRÜNDEL 1961 unterscheidet sich die vorliegende Art nur durch die Querstege. Der Rippenverlauf und der Umriß sind völlig gleich. *Maternella clathrata* KUMMEROW 1939 und *M. exornata* (MATERN 1929) haben einen größeren Rippenabstand, außerdem stoßen die Rippen im vorderen und hinteren Klappenteil nicht spitzwinkelig aufeinander. Bei *Richterina (Richterina) tenuistriata* KUMMEROW 1939 verlaufen die Rippen im Klappenzentrum parallel zur Längsachse.

Material: Mehr als 100 Stk. und Abdr. aus dem Profil Stockum, 1 fragliches Exemplar aus dem Profil Hasselbachtal (Rb 1418).

*Maternella circumcostata* RABIEN 1960

Abb. 5 Fig. 1–3 und Taf. 5 Fig. 5

Beschreibung s. RABIEN (1960: 78–82) und GRÜNDEL (1961: 130–131).

Diagnostisch wichtige Merkmale: Schief eiförmig bis annähernd runde, relativ große *Maternella* mit flach linsenförmiger Berippung in Klappenmitte und konzentrischer Berippung im äußeren Klappenteil. Rippenabstand gleichbleibend, Rippeneinschaltungen nicht selten, Rippen etwa so breit wie Furchen.

Beziehungen: Siehe RABIEN (1960: 81–82) und unter *M. sp.*, aff. *circumcostata*.

Bemerkungen: Die wenigen unvollständigen Exemplare aus dem Liegenden des „Stockumer Kalkes“ in Schurf II bei Stockum werden nur mit großem Vorbehalt zur vorliegenden Art gestellt.

Material: Mehr als 90 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum.

*Maternella* sp., aff. *M. circumcostata* (RABIEN 1960)

Abb. 5 Fig. 4–7 und Taf. 5 Fig. 4, 7

Diagnostisch wichtige Merkmale: Relativ große *Maternella* mit ovalem Skulpturzentrum und konzentrischer Berippung mit wenigen Rippeneinschaltungen. Rippen deutlich breiter als Furchen. Rippenabstand etwa 0,05–0,06 mm.

Beziehungen: Die Stk. sind nur bei guter Erhaltung aufgrund der breiteren Rippen von denen von *M. circumcostata* zu unterscheiden und durch das weniger scharfe Umbiegen der Rippen im vorderen und hinteren Klappenteil. Abdr. von *Maternella* sp., aff. *M. circumcostata* sind nur durch das länglichere Skulpturzentrum von der kleineren *Maternella seilerensis* KOCH 1970 zu unterscheiden. Nach KOCH (1970: 725–726) soll die unterkarbonische Art von der Seiler bei Iserlohn aber auch innen eine fei-

nere Berippung als außen zeigen, was bei dem vorliegenden, reichhaltigeren Material nicht nachgewiesen werden konnte. *Maternella grammica* (KUMMEROW 1939) und *Maternella pfaffenbergensis* GRÜNDEL 1961 haben weniger Rippen und einen größeren Rippenabstand. Wie eng die Beziehungen zu *Maternella* cf. *gyrata* (RH. RICHTER 1856) sensu RABIEN (1960: 82–83) sind, konnte noch nicht geklärt werden.

Material: Mehr als 70 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum und 1 Expl. aus dem Profil Hasselbachtal.

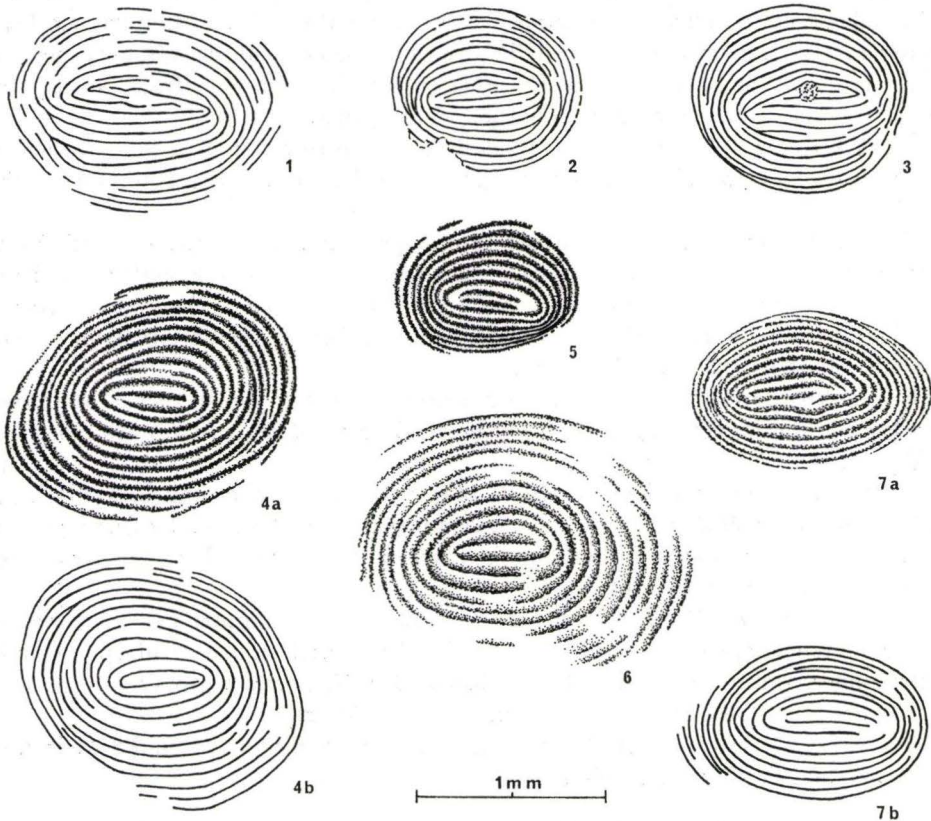


Abb. 5. Fig. 1–3. *Maternella circumcostata* RABIEN 1960, Stockum.

1. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-929-3)
2. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-2a)
3. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-9)

Fig. 4–7. *Maternella* sp., aff. *M. circumcostata* RABIEN 1960, Stockum.

- 4a. Abdr.; 4b. Stk. (Orig.-Nr. 1008-916-12)
5. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-919-18)
6. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-927-18)
- 7a. Abdr.; 7b. Stk. (Orig.-Nr. 1008-916-11)

***Maternella clathrata*** (KUMMEROW 1939)

Abb. 6 Fig. 1–8, Taf. 3 Fig. 1, 2, 6 und Taf. 6

v \* 1939 *Richterina* (*Richterina*) *clathrata* n. sp. – KUMMEROW, S. 59–60, Taf. 7 Fig. 4

Diagnostisch wichtige Merkmale: Relativ große *Maternella* mit meist deutlichem Schließmuskelfleck vor der Klappenmitte in einem flach ovalen Skulpturzentrum. Kräftige Hauptrippen verlaufen meist parallel zum Außenrand, unregelmäßige Rippeneinschaltungen sind vor allem in der Klappenmitte nicht selten. Die Hauptrippen sind durch etwas niedrigere Nebenrippen (Querrippchen) miteinander verbunden. Der Abstand zwischen den Hauptrippen ist deutlich größer als der Abstand der engständigen Nebenrippen. Der Rippenabstand der Hauptrippen liegt zwischen 0,035 und 0,045 mm, wobei die Rippen schmaler als die dazwischenliegenden Furchen sind. Bei vollständigen Exemplaren ist eine anteroventrale Schaleneinziehung durch Rippengabelungen deutlich zu erkennen.

Das Exemplar 1008–949–2 zeigt, daß die Hauptrippen mit kleinen Dörnchen verziert waren, was auf dem Abdruck durch Grübchen in den Furchen verdeutlicht wird.

Variationsbreite: Die Anzahl der Hauptrippen und die Lage bzw. Deutlichkeit der anteroventralen Schaleneinziehung variieren. Aufgrund der Erhaltung sind die Querrippchen oft nur schwach zu erkennen (Taf. 3 Fig. 6). Im vorliegenden Material werden deshalb vorerst auch Stücke ohne Querrippchen in die Variationsbreite einbezogen (Pr. 918, 920, 924, 927, 930).

Bemerkungen: Von dieser aus dem Unterkarbon von Dresberg beschriebenen Art lag mir nur der Holotypus, ein leicht beschädigter und verkrusteter Stk., vor (Taf. 3 Fig. 1).

Beziehungen: Nach RABIEN (1954: 144) ist diese Art sehr ähnlich, wahrscheinlich identisch mit *Maternella exornata* (MATERN 1929). Der Abstand der Querrippchen ist bei der vorliegenden unterkarbonischen Art aber immer deutlich geringer als der Abstand zwischen den Hauptrippen.

Im Gegensatz zu *Maternella* cf. *arcuata* verlaufen die Hauptrippen im vorderen und hinteren Klappenteil parallel zum freien Rand und stoßen nicht spitzwinklig aufeinander. Außerdem ist der Rippenabstand bei *M. clathrata* größer.

Verbreitung: Bisher nur vom locus typicus bekannt.

Material: Mehr als 180 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum und 8 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

***Maternella dichotoma*** (PAECKELMANN 1913)

Bestimmung nach RABIEN (1954: 135–139) und BLUMENSTENGEL (1959: 75).

MATERIAL: 16 meist beschädigte Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum.

***Maternella exornata*** (MATERN 1929)

Taf. 3 Fig. 4–5

Beschreibung s. RABIEN (1954: 143–145).

Bei dieser nach RABIEN (1954: 145) nur aus der Dasberg-Stufe sicher nachgewiesenen Art ist der Abstand der Nebenrippen meistens etwas weiter als der Abstand

zwischen den Hauptrippen. Diese Art wurde weder im Profil Stockum noch im Profil Hasselbachtal gefunden, sie wird nur im Vergleich zu *Maternella clathrata* abgebildet.

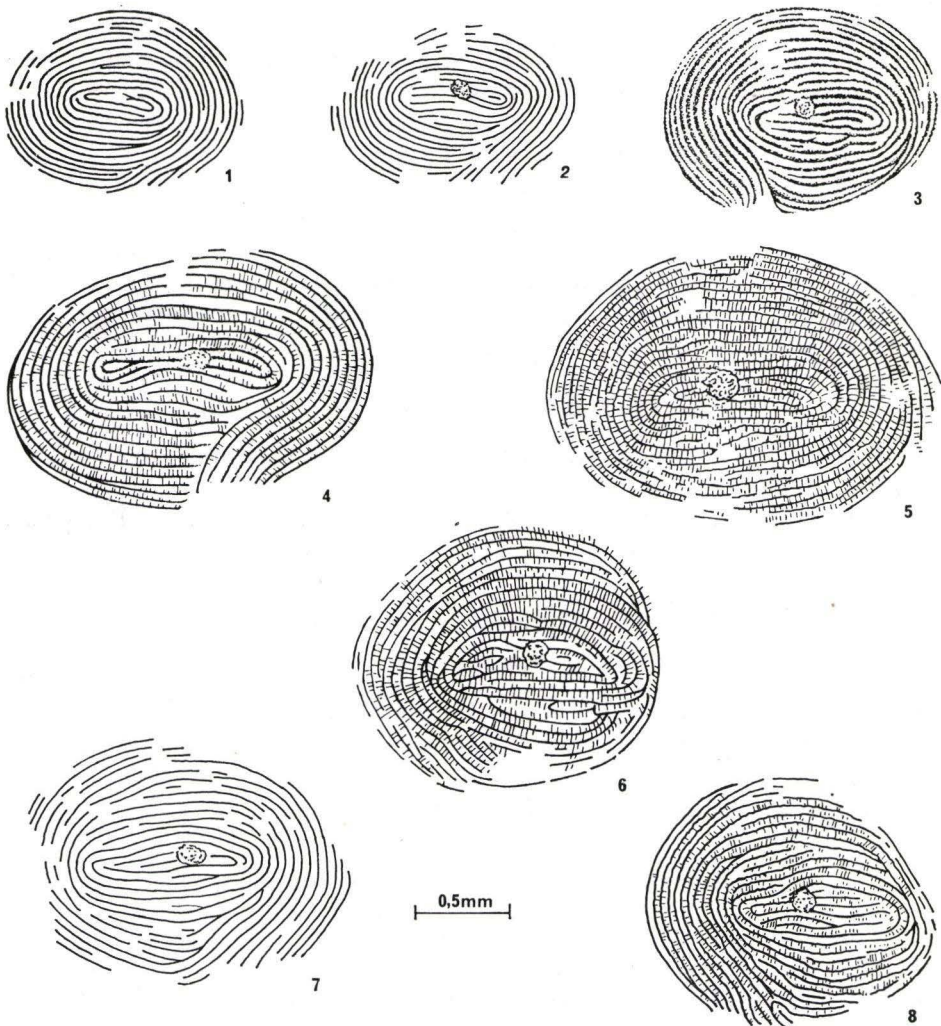


Abb. 6. Fig. 1—8. *Maternella clathrata* KUMMEROW 1939, Stockum.

1. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-918-16), untypische Erhaltung
2. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-918-15a), Querstege nicht erhalten
3. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-29), Querstege nicht erhalten
4. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-920-23)
5. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-17)
6. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-916-13)
7. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-918-17a), Querstege nicht erhalten
8. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-927-1)

***Maternella grammica* (KUMMEROW 1939)**

- v\* 1939 *Richterina* (*Richterina*) *grammica* n. sp. — KUMMEROW, S. 57—58, Taf. 6 Fig. 14  
 v. 1939 *Entomis* (*Nehdentomis*) *lenticularis* n. sp. — KUMMEROW, S. 56—57, Taf. 6 Fig. 13  
 v. 1960 *Richterina* (*Maternella*) *grammica* (KUMMEROW 1939) — RABIEN, S. 83—84,  
 Taf. 3 Fig. 15

Bemerkungen: Diese relativ große *Maternella* war bisher nur aus den unterkarbonischen Schiefern von Dresberg bekannt. Charakteristisch ist die konzentrische Berippung mit eingeschalteten Rippen. Zwischen den schmalen Rippen liegen sehr breite Zwischenräume. Der Rippenabstand beträgt mehr als 0,1 mm.

Beziehungen: Einen sehr ähnlichen Rippenverlauf zeigt der beschädigte Lectotypus von *Entomozoe* (*Richterina*)? *sandbergeri* (RH. RICHTER 1869). Bei verdrückten Exemplaren von *M. grammica* ist eine Verwechslung mit *M. pfaffenbergensis* möglich, diese besitzt aber weniger Rippen. *M. sp.*, aff. *circumcostata* ist durch die größere Rippenzahl und den kleineren Rippenabstand gekennzeichnet.

Material: 18 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

***Maternella hemisphaerica* (RH. RICHTER 1848)**

Bestimmung nach RABIEN (1954: 139—142), BLUMENSTENGEL (1959: 77) und GRÜNDEL (1961: 127—128).

Material: Mehr als 30 Abdr. und Stk. aus den Profilen Stockum und Hasselbachtal.

***Maternella pfaffenbergensis* GRÜNDEL 1961**

Taf. 2 Fig. 4

Bemerkungen: Diese relativ große *Maternella* mit eiförmigem Umriß, Spiralarippe und sehr breitem Rippenabstand war bisher nur vom locus typicus in Thüringen bekannt.

Material: 14 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum.

***Maternella schindewolfi* (KUMMEROW 1939)**

Taf. 2 Fig. 1—3

- v\* 1939 *Graphiodactylus schindewolfi* n. sp. — KUMMEROW, S. 33—34, Taf. 3 Fig. 10  
 pv. 1970 *Richterina* (*Maternella*) *circumcostatula* n. sp. — KOCH, S. 722—724, Taf. 9  
 Fig. 3—4

Diagnostisch wichtige Merkmale: Charakteristisch für diese Art ist das deutliche Skulpturzentrum mit sehr feiner, konzentrischer Berippung. Parallel zum Außenrand verlaufen Rippen mit breiterem Rippenabstand.

Bemerkungen: *M. circumcostatula* sehe ich als jüngeres Synonym von *M. schindewolfi* an.

Die Abbildungen auf Taf. 2 verdeutlichen die unregelmäßige Begrenzung der beiden unterschiedlichen Berippungsarten. Da die feine, innere Berippung z. T. bis fast zum Außenrand reichen und plötzlich durch breitere Rippen abgelöst werden

kann, halte ich es für möglich, daß es sich um die unterschiedliche Skulptur von zwei verschiedenen Schalenschichten handelt. KOCH (1970: 723) deutet die scharfe Begrenzung der beiden Berippungstypen als mögliche Schwächezone in der Schale. Gegen diese Deutung spricht bei dem vorliegenden Material die stark wechselnde Lage der Begrenzung der beiden Berippungstypen.

Variationsbreite: Der Umriß variiert von länglich (z. B. Holotypus bei KUMMEROW) bis gedrunen (z. B. „Holotypus“ bei KOCH) eiförmig. Außerdem schwankt die Größe des feinrippigen Mittelfeldes.

Beziehungen: Aufgrund der feinen Berippung um das Skulpturzentrum (= Schließmuskelfleck) und der gröberen konzentrischen Berippung parallel zum Außenrand ist diese Art mit keiner der übrigen Entomozoen zu verwechseln.

Verbreitung: Bisher aus dem Unter-Tournai von Dresberg und Hangenberg-Schiefern der Seiler bei Iserlohn beschrieben.

Material: Mehr als 175 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum und mehr als 80 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

#### *Maternella?* n. sp. A RABIEN 1954

Bisher liegen nur verdrückte Abdr. und Stk. dieser unregelmäßig skulptierten Form mit fast rundem Umriß aus der Wocklum-Stufe und vielleicht oberen Dasberg-Stufe des Rheinischen Schiefergebirges vor.

Material: 13 Abdr. und Stk. aus Schurf II bei Stockum.

#### *Maternella* n. sp. 3

Taf. 4 Fig. 1 — 4

Diagnostisch wichtige Merkmale: Die relativ großen Klappen mit eiförmigem Umriß zeigen einen großen Schließmuskelfleck vor der Mitte des flach ovalen Skulpturzentrum in Klappenmitte. Die Skulptur besteht aus etwa 20 parallel zum Klappenrand verlaufenden Rippen mit gleichmäßigem Rippenabstand. Rippen-einschaltungen sind nicht selten.

Beziehungen: „*Graphiodactylus*“ *gyripunctatus* (JONES & KIRKBY 1886) in KUMMEROW (1939: 33) aus den Kulmkieselschiefern des Harzes zeigt einen sehr ähnlichen Rippenverlauf. Aufgrund der andersartigen Erhaltung ist ein Vergleich mit der vorliegenden Form sehr schwierig. Bei den Belegstücken zu KUMMEROW (1939) und MEISCHNER & SCHNEIDER (1970: 57, 71, Probe P<sub>2</sub>, det.: *Richterina* sp.) sind der gerade Dorsalrand und Eindellungen (Furche vom Dorsalrand bis Klappenmitte und meist weitere Eindellungen im hinteren Klappenteil) oft zu erkennen, die beim vorliegenden Material fehlen.

Wie eng die Beziehungen zu *Richterina* (*Richterina*) *kiliginiae* POSNER 1958 und *Richterina* (*Richterina*) aff. *latior* in JORDAN & BLESS 1970 sind, konnte noch nicht geklärt werden.

Bemerkungen: Aufgrund der andersartigen Erhaltung der Entomozoen im Liegenden des „Stockumer Kalkes“ werden die Exemplare aus Pr. 922 und 923 nur mit Vorbehalt zur vorliegenden Art gestellt.



Material: 16 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum, 1 Abdr. und Stk. und mehrere Bruchstücke aus dem Profil am Haltepunkt Oese (Material Eickhoff, Clausthal).

***Maternella* sp. 4**

Taf. 2 Fig. 7 und Taf. 4 Fig. 6

Bemerkungen: Unter offener Nomenklatur werden Materneln mit annähernd rundem Umriß und konzentrischer Berippung mit Rippeneinschaltungen zusammengefaßt. Die Rippenzahl liegt zwischen 12 und 17, ganz selten bei 10 und 20. Der Rippenabstand beträgt 0,03–0,05 und geht ganz selten bis 0,075 mm.

Beziehungen: *M. rabiens* GRÜNDEL 1961 hat eine Spiralrippe ohne Rippeneinschaltungen. *M. geniceraensis* JORDAN & BLESS 1970 und *M. steinachsensis* GRÜNDEL 1961 haben eine höhere Rippenzahl. Bei *M. seilerensis* KOCH 1970 ist die Spiralrippe innen feiner als außen. Bei *M. sp.*, aff. *M. circumcostata* und *M. n. sp. 3* ist das Skulpturzentrum länglicher.

Material: 16 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum und 22 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

***Maternella* sp. 5**

Taf. 3 Fig. 3 und Taf. 6

Bemerkungen: Von dieser sehr großen *Maternella* (L größer als 2 mm) mit linsenförmigem Skulpturzentrum, breitem Rippenabstand (RA zwischen 0,08 und 0,1 mm) und häufigen Rippeneinschaltungen liegen nur unvollständige oder verdrückte Exemplare vor, die keine exakte Bestimmung zulassen.

Beziehungen: Im Rippenverlauf bestehen enge Beziehungen zu der kleineren *M. circumcostata*. *M. grammica* hat einen noch größeren Rippenabstand.

Material: 30 meist unvollständige Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum.

***Richterina (Richterina)* GÜRICH 1896**

***Richterina (Richterina) costata* (RH. RICHTER 1869)**

Beschreibung s. BLUMENSTENGEL (1959: 69–71) und GRÜNDEL (1961: 122).

Bemerkungen: Diese nach RABIEN (1960: 97) bisher im Rheinischen Schiefergebirge selten vorkommende Art ist durch einige scharfe Längsrippen mit mehreren dazwischenliegenden schwächeren Längsrippen gekennzeichnet. Typisch sind außerdem die dornartig ausgezogenen Klappenenden. Je nach Erhaltungszustand sind Querstege zwischen den Hauptrippen zu erkennen.

Verbreitung: In Thüringen vom do IV bis do VI nachgewiesen.

Material: Mehr als 75 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum und mehr als 19 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

***Richterina (Richterina) latior* RABIEN 1960**

Taf. 4 Fig. 5

Beschreibung s. RABIEN (1960: 69–74) und GRÜNDEL (1961: 123–125).

Beziehungen: Wegen der großen Variationsbreite dieser Art bestehen z. T. sehr enge Beziehungen zu *M. circumcostata*, bei der aber die Rippen in Klappenmitte

nicht gerade und parallel zur Längsachse verlaufen. *R. (R.) tenuistriata* hat einen ähnlichen Rippenverlauf, aber eine größere Rippenzahl und engeren Rippenabstand.

Verbreitung: Nach GRÜNDEL (1961: 125) tritt diese Art selten im do VI und häufig im cu I des Thüringischen Schiefergebirges auf. Im Rheinischen Schiefergebirge scheint sie auf das Unterkarbon beschränkt zu sein.

### ***Richterina (Richterina) striatula* (RH. RICHTER 1848)**

Beschreibung s. RABIEN (1954: 119–124 und 1960: 64–68) und GRÜNDEL (1961: 120–122).

Verbreitung: Nach RABIEN (1960: 68) und BLUMENSTENGEL (1959) nur im do III – do VI nachgewiesen. GRÜNDEL (1961: 122) gibt eine Reichweite bis in die mittlere *Gattendorfia*-Stufe Thüringens an.

Material: Mehr als 100 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum und mehr als 24 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

### ***Richterina (Richterina) tenuistriata* KUMMEROW 1939**

Beschreibung s. KUMMEROW (1939: 59) und RABIEN (1960: 74–76)

Verbreitung: Im höheren do bis cu I des Rheinischen und Thüringischen Schiefergebirges nachgewiesen.

Material: 23 Abdr. und Stk. aus dem Profil Stockum und 18 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

### ***Ungerella* LIVENTAL 1948**

#### ***Ungerella mempli* (KUMMEROW 1939)**

v\* 1939 *Entomis (Richterina) mempli* sp. — KUMMEROW, S. 56, Taf. 6 Fig. 12

Diagnose: Mittelgroße *Ungerella* mit weitständiger, umlaufender Berippung, die im deutlichen ventralen Eckdorn mündet.

Bemerkungen: Im Belegmaterial zu KUMMEROW 1939 (im ZGI Berlin) aus den unterkarbonischen Kieselschiefern des Harzes befinden sich einige relativ gut erhaltene Abdrücke von *Ungerella mempli*. Die weitständigen, aber schmalen Rippen verlaufen parallel zum Dorsalrand und Freien Rand und treffen im ventralen Eckdorn zusammen. Sie bilden also im Bereich der unteren Hälfte der Furche ein senkrecht stehendes, ovales Skulpturzentrum. Der posterodorsale Dorn ist kleiner als der anteroventrale Eckdorn. Ein anterodorsaler Dorn konnte im Gegensatz zu KUMMEROW (1939: 56), der zwei dorsale Dornen beschreibt, nicht beobachtet werden.

Beziehungen: Siehe *Ungerella stockumensis* n. sp.

Vorkommen: Bisher nur vom locus typicus beschrieben.

#### ***Ungerella* cf. *mempeli* (KUMMEROW 1939)**

Abb. 7 Fig. 12–13 und Taf. 5 Fig. 6

Bemerkungen: Bei dieser relativ kleinen *Ungerella* ist der Berippungsplan in der Klappenmitte schwer zu erkennen. Die äußeren Rippen verlaufen wie bei

*Ungerella mempeli* parallel zum Außen- und Dorsalrand und treffen sich im sehr deutlichen anteroventralen Eckdorn.

Beziehungen: *Ungerella mempeli* ist gedrungener, so daß ein ovales, aber senkrecht stehendes Skulpturzentrum unterhalb der Klappenmitte entsteht. Die Skulptur von *Ungerella stockumensis* n. sp. ist im Gegensatz zu der Skulptur von *U. cf. mempeli* im Bereich der Furche unterbrochen. Der Verlauf der Rippen zwischen dorsalem und ventralem Dorn ist aber sehr ähnlich. Der Hauptunterschied liegt im Rippenverlauf im dorsalen und vorderen Klappenbereich.

Material: 7 Abdr. und Stk. aus dem Profil Hasselbachtal.

### *Ungerella postmulticostata* n. sp.

Abb. 7 Fig. 1–5 und Taf. 5 Fig. 3a–b

Derivatio nominis: Wegen der Ähnlichkeit mit der älteren *Ungerella multicostata* (RABIEN 1954).

Holotypus: Abdr. und Stk., Orig.-Nr. 1008-927-8 (Abb. 7, Fig. 1 und Taf. 5 Fig. 3).

Locus typicus: Schurf II am Spitzen Kahlenberg bei Stockum, Profilmeter 64,8 (Rheinisches Schiefergebirge).

Stratum typicum: *Gattendorfia*-Stufe, mittleres cu I (*Ps.-triangulus-inaequalis*-Zone).

Material: Mehr als 120 Abdr. und Stk. in Schiefererhaltung.

Diagnose: Mittelgroße *Ungerella* mit kleinen Eckdornen, deutlicher Furche und sehr vielen Längsrippen.

Beschreibung: Der Seitenumriß ist breit eiförmig bis abgerundet rechteckig. Der Dorsalrand ist meist flach mit konkaver Einziehung über der Furche. Der Ventralrand ist leicht konvex. Der Hinterrand ist stärker gerundet als der Vorderrand. Die deutliche Furche beginnt trichterförmig etwa in der Mitte des Dorsalrandes und zieht leicht gebogen über die Klappenmitte hinaus in Richtung auf den ventralen Eckdorn. Der posterodorsale und anteroventrale Eckdorn sind nur schwach ausgebildet.

Die Skulptur besteht aus mehr als 25 Längsrippen mit wenigen kürzeren eingeschalteten Rippen, alle verlaufen etwa parallel zur Gehäuselängsachse. Umlaufende Rippen sind nur sehr selten zu beobachten; wenn vorhanden, treten sie nie in größerer Zahl auf.

Maße des Holotypus: L = 0,9 und H = 0,55 mm

Bemerkungen: Diese engberippte Art zeigt, daß im Karbon – entgegen der Vermutung von GRÜNDEL (1963: 1191) – keine Reduktion der Skulptur bei Ungerellen auftritt.

Beziehungen: Von der sehr ähnlichen *Ungerella multicostata* (RABIEN 1954) aus der Unteren Adorf-Stufe ist die vorliegende Art durch die geringere Größe und die fehlenden umlaufenden Rippen zu unterscheiden. *Ungerella stockumensis* n. sp. und *Ungerella mempeli* (KUMMEROW 1939) sind durch einen andersartigen Rippenverlauf und wesentlich größeren Rippenabstand nicht mit *U. postmulticostata* zu verwechseln.

Vorkommen: Profile Stockum und Hasselbachtal.

Verbreitung: *Gattendorfia*-Stufe.

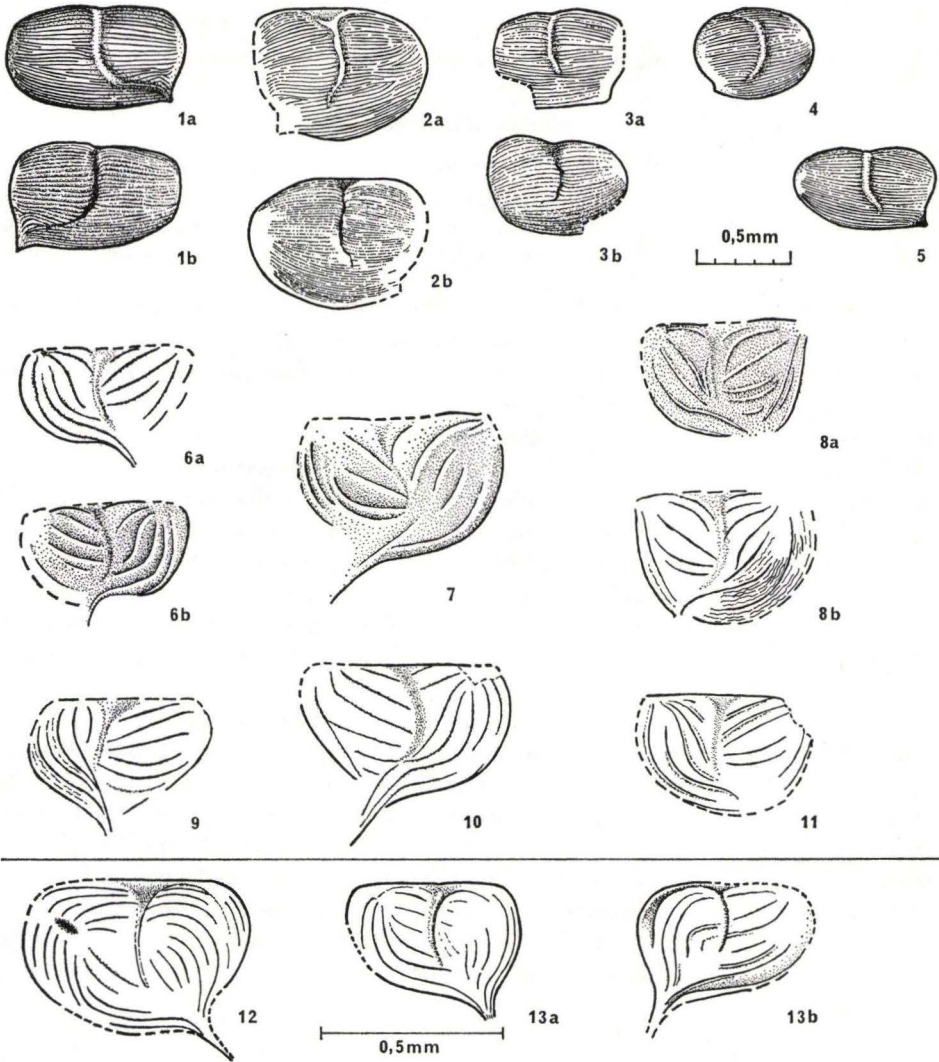


Abb. 7. Fig. 1—5. *Ungerella postmulticostata* n. sp., Stockum.

1. Holotypus (Orig.-Nr. 1008-927-8), a: Abdr., b: Stk.
- 2a. Abdr.; 2b.: Stk. (Orig.-Nr. 1008-917-8)
- 3a. Abdr.; 3b. Stk. (Orig.-Nr. 1008-917-26)
4. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-1)
5. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-929-26)

Fig. 6—11. *Ungerella stockumensis* n. sp., Stockum.

6. Holotypus (Orig.-Nr. 1008-917-22), a: Abdr., b: Stk.
7. Stk. (Orig.-Nr. 1008-927-20)
- 8a. Stk.; 8b. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-21)
9. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-927-15a)
10. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-918-12)
11. Stk. (Orig.-Nr. 1008-929-17)

Fig. 12—13. *Ungerella* cf. *mepeli* (KUMMEROW 1939), Hasselbachtal.

12. Abdr. (Orig.-Nr. 718-948-5)
- 13a. Abdr.; 13 b. Stk. (Orig.-Nr. 718-949-3)

***Ungerella stockumensis* n. sp.**

Abb. 7 Fig. 6–11 und Taf. 5 Fig. 1–2

Derivatio nominis: Nach dem Fundort bei Stockum.

Holotypus: Abdr. und Stk., Orig.-Nr. 1008-917-22 (Abb. 7 Fig. 6 und Taf. 5 Fig. 1).

Locus typicus: Schurf III am Spitzen Kahlenberg bei Stockum, Profilmeter minus 5,2–5,5 (Rheinisches Schiefergebirge).

Stratum typicum: *Gattendorfia*-Stufe, mittleres eu I (*Ps.-triangulus-inaequalis*-Zone).

Material: Mehr als 25 Abdr. und Stk. in Schiefererhaltung.

Diagnose: Mittelgroße *Ungerella* mit sehr ausgeprägtem ventralen Eckdorn und wenigen, scharfen Rippen mit breiten Zwischenräumen, die auf beiden Seiten der Furche einen mehr oder weniger spitzen Winkel zur Furche bilden.

Beschreibung: Der Seitenumriß ist breit oval bis abgerundet rechteckig. Der lange Dorsalrand ist gerade mit flacher Einziehung über der Furche. Die Dorsalecken sind an manchen Exemplaren recht deutlich und können daher mit Eckdornen verwechselt werden. Der Vorderrand ist nur wenig flacher gerundet als der Hinterrand, beide gehen unmerklich in den Ventralrand über. Die nicht sehr ausgeprägte Furche zieht von der flachen, trichterförmigen Einziehung am Dorsalrand schwach gebogen in Richtung auf den sehr langen, nach vorn unten zeigenden ventralen Eckdorn.

Die Skulptur besteht aus wenigen, sehr schmalen, aber deutlichen Rippen mit breiten Zwischenräumen. Im vorderen Klappenteil verlaufen 6–8 Rippen von der anterodorsalen Ecke aus schwach gebogen in Richtung auf die Furche, wobei die äußeren Rippen mehr oder weniger parallel zum Klappenrand verlaufen. Im hinteren Klappenteil verlaufen die Rippen in entgegengesetzter Richtung. Von dem posterodorsalen, nicht sehr deutlichen Dorn aus ziehen 6–8 gebogene Rippen in Richtung auf die Furche, wobei die äußeren Rippen in den anteroventralen Dorn auslaufen.

Bei manchen Exemplaren ist der breite Zwischenraum zwischen den Rippen geknittert, wodurch im Abdruck feine Furchen vorgetäuscht werden können (z. B. Orig.-Nr. 1008–917–21).

Maße Holotypus: L = 0,8 und H = 0,55 mm (ohne Ventraldorn gemessen)

Orig.-Nr. 1008–927–20: L = 1,0 und H = 0,7 mm

1008–918–12: L = 1,05 und H = 0,75 mm

1008–929–17: L = 0,85 und H = 0,6 mm

Beziehungen: Ein Vergleich mit der kleineren *Ungerella* n. sp.? GRÜNDEL 1961 ist schwierig, da bisher nur ein Exemplar mit undeutlicher Skulptur bekanntgemacht wurde. Im Gegensatz zu der ähnlichen *Ungerella mempeli* (KUMMEROW 1939) hat die vorliegende Art keine konzentrische Berippung.

Vorkommen: Profile Stockum und Hasselbachtal.

Verbreitung: *Gattendorfia*-Stufe.**5. Zusammenfassung**In 3 Schürfen am Spitzen Kahlenberg SE Stockum und im Hasselbachtal bei Hohenlimburg-Reh wurden die Schichten zwischen den Knollenkalken der Wocklum-Stufe (Mittlere *costatus*-Zone, do VI) und den Liegenden Alaunschiefern der unteren

*Pericyclus*-Stufe (*Siphonodella-crenulata*-Zone, cu II  $\alpha$ ) auf Conodonten und Ostracoden hin untersucht. Aus Abb. 2 geht hervor, daß diese Schichtenfolge in beiden Profilen faziell verschieden ausgebildet ist und im Hasselbachtal sehr viel geringmächtiger ist. Die untersten Lagen (Pr. 932, 889, 890 und 951 auf Abb. 2) mit Entomozoen der *hemisphaerica-dichotoma*-Zeit gehören aufgrund der Conodonten-Funde in die Mittlere *costatus*-Zone (unt. do VI). Pr. 886 und 950 mit Entomozoen des *hemisphaerica/latior*-Interregnums sind mit Conodonten-Funden in die Obere *costatus*-Zone (ob. do VI) einzustufen.

Entomozoen wurden im Profil Hasselbachtal weder im unmittelbar Liegenden noch Hangenden der reichen *Protognathodus*-Fauna gefunden. Im Liegenden des „Stockumer Kalkes“ am Spitzten Kahlenberg (Pr. 922 und 923) treten in Posidonien reichen Lagen nur wenige Entomozoen auf, die in keine bisher beschriebene Ostracoden-Zone eingeordnet werden können.

Erst 4,5 m im Hangenden des „Stockumer Kalkes“ (Pr. 891, *Siphonodella-sulcata*-Zone (?), unt. cu I) setzen im Profil Stockum Funde von *R. (R.) latior* ein, der Leitart für die *latior*-Zeit (cu I).

In der *Ps.-triangulus-inaequalis*-Zone (mittl. cu I) im Profil Stockum (Pr. 916 bis 918 in Tab. 4) wird *R. (R.) latior* von *R. (R.) tenuistriata*, *M. sp.*, aff. *M. circumcostata* und *M. clathrata* begleitet. Für den unteren Teil dieser Zone ist das Auftreten von *Bertillonella (W.) n. sp. 1* und *B. (W.) sp. 2* typisch, während im oberen Teil stattdessen *Ungerella stockumensis* und *U. postmulticostata* hinzukommen. Dieses Niveau ist im Profil Hasselbachtal kalkig ausgebildet. Ostracoden wurden dort nicht gefunden.

Für den unteren Teil der *Ps.-triangulus-triangulus*-Zone (ob. cu I, Pr. 921 bis 928 in Tab. 4) im Profil Stockum ist das häufige Auftreten von *M. cf. arcuata* und *M. schindewolfi* charakteristisch, während *R. (R.) latior* nicht nachgewiesen wurde.

Leider enthielten die oberen 20 m siltige Tonschiefer unter den Liegenden Alaunschiefern im Profil Stockum nur Conodonten und keine Ostracoden. Im Profil Hasselbachtal wurden dagegen zwischen Hangenberg-Kalk und Liegenden Alaunschiefern keine stratigraphisch wichtigen Conodonten, aber massenhaft Ostracoden gefunden. Aufgrund der lithofaziellen Ähnlichkeit der Schiefer beider Profile im Liegenden der Liegenden Alaunschiefer (im unteren Teil graugrüne Farben, die zum Hangenden hin in dunkelgraue bis blaugraue Farben übergehen; muscheliger Bruch; ockerige Verwitterung) wird ihre Gleichaltrigkeit angenommen. Damit müßten die Ostracoden-Proben 947–949 jünger als die jüngsten Ostracoden von Stockum sein und in den oberen Teil des oberen cu I gestellt werden. Das Vorkommen von *R. (R.) latior*, *R. (R.) tenuistriata* und *Ungerella stockumensis* und *postmulticostata* wäre damit im Profil Hasselbachtal jünger als im Profil Stockum.

Durch das Auftreten von *M. schindewolfi*, *M. grammica*, *R. (R.) latior* und *R. (R.) tenuistriata* bestehen enge Beziehungen zwischen den Ostracoden-Faunen aus dem Profil Hasselbachtal und den Entomozoen-Faunen aus ebenfalls vermutlich höchstem cu I von Dresberg (KUMMEROW 1939 und RABIEN 1960) und von der Seiler bei Iserlohn<sup>v</sup> (KOCH 1970).

Die vorliegenden Faunen reichen noch nicht aus zur Klärung der Frage von RABIEN (1960: 100), wie weit sich die *latior*-Zeit und die *Gattendorfia*-Stufe in ihren Unter- und Obergrenzen unterscheiden. Auf jeden Fall beherrscht *R. (R.) latior* nicht

wie in Thüringen (GRÜNDEL 1961: 139) während des gesamten cu I das Faunenbild. Für das obere cu I ist in den untersuchten Profilen das Vorkommen von *M. schindewolfi* charakteristisch, einer Art, die bisher nur aus dem Rheinischen Schiefergebirge und nicht aus Thüringen bekannt ist.

## 6. Schriftenverzeichnis

- ABUSHIK, A. F. (1958): Novie rodi i vidi ostracod. — Mikrofauna SSSR, **9**: 232—287, Taf. 1—6; Leningrad.
- ALBERTI, H., GROOS-UFFENORDE, H., STREEL, M., UFFENORDE, H. & WALLISER, O. H.: The stratigraphical position of the *Protognathodus* fauna from Stockum (Rhenish Schiefergebirge). — (in Druckvorbereitung)
- BISCHOFF, G. (1957): Die Conodonten-Stratigraphie des rheno-herzynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wocklumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **19**: 64 S., 1 Abb., 2 Tab., 6 Taf.; Wiesbaden.
- BLUMENSTENGEL, H. (1959): Über oberdevonische Ostracoden und ihre stratigraphische Verbreitung im Gebiet zwischen Saalfeld und dem Kamm des Thüringer Waldes. — Freiburger Forschungsh., **C72**: 53—107, 4 Tab., 2 Taf.; Berlin.
- COLLISON, CH., REXROAD, C. B. & THOMPSON, T. L. (1971): Conodont Zonation of the North American Mississippian. — Geol. Soc. Amer. Mem. **127**: 353—394, 8 Abb., 1 Tab.; Boulder/Col.
- , SCOTT, A. J. & REXROAD, C. B. (1962): Six charts showing biostratigraphic zones, and correlations based on conodonts from the Devonian and Mississippian rocks of the Upper Mississippi Valley. — Illinois State Geol. Surv. Circ. **328**: 32 S., 6 Abb.; Urbana.
- EBNER, F. (1973): Die Conodontenfauna des Devon/Karbon-Grenzbereiches am Elferspitz (Karnische Alpen, Österreich). — Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, **33**: 35—49, 1 Abb., 3 Tab.; Graz.
- GRÜNDEL, J. (1961): Zur Biostratigraphie und Fazies der *Gattendorfia*-Stufe in Mitteldeutschland unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden. — Freiburger Forschungsh., **C111**: 55—173, 17 Abb., 3 Tab., 14 Taf.; Berlin.
- (1962): Zur Phylogenetik und Taxionomie der Entomozoidae (Ostracoda) unter Ausschluß der Bouciinae. — Geologie, **19**: 1184—1202, 11 Abb.; Berlin.
- (1963): Ostracoden aus dem cu II  $\beta$ - $\gamma$  vom Südsaum des Ruhrkarbons (nördlich Wuppertal). — Freiburger Forschungsh., **C164**: 93—114, 7 Abb., 3 Taf.; Leipzig.
- JORDAN, H. & BLESS, M. J. M. (1970): Nota preliminar sobre los ostracodos de la Formacion Vegamian. — Breviora Geol. Asturica Ano XIV (1970), no 4: 37—44, 20 Abb.; Oviedo.
- KLAPPER, G. (1966): Upper Devonian and Lower Mississippian Conodont zones in Montana, Wyoming, and South Dakota. — Univ. Kansas Paleont. Contr., Pap., **3**, 43 S., 2 Abb., 1 Tab., 6 Taf.; Lawrence, Kansas.
- (1971): *Patrognathus* and *Siphonodella* (Conodonta) from the Kinderhookian (Lower Mississippian) of Western Kansas and Southwestern Nebraska. — Bull. State Geol. Survey, Univ. Kansas, **202** (3): 1—14, 1 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Lawrence/Kansas.
- KOCH, M. (1970): Paläontologischer Anhang: Ostracoden. — In KOCH, M., LEUTERITZ, K. & ZIEGLER, W. (1970). — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **17**: 716—727, T. 9—10; Krefeld.
- , LEUTERITZ, K. & ZIEGLER, W. (1970): Alter, Fazies und Paläogeographie der Oberdevon/Unterkarbon-Schichtenfolge an der Seiler bei Iserlohn. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **17**: 678—732, 3 Abb., 3 Tab., 10 Taf.; Krefeld.
- KUMMEROW, E. H. E. (1939): Die Ostrakoden und Phyllopoden des deutschen Unterkarbons. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., **194**: 1—107, 20 Abb., 7 Taf.; Berlin.
- KUMMEROW, E. (1953): Über oberkarbonische und devonische Ostracoden in Deutschland und der Volksrepublik Polen. — Beih. Geologie, **7**, 75 S., 7 Taf.; Berlin.

- MEISCHNER, D. (1971): Conodonten-Chronologie des Deutschen Karbons. — C. R. 6e Congr. Intern. Strat. Geol. Carbonif., Sheffield 1967, **3**: 1169—1180, 3 Abb.; Sheffield.
- & SCHNEIDER, J. (1970): Ober-Devon und älteres Unter-Karbon zwischen Acker- und Diabas-Zug im Oberharz. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **135**: 42—81, 7 Abb.; Stuttgart.
- POLENOVA, E. N. (1955): Ostracody devona volgo-ural'skoj oblasti. — In: Foraminifera, Radiolarij i Ostracody devona volgo ural'skoj oblasti. — Trudi VNIGRI, n. s. **87**: 191—317, 1 Abb., 3 Tab., 15 Taf.; Leningrad.
- RABLEN, A. (1954): Zur Taxionomie und Chronologie der oberdevonischen Ostracoden. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **9**, 268 S., 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.
- (1960): Zur Ostracoden-Stratigraphie an der Devon/Karbon-Grenze im Rheinischen Schiefergebirge. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **3**: 61—106, 4 Abb., 7 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- SANDBERG, CH. A. & KLAPPER, G. (1967): Stratigraphy, age, and paleotectonic significance of the Cottonwood Canyon Member of the Madison Limestone in Wyoming and Montana. — Geol. Surv. Bull. **1251-B**: 1—70, 5 Abb., 3 Tab.; Washington, C. D.
- , STREEL, M. & SCOTT, R. A. (1972): Comparison between conodont zonation and spore assemblages at the Devonian-Carboniferous boundary in the western and central United States and in Europe. — C. R. 7e Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonif. Krefeld 1971 (I): 179—203, 4 Abb., 4 Taf.; Krefeld.
- SCHMIDT, H. (1924): Zwei Cephalopodenfaunen an der Devon-Carborgrenze im Sauerland. — Jb. preuß. geol. L.-Anst., **44**: 98—171, 6 Abb., 3 Taf.; Berlin.
- SCHÖNLAUB, H. P. (1969): Conodonten aus dem Oberdevon und Unterkarbon des Kronhofgrabens (Karnische Alpen, Österreich). — Jb. Geol. B. A., **112**: 321—345, 1 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Wien.
- SCOTT, A. J. (1961): Three new conodonts from the Louisiana Limestone (Upper Devonian) of Western Illinois. — J. Paleont., **35** (6): 1223—1227, 2 Abb.; Tulsa, Okl.
- & COLLINSON, CH. (1961): Conodont faunas from the Louisiana and McCraney formations of Illinois, Iowa and Missouri. — Kansas Geol. Soc. 26th Ann. Field Conf. Guidebook: 110—141, 5 Abb., 2 Taf.; Rolla/Miss.
- SZULCZEWSKI, M. (1973): Famennian-Tournaisian dykes and their conodont fauna from Dalnia in the Holy Cross Mts. — Acta geol. pol., **23** (1): 15—58, 4 Abb., 1 Tab., 6 Taf.; Warschau.
- THOMPSON, T. L. & FELLOWS, L. D. (1970): Stratigraphy and conodont biostratigraphy of Kinderhookian and Osagean (Lower Mississippian) rocks of southwestern Missouri and adjacent areas. — Rep. Invest. Missouri Geol. Surv. & Water Resources, **45**, 263 S., 33 Abb., 25 Tab., 8 Taf.; Rolla/Miss.
- VOGES, A. (1959): Conodonten aus dem Unterkarbon I und II (*Gattendorfia*- und *Pericyclus*-Stufe) des Sauerlandes. — Paläont. Z. **33**: 266—314, 5 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Stuttgart.
- (1960): Die Bedeutung der Conodonten für die Stratigraphie des Unterkarbon I und II (*Gattendorfia*- und *Pericyclus*-Stufe) im Sauerland. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **3**: 197—228, 5 Abb., 5 Tab.; Krefeld.
- WEYER, D. (1965): Etroeuungt im Morvan (Zentralfrankreich). — Mitt. ZGI, **1**: 289—302, 1 Taf.; Berlin.
- ZIEGLER, W. (1962): Taxionomie und Phylogenie oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **38**: 166 S., 18 Abb., 11 Tab., 14 Taf.; Wiesbaden.
- (1969): Eine neue Conodontenfauna aus dem höchsten Oberdevon. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **17**: 343—360, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Krefeld.



## Zum Vorkommen von *Corophioides luniformis* BLANCKENHORN im Mittleren Buntsandstein

Von

REINER HEIL, Mainz\*

Mit Tafel 7

**Kurzfassung:** Auf Blatt 5620 Ortenberg wurde in einem Steinbruch bei Bergheim *Corophioides luniformis* BLANCK. gefunden. Während bisher *C. luniformis* als mögliches Leitfossil der Spessart-Folge des Mittleren Buntsandsteins angesehen wurde, deutet die sedimentologische Abfolge im Steinbruch am Bleichtalhof bei Bergheim auf die Eichsfeld-Folge hin.

Daher ist es möglich, daß *Corophioides luniformis* BLANCK. auch in dieser Folge auftritt.

**Abstract:** *Corophioides luniformis* BLANCK. was found in a quarry near Bergheim (top sheet Ortenberg). *C. luniformis* was thought till now a possible index fossil of the „Spessart-Folge“ of the „Mittlerer Buntsandstein“. The sedimentology of the quarry, where *C. luniformis* was found seems to indicate the „Eichsfeld-Folge“ of the „Mittlerer Buntsandstein“.

Therefore it is possible, that *C. luniformis* BLANCK. also appears in this series.

### 1. Einleitung

Im Verlauf einer Kartierung in den Jahren 1970/71 (HEIL 1972) wurde in einem Steinbruch bei Bergheim ein Block mit *Corophioides luniformis* BLANCK. gefunden.

DIEDERICH berichtete 1967 über Funde aus der Spessart-Folge auf Blatt Gelnhausen. Der neue Fund ist möglicherweise in die Eichsfeld-Folge zu stellen.

Den Herren Prof. Dr. E. MARTINI, Dr. G. DIEDERICH, Dr. H. HICKETHIER und Dr. G. KOWALCZYK danke ich für Diskussionen und Herrn H. FUNK für die Herstellung der Aufnahme. Das Belegmaterial befindet sich im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Frankfurt a. M.

### 2. Geologie

Das Vorkommen von Mittlerem Buntsandstein, in dem der Steinbruch am Bleichtalhof (Blatt 5620 Ortenberg, R 3507860, H 5579245) angelegt ist, hat etwa eine E-W-Erstreckung von einem Kilometer. In N-S-Richtung ist es über etwa 200 m zu verfolgen. Das Liegende und das Hangende sind nicht bekannt.

\*) Dipl.-Geol. R. HEIL, Geologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität, 65 Mainz, Saarstraße 21.

Ein kleines Profil soll den Gesteinsaufbau etwas verdeutlichen. Die einzelnen Bänke sind gebleicht, das Bindemittel ist kaolinisiert. Teilweise ist eine Einkieselung eingetreten.

Die obersten 11 Meter des Steinbruches konnten wegen der Steilheit der Wand und der Brüchigkeit des Materials nicht aufgenommen werden. Aus diesen Schichten stammen die Lesesteine mit *C. luniformis*. Es sind feinkörnige Sandsteine (0,2–0,3 mm Korndurchmesser), die vollkommen quarzitisiert sind. Ihre Schichtflächen sind reich an Sedimentmarken. Entfärbte Tongallen erreichen einen Durchmesser von 5 cm.

Das Profil gibt die untersten 11,5 Meter des Steinbruches, von oben nach unten, wieder.

1. 100 cm Grobsandstein, weiß, mit weißen Feinsandsteinlagen
2. 60 cm Feinsandstein—Schluffstein, grünlichgrau, tonig
3. 40 cm Grobsandstein, weiß, auch gelblich-bräunlich, mit deutlicher Schräg- und Horizontalschichtung
4. 40 cm Wechsellage von Grob-, Mittel- und Feinsandstein, weiß, feine Horizontal- und Schrägschichtung sind deutlich
5. 5 cm Fein- bis Mittelsandstein, weiß, Feinschichtung sehr deutlich, stark tonig
6. 90 cm Feinsandstein—Schluffstein, graubraun, Feinschichtung undeutlich
7. 15 cm Mittel—Grobsandstein, weiß, stark tonig, mit groben (bis 2 mm Korndurchmesser) quarzitären Lagen
8. 25 cm Grobsandstein—Feinkonglomerat, stark quarzitären
9. 20 cm Mittelsandstein, gelbbraun
10. 200 cm Feinsandstein—Schluffstein, weiß—grünlich, stark tonig, Feinschichtung deutlich
11. 20 cm Mittel—Grobsandstein, bräunlichgelb, feine Schrägschichtung deutlich
12. 40 cm Grobsandstein, bräunlichgelblich, auch weiß, Parallelschichtung deutlich
13. 30 cm Feinsandstein, grünlichbraun, auch gelblich, stark zersetzt, mürbe
14. 80 cm Grobsandstein, weiß, Horizontalschichtung undeutlich
15. 10 cm Mittelsandstein, weiß
16. 10 cm Grobsandstein, weiß, quarzitären
17. 150 cm Fein—Mittelsandstein, weiß, auch bräunlich, mürbe
18. 2 cm Grobsandstein, weiße Körner mit bräunlichen Belägen, hart, quarzitären
19. 40 cm Mittel—Grobsandstein, weiß, auch gelblich
20. 5 cm Feinsandstein, weiß, mürbe
21. 50 cm Wechsellage von Mittelsandstein, weiß, und Grobsandstein, bräunlich
22. 10 cm Mittel—Feinsandstein, weiß, stark tonig, mürbe
23. 20 cm Grobsandstein, weißlich gelb, mürbe
24. 100 cm Durch den Schuttfuß des Steinbruches nicht aufnehmbar

Durch den Vergleich mit einem weiteren Vorkommen von Mittlerem Buntsandstein am „Betten“ bei Bergheim und der Bohrung B 85 „Am Stauhweiher“ bei Hirzenhain (Zweckverband Oberhessische Versorgungsbetriebe), die eine recht ähnliche petrographische Abfolge zeigen, ist eine Einstufung in die Eichsfeld-Wechsselfolge am wahrscheinlichsten.

### 3. Beschreibung von *Corophioides luniformis* BLANCKENHORN

Es wurde ein 50 × 40 × 20 cm großer Sandsteinblock gefunden. Dieser zeigt auf einer Schichtfläche neben undeutlichen Wellenrippeln eine große Anzahl von maximal 2–3 cm langen und 3–4 mm breiten Vertiefungen (Taf. 7). Ihre Tiefe ist unter-

schiedlich, ihre Kanten sind gerade. Oft stoßen sie aneinander, ohne sich jedoch zu überkreuzen. Sie erinnern dann an „Hühnertrappen“ (SOERGEL 1923). BLANCKENHORN beschreibt diese Form als *Corophioides luniformis* (s. a. MÜLLER 1963: 628, Abb. 811 und 812).

Neben dem beschriebenen Block wurden noch zwei kleinere Stücke mit *C. luniformis* im Verlauf der Kartierarbeit im gleichen Aufschluß gefunden.

DIEDERICH (1967) und andere Bearbeiter messen *C. luniformis* einen gewissen Leitwert für die Spessart-Folge bei.

HOPPE (1965, hier weitere Literaturangaben) gibt eine ausführliche Beschreibung. Er erkennt der Form ebenfalls einen möglichen Leitwert für die Hardeggen-Folge (Spessart-Folge der hessischen Gliederung) zu, erwähnt jedoch auch Funde aus dem Unteren und Oberen Buntsandstein.

#### 4. Ergebnis

Von Blatt 5620 Ortenberg wird erstmals das Vorkommen von *Corophioides luniformis* BLANCK. beschrieben. Die stratigraphische Stellung des Fundes ist nicht eindeutig gesichert, er könnte jedoch aus der Eichsfeld-Folge stammen –.

Eine endgültige Klärung der Stratigraphie des beschriebenen Vorkommens dürfte die Kartierung durch Herrn Dr. H. HICKETHIER (Hessisches Landesamt für Bodenforschung) bringen.

#### 5. Schriftenverzeichnis

- BLANCKENHORN, M. (1924): Über Fossil- und Fährtenhorizonte im Buntsandstein Deutschlands. — Z. deutsch. geol. Ges., **76**: 269–278; Berlin.
- DIEDERICH, G. (1967): *Corophioides* im Buntsandstein des Büdinger Waldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 232–234, Taf. 11; Wiesbaden.
- HEIL, R. (1972): Geologische und petrographische Untersuchungen in der Umgebung von Dudenrod (Kreis Büdingen) auf Blatt 5620 Ortenberg SE. — Unveröff. Dipl.-Arb., 148 S., 30 Abb., 2 Tab., 2 Kten.; Frankfurt/M.
- HOPPE, W. (1965): Die Fossilien im Buntsandstein Thüringens, sowie ihre stratigraphische und ökologische Bedeutung. — Geologie, **14**: 272–311, 2 Tab.; Berlin.
- MÜLLER, A. H. (1963): Lehrbuch der Paläontologie, **2** (3), Invertebraten, 698 S., 854 Abb.; Jena.

Manuskript eingegangen am 7. 5. 1973

## Der Obere Muschelkalk im nordwestlichen Niederhessen (Blätter Liebenau, Hofgeismar, Warburg, Arolsen)

Von

ERWIN BUSSE, Kassel \*

Mit 9 Abbildungen

**Kurzfassung:** Mit dieser Arbeit werden die Untersuchungen über Stratigraphie, Fazies und Fossilführung des Oberen Muschelkalkes in NE- und NW-Hessen sowie in SE-Westfalen abgeschlossen (BUSSE 1952, 1954, 1956, 1959, 1964, 1970, 1972a, 1972b, 1973). Weitere Profilaufnahmen aus dem Diemelgebiet, dem westlichen Kasseler und dem Volkmarser Graben werden mitgeteilt.

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt, daß in NE-Hessen (Meißnergebiet) der Obere Muschelkalk von den Gelben Basis-Schichten bis zur Zone der *Discoceratiten* voll ausgebildet ist. Die *Ceratiten*-Schichten liegen hier von der *atavus*-Zone ab in ihrer Gesamtheit in Tonplatten-Fazies vor. — In NW-Hessen und SE-Westfalen dagegen hält die Trochitenkalk-Fazies (bzw. Misch-Fazies) in den *Ceratiten*-Schichten, nach NNW zu von Zone zu Zone höher wandernd, bis zum Beginn der *compressus*-Zone (bei Willebadessen) an. Schon frühzeitig, etwa mit Ablauf der Mittleren *Ceratiten*-Schichten, endet die Tonplatten-Fazies; die *spinusus*-Zone wird bereits mehr oder weniger von Sedimenten des Unteren Keupers konkordant überlagert.

**Abstract:** This publication closes a series of investigations on stratigraphy, facies and fossil-content of the Upper Muschelkalk (Middle Triassic) in the northeastern and northwestern parts of Hesse as well as in southeast Westphalia (BUSSE 1952, 1954, 1956, 1959, 1964, 1970, 1972a, 1972b, 1973). New profiles from the Diemel-area, the western part of the Kassel-graben and the Volkmarsen-graben are described.

The investigations show that in northeastern Hesse (region of the Meissner-mountains) a complete series of the Upper Muschelkalk is developed from the Yellow Basis-beds to the *Discoceratites* Assemblage-zone. Here the *Ceratites* Beds above the *Ceratites atavus* Zone are developed in „Tonplatten“-facies (clay-shale facies). In northwestern Hesse and southeastern Westphalia the crinoidal-limestone-facies (resp. mixed facies) in the *Ceratites* Beds continues to the basis of the *Ceratites compressus* Zone, the facies-boundary rising to higher stratigraphic levels towards the northeast. The „Tonplatten“-facies ends already after the deposition of the middle *Ceratites* Beds; above the *Ceratites spinusus* Zone follow already concordant sediments of the Lower Keuper (Upper Triassic).

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	92
2. Aufschlüsse südlich der Diemel . . . . .	92
2.1. Hünenburg . . . . .	92
2.2. Wettesingen . . . . .	95
2.3. Ostheim . . . . .	98
2.4. Arensberg . . . . .	99
2.5. Frensche Warte . . . . .	100

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

3. Aufschlüsse im westlichen Kasseler Graben . . . . .	102
3.1. Altenhasungen-Wenigenhasungen . . . . .	102
3.2. Burghasungen . . . . .	102
3.3. Anhang: Wiggenberg bei Mühlhausen . . . . .	103
4. Aufschlüsse westlich Warburg (Westfalen) . . . . .	106
4.1. Kalksteinwerk Wethen . . . . .	106
4.2. SE Teichmühle . . . . .	108
4.3. Weldaer Berg . . . . .	110
4.4. Hügel W P. 221 . . . . .	110
4.5. Donnersberg . . . . .	111
5. Aufschlüsse im Volkmarser Graben . . . . .	112
5.1. Kümmelberg . . . . .	113
5.2. Hoppenberg . . . . .	113
5.3. Kollenberg . . . . .	115
5.4. Petersberg . . . . .	117
5.5. Hüneberg . . . . .	118
5.6. Scheid . . . . .	119
5.7. Hübel . . . . .	121
5.8. Elsberg . . . . .	123
6. Fossilliste . . . . .	124
7. Zusammenfassung und Ergebnisse . . . . .	126
8. Schriftenverzeichnis . . . . .	133

## 1. Einleitung

Nach Untersuchung und Auswertung von Profilen im Oberen Muschelkalk des Meißnergebiets (östliches Niederhessen; BUSSE 1952, 1954, 1964) werden Untersuchungsergebnisse über die in diesem stratigraphischen Niveau wichtigen Aufschlüsse im NW Niederhessens und bei Willebadessen (SE-Westfalen) bekanntgemacht. Sie lagen schon 1958 im Konzept vor. Teile von ihnen sind bereits veröffentlicht worden. In der Arbeit über den Oberen Muschelkalk um Willebadessen (BUSSE 1972a) sind Profile im einzelnen nicht aufgeführt. Dagegen sind in den Arbeiten über Haueda-Lamerden (BUSSE 1972b) und Eberschütz-Manrode (BUSSE 1973) als auch in der vorliegenden Schlußarbeit alle Profile vollständig wiedergegeben. In BUSSE & RÖSING (1966: 71–79) wurde auf einige dieser Ergebnisse bereits Bezug genommen.

In dieser abschließenden Arbeit werden die Profile südlich der Diemel, im westlichen Kasseler Graben, westlich Warburg und im Volkmarser Graben behandelt. Die faziellen Unterschiede treten deutlich heraus: Im Beckenbereich des Meißners beginnt die Tonplatten-Fazies mit der tiefsten Ceratitenzone, der *atavus*-Teilzone. Im nordwestlichen Niederhessen (= Diemelgebiet i.w.S.) hält dagegen die Trochitenkalk-Fazies („*Encrinus*-Schichten“) bis zum Ablauf der *pulcher*-Teilzone oder der *robustus*-Zone an. Bei Willebadessen liegt die Grenze beider Faziesbildungen im Beginn der *compressus*-Zone.

## 2. Aufschlüsse südlich der Diemel

### 2.1. Hünenburg

(Abb. 1, 3, 8)

Der etwa 1,25 km westlich Wettelingen (Bl. 4521 Liebenau) und etwa 3 km östlich Welda (Bl. 4520 Warburg) gelegene Aufschluß an der Hünenburg, schon im Grenz-

bereich Westfalens, zeigt eine besonders interessante Ausbildung der intensiv gelbbraun anwitternden Myophorien- und *Astarte*-Bank BLANCKENHORN'S. Bemerkenswert ist die relativ gute Bearbeitbarkeit der in dieser Bank massenhaft vorkommenden Ersatzschalen von wenigen Arten der Lamellibranchiata. Der Aufschluß wurde im Mai 1955 aufgenommen. Er ist jetzt eingezäunt und mehr oder weniger verfallen. Schon KRAISS (1911:384) schildert ausführlicher dieses Vorkommen:

„. . . Ersterer [= der Trochitenkalk], der eine Gesamtmächtigkeit von etwa 15 m erreicht, besteht in der Hauptsache aus dicken Bänken eines gelblichgrauen dichten oder krystallinischen Kalkes, der oft zahllose Stielglieder von *Encrinus liliiiformis* LAM. und Steinkerne von *Lima striata* v. SCHLOTH. führt. . . . In seinen oberen Lagen ist er als Oolith entwickelt, der bei den Steinbrucharbeiten als Abraum beseitigt werden muß, da er infolge Auflösung der Oolithkörner zu einem weichen Gestein verwittert, das nur noch aus dem Bindemittel der Körner bestehend, an einen feinporigen Schwamm erinnert. Aus diesem verwitterten Gestein lassen sich, ganz besonders schön auf der Hünenburg, hunderte von disckschaligen Muscheln mit dem Messer herausarbeiten, die, nur wenig Arten angehörend, die Reste förmlicher Muschelbänke sind. Verhältnismäßig selten findet sich in dem oolithischen Kalke *Astarte triasina* F. RÖMER, vorherrschend ist *Myophoria ovata* GOLDF.“

Die von KRAISS angegebene Gesamtmächtigkeit von 15 m (Basis mol bis Oberkante der *Astarte*-Bank) dürfte hier noch etwas höher — etwa 16—17 m — sein. Über der *Astarte*-Bank folgen unmittelbar Schichten der Tonplattenfazies. Bestimmbare Ceratiten wurden bisher nicht gefunden. — *Myophoria ovata* (einklappig) ist die am weitest häufigsten vorkommende Art. Dagegen ist *Astarte triasina* recht selten (bei Willebadessen umgekehrt: *Astarte triasina* sehr häufig, *Myophoria ovata* ziemlich selten!).

Anmerkung zu den Fossilien: *Myophoria ovata* kommt in allen Größen vor; die kleinen Exemplare können leicht mit *Myophoria orbicularis* verwechselt werden. Eine derartige Verwechslung glaubt Verf. bei ASSMANN (1915: 619, Taf. 34 Fig. 18, 19) zu sehen. ASSMANN'S Figuren unterscheiden sich im Umriß nicht von den jüngeren Formen der *Myophoria ovata* von der Hünenburg! *Myophoria orbicularis* wurde hier nicht gefunden.

Besondere Erwähnung verdient eine kleine Muschel, die nur in einem relativ kleinen Gebiet — von Wettelingen über die Hünenburg bis Wethen/Germete — und nur in der Myophorien- und *Astarte*-Bank gefunden wurde. Die hier nicht seltene Bivalve erreicht kaum 10 mm  $\varnothing$ ; die Größe ist erstaunlich konstant. An Jugendexemplare etwa einer *Astarte* — mit der Ähnlichkeit besteht — kann nicht gedacht werden, da die *Astarte*-schalen von der Hünenburg durchschnittlich größer — bei 25 mm — sind! Dagegen besteht große Ähnlichkeit mit der alpinen *Schafhäutlia astartiformis laubei* BITTNER; Verf. stellt die kleine Form vorläufig zum Genus *Schafhäutlia* ?; da die Schloß-Partie bisher bei keinem der kleinen Stücke freigelegt werden konnte, ist die Gattungsbestimmung noch nicht sicher. — *Schafhäutlia* ? n. sp., auf den genannten Raum beschränkt, scheint hier die *Schafhäutlia hohensteini* von Willebadessen zu vertreten, die ihrerseits hier nicht vorkommt.

An sonstigen Fossilien wurden noch *Entolium discites* v. SCHL. (selten) und *Myophoria* aff. *cardisoides* (1  $\times$ ) beobachtet. Trochiten von *Encrinus liliiiformis* LAMARCK sind relativ selten. Als einziger Gastropode wurde verschiedentlich eine schlanke Form von *Loxonema* freigelegt. Diese Stücke ähneln *Loxonema (Rhabdoconcha) fritschii* E. PICARD, doch hat diese einen Gehäusewinkel von 30—32°, während das vorliegende Exemplar nur einen Gehäusewinkel von etwa 20° aufweist. Die Höhe einer erhaltenen Schale beträgt 65 mm, mit den fehlenden Anfangswindungen dürfte sie 70 mm gemessen haben. —

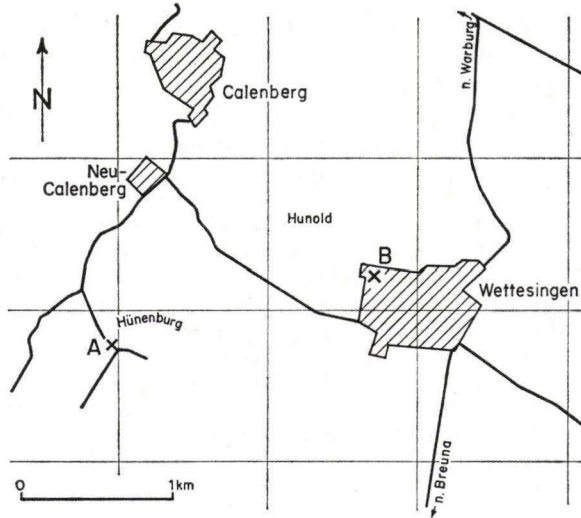


Abb. 1. Lageskizze der Profile an der Hünenburg und bei Wettasingen.

Auch in der Tonplatten-Fazies des Oberen (Haupt-) Muschelkalks Niederhessens kommen recht schlanke Loxonemen vor.

(Hangendes: Tonplatten-Fazies; vermutlich Grenze *pulcher/robustus*-Zone)

#### Oberer Trochitenkalk

- |     |              |   |
|-----|--------------|---|
| 13. | 2,5 – 2,6 m  | <i>Astarte</i> -Bank, Kalksteinbank, grau bis graubraun, intensiv gelbbraun und porös-schaumig verwitternd, zäh-klotzig, im oberen Teil (0,5 – 1,0 m) bankig aufgelockert; zahllose weißlichgelbe Querschnitte besonders von <i>Myophoria ovata</i> , selten <i>Astarte triasina</i> , <i>Schafhäutlia</i> ? n. sp. ?, <i>Enantiostreon difforme</i> , <i>Myophoria</i> cf. <i>cardissoides</i> , <i>Loxonema</i> sp., vereinzelt Trochiten |
| 12. | ca. 2,5 m    | Kalksteinbank, braungrau, kristallin-oolithisch, klotzig; Trochiten   |
| 11. | ca. 1,0 m    | Kalkstein, aufgelockert, grau, kristallin; Trochiten  |
| 10. | ca. 0,8 m    | Kalksteinbank, aufgelockert, grau, kristallin, in der Mitte 0,3 m Mergelstein, gelb, bröcklig zerfallend; Trochiten   |
| 9.  | 0,2 – 0,25 m | Kalksteinbank, uneben-plattig auflockernd, grau, kristallin   |
|     | 7,0 – 7,15 m |   |

#### Zwischenschichten: Horizont der Fladigen Mergelkalksteine

- |    |               |   |
|----|---------------|---|
| 8. | 0,9 – 1,1 m   | Fladige Mergelkalksteine und Mergelsteine, bräunlichgrau, mürbe (wie 6)   |
| 7. | 0,45 – 0,35 m | Kalksteinbank, in 2–3 Lagen, grau bis bräunlich, kristallin-fein-oolithisch, splittrig; Trochiten, <i>Cidaris</i> -Stachel, größere Muschelquerschnitte   |
| 6. | 0,65 – 0,70 m | Fladige Mergelkalksteine und Mergelsteine, bräunlichgrau, mürbe; Trochiten h, <i>Gervilleia</i> sp. 1 ×, <i>Lima striata</i> n s, <i>Coenothyris vulgaris</i> n s, <i>Hoernesia socialis</i> 1 ×, <i>Pecten</i> sp. 1 ×, <i>Worthenia</i> sp. 1 ×, <i>Philippiella noellingi</i> s, <i>Myalina blezingeri</i> n s (Schalenquerschnitte mit dicker Prismenschicht) |

5. 0,24—0,17 m Mergelkalksteinbank, grau, blättrig-mürbe verwitternd; Fossilführung wie in 6
4. 0,12—0,06 m Mergelkalksteinbank, grau, blättrig-mürbe verwitternd; Trochiten h, *Coenothyris vulgaris* n s, *Lima striata*
- 
- 2,36—2,38 m

## Haupt-Trochitenkalk (mo 1)

3. 0,18—0,25 m Kalksteinbank, grau, kristallin, splittrig; Trochiten h, besonders oben kleine Muschelquerschnitte h
2. 1,2 m oben mit dünner (bis 6 cm) Mergelsteinlage abschließend, gelbgrau, darin Trochiten h, *Coenothyris vulgaris*, *Lima striata* — darunter: Kalksteinbank, grau bis bräunlich, kristallin-oolithisch, splittrig, klotzig; Trochiten h, Muschelreste, *Pleuromya* ? sp. 1 ×. Drusenartige Hohlräume mit Kalkspatkrystallen, unten Mergelkalksteinbank 0,45 m, gelbgrau bis bräunlich, bröcklig verwitternd; Trochiten
1. bis 0,35 m aufgeschlossen: Kalksteinbank in 2—3 unebenen Lagen, grau, feinkristallin-kristallin, splittrig; vereinzelt kleine Muschelquerschnitte, Trochiten ?
- 
- 1,73—1,8 m

An der Hünenburg beträgt die Mächtigkeit	
der Myophorien- und <i>Astarte</i> -Bank	ca. 2,5 m
des übrigen Oberen Trochitenkalks	ca. 4,5 m
der Fladigen Mergelkalksteine	ca. 2,5 m
	<hr/>
	ca. 9,5 m

Die über der *Astarte*-Bank nach oben folgende Tonplatten-Fazies dürfte etwa mit der unteren *robustus*-Zone beginnen. — In den trochitenkalkähnlichen Sedimenten der Hünenburg macht sich gegenüber den Vorkommen auf der Linie Welda-Ehringen im Volkmarser Graben neben den Fladigen Mergelkalksteinen eine Zunahme rein mergeliger Schichten und eine Abnahme der festen splittrigen Trochitenkalkbänken bemerkbar.

Im Volkmarser Graben — von Welda im N bis zum Hübel bei Ehringen im S — haben die Aufschlüsse im gleichen stratigraphischen Niveau [von der Oberkante des Haupt-Trochitenkalks (mo 1) bis zum Einsetzen der Tonplatten-Fazies] eine recht konstante Mächtigkeit von etwa 10,5 m. Bis zur Hünenburg, 3 km nach E, ist sie auf 9,5 m zurückgegangen. Weiter nach NE verringert sich die Mächtigkeit dieses stratigraphischen Abschnittes bei Haueda auf ca. 6,5 m und bei Lamerden auf etwa 6 m (Busse 1972b: 149).

## 2.2. Wettelingen

(Abb. 1, 3)

Etwa 1,25 km östlich der Hünenburg, wenig nordwestlich von Wettelingen, lagen 2 weitere kleine Kalksteinbrüche in äquivalenten Muschelkalkschichten dicht beisammen (Bl. 4521 Liebenau, R 35 1278, H 570233, Aufnahme August 1955)



## Westseite

## Tonplatten-Fazies

- Hangendes: Bis 0,5 m aufgelockerte Tonplatten und Schutt aus mo2
19. 0,7 m Kalkstein, grau, plattig und Mergelstein, hellgrau; *Ceratites cf. pulcher*
  18. 0,15—0,2 m Mergelstein, hellgrau-grüngrau, mürbe
  17. 0,45—0,5 m Kalksteinplatten (8—15 cm), grau und Mergelstein, dünn, mürbe, gelblich bis grau
  16. 0,08—0,04 m Mergelstein, gelb, mürbe
  15. 0,55—0,65 m Kalksteinplatten (8—15 cm), grau, feinkristallin, teils in dickere, kompakte Bänkechen übergehend, mit dünnen, gelben und grauen Mergelsteinlagen; Trochiten teils h
  14. 0,1 —0,04 m Mergelstein, gelbgrau, mürbe; (aus 19—14): *Coenothyris vulgaris*, *Lima striata*, *Hoernesia socialis*, *Myophoria vulgaris*, *Pleuromya musculoides*, *Placunopsis ostracina*, *Nautilus bidorsatus*

## Oberer Trochitenkalk

13. *Astarte*-Bank
  - b) 0,2 —0,3 m Kalksteinbank, grau, kristallin, plattig aufgelockert, mit bräunlichen mergeligen Adern; Trochiten h, *Coenothyris vulgaris*; Übergang zu:
  - a) 2,7 —2,8 m Kalksteinbank, gelbgrau bis rötlichbraun, kristallin-oolithisch, sehr fest, splittig, klotzig, nach oben meist plattig auflockernd; die Fossilien sind völlig richtungslos gelagert, zahlreiche relativ große Muschelquerschnitte, *Myophoria ovata* sh, *Astarte triasina* nh, *Entolium discites* s, *Myophoria vulgaris* und *laevigata* s, *Loxonema* sp., *Neritaria* sp. (groß, 1 ×), *Schafhäutlia* ? n. sp. ns, *Omphaloptycha* ? sp. ss; etwa im unteren Drittel verschwinden die Fossilquerschnitte mehr und mehr = Übergang zum eigentlichen Oberen Trochitenkalk
- Liegendes: Kalksteinbank, graubraun, kristallin, wellig

Zwischen dem westlichen und dem unten folgenden östlichen Profil lagen noch dicht beieinander mehrere geringmächtige Aufschlüsse, in welchen das Liegende der Myophorien- und *Astarte*-Bank, der eigentliche Obere Trochitenkalk, abgebaut wurde. Im Hangenden dieser Aufschlüsse lagen in klotzige Teile zerfallene Brocken der *Astarte*-Bank.

## Ostseite

(unmittelbar unter der *Astarte*-Bank)

12. bis 2,0 m Kalksteinbank, grau, kristallin, klotzig, teils plattig aufgelockert
- 12.—8.
- g) 0,25 m Mergelkalkstein, bräunlich-grau, gelb anwitternd
- f) 0,25—0,3 m Kalksteinbank, grau, kristallin
- e) 0,55—0,45 m Mergelkalksteinbank, hell-bräunlichgrau, vertikal spaltend, dünne Mergelsteinlagen
- d) 0,1 —0,0 m Kalksteinbank, grau, kristallin, auskeilend
- c) 0,0 —0,4 m Kalksteinbank, grau; mit zahlreichen, teils größeren Muschelquerschnitten
- b/a) ca. 2,0 m Kalksteinbank (feste glatte Wand), grau, grob-oolithisch, klotzig; sporadisch zahlreiche kleine Muschelquerschnitte  
Etwa die untersten, schlecht erreichbaren 0,5 m können bereits den Fladigen Mergelkalksteinen entsprechen.

Im westlichen Aufschluß liegen über der Myophorien- und *Astarte*-Bank noch etwa 2,5 m Gesteine in Tonplatten-Fazies, die aus dem oberen Teil mehrere, an der Grenze *pulcher/robustus* stehende Ceratiten lieferten. Der typische *Ceratites robustus* wurde jedoch erst auf dem wenig über der Oberkante des Bruches liegenden Acker gefunden.

Anmerkung: Die Weiterentwicklung von *Ceratites pulcher* nach *C. robustus* erfolgte allmählich. Die im tieferen Teil der *atavus-pulcher*-Zone Niederhessens gefundenen, relativ seltenen Exemplare von *C. pulcher* erscheinen „primitiver“ gegenüber den aus dem oberen Teil dieses stratigraphischen Komplexes stammenden Formen (vgl. RIEDEL 1916 Taf. 2 Fig. 6, 7; Taf. 3 Fig. 1–3). BUSSE (1954: 154, 160) hat im Eisenberg-Profil unter Schicht-Nr. 18a ein gehäuftes Vorkommen von Ceratiten beschrieben: „Die ... Ceratiten gehören meistens zu Übergängen zwischen *pulcher* und *robustus*, bei denen einmal die feinere *pulcher*-, dann wieder die kräftige *robustus*-Skulptur vorherrscht. Daneben Formen mit glatter Wohnkammer.“ Bei dem Ausbau der Straße Laudenbach-Weißenbach auf Bl. Bad Sooden-Allendorf (1970/1972) konnte im oberen Teil der *pulcher*-Teilzone ein „Ceratitenpflaster“ (Material im Naturkundemuseum Kassel) festgestellt werden, das vermutlich der Schicht 18a des Eisenberg-Profiles entspricht. Die Knotenzahl auf den Gehäusen nimmt etwas ab, die Involution ist meist etwas geringer, die Größe nimmt z. T. etwas zu usw. Der Habitus des „typischen“ *Ceratites robustus* wird aber noch nicht erreicht. Wie an der Grenze *robustus-compressus*-Zone (BUSSE 1962: 89) treten auch im Grenzbereich *pulcher-robustus*-Zone Übergangsformen der einzelnen Arten auf.

Die bei Wettelingen gefundenen und im Profil ausgewiesenen Ceratiten werden als *Ceratites* cf. *pulcher* angegeben; sie deuten die in den Anmerkungen bezeichneten Veränderungen an und beweisen, daß hier der Bereich der oberen *pulcher*-Teilzone vorliegt. Unterstrichen wird diese Annahme durch den Fund eines „typischen“ *Ceratites robustus* auf dem wenig über der Oberkante des Bruches liegenden Acker, der also schon in der *robustus*-Zone liegt.

Das Gestein der Myophorien- und *Astarte*-Bank von Wettelingen ist ganz im Gegensatz zu dem der Hünenburg außerordentlich fest und spröde, kristallin-oolithisch und splittrig. Die sehr häufigen weißen Muschelschalen-Reste lassen sich kaum einmal vollständig herauspräparieren. Wie an der Hünenburg dominiert *Myophoria ovata*. Daneben scheint auch *Astarte triasina* etwas häufiger zu sein, wie überhaupt der Anteil anderer Muschelarten etwas zunimmt. Die an der Hünenburg vorkommende *Schafhäutlia?* n.sp. ist auch hier nicht selten.

Der Obere Trochitenkalk i. e. S. (unterhalb der *Astarte*-Bank) ist in seinem unteren Teil besonders interessant durch seine Fossilführung; ein vorliegendes Handstück grauen bis gelbgrauen, festen oolithischen Kalksteins aus diesen unteren Lagen (Profil Ost) enthält bereits verschiedene Hohldrucke, Steinkerne und Schalenreste von *Astarte triasina*, einzelne Trochiten, *Gervilleia costata* und *Pecten* sp. Demnach kann *Astarte triasina* im Diemelgebiet vereinzelt bereits unter der eigentlichen *Astarte*-Bank gefunden werden, eine Parallele zu dem Vorkommen von Wenigenhasungen (BUSSE 1956: 173), wo im unteren Teil des stratigraphischen mo2 in trochitenkalk-ähnlicher Fazies und wenig über dem Haupt-Trochitenkalk (mo1) eine der *Astarte*-Bank ähnliche Fazies mit verwandter Fauna festgestellt werden konnte. — Etwa die untersten 0,5 m im Aufschluß Ostseite können bereits den Fladigen Mergelkalken äquivalent sein, die hier schlecht erreichbar, aber in Lesesteinen nachgewiesen sind.

## 2.3. Ostheim

(Abb. 2, 3)

An der ansteigenden Straße Ostheim (Bl. 4421 Borgentreich)–Friedrichsdorf (Bl. 4521 Liebenau) liegt kurz unterhalb der Hochebene von Friedrichsdorf ein kleiner verfallener Aufschluß im Oberen Trochitenkalk. Die Sedimente sind mehr oder weniger zersetzt; das Gestein ist braun-, in den oberen 2 m kreidig-weiß angewittert. Sie werden nach Süden von der Tonplatten-Fazies überlagert. Das Profil wurde im Mai 1955 aufgenommen.

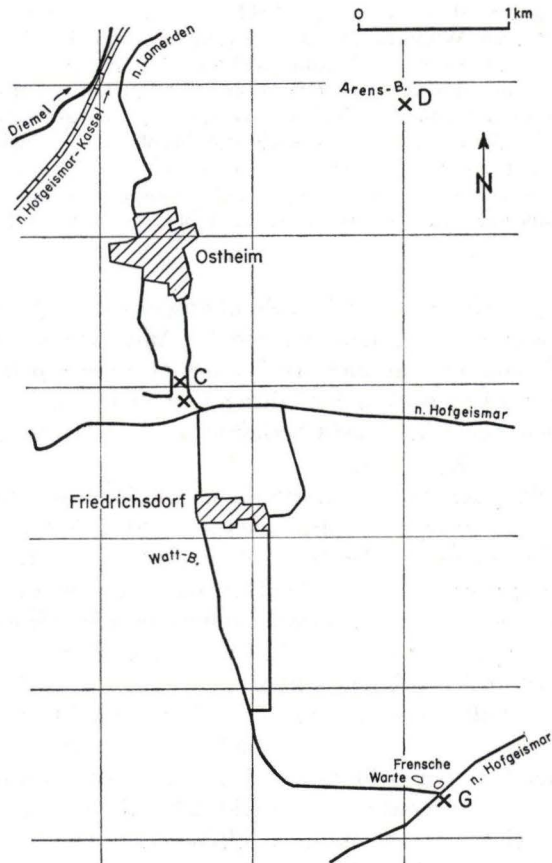


Abb. 2. Lageskizze der Profile bei Ostheim, am Arensberg und an der Frenschene Warte.

## Tonplatten-Fazies

ca. 1,2 m Kalkstein, grau, dicht bis kristallin, plattig-dünnbankig, im mittleren Teil  
0,25 m gelber Mergelstein

## Oberer Trochitenkalk

5. ca. 2,0 m Kalksteinbank, dickbankig aufgelockert, kristallin, mit meist kreidig-weißer Verwitterungsrinde
  4. 0,4 m Kalksteinbank, grau, dicht-kristallin, uneben-knollig, Einschlüsse gelber Mergelsteinbrocken; Trochiten h
  3. 0,4 m Kalksteinbank, grau, fest, kristallin, klüftig; Trochiten h, Muschelquerschnitte
  2. 0,4 m Kalksteinbank, grau, dicht-kristallin, uneben-knollig aufgelöst, Einschlüsse gelber Mergelsteinbrocken; Trochiten h
  1. bis 1,4 m aufgeschlossen: Trochitenkalksteinbank, graublau, kristallin-spätig, klotzig, Einschlüsse gelben Mergelsteins; Trochiten h bis gesteinsbildend
- In 1. und 3.: *Coenothyris vulgaris*, *Pecten* sp.; aus Lesesteinen: *Myalina blezingeri* (Muschelreste mit dicker Prismenschicht)

Ein am Straßenrand bis zum Plateau angelegter Wassergraben in der Tonplatten-Fazies lieferte in Abständen *Ceratites* cf. *pulcher*, *C. robustus* und mit Erreichen der Hochfläche *C. compressus*. In einer Schlucht östlich des Aufschlusses fand Verf. über dem Oberen Trochitenkalk in Tonplatten-Fazies ebenfalls einen Ceratiten aus der Gruppe des *C. pulcher*, außerdem im gleichen Niveau ein recht schlankes Gehäuse (etwa 22 ° Gehäusewinkel) von *Loxonema* — ursprünglich in Ersatzschalenerhaltung-, das *Loxonema johannis böhmi* PHIL. nahekommt. — Auf der Hochfläche, vom Waldrand bis etwa Friedrichsdorf, wurden in Lesesteinen Ceratiten der Mittleren Ceratiten-Schichten (*C. evolutus*) festgestellt. — In den oberen 2 m des Oberen Trochitenkalks (5) fällt die kreidig-weiße Verwitterungsrinde auf. Es ist zu vermuten, daß es sich hier um die stark angewitterte Myophorien- und *Astarte*-Bank handelt, deren Fossilinhalt zersetzt bzw. aufgelöst ist.

Wie am Arensberg (etwa 1 km NE Profil Ostheim), dürften etwa 6 m Oberer Trochitenkalk + Zwischenschichten vorhanden sein. Die Zwischenschichten (Horizont der Fladigen Mergelkalksteine) lassen sich kaum von der Trochitenkalk-Fazies unterscheiden. Das Vorkommen von *Myalina blezingeri* (Schalenquerschnitte mit Prismenschicht) in Lesesteinen gibt wenigstens einen biofaziellen Hinweis. — Die *pulcher*-Teilzone ist bereits im oberen Teil in Tonplatten-Fazies ausgebildet.

## 2.4. Arensberg

(Abb. 2, 3)

Am Arensberg NE Ostheim, am südwestlichen Abfall des Heuberg-Arensberg-Massivs (Bl. 4422 Trendelburg) wurde in einem kleinen Bruch Kalkstein zur Gewinnung von Wegeschotter abgebaut. Im Juli 1955 wurde das folgende Profil festgestellt.

## Tonplatten-Fazies

6. ca. 2,0 m Kalkstein, grau, dicht bis kristallin, plattig bis dünnbankig, graue Mergel

## Oberer Trochitenkalk

5. 2,0 m Kalksteinbank, Äquivalent der Myophorien- und *Astarte*-Bank ?, blaugrau bis buntgrau, rostbraun anwitternd, fest, ± oolithisch, im oberen Meter unebenbrockig-bankig aufgelockert, unten klotzig-zerklüftet; Trochiten h-g, Muschelquerschnitte

4. 0,3—0,4 m Kalkstein, eigenartig rostbraune bis dunkelbraune, nicht näher untersuchte, mürbe Verwitterungsschicht, die seitlich in gelblich verwitternde, lockere, kristalline, trochitenführende Kalksteine übergeht; ?*Coenothyris vulgaris*, *Lima striata*
3. ca. 3,5 m Kalksteinbank, grau, meist stark oolithisch-schaumig, klotzig-klüftig, mit braunen oder kreidig-weißen, mürben, feinschaumig zerfressenen Außenseiten; Trochiten h-g, sporadisch kleine Muschelquerschnitte
2. 0,22 m Mergelsteinbank, gelb, mürbe anwitternd

### Haupt-Trochitenkalk

#### 1. Liegendes: Trochitenkalkstein, klotzig

Ceratiten wurden in den Tonplatten des horizontal nur gering aufgeschlossenen Kalksteinbruchs nicht festgestellt. Die oberen 2 m (5) in Trochitenkalk-Fazies erinnern in Bezug auf die Mächtigkeit, ebenso wie die Schichten bei Ostheim, an die Myophorien- und *Astarte*-Bank, ohne daß die charakteristische Fauna festgestellt werden konnte. — Der obere Teil der *pulcher*-Teilzone (etwa 3 m) ist mit ziemlicher Gewißheit bereits in Tonplatten-Fazies entwickelt.

Die unter Schicht 5 — dem wahrscheinlichen Äquivalent der Myophorien- und *Astarte*-Bank — folgenden 4 m (Nr. 4—2) vertreten den restlichen Oberen Trochitenkalk + Zwischenschichten; eine Trennung der letzteren ist bei annähernd gleichartiger fazieller Ausbildung kaum möglich. Die für Eberschütz vermutete lokale Schwelle in der *atavus-pulcher*-Zeit scheint sich demnach in südlicher Richtung bis Arensberg—Ostheim zu erstrecken.

## 2.5. Frensche Warte

(Abb. 1, 3, 8)

Ein isoliertes Vorkommen von Oberem Muschelkalk liegt an der Straße Hofgeismar—Niedermeiser, am Abzweig des Weges nach Kelze-Grebenstein: die Frensche Warte (Bl. 4522 Hofgeismar). Dort konnte SE der Straße nachstehendes Profil im Juni 1955 aufgenommen werden.

Hangendes: Muschelkalk-Geröll

#### Oberer Trochitenkalk + Zwischenschichten

8. ca. 2,0 m Kalksteinbank = *Astarte*-Bank, grau-hellgrau, bräunlich und schaumig anwitternd, oolithisch-kristallin, fest, klüftig; bei günstiger Verwitterung treten gelbliche Schalenreste von *Myophoria ovata* h und *Myophoria laevigata* s an den Verwitterungsseiten in Menge heraus; übergehend in
7. 1,2 m Kalkstein, grau, kristallin, oolithisch, fest, plattig-bankig
6. ca. 1,0 m Mergelstein, grau, und Mergelkalkstein, grau, uneben-fladig; relativ fossilarm, im unteren Teil: Trochiten s, *Coenothyris vulgaris*, *Lima striata*, *Philippiella noetlingi*

#### Haupt-Trochitenkalk (mo 1)

Die Schichten 5—2 sind von dünnen, bräunlichen Mergelsteinen durchzogen, die uneben-plattige Auflockerung bewirken und die von unten nach oben zunehmen.

5. 0,3 m Kalksteinbank in 2 Lagen, grau, kristallin, fest; Trochiten h
4. 0,45 m Kalksteinbank wie 5, durch gehäufte Mergelsteinlagen besonders zu plattiger Auflösung neigend
3. 0,5 m Kalksteinbank, grau, kristallin, fest, geringe Auflockerung
2. 0,35 m Kalksteinbank, blaugrau-dunkelgrau, kristallin, splittig, mit dünnen bräunlichen Mergelsteinlagen; Trochiten h, ?Fischschuppen
1. bis 0,2 m aufgeschlossen: Kalksteinbank; blaugrau, kristallin, splittig; Trochiten h  
In den Schichten 5—3 beobachtet: *Philippiella noeltingi*, *Entolium discites*, *Coenothyris vulgaris*.

Während die nördlich der Straße liegenden, kleinen Aufschlüsse damals (1955) bereits  $\pm$  verrast waren, machte der südliche Anschnitt (Profil) einen relativ frischen Eindruck. Hier schließt die Myophorien- und *Astarte*-Bank (kurz: *Astarte*-Bank) (8) mit maximal 2 m den Schichtstoß nach oben ab. Die Ausbildung der Bank (Belegstücke im Naturkundemuseum Kassel) erinnert stark an die äquivalenten Vorkommen von Wettelingen und Wethen. Das außerordentlich feste Gestein läßt die Freilegung der charakteristischen Fossilien (Bivalven) kaum zu. Schicht 7 vertritt mit 1,2 m fester kristalliner Kalksteine den tieferen Oberen Trochitenkalk und Schicht 6 mit etwa 1 m z. T. fladigen Mergel- und Mergelkalksteinen die Zwischenschichten. Oberer Trochitenkalk und Zwischenschichten sind also in der Mächtigkeit von 6—7 m in der Linie Haudeda—Lamerden—Eberschütz und etwa 6 m bei Ostheim und am Arensberg nach SE auf etwa 4 m zurückgegangen. — Die *atavus-pulcher*-Zone ist an der Frenschens Warte vermutlich zum größeren Teil (5 m?) bereits in Tonplattenfazies ausgebildet. Vom Verf. wurden jedoch im Jahre 1955 weder Ceratiten noch irgendwelche kleineren Aufschlüsse in Tonplattenfazies festgestellt. Auch von LINSTOW & BREDDIN (1928: 11, 12) berichten hierüber nichts. Interessant ist deshalb die Mitteilung von MEIBURG (1969: 120):

„Das südöstlichste Vorkommen von Oberen Tonplatten in Niederhessen liegt an der Frenschens Warte (zuerst nachgewiesen von E. SCHEKORR, 1966). Untere *Ceratites*-Schichten werden belegt durch: *Ceratites (Progonoceratites) robustus robustus* RIEDEL 1916 (. . . . .), *Ceratites (Progonoceratites) robustus stolleyi* SUN 1928 (. . . . .).“

Die an der Frenschens Warte gefundenen Ceratiten gehören also zum Formenkreis des *Ceratites robustus*, nach den Figuren bei MEIBURG (Taf. 17: 2, 3, 6) könnte man sogar auf ein höheres Lager in der *robustus*-Zone schließen. Auffallend ist das Fehlen von Ceratiten aus der stratigraphisch tiefer liegenden *atavus-pulcher*-Zone, die allerdings  $\pm$  selten sind. Es ist zu vermuten, daß die angegebenen Funde aus Lesesteinen oder — wahrscheinlicher — aus einer Dolinenfüllung im Mittleren Muschelkalk stammen. Die nach der Geologischen Karte Bl. Hofgeismar die Trochitenkalkfazies nach S begrenzenden salinaren Sedimente des Mittleren Muschelkalks lassen diese Annahme durchaus zu.

Am *Igelsbett* SE Niederlistingen, dessen Massiv aus Oberem Muschelkalk besteht und dessen höchster Punkt von einer Basaltintrusion in Lettenkohlenkeuper gebildet wird, wurden keine wesentlichen Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk festgestellt. Bei einer Begehung (F. RÖSING und Verf., 1956) wurden auf einem Feldweg am Westhang des Igelsbettes Wegeschotter aus der *Astarte*-Bank aufgefunden, die von Material des Vorkommens bei Wettelingen nicht zu unterscheiden sind. Die Herkunft dieser Wegeschotter konnte nicht geklärt werden.

### 3. Aufschlüsse im westlichen Kasseler Graben

#### 3.1. Altenhasungen–Wenigenhasungen

(Abb. 3)

Über die Aufschlüsse bei Altenhasungen–Wenigenhasungen (Bl. 4621 Wolfhagen) wurde bereits berichtet (BUSSE 1956, BUSSE & RÖSING 1966). Es soll hier nur bemerkt werden, daß sich die trochitenkalkähnlichen Zwischenschichten von dem Haupt- und Oberen Trochitenkalk durch Auflockerung der in frischem Zustand mehr oder weniger „klotzigen“ Sedimente, durch Einschaltung mergelig-kalkiger Schichten und durch reichere Fossilführung unterscheiden, wobei auch das Auftreten von *Myalina blezingeri* (Schalenteile mit dicker Prismenschicht) wichtig ist. Einige Fossilien aus den Zwischenschichten, wie *Modiola inflexa* F. ROEMER und *Schafhäutlia hohensteini* ASSMANN, wurden vom Verf. bisher – außer bei Wenigenhasungen – nur in der *Astarte*-Bank von Willebadessen (BUSSE 1972) gefunden.

Die Gesamtmächtigkeit von Zwischenschichten + Oberem Trochitenkalk liegt bei Altenhasungen–Wenigenhasungen bei etwa 4,2 m – wie an der Frenschen Warte –, d. h., daß etwa die untere Hälfte der *atavus-pulcher*-Zone in Trochitenkalk-Fazies, der obere Teil bereits in Tonplatten-Fazies ausgebildet ist. „*Ceratites pulcher* ist noch sehr selten und wurde nur zwischen Rohrberg und Sollberg auf einem klotzigen Kalksteinblock nachgewiesen“ (BUSSE & RÖSING 1966: 79). Erschwerend macht sich in diesem stratigraphischen Niveau das Fehlen von Aufschlüssen bemerkbar.

#### 3.2. Burghasungen

Durch den Bau der Bundesautobahn Kassel–Dortmund wurde nördlich Burghasungen (Bl. 4621 Wolfhagen) u. a. auch der Obere Muschelkalk angeschnitten. An günstiger Stelle konnte ein Profil durch die Mittleren Ceratiten-Schichten aufgenommen werden (BUSSE, RAMBOW & RÖSING 1970). Als jüngster Ceratit wurde *Ceratites spinosus praespinosus* (Belege im Naturkundemuseum Kassel) festgestellt. Über dem stratigraphischen Lager dieses Ceratiten folgen noch etwa 2,5 m Sedimente, die meist schon dem Keuper ähneln, nach oben aber durch eine typische Muschelkalkbank mit Fossilquerschnitten gegen den eigentlichen Lettenkohlenkeuper abgeschlossen werden. – Bedeutend ungünstiger waren die Aufschlußverhältnisse trotz relativ weiter Erstreckung in der Trochitenkalk-Fazies; eine Profilaufnahme war nicht möglich. Auf der geologischen Übersichtskarte (BUSSE, RAMBOW & RÖSING 1970, Taf. 7) wird, durch Verwerfungen begrenzt, innerhalb der Trochitenkalk-Fazies auch Mittlerer Muschelkalk angegeben. Verf. hält es für möglich, daß dieser „Mittlere Muschelkalk“, ohne von tektonischen Störungen begrenzt zu sein, die Zwischenschichten innerhalb beider Trochitenkalke repräsentiert, die auch im Gesamteindruck den Dolomiten des Mittleren Muschelkalks ähneln können. – Der vermutlich hier älteste *Ceratites pulcher* wurde jedoch nicht gefunden.

3.3. Anhang: Wiggenberg bei Mühlhausen

(Abb. 3, 8)

Von SSE nach NNW, etwa von Altenhasungen nach Willebadessen, ist eine Zunahme der Mächtigkeit des Oberen Trochitenkalks + Zwischenschichten von etwa 4 m auf etwa 15 m zu beobachten. Über der Obergrenze des Oberen Trochitenkalks folgen entsprechend jüngere Ceratitenzonen. Von Interesse wäre nun die kontinuierliche Mächtigkeitsabnahme dieser Schichten in entgegengesetzter Richtung, nach

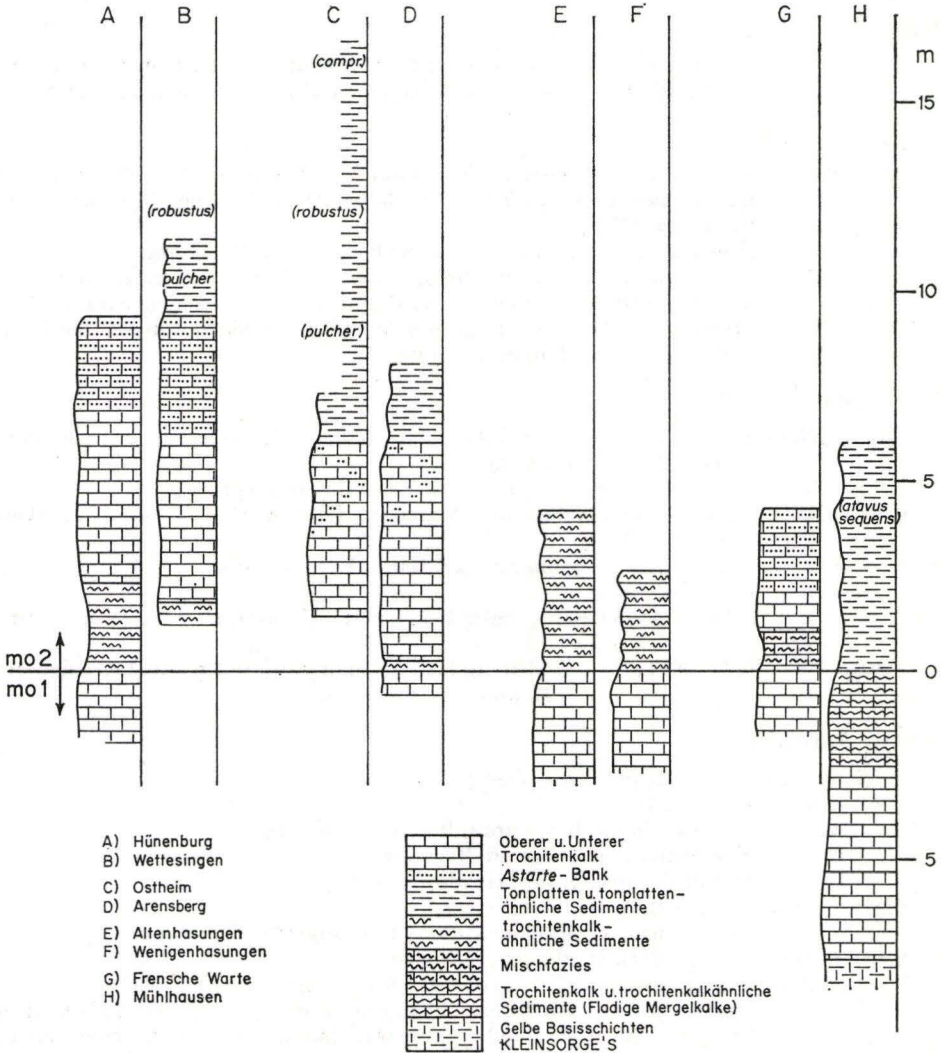


Abb. 3. Profile Hünenburg, Wettesingen, Ostheim, Arensberg, Altenhasungen, Wenigenhasungen, Frenschewarte und Mühlhausen.



SSE. Leider fehlen in der Nähe entsprechende Vorkommen. Erst 33 km SSE Wenigehassungen liegt ein Kalksteinbruch am Wiggenberg bei Mühlhausen (Bl. 4922 Homburg, Bez. Kassel) im Homburg-Fritzlarer Graben. Dieser Aufschluß wurde im August 1957 aufgenommen und wird zum Vergleich herangezogen. Der Wiggenberg nimmt eine Schlüsselstellung ein zwischen Diemel- und Meißnergebiet und trägt zur Lösung einiger Fragen bei. — Der aufgelassene Kalksteinbruch ist seit Jahren sehr verfallen und im unteren Teil stark überrollt. Die Profilbeschreibung konnte z. T. nur unter Zuhilfenahme alter Belegstücke und aus der Erinnerung an eine 1943 verbrannte Profildarstellung heraus erfolgen.

#### Oberer Aufschluß

Im obersten, tektonisch stark beanspruchten Teil ist nach Ceratitenfunden die *robustus*- und die *compressus*-Zone enthalten. Es folgen:

#### Tonplatten-Fazies

- h) 5,00—6,00 m schlecht aufgeschlossen: Kalksteinplatten mit Mergelstein; teilweise mit dünnen Bonebed-Bestegen (Zähnen, Schuppen, Rippen) = *ata-vus-pulcher*-Zone  
Äquivalente der „Blauen Grenzkalke“ des Meißners:
- g) bis 0,75 m Kalkstein, 3—6 cm, graublau, uneben-wellig-knauerig, fossilarm — und Mergelstein, grau-gelbgrau, dünn-schichtig — übergehend in
- f) 0,65 m überwiegend Mergelstein, grau-gelbgrau, mit einigen dünnen (bis 3 cm) Kalksteinlagen, blaugrau, mergelig

#### Haupt-Trochitenkalk (mo 1)

- e) 0,30 m Kalksteinplatten, graublau, bis 12 cm, im Wechsel mit dünnen, fladigen Mergelkalksteinen
- d) 0,35 m Kalksteinbank, blaugrau, dicht-kristallin, fest, splittrig
- c) 0,40—0,45 m Fladige Mergelkalksteine, blaugrau, fest, bei Verwitterung brockig-grusig zerfallend
- b) 0,35—0,40 m Kalksteinbank, blaugrau, kristallin, fest, splittrig
- a) bis 0,40 m aufgeschlossen:  
0,10 m Mergelstein, bräunlich, und Kalkstein, blaugrau, dünn-schichtig  
0,30 m Fladige Kalksteinplatten, blaugrau, völlig uneben-knauerig (1—5 cm), Mergelstein, dünn-schichtig

#### Unterer Aufschluß

- g) bis 0,25 m aufgeschlossen: wie oben g
- f) 0,65 m wie oben f
- e) 0,30 m Kalksteinbank, braungrau, kristallin, splittrig, Mergelstein, hellgelbgrau, Trochiten, Kalksteinbank, grau, kristallin, splittrig
- 0,03—0,10 m Fladige Mergelkalksteine
- d) 0,40 m Kalksteinbank, grau, kristallin, fest, splittrig; Trochiten
- c) 0,40—0,45 m Fladige Mergelkalksteine, blaugrau
- b) 0,20 m Kalksteinbank, grau, kristallin, fest, splittrig; Trochiten
- a) bis 2,00 m aufgeschlossen: Kalkstein, blaugrau, fest, splittrig, besonders oben kristallin-oolithisch, teils kompakt, häufig, besonders nach oben, uneben-wellige Auflösung und als blaugraue fladige Mergelkalksteine; Trochiten, besonders oben h

nicht mehr aufgeschlossen:

3,50—4,00 m Kalkstein, plattig-bankig (8—15 cm), mit dünnem Mergelstein-Zwischenmittel; lagenweise mit *Coenothyris vulgaris* oder mit Muschel-fauna: *Gervilleia costata*, *Hoernesia socialis*, *Enantiostreon difforme*, *Lima striata*, *Myophoria vulgaris*, *Myophoria germanica*, *Myophoriopsis gregaria* u. a. — Die Kalksteinplatten nehmen von unten nach oben an Mächtigkeit zu.

Liegendes: Bräunliche, uneben-dünnschichtige, sandig-mergelige dolomitische Sedimente.

GLAESSNER (1913: 112) erwähnt u. a.:

„Im nördlich anschließenden Steinbruch stehen Nodosenschichten (= alter Ausdruck für Ceratitenschichten) an (Die jetzige „*nodosus*-Zone“ vertritt nur einen kleinen Teil der Ceratitenschichten — Verf.), die auch auf der Höhe darüber mit zahlreichen großen und breitrückigen Formen von *Ceratites nodosus* (*nodosus*-Zone i. e. S.! — Verf.) zu beobachten sind. Der für die oberen Nodosenschichten leitende *Ceratites semipartitus* wurde nirgends gefunden. Ob die oberhalb des ... Steinbruchs auf einem Acker zu Tage tretenden schwärzlichen Letten den Nodosenschichten oder bereits der Lettenkohle angehören, war nicht mit Sicherheit zu entscheiden.“

Zu den „schwärzlichen Letten“: Im Meißnergebiet überwiegen die dunklen Letten in der gesamten *nodosus*-Zone weit die Kalksteinbänke — im Gegensatz zu anderen Ceratitenzonen. Man kann wohl als sicher annehmen, daß es sich auch hier um Sedimente der *nodosus*-Zone handelt, zumal *Ceratites semipartitus* — nach heutiger Auffassung der Formenkreis der Discoceratiten — nicht gefunden wurde.

Folgende Feststellungen sind am Wiggenberg von Wichtigkeit: Die obersten Ceratiten-Schichten, der Horizont der Discoceratiten (mit *C. semipartitus*, *C. dorsoplanus*, *C. intermedius*), sind nicht nachgewiesen. Mit ziemlicher Sicherheit ist aber die *nodosus*-Zone vorhanden.

Ein „Oberer Trochitenkalk“ fehlt. Die Ceratiten-Schichten beginnen wie in der Beckenzone des Meißners mit der *atavus-pulcher*-Zone.

Eine Reduzierung der Ceratiten-Zonen ist schlecht nachzuweisen. Der Haupt-Trochitenkalk (mo1) einschließlich der Gelben Basis-Schichten hat nur eine Mächtigkeit von ca. 8 m gegenüber etwa 20 m im Meißner- und 12 m im Diemelgebiet. Am Wiggenberg dürfte geringere Sedimentzufuhr (Schwelle ?), an der Diemel späteres Einsetzen des Oberen Muschelkalks die Ursache der verschiedenen Mächtigkeiten sein.

Der Haupt-Trochitenkalk (mo1) wird besonders dadurch interessant, daß den festen Kalksteinbänken bereits die Fazies der Fladigen Mergelkalksteine eingelagert ist. Diese Fazies, die dem Haupt-Trochitenkalk (mo1) am Meißner und an der Diemel fehlt, bildet aber an der Diemel einen wichtigen Bestandteil der stratigraphisch höher liegenden Zwischenschichten (im mo2). Die „Fladigen Mergelkalksteine“ dürften also Richtung NNW über den Haupt-Trochitenkalk hinaus gewandert sein — bei einer Aufschlußlänge von 33 km allerdings schwer zu belegen! — Die Fossilien in dieser Fazies (im mo1) am Wiggenberg sind die gleichen wie in den entsprechenden Zwischenschichten (mo2): *Enantiostreon difforme*, *Myalina blezingeri*, *Philippiella noetlingi*, *Mytilus eduliformis praecursor*, Stielglieder und Kronenteile von *Encrinus liliiformis*, *Lima striata*, *Coenothyris vulgaris* (z. T. kleine, zierliche Exemplare), *Hoernesia socialis*, *Pleuronectites laevigatus*.

Bei einer Exkursion (Mai 1963) mit Herrn D. BAUMGARTE, Kassel, zu Elm und Asse war bei Ührde an der Asse der obere Haupt-Trochitenkalk (mo1) noch einigermaßen sichtbar. Die überlagernde *atavus*-Teilzone — aus der RIEDEL (1916) Ceratiten der tiefsten Ceratiten-Schichten beschreibt — war verrast. Im oberen Haupt-Trochitenkalk (mo1) fanden sich wie bei Mühlhausen/Wiggenberg Sedimente in etwa gleicher Ausbildung wie die „Fladigen Mergelkalksteine“ und mit gleicher Fossilführung: *Philippiella noeltingi* und *Enantiostreon* sp. in großen Exemplaren, *Cidaris*-Stacheln, vielen *Lima striata* u. a. — Vermutlich handelt es sich bei diesem Schichtkomplex um die „*Striata*-Kalke“ nach SCHMID (s. WAGNER 1897: 79).

Die am Wiggenberg unter dem eigentlichen Haupt-Trochitenkalk folgenden, jetzt nicht mehr aufgeschlossenen Gelben Bais-Schichten bilden eine geschlossene Folge von Kalksteinbänken — mit geringem Mergelzwischenmittel — die von oben nach unten an Mächtigkeit abnehmen. Sie erinnern an die gebankten Kalke des Weißjuras  $\beta$  in SW-Deutschland. — Trochiten sind selten. Im tieferen Teil kommen Fossilien, wie zweiklappige *Myophoria vulgaris transversa* und kleine Pleuromyen vor, die der Fauna der Myophorien-Undularien-Schichten (= Gelbe Basis-Schichten) des Meißners auch in der Kleinwüchsigkeit gleichen.

#### 4. Aufschlüsse westlich Warburg (Westfalen)

##### 4.1. Kalksteinwerk Wethen

(Abb. 4, 7, 8)

Einen guten Einblick in den Aufbau des Oberen Muschelkalks im nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes bot das Kalksteinwerk Wethen (ca. 100 m NE Teichmühle, Bl. 4520 Warburg, R 350616, H 570542), das in dem scharfen WSW-NNW-Knick der Straße Germete-Wethen, im Anstieg zum Wester Berg, an der westfälisch-hessischen Landesgrenze liegt. Der Kalksteinbruch schneidet sattelartig aufgewölbten Oberen Muschelkalk von den Gelben Basisschichten bis zur Tonplatten-Fazies der oberen *robustus*-Zone an. Kurz nach der Profilaufnahme im September 1955 wurde der Steinbruch stillgelegt.

Eine kleine Anschürfung unmittelbar über dem Profil lieferte aus Tonplatten *Ceratites compressus*

Tonplatten-Fazies = bis 3 m aufgeschlossen

21. bis 2,0 m Kalksteinbänkchen, grau, dicht bis kristallin, und Mergelstein, grau, im Wechsel; *Ceratites* cf. *robustus*, *Nautilus bidorsatus*, *Lima striata*, *Myophoria vulgaris*, *Hoernesia socialis*, *Coenothyris vulgaris*
20. 0,4 — 0,6 m Kalksteinbänkchen, fest zusammengefaßt; Trochiten h
19. ca. 0,3 m Mergelstein, gelbgrau

Oberer Trochitenkalk = ca. 8,75 m

18. ca. 2,0 m Kalksteinbank = *Astarte*-Bank, grau bis blaugrau, rostbraun anwitternd, klotzig, stark zerklüftet, oolithisch; bei günstiger Anwitterung massenhaft gelblichweiße Schalenränder, meist von *Myophoria ovata*, *Hoernesia socialis* — übergehend in

17. ca. 4,10 m Kalkstein, grau, bräunlich anwitternd, feinkristallin, klotzig, besonders oben dickplattig-bankig auflockernd; die im oberen Teil noch vorkommenden Schalen von *Myophoria ovata* nehmen nach unten an Zahl schnell ab, Trochiten — übergehend in
16. ca. 2,0 m Kalksteinbänke, graublau, klotzig, splittrig
15. 0,65 m Kalksteinbank, teils in 2 Lagen, grau, feinkristallin; Trochiten h

Zwischenschichten = Kalkstein mit meist mergelig-fladiger Auflösung = ca. 4,2 m

14. 1,05 m 8—11 cm Kalksteinbank, grau, kristallin  
38—40 cm Kalksteinbänkchen (9—15 cm) grau, kristallin bis spätig; Trochiten h, oben und unten 0—10 cm graubraune Mergel  
60 cm Kalksteinbänkchen, grau, kristallin-spätig (9—15 cm); Trochiten h
13. 0,5 — 0,55 m Kalksteinbank, braungrau, dicht-feinkristallin, schwach dolomitisch, aufgelockert; Trochiten h
12. 0,65 m Kalkmergelsteinbank, fest zusammengefaßt, sonst wie 11
11. 1,0 m Kalkmergelsteinbank, grau, uneben-mürbe auflockernd, teils fladig; Trochiten h, *Coenothyris vulgaris* ns, *Enantiostreon difforme*, *Philippiella noeltingi*, *Myalina blezingeri* (Querschnitte mit Prismenschicht)
10. 0,33—0,4 m Kalksteinbank, grau, kompakt, splittrig, kristallin; Trochiten h
9. 0,6 — 0,7 m Mergelkalksteinbank, grau, teils gelblich, mürbe sandig anwitternd; Trochiten ns

Haupt-Trochitenkalk (mol) ca. 6,5 m

8. 3,45—3,75 m Kalksteinbank, grau-blaugrau, feinkristallin-kristallin, splittrig, klotzig; Trochiten oben  $\pm$  h, nach unten an Zahl abnehmend
7. 0,65—0,7 m Kalksteinbank in 4—5 fest verbundenen Lagen, grau bis blau, feinkristallin, die Seiten öfter rostbraun und fein porös-schaumig anwitternd; Trochiten, unbestimmbare Schalenreste; oben in dünne (bis 8 cm) braungelbe Mergelsteinlage übergehend
6. 0,55 m Kalksteinbank, grau-blaugrau, feinkristallin, kompakt, teils splitt-rige Auflösung; Trochiten noch selten
5. 0,35 m 15 cm oben: Kalkmergelstein, gelblich-braun, rostbraun anwitternd, fossilleer, z. T. dünn-schichtig  
20 cm unten: Mergelkalksteinbank, gelbgrau bis bräunlich anwitternd, dicht-feinkristallin, besonders in der Mitte blaue, kristalline, splittrige Kalksteine (an die Gelben Basisschichten erinnernd)
4. 0,5 — 0,6 m Kalksteinbänkchen, grau-braungrau, feinkristallin  
oben 25—35 cm kompakt, teils noch in graubraune Mergelkalksteine übergehend,  
unten 25 cm in 3 Kalksteinbänkchen
3. 0,8 m oben 10 cm Mergelkalksteine, braungrau, teils fein gebändert, übergehend in  
Kalksteinbank, hell-blaugrau, splittrig, feinkristallin, unregelmäßig absetzend von bräunlich anwitternden, dichten, mergeligen Kalksteinen. Die blaugrauen Kalke liegen z. T. ohne Übergang in braungrauen Mergelsteinen; Übergang zu Gelben Basisschichten.

Gelbe Basisschichten, bis 0,6 m aufgeschlossen

2. 0,2 — 0,3 m Mergelkalksteinbank; graubraun, dünn-schichtig-blättrig, mürbe verwitternd, fossilleer
1. 0,2 — 0,3 m Liegendes: Kalksteinbank; grau-dunkelblaugrau, feinkristallin, fest, splittrig, uneben-kantig auflockernd

Das Profil umfaßt etwa 19,5 m in Trochitenkalk- und trochitenkalkähnlicher Fazies. Davon entfallen etwa 13 m auf die stratigraphische Abfolge der Äquivalente der Ceratiten-Schichten (mo2) = Oberer Trochitenkalk + Zwischenschichten. Wenn man zu diesen 13 m die etwa 2 m obere *robustus*-Zone in Tonplatten-Fazies rechnet (s. Profil), erhält man annähernd die Mächtigkeit, wie sie die Unteren Ceratiten-Schichten (*atavus-pulcher* + *robustus*-Zone) in reiner Tonplatten-Fazies (rund 15 m) im Meißnergebiet aufweisen. — NE Wethen finden wir einen Gegenpol in gleicher stratigraphischer Lage bei Manrode (Bl. Trendelburg), wo ebenfalls über etwa 13 m bis zur Oberkante des Oberen Trochitenkalks ca. 2 m der oberen *robustus*-Zone in Tonplatten-Fazies folgen (BUSSE 1973). Während aber bei Manrode die Zwischenschichten — mit etwa 8 m — bereits aus Tonplatten und mächtigen *Terebratula*-Kalken bestehen, finden wir bei Wethen die 4,2 m Zwischenschichten in ausgesprochen trochitenkalkähnlicher Fazies vor (BUSSE 1973). Dagegen umfaßt der Obere Trochitenkalk bei Wethen ca. 8,75 m, bei Manrode aber nur 5,5 m und in der Linie Hueda-Lamerden-Eberschütz 3–3,5 m. In westlicher Richtung, mit Annäherung an die Rheinische Masse, beobachten wir die größten Mächtigkeiten des Oberen Trochitenkalkes + Zwischenschichten in rein trochitenkalkähnlicher Fazies. Ähnliche Feststellungen können wir später bei Beschreibung der Aufschlüsse weiter im SSE, im Volkmarser Graben zwischen Welda und Wolfhagen, treffen.

#### 4.2. SE Teichmühle

(Abb. 4, 7)

SSE vom Kalksteinwerk Wethen und der Straße Wethen–Germete (Bl. 4520 Warburg, E P. 191,2 SE Teichmühle, R 350849, H 570510) zieht sich ein Höhengrat, dessen klotzige Bänke wohl schon vor Jahrzehnten ausgebeutet worden sind und der jetzt als Mülldeponie verwendet wird, in Richtung Weldaer Berg. Durch lange Verwitterung waren die Feinheiten der stratigraphisch-faziellen Folge besser zu erkennen als im Kalksteinwerk Wethen mit frischen Anschnitten. Im Mai 1955 konnte das folgende Profil aufgenommen werden.

##### Tonplatten-Fazies

- bis 2,0 m Kalksteinbänkchen, untergeordnet Mergelstein; *Ceratites* cf. *robustus*, *Myophoria vulgaris*, *Hoernesia socialis*, *Coenothyris vulgaris*, *Gyrolepis* sp. (Schuppen), *Lima striata*, einzelne Trochiten
- 0,55–0,65 m Kalksteinbänkchen/-platten, fest zusammengefaßt, grau; *Coenothyris vulgaris*, Trochiten h
- 0,3 m Mergelstein, wechselnd mit dünnen Kalksteinplatten

##### Oberer Trochitenkalk

- ca. 2,0 m Kalksteinbank = *Astarte*-Bank; in frischem Zustand klotzig, bei Anwitterung uneben-plattig aufgelockert, hellgrau-gelbgrau, braun-schaumig verwitternd und oft zu losem Kalksand zerfallend, porös-schaumige Außen-seiten; *Myophoria ovata* sh, *Myophoria laevigata* s, *Schafhäutlia* ? sp. ns
- bis 1,4 m aufgeschlossen: Kalksteinbank, graubraun bis gelbbraun, fest, klotzig, kristallin, teils feinschaumig

— Es folgt eine Lücke von 5–6 m, die vermutlich klotzigen Trochitenkalke sind abgebaut.

### Kalkstein mit meist mergelig-fladiger Auflockerung = Zwischenschichten

Die plattig-dickplattigen Kalksteine waren nach S in einigen kleinen Schürfen sichtbar. Die Oberflächen festerer Kalksteine sind noch bedeckt mit Trochiten h, *Cidaris*-Stacheln ns, dünnen Schalenresten (?*Coenothyris*); weichere tonplattenähnliche Platten zeigten außer größeren Rhizocorallien und einzelnen Schuppen (*Gyrolepis*) keine Fossilien, insbesondere keine Trochiten.

Es folgen am Ostrand des Grates:

- bis 0,9 m Kalkstein, plattig-dickplattig, durchsetzt von grauen und gelben Mergeln, in den unteren 0,5 m besonders milde, fahlgrau-braungraue, mergelig-wellig-dünnschichtige Platten (wie an der SW-Seite des Weldaer Berges — s. unten), Trochiten s
- 0,4 m Kalksteinbank, grau, kristallin, in 4 und mehr Lagen
- 1,3 m Mergelstein und fladige Mergelkalksteine, die oberen 0,3 m fest, kalkreicher; Trochiten h, *Lima striata*, *Coenothyris vulgaris*
- 0,3 m Kalksteinbank, grau bis bräunlich, fest, kristallin-feinoolithisch
- ca. 0,6 m Fladige Mergelkalksteine, grau; Trochiten ± h, *Lima striata* ns
- 0,16–0,18 m Kalksteinbank, grau bis bräunlich, fest, kristallin
- ca. 0,5 m Fladige Mergelkalksteine, grau, zerfallend; Trochiten h

### Haupt-Trochitenkalk (mo1)

- 0,4 m Trochitenkalkbank, grau bis bräunlich, fest, kristallin

Auf einem wenig östlich anschließenden Feld fand sich in einem Brocken aus den Gelben Basisschichten dunkler, muschelig brechender Hornstein.

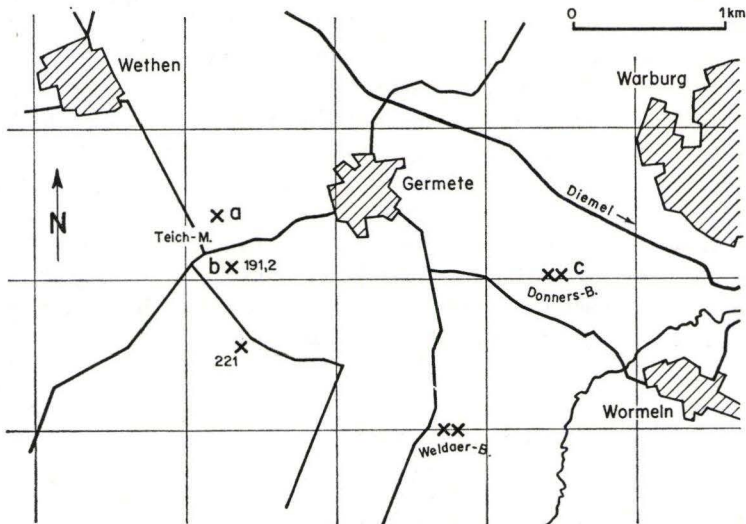


Abb. 4. Lageskizze der Profile an der Teichmühle, am Weldaer Berg, bei P 221 und am Donnersberg.

## 4.3. Weldaer Berg

(Abb. 4, 8)

In südöstlicher Verlängerung des Grates, an der SW-Seite des Weldaer Berges (Bl. 4520 Warburg), lagen 3 kleine verfallene Aufschlüsse im Oberen Trochitenkalk dicht beieinander, die durch den Bau der Bundesautobahn Kassel–Dortmund und die Anlage von Zubringerstraßen beseitigt wurden (. . . P. 235,7).

Der westliche Bruch schloß 2 m oolithischer, plattig aufgelockerter und brauner, völlig sandig zerfallender Kalksteine im Wechsel auf. Das Gestein war reich an Trochiten und auch Kronenteilen von *Encrinurus liliiformis*. Ferner traten auf: *Enantiostreon difforme*, *Entolium* sp., *Neritaria* cf. *matercula* (groß, verdrückt).

Der mittlere Aufschluß im Oberen Trochitenkalk zeigte keine Besonderheiten, hingegen war der östliche Aufschluß von Bedeutung. Hier fanden sich im Liegenden flächenhaft aufgeschlossen dicke, großwellige, fossilarme (nur 1 Trochit!) Kalkplatten, die an Tonplatten erinnern (vgl. Aufschluß SSE der Teichmühle, Anmerkung unter „Kalke mit meist mergelig-fladiger Auflockerung“); eingelagert waren gelbgrau-fahlgraue, dichte, milde Mergelkalksteinplatten. Östlich einer geringen Verwerfung – oder Abschiebung? – folgten von oben:

- 1,0–1,5 m Kalksteine = *Astarte*-Bank, vertikal und horizontal stark aufgelockert, außen bräunlich oder weißgrau-creidig überzogen (vgl. Profil Ostheim!), innen grauhellgrau, mürbe und feinschaumig anwitternd. Die oberen Lagen bräunlichporös, sandig zerfallend. In schlechter Steinkernerhaltung: *Myophoria ovata* ns, *Myophoria laevigata* s, Trochiten nh  
 ca. 2,2 m Trochitenkalkstein, grau, kristallin-oolithisch, dick, splittrig; Trochiten ± h.

Bei dem Profil „Ostheim“ wurde auf den „creidig-weißen“ Außenrand der Äquivalente der *Astarte*-Bank hingewiesen und die Vermutung ausgesprochen, daß es sich hier um Verwitterungsprodukte von Ersatzschalen der typischen Muschelfauna handeln dürfte. Diese Annahme scheint sich hier zu bestätigen, da nur noch Steinkerne der Myophorien vorhanden sind, bei teils creidigem Überzug. Noch weiter SSE, bei Welda (Volkmarser Graben), scheint der Verwitterungsvorgang noch weiter vorgeschritten zu sein, denn es finden sich hier in äquivalenten Schichten – außer einzelnen Trochiten – keine Fossilreste und auch nicht mehr „creidige“ Ausscheidungen.

Auf den westsüdwestlich auf die Trochitenkalk-Fazies des Ödlandrückens – Weldaer Berg – folgenden langgestreckten Äckern ließen sich an ausgepflügten Ceratiten deutlich die einzelnen Ceratiten-Zonen verfolgen: Wenig über der *Astarte*-Bank *C. robustus*, dann *C. compressus*, *C. evolutus*, *C. spinosus praespinosus* und *C. spinosus spinosus*.

## 4.4. Hügel westlich P. 221

(Abb. 4)

Etwa 2 km SSE Wethen, wenig S der Pyrmonter Straße, wurde bei dem Bau der Bundesautobahn Kassel–Dortmund ein Hügel durchschnitten (Bl. 4520 Warburg, W P. 221, R 350636 H 570510), wobei u. a. Oberer Muschelkalk freigelegt wurde.

Aus diesem Stratum konnte Herr HARTMANN, Naturkundemuseum Kassel, 1969 einige große Brocken aus der „Myophorien- und *Astarte*-Bank“ mit häufigen *Myophoria ovata* freilegen (Belege im Naturkundemuseum Kassel). Bei gemeinsamer Begehung konnte festgestellt werden, daß die *Astarte*-Bank hier noch von etwa 1,5 m Sediment in reiner Trochitenkalk-Fazies überlagert wird, ehe die Tonplatten-Fazies einsetzt. Das ist insofern bemerkenswert, als diese Bank in den meisten Aufschlüssen entweder dicht unter der Tonplatten-Fazies liegt oder nur von geringmächtigen (bis 0,5 m) Ablagerungen in normaler Trochitenkalk-Fazies bedeckt wird, denen dann die Tonplatten-Fazies folgt.

#### 4.5. Donnersberg

(Abb. 4, 7)

Auf der GLAESSNERSCHEN (1913) geologischen Karte des Volkmarser Grabens 1:50000 ist der Obere Muschelkalk entsprechend damaliger Auffassung als m 1 eingetragen. Aber auch hier handelt es sich stratigraphisch um Ceratiten-Schichten in Trochitenkalk- bzw. trochitenkalkähnlicher Fazies.

Zwei kleine aufgelassene Kalksteinbrüche, einer am NW-Abfall, der andere auf der Höhe des Donnersberges NW Wormeln (Bl. 4520 Warburg, bei P. 214,4, R 350849, H 570494), zeigen einigermaßen den stratigraphischen Aufbau. Der erste schließt 5–6 m des Oberen Trochitenkalks auf, über dem noch bis zu 1 m zerrüttete Tonplatten („Jüngere Ceratiten-Schichten“) mit Mergelsteinen und Kalksteinplatten liegen. Ceratiten wurden bei der geringen Ausdehnung des Vorkommens nicht gefunden. Der Obere Trochitenkalk ist tektonisch stark beansprucht (das Gestein ist stark zerklüftet und durch Kalkspat grob verkittet, z. T. tektonisch geschiefert). Etwa die oberen 2 m entsprechen der *Astarte*-Bank. Dieser Komplex ist richtungslos unsymmetrisch – kantig bis plattig stark aufgelockert, teils gelblich und dolomitisiert, mit vielen Kalkspatschüppchen, teils aus graublauen, kristallinen bis bräunlich schaumigen Kalksteinen bestehend. Letztere enthalten die typischen großen Querschnitte von *Myophoria ovata* h, *Placunopsis ostracina* (1 ×), Schuppen von *Gyrolepis*.

Der Bruch auf der Höhe des Donnersberges zeigt von N nach S das folgende Profil, das im Juni 1954 aufgenommen worden ist.

Unter der Grasnarbe liegen

7. bis 1,00 m stark aufgelockerte graue bis bräunliche Mergelsteine, Mergelkalksteine und dicke, graue, kristalline Kalksteinplatten (bis 15 cm), letztere mit *Coenothyris vulgaris* und Trochiten. (Diese Gesteine aus fazielltem Trochitenkalk scheinen umgelagert; Verf. vermutet, daß es sich hier um Abraum aus tieferen Schichten handelt, der an der Stirnseite des Aufschlusses aufgeschüttet und zusammengesackt ist.)

#### Oberer Trochitenkalk

6. bis 3,30 m Kalkstein, grau-hellgrau, kristallin-oolithisch, mit hellen Ooiden (wie bei Wenigenhasungen, Hueda usw.) in dicken Bänken mit horizontaler und vertikaler, regelloser Aufspaltung; Trochiten ?
5. 0,25 m Kalkmergelstein, hellgrau, dünnbankig, dicht, mild verwitternd



4. bis 1,60 m aufgeschlossen: Kalkstein, grau, splittrig, kristallin, hart, in dicken, teils aufgelockerten Bänken; in den unteren 40 cm liegen in der kristallinen Grundmasse zahlreiche hellgraue, dichte Gerölle, die vermutlich der Schicht 3 entstammen

Die Verbindung zu den am südlichen Eingang des Bruches anstehenden unterlagernden Schichten ist etwas unterbrochen; vermutlich geht aber die Mächtigkeit der Schicht 4 nur wenig über 160 cm hinaus.

#### Zwischenschichten

3. ca. 1,00 m Mergelkalksteine, fahlgrau-gelblich, mild, oft scherbzig zerfallend, untergeordnet fladige Mergelkalksteine (vgl. Teichmühle/Süd, Weldaer Berg)
2. ca. 2,00 m Fladige Mergelkalksteine, grau bis gelblich, im frischen Anbruch kompakt, bei Anwitterung brockig-grusig zerfallend, dicht bis feinkristallinoolithisch, uneben-wellig, Kalksteinplatten und Mergelstein untergeordnet eingeschaltet; *Coenothyris vulgaris* h, *Lima striata* h, *Cidaris*-Stacheln, *Philippiella noetlingi* (2 ×), *Myoconcha mülleri* (zweiklappig), *Enantiostreon difforme* nh
1. bis 0,30 m Liegendes: Kalksteinbank, grau, fest, kristallin, splittrig; Trochiten.

Ob die unter 1 aufgeführte kristalline Kalksteinbank bereits dem obersten Haupt-Trochitenkalk (mo1) entspricht, ist nicht ganz sicher, da den Zwischenschichten auch noch Kalksteinbänke mit Trochiten eingelagert sein können.

Die Schichten des Oberen Muschelkalks vom Donnersberg haben wie bei Wethen folgende fazielle Entwicklung (von oben):

#### Tonplatten

*Astarte*-Bank — ca. 2 m

Oberer Trochitenkalk — mit nicht genau bekannter, aber mindestens > 5 m Mächtigkeit

Zwischenschichten — b) ca. 1 m Mergelkalksteine

a) ca. 2 m Fladige Mergelkalksteine

Nach allgemeiner Erfahrung nimmt die Mächtigkeit des Oberen Trochitenkalks + Zwischenschichten von W nach E allmählich ab. Damit verbunden ist ein Absinken in entwicklungsgeschichtlich tieferes Niveau der Ceratiten-Vorkommen. Auffällig ist in diesem Teil des Untersuchungsgebietes nach E in Richtung Haueda, nach W bis Wethen und Hessenbühl die starke Zerrüttung der hangenden Tonplatten.

Anhangsweise sollen noch ehemalige kleine Kalksteinbrüche erwähnt werden, die dicht südlich der Straße Alt-Warburg-Wormeln lagen, mehr oder weniger vollständig den Oberen Trochitenkalk + Zwischenschichten aufschlossen und dem Verf. etwa 1924/1925 ein großes Fragment des Seesterns *Pleuraster chopi* ECK emend. SCHÖNDORF lieferten.

### 5. Aufschlüsse im Volkmarser Graben

Der im Raum Wethen-Germete-Warburg-Wormeln flächenhaft auftretende Obere Muschelkalk ist im Volkmarser Graben auf dessen östlichen Teil beschränkt und verläuft als schmales Band von N nach S zwischen Welda und dem Hübel S Ehringen. Beschreibungen des Oberen Muschelkalks im Bereich des Volkmarser Grabens finden wir bereits bei GLAESSNER (1913), PENNDORF (1926) und MARTINI (1937).

## 5.1. Kümmelberg

(Abb. 5)

Am nördlichen Kümmelberg, NE Welda (Bl. 4520 Warburg), wurden noch nach dem 1. Weltkrieg die festen Bänke des Oberen Trochitenkalks abgebaut. 1954 konnte man nur noch in dem Gestein der fast zugewachsenen Halden den Gegensatz in der Struktur der festen kristallinen Brocken aus Oberem Trochitenkalk und der unsymmetrisch-schiefriig-wellig auflockernden Fladigen Mergelkalksteine feststellen.

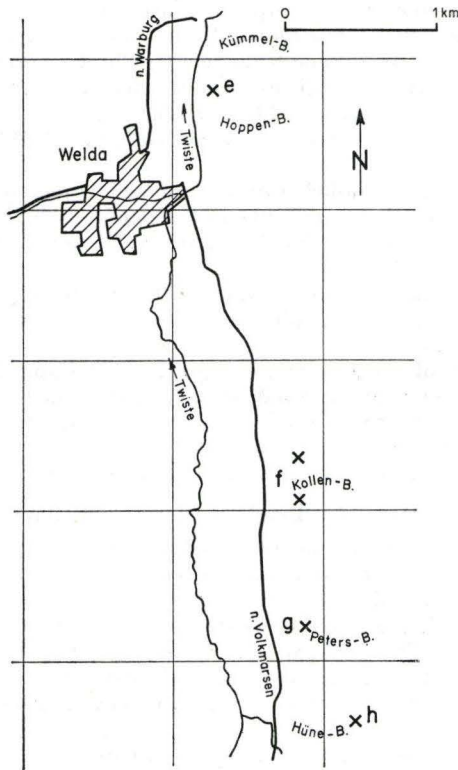


Abb. 5. Lageskizze der Profile am Kümmel-, Hoppen-, Kollen-, Peters- und Hüneberg.

## 5.2. Hoppenberg

(Abb. 5, 7)

Am Übergang von Kümmel- und Hoppenberg (Bl. 4520 Warburg) befand sich der Gemeindesteinbruch von Welda, der im August 1954 das unten folgende Profil aufgeschlossen hatte.

## Tonplatten-Fazies (mo2)

- 4,00—5,00 m Kalksteinplatten und Mergelstein im Wechsel, grau; *Ceratites robustus* und *C. compressus*  
 0,50 m Kalksteinbank, grau, kompakt; Trochiten, *Coenothyris vulgaris*, *Lima striata*  
 0,60—0,80 m Mergelstein und Kalksteinplatten, grau, *Ceratites cf. pulcher* ?  
 1,00 m Kalksteinbank, grau, bräunlich anwitternd, kristallin, plattig auflockernd

## Oberer Trochitenkalk (mo2)

- ca. 2,00 m Äquivalent der *Astarte*-Bank: Kalksteinbank, intensiv braun-feinschaumig, klotzig, teils zellig zerfressen und mit größeren Hohlräumen, mürbe anwitternd und mitunter zu braunem Kalksand zerfallend; Trochiten nh, sonst keine Fossilreste; etwas dolomitisiert  
 0,50 m Äquivalent der *Astarte*-Bank: Kalksteinbank in 3 Lagen, der feste, ursprünglich grau-hellgraue Kalkstein (wie in der unterlagernden Bank) wird braun-feinschaumig, bei fortschreitender Verwitterung intensiv braun-schaumig, mitunter zellig, kleine Hohlräume von Trochiten — große Ähnlichkeit mit dem braun-schaumigen Gestein der Hünenburg, Dolomitisierung  
 1,00 m Kalksteinbank, grau-hellgrau mit braunen Tupfen und braun-feinschaumiger Anwitterung, klotzig; kleine Schalenquerschnitte  
 0,60 m Kalksteinbank, im oberen Teil plattig auflockernd, grau-buntgrau, kristallin, teils groboolithisch  
 1,40 m Kalksteinbank, grau-buntgrau, kristallin, teils groboolithisch, klotzig, etwas klüftig, braune, mitunter zellige Seiten; in einem der Hohlräume kleine Fossilien  
 0,40 m Kalksteinbank in 3 Lagen, gelbgrau-rötlichgrau, dicht-feinkristallin, die untere Lage auflockernd mit Mergelzwischenmittel; trochitenfrei ?  
 0,65 m Kalksteinbank, grau, groboolithisch, teils kompakt, teils vertikal-horizontale Auflösung  
 0,45—0,50 m Kalksteinbank, graubunt, fest, kristallin; Trochiten h

## Zwischenschichten = Horizont der Fladigen Mergelkalksteine (mo2)

- 1,00 m Mergelkalksteinbank, fladig auflockernd, grau-gelbgrau; Trochiten h, teils Trochitenreihen, *Lima striata*, *Coenothyris vulgaris*, *Myalina blezingeri* (Schalenquerschnitte)  
 0,30 m Kalksteinbank, graubunt, kristallin-groboolithisch; Trochiten h  
 0,20 m Kalkmergelsteinbank, grau bis bräunlich, stark aufgelöst  
 1,00 m Trochitenkalkbank, unten grau, nach oben buntgrau, gelbbraun-mergelig anwitternd, klüftig, besonders in den oberen 15 cm stark uneben-wellig aufgelockert; Trochiten  
 1,00 m Trochitenkalkstein, grau-hellgrau, dickplattig, mit dünn-schichtig-fladiger Auflösung; Trochiten h, Muschelquerschnitte mit dicker Prismenschicht (*Myalina blezingeri*), *Mytilus eduliformis*, *Lima striata* ns

## Haupt-Trochitenkalk (mo1)

- 0,90 m Trochitenkalkstein, grau-buntgrau, kristallin, klotzig, etwas gelb-mergelig anwitternd; Trochiten h  
 1,40 m Trochitenkalkstein, blaugrau, groboolithisch, klotzig, regellos zerklüftet, Trochiten h; die unteren 0,25—0,35 m Mergelstein, braun bis fahlgelb, mit dünnen Kalksteinlagen; Trochiten s  
 ca. 2,00 m Trochitenkalkstein, blaugrau, groboolithisch, klotzig, regellos zerklüftet; Trochiten s  
 ca. 0,80 m Kalksteinbänkechen, je 10—15 cm, graubraun, fast dicht, mergelig anwitternd, nach oben fester, die oberen 20 cm graubunt, kristallin

In den hangenden Tonplatten wurden *Ceratites robustus* und darüber *C. compressus* gefunden sowie 2 oder 3 Ceratitenfragmente mit schwacher binodoser Skulptur aus dem tiefsten Teil der Tonplatten-Fazies, die als Nachzügler noch zum Formenkreis des *Ceratites pulcher* gehören könnten. Jedenfalls steht fest, daß hier Oberer Trochitenkalk + Zwischenschichten annähernd die *atavus-pulcher*-Zone vertreten. Da dieser Schichtenkomplex hier rund 10,5 m umfaßt, ist die Sedimentation in Trochitenkalk-Fazies etwas stärker als die in Tonplatten-Fazies mit 9 m im Meißnergebiet.

Die *Astarte*-Bank läßt sich bei Welda noch deutlich erkennen. In ihrer Mächtigkeit von 2,5 m, dem teils festen, teils sandig zerfallenden braunschäumigen Gesteinsmaterial gleicht sie den Vorkommen anderer Lokalitäten. Es fehlen ihr aber — außer Trochiten bzw. Trochiten-Hohlräumen — die zahlreichen Muschelquerschnitte, besonders von *Myophoria ovata*. Das könnte, wie z. T. bei Willebadessen, primär, teilweise durch Dolomitisierung des Kalksteins zu erklären sein. Eine fortschreitende Dolomitisierung deutet sich hier an. GLAESSNER (1913: 79) schreibt zu dieser Frage:

„Es sei noch erwähnt, daß der Trochitenkalk in der Nähe von Verwerfungen bisweilen dolomitisiert erscheint, wie dies auch STILLE (1908) vom südlichen Eggevorland beschreibt. Diese Umwandlung ist besonders gut am Hoppenberge bei Welda zu sehen. Es lassen sich auch hier Übergänge feststellen, indem das Gestein zuerst eigelb erscheint, wobei die Trochiten noch erhalten sind und schließlich graugelb und zuckerkörnig wird wie Dolomit. In diesem Zustand sind die Trochiten und sonstigen organischen Reste ausgelaugt und das Gestein enthält daher zahlreiche Hohlräume.“

### 5.3. Kollenberg

(Abb. 5, 7)

Zwischen dem Hoppenberg östlich und dem Guttenkönig südsüdöstlich Welda ist der mo an einer Verwerfungsspalte zwischen mu und km abgesunken. Vom Guttenkönig nach S ist aber der Obere Muschelkalk in der normalen Formationsfolge wieder vorhanden und in kleinen Kalksteinbrüchen angeschnitten.

An der N- und S-Seite des Kollenberges (Bl. 4520 Warburg) befindet sich je ein aufgelassener Kalksteinbruch. Im August 1954 wurden die beiden folgenden Profile ermittelt.

#### Kollenberg-Nord

##### Tonplatten-Fazies (mo2)

- 2,00—2,50 m Kalksteinplatten/-bänkchen, Mergelkalkstein, Mergelstein, grau
- ca. 0,40 m Mergelkalkstein, fahlgrau, mild, dünn-schichtig
- 0,15—0,16 m Kalksteinbänkchen, blaugrau, kristallin
- 0,10 m Mergelkalkstein, grau — als Zwischenmittel
- 0,20—0,22 m Kalksteinbank in 3 Lagen, grau, fest
- 0,18—0,20 m Kalkstein, dünn-schichtig bis plattig, grau-blaugrau, uneben, mergelig

##### Oberer Trochitenkalk (mo2)

- ca. 2,10 m Kalksteinbänke, nach oben in dünneren Lagen, grau-buntgrau, fest, kristallin
- 0,80 m Kalksteinbank in 3—4 Lagen, grau-buntgrau, fest, kristallin-feinoolithisch
- 0,95 m Kalksteinbank, kompakt, grau-buntgrau, fest, kristallin-feinoolithisch
- 0,40 m Kalksteinbank, grau, fest, kristallin

## Zwischenschichten = Horizont der Fladigen Mergelkalksteine (mo2)

- 0,70 m Mergelkalkstein, grau, fest
- 0,60–0,65 m Fladige Mergelkalksteine, grau, mürbe; Trochiten h, *Lima striata* ns
- 0,20 m Mergelkalksteinbank, grau, fest
- 0,90 m Fladige Mergelkalksteine, grau, mürbe; Trochiten h, *Lima striata* ns, *Enantiostreon difforme*
- 2,80 m Kalksteinbank, klotzig, in 5–6 Lagen, grau-graubunt bis bräunlich, kristallin, oben mürbe, mergelig anwitternd, 60 cm unter der Oberkante 10–15 cm mürbe Mergelkalksteine, in dem nach unten folgenden Meter teils gelb-mergelig verwitternd
- 1,05 m Mergelstein, hellgrau-bräunlichgrau mürbe verwitternd, darin 2 oder mehr graue kristalline Kalksteinbänkchen

## Haupt-Trochitenkalk (mo1)

- 0,20 m Kalksteinbank, grau, kristallin
- ca. 1,00 m Kalksteinbank, klotzig, grau bis hellgrau-braungrau, kristallin, mürbe-feinschaumig anwitternd mit braunen Tupfen; *Lima striata*, Trochiten s
- 1,00–1,50 m anstehend: Kalksteinbank, grau, fest, splittrig, kristallin, unsymmetrisch zerklüftet

## Kollenberg-Süd

## Tonplatten-Fazies (mo2)

- 2,00–2,50 m Mergelstein, grau-gelb und hellgrau, Kalksteinplatten bis -bänkchen, grau – nach oben Zunahme der mürberen Mergelsteine
- 0,20 m Kalksteinbank, buntgrau, kristallin, splittrig, ohne Trochiten
- 0,20–0,25 m Kalkstein, blaugrau, wellig, dünnschichtig – bis dünne Kalksteinplatten, ohne Trochiten

## Oberer Trochitenkalk (mo2)

- 1,45–1,50 m Kalksteinbank, blaugrau-graubunt, kristallin, wenig oolithisch, meist stark dünnbankig aufgelockert; Trochiten h
- 2,50–2,60 m Kalksteinbank, grau, groboolithisch bis schaumig, klotzig, die Oberfläche uneben-wellig-kantig; Trochiten besonders in der Mitte der Bank hh  
Anmerkung: An der Ostseite dieses Bruches sind 1,5–1,7 m dieser Kalksteinbank schon lange verwittert; das Gestein zerfällt dünnbankig-brockig, das ursprünglich graue kristallin-oolithische Gestein verwittert hellgrau, schaumig, mit braunen Flecken und Tupfen
- 0,10 m Kalksteinplatten, grau, oolithisch; Trochiten h

## Zwischenschichten = Horizont der Fladigen Mergelkalksteine (mo2)

- gelbgrau-gelbbraune, uneben-fladige Mergelkalksteine; Trochiten – diese Schichten sind am SE-Eingang zum Bruch aufgeschlossen:
- ca. 2,50 m Fladige Mergelkalksteine, grau-braungrau, mürbe, stark uneben aufgelockert; *Lima striata*, *Coenothyris vulgaris*, *Enantiostreon difforme*, Trochiten h
- ca. 1,00 m aufgeschlossen: Kalksteinbank, grau, fest, in 2 Lagen

Die Tonplatten sind am Kollenberg im unteren Meter noch meist in dickeren Bänkchen mit dünnem Mergelzwischenmittel entwickelt. Fossilien sind darin nicht häufig: *Lima striata*, *Hoernesia socialis*, *Myophoria* cf. *vulgaris*, *Coenothyris vulgaris*. Trochiten wurden nicht mehr beobachtet. Ceratiten fanden sich in den horizontal

gering aufgeschlossenen Tonplatten nicht. Auf den westlich gelegenen Äckern, durch einen Fußweg vom Kalksteinbruch getrennt, kommen bereits spinos werdende Ceratitenreste vor.

Weder nach der Gesteinsausbildung noch nach der Mächtigkeit und Fossilführung ist es möglich, die *Astarte*-Bank abzutrennen; diese charakteristische Bank ist in der sonst bekannten Ausbildung nicht mehr abgelagert. Sie ist auch weiter nach S atypisch und von der allgemeinen Fazies des Oberen Trochitenkalks nicht zu trennen. Soweit in diesem Niveau Fossil-Querschnitte vorkommen, sind diese klein und dünn und nicht mehr mit den relativ großen und dicken Fossil-Resten der *Astarte*-Bank zu vergleichen.

Der Horizont der Fladigen Mergelkalksteine erfährt hier eine Veränderung einerseits durch Zunahme auf etwa 6,3 m, andererseits durch Einschaltung einer kalkig-kristallinen Folge von 2,8 m in der unteren Hälfte. Dadurch verringert sich die Mächtigkeit des Oberen Trochitenkalks gegenüber 7 m bei Welda auf 4,2 m, während die Gesamtmächtigkeit wie am Hoppenberg etwa 10,5 m beträgt.

GLAESSNER (1913: 78) unterstreicht den Fossilreichtum des „Trochitenkalks“ vom Kollenberg und bemerkt weiter (1913: 80): „Bei vorwiegend massiger, dickbankiger Struktur scheinen die Fossilien stark zurückzutreten“. Das trifft vor allem auf den meist dickbankigen Haupt-Trochitenkalk (mo 1) zu.

Grundsätzlich ist zu dem Fossilreichtum zu sagen, daß der meist klotzige Haupt-Trochitenkalk zwar öfter besonders in den oberen Lagen reich an Trochiten ist und daß einzelne Bänken sich durch gesteinsbildende *Coenothyris vulgaris* auszeichnen. Andere Fossilien, so *Lima striata*, sind indeß mehr oder weniger selten. Reicher an Individuen und Arten sind jedoch die Fladigen Mergelkalksteine und der Obere Trochitenkalk einschließlich der *Astarte*-Bank. — Die dem Verf. bekannten Funde von vollständigen Kronen oder größeren Kronenteilen von *Encrinurus liliiformis* stammen sämtlich aus den Fladigen Mergelkalksteinen, dem Oberen Trochitenkalk oder den diesen unmittelbar überlagernden untersten Tonplatten (Hübel bei Ehringen, Wenigenhasungen, Haueda, Lamerden, Körbecke, Eberschütz, Willebadessen). *Lima striata* und *Philippiella noettingi* finden sich häufig in den Fladigen Mergelkalksteinen des Scheids S Volkmarshausen. In diesem Stratum sind Muschelquerschnitte mit dicker Prismenschicht (*Myalina blezingeri*) von Bedeutung (BUSSE 1956). Auch die mehr oder weniger seltene Schnecke *Trachynerita gaillardoti* scheint auf diesen Horizont beschränkt zu sein. Ebenso stammt der erwähnte Fund eines großen Fragmentes von *Pleuraster chopi* aus längst zugewachsenen, kleinen Aufschlüssen an der Straße Warburg-Wormeln aus diesem Niveau. Es ist mit Bestimmtheit anzunehmen, daß auch die von GLAESSNER (1913) vom Kollenberg erwähnten Kelchreste von *Encrinurus* und Asseln von *Cidaris* den gleichen Lagen entnommen wurden.

Der Haupt-Trochitenkalk (mo 1) ist nur im Nordbruch mit den obersten 2,5 m leidlich aufgeschlossen.

#### 5.4. Petersberg

(Abb. 5, 7)

Am Westrand des Petersbergs (Bl. 4520 Warburg) befindet sich ein weiterer kleiner Kalksteinbruch im Oberen Trochitenkalk bzw. in den Zwischenschichten. Im August 1954 war dort das unten folgende Profil freigelegt.

- ca. 1,00 m Trochitenkalkstein, hellgrau-bräunlich, mürbe-bröcklig aufgelöst, mergelig-sandig zerfallend; Trochiten h  
 0,50 m Kalksteinbank, grau-hellgrau, kristallin-feinoolithisch, unsymmetrisch zerklüftet; Trochiten h—hh  
 0,25—0,30 m Kalksteinbank, grau-bräunlich, fest, oolithisch, zerklüftet  
 0,10 m Kalkstein, dünn-schichtig, uneben-kantig, mit Mergelstein-Zwischenmittel  
 0,05 m Mergelstein, gelb, mürbe  
 0,60 m Kalksteinbank in 4 Lagen, grau, oolithisch-schaumig, fest, oben Neigung zu mergeliger Auflösung; die unteren 6,5 cm mit zahlreichen Schalenquerschnitten  
 0,60 m Mergelstein, bräunlich, mürbe — und dickere Kalksteinplatten mit Neigung zur Auflösung, im Wechsel; *Lima striata* ns, Trochiten nh  
 ca. 0,60 m Kalksteinbank, fest, kristallin-oolithisch, graubunt, mürbe und hellgrau-feinschaumig anwitternd, die oberen 5—7 cm lösen sich als Platte ab  
 ca. 0,60 m Kalksteinbank, grau, kristallin-groboolithisch, fest, die Seiten übersät von Ooiden
- 
- 4,30—4,35 m  
 Liegendes: Mergelkalksteine, bräunlichgrau bis fahlgrau, dickplattig, milde

### 5.5. Hüneberg

(Abb. 5, 7)

Der letzte Aufschluß vor Volkmarsen (aufgenommen im August 1954) liegt am Hüneberg (Bl. 4520 Warburg), morphologisch jetzt noch als (eingezäunte) Erhebung erkennbar, offenbar im gleichen stratigraphischen Niveau.

#### Oberer Trochitenkalk

- 1,20—1,50 m Mergelkalkstein, gelblichgrau, mürbe-fladig auflockernd; Trochiten h—hh; übergehend in  
 0,45 m Kalksteinbank, grau, fest, kristallin-oolithisch; Trochiten h  
 ca. 1,00 m Kalksteinbank, in dünne Lagen auflockernd, grau, kristallin-oolithisch, splittrig, in der Mitte auch fladig-mergelig  
 ca. 0,30 m Mergelkalksteinbank, gelbgrau-fahlgrau, dicht, mild, teils scherbzig zerfallend  
 0,30—0,40 m Kalksteinbank, grau bis braun, fest, oolithisch  
 ca. 2,00 m Kalksteinbank, hellgrau-bräunlich, klotzig, oolithisch, schaumig angewittert, sandig zerfallend; ursprünglich vorhandene Muschelschalen (h) meist aufgelöst, *Gervilleia costata*, *Undularia* ? sp., Trochiten; übergehend in  
 ca. 1,00 m Mergelkalkstein (stark überrollt), mürbe-sandig zerfallend — teils dünn-schichtige Kalksteine  
 Liegendes: Mergelkalksteinbank, gelbgrau, dick, uneben-wellig-dünnschichtig auflösend; Trochiten

Die Aufschlüsse, vom Petersberg und vom Hüneberg, waren offenbar schon zur Zeit der Profilaufnahme (1954) lange aufgelassen und der Verwitterung preisgegeben. Dabei kommen sehr gut die Unterschiede in der Verwitterungsbeständigkeit des Oberen Trochitenkalks gegenüber der des Haupt-Trochitenkalks heraus: Während ersterer mehr oder weniger seine Klotzigkeit verliert und zu starker Auflockerung und sandig-mergeligem Zerfall neigt, bleiben die Reste von Haupt-Trochitenkalk mehr oder weniger fest und kantig und setzen der Verwitterung äußersten Widerstand entgegen. Beide Profile liegen wahrscheinlich dicht unter der Tonplatten-Fazies. — Inter-

essant sind die Ausführungen von GLAESSNER (1913: 78/79) zum Aufschluß am Hüneberg:

„Am Hüneberg bei Volkmarsen treten in seinem (im Trochitenkalk, Verf.) oberen Teile sehr trochitenreiche Bänke auf, die von gelblich-grauer Farbe und sehr weich sind, so daß einzelne Bänkechen direkt zu Kalksand zerfallen. Unter diesen Trochitenschichten folgt eine Bank harten, grauen, groboolithischen Kalks von 50 cm oder größerer Mächtigkeit, die wenig oder keine Versteinerungen zu enthalten scheint. Sie ist in fast allen Steinbrüchen im Trochitenkalk zwischen Volkmarsen und Welda aufgeschlossen und auch noch am linken Diemelufer nordöstlich Germete zu beobachten, ebenfalls im Liegenden trochitenreicher Bänke, die nach oben in Nodosen-Schichten (= Ceratiten-Schichten — Verf.) übergehen. Diese harte, groboolithische Bank dürfte eine gleichfalls oolithische, versteinungsreiche Schicht vertreten, die zuerst von FERD. ROEMER (1851) mit ihren charakteristischen Fossilien aus der Gegend von Willebadessen beschrieben wurde und seitdem vielfach in West- und Süddeutschland aufgefunden wurde. Es ist die „Myophorien- oder Astartenbank“ von BLANCKENHORN (1885), so benannt nach ihrem Reichthum an *Myophoria ovata* und *Astarte*.“

Die „Astarte-Bank“ F. ROEMERS (1851) bzw. die „Myophorien- oder Astartenbank“ von BLANCKENHORN (1885/1887) mit 2–2,5 m Mächtigkeit ist typisch bei Willebadessen (SE-Westfalen) und im nordwestlichen Niederhessen im Raum vom Kalkwerk Haueda und Wettelingen im E, bis Germete-Wethen-Welda im W entwickelt. Ein isoliertes Vorkommen findet sich noch weit im E, an der Frenschener Warte (Bl. 5422 Hofgeismar). Die Astarte-Bank ist nur insoweit eine Leitschicht, als sie stets im oberen Teil des Oberen Trochitenkalks auftritt, stratigraphisch aber tritt sie mit dem Oberen Trochitenkalk von SE nach NW in immer höheren Teilen der Ceratiten-Zonen auf. Im Volkmarsener Graben wird die Astarte-Bank nach S, wie bereits bemerkt, atypisch. Wenn GLAESSNER (1913) „eine Bank harten, grauen groboolithischen Kalks von 50 cm“ am Hüneberg mit der Astarte-Bank identifiziert, so kann man doch mindestens hinsichtlich der Fossilführung nur von äquivalenten Schichten sprechen, denen dann aber auch die hangenden Sedimente zuzurechnen wären. GLAESSNER meint sicher die zweitoberste feste Bank in den Profilen Petersberg mit 50 cm und Hüneberg mit etwa 45 cm, die von den obersten, mehr oder minder mürben Sedimenten überlagert wird, die (wahrscheinlich) in die Tonplatten-Fazies überleiten. — Die typische Astarte-Bank wird aber von BLANCKENHORN W Germete als „lockere, dünnschichtige, groboolithische, rauhe, dolomitische Kalke von 2 m Mächtigkeit und bald mürbem, bald festerem Bindemittel“ beschrieben.

Diese „Leitschicht“ hat BLANCKENHORN (1887) mangels anderer fossilführender Horizonte und Ceratiten zur Untergliederung des Oberen Muschelkalks der Zülpicher Trias in 2 Etagen benutzt und ihre weite Verbreitung in Westfalen, in Thüringen und im Schwarzwald nachgewiesen. Bei ihrer zeitlichen Unterschiedlichkeit, dem Wandern dieser Schwellenfazies, dürfte der Wert als „Leitbank“ heute jedoch nur als „relativ“ anzusehen sein.

## 5.6. Scheid

(Abb. 6, 7)

Der Scheid (Bl. 4520 Warburg) südlich Volkmarsen, der im wesentlichen aus Welkenkalk aufgebaut ist, weist in seinem nördlichen, tektonisch stärker beanspruchten



Teil schmale Bänder von mm, mo, Keuper und Lias auf. Bei einer Begehung des Scheids im Mai 1946 stellte Verf. in diesem nördlichen Teil 2 Kalksteinbrüche fest, deren nördlichster von E nach W steilgestellte, gelbliche, mergelig-dolomitische Schichten, mächtige klotzige Bänke des Oberen Trochitenkalks, besonders im oberen Teil mit zahlreichen Trochiten, und die untersten Tonplatten (mit *Ceratites cf. robustus*) aufschloß. Bei einer 2. Begehung im August 1954 waren die fast saiger stehenden dicken Bänke des Oberen Trochitenkalks bereits völlig abgebaut und von E nach W war zwischen Liegendem und Hangendem eine Lücke von etwa 10 m entstanden. Am südlichen Abschluß des Kalksteinbruches konnte noch unter Abraum ein Teil-Profil festgehalten werden.

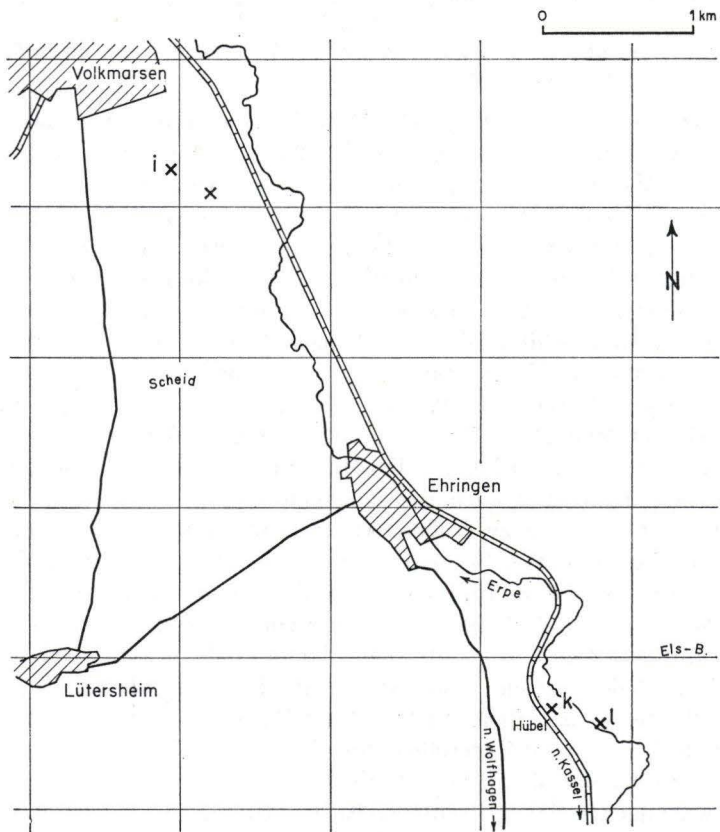


Abb. 6. Lageskizze der Profile am Scheid, Hübel und Elsberg.

### Oberer Trochitenkalk

bis 2,00 m Kalksteinbänke, grau, fest

ca. 3,00 m Lücke (= Abbau)

bis 0,70 m sichtbar: Kalksteinbank, grau, klüftig, aufgelockert

## Zwischenschichten

- 0,90 m Mergelsteinbänke mit Trochiten, gelbgrau, gelb anwitternd  
 0,50 m Kalksteinbank, grau-graubraun, kristallin-oolithisch, fest  
 0,10 m Mergelstein, bräunlich, uneben-dünnschichtige Auflösung — vermischt mit Kalkstein, graublau, dicht, uneben-dünnschichtig  
 bis 0,70 m aufgeschlossen: Mergelstein, braungelb bis fahlgrau, dick, Mergelkalkstein mit uneben-bröckeliger Auflösung; *Myophoria cf. cardissoides*

Der wenig S liegende kleine, wohl schon seit dem 1. Weltkrieg aufgelassene Kalksteinbruch, ebenfalls mit starkem westlichen Einfallen, zeigte folgendes Profil:

## Tonplatten-Fazies

- bis 2,50 m Kalkstein, plattig-bankig, mit Mergelstein-Zwischenmittel

## Oberer Trochitenkalk

- 6,00—6,50 m Wand klotziger Trochitenkalksteine, grau-hellgrau bis gelbgrau, kristallin-oolithisch, fest, splittrig; Trochiten  $\pm$  h, nur untergeordnet kleine Muschelquerschnitte; übergehend in

## Zwischenschichten = Fladige Mergelkalksteine

- bis 1,00 m aufgeschlossen: Mergelkalksteine, grau, teils gelblich anwitternd und aufblättern-grusig zerfallend, *Lima striata* h, Trochiten und Trochitenreihen h, *Philippiella noetlingi* (3  $\times$ ), *Cidaris* sp. (Stacheln 2  $\times$ ), *Myophoria laevigata* (1  $\times$ )

Der weitere stratigraphische Verlauf ist durch dichte Verrassung dem Einblick entzogen. Aus der Morphologie könnte unter Vorbehalt — aber in Übereinstimmung mit den nördlich und südlich gelegenen Aufschlüssen des Volkmarser Grabens — auf folgende stratigraphischen Mächtigkeiten geschlossen werden:

- 6— 6,5 m Oberer Trochitenkalk (festes Gestein)  
 4— 4,5 m Zwischenschichten (mürbes Gestein)  
 10—11 m  
 6— 7 m Haupt-Trochitenkalk (festes Gestein)

(Mächtigkeit des Haupt-Trochitenkalks: Kalkwerk Wethen 6,5 m, Kalkwerk Haueda 7,3 m). — Der Obere Trochitenkalk + Zwischenschichten würde in beiden Aufschlüssen des Scheids etwa 10,5 m umfassen, was der erstaunlichen Konstanz der Schichtmächtigkeit N und S des Volkmarser Grabens am Rande der Rheinischen Masse entspricht. Dabei sind fazielle Ausbildung und vertikale Ausdehnung in sich einem schnellen Wechsel unterworfen.

## 5.7. Hübel

(Abb. 6, 7, 8)

Die südlichsten Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk des Volkmarser Grabens liegen südlich Ehringen (Bl. 4620 Arolsen) und nördlich von Wolfhagen: Der Bahneinschnitt des Hübel und — etwa 250 m SE vom Hübel — ein kleiner Kalksteinbruch am westlichen Abfall des Elsberges (Grenze der Bl. Arolsen/Wolfhagen). Der von der

Bahnlinie Wolfhagen-Volkmarsen N-S angeschnittene Muschelkalkklotz des Hübels (Bl. 4620 Arolsen), nach MARTINI (1937) eine Überschiebung, bietet ein interessantes Bild tektonischer Intensität. Schon ein an der N-Seite des Hübels gelegener aufgelassener Kalksteinbruch in der Schaumkalkzone ( $\chi$ ) des Wellenkalks zeigt stark gestörte, schräggestellte und gegeneinander verschobene Kalksteine und Mergelkalksteine. Die Schichten des mo im S des Bahneinschnittes (aufgenommen August 1954) mit schwächerem und im N mit stärkerem Einfallen werden in der Mitte des Hübels unterbrochen und nach S z. T. unterlagert von saiger stehenden gleichaltrigen Sedimenten.

### Hübel-Süd

#### Tonplatten-Fazies

- Im Hangenden liegen noch 6–8 m schlecht aufgeschlossene Ceratiten-Schichten mit *Ceratites robustus* und *C. compressus*
- 1,20 m Kalksteinplatten/-bänkechen, grau bis blaugrau, dicht bis kristallin, Mergelstein, bräunlich
- ca. 0,80 m Kalksteinbank, grau, plattige Auflösung

#### Oberer Trochitenkalk

- ca. 2,50 m Kalksteinbank, grau-buntgrau, kristallin-oolithisch, klotzig, wenig aufgelockert, mit braunen Seiten, teils mürbe-sandig verwitternd; dünne Muschelquerschnitte h, Trochiten h—hh
- 0,30 m Kalksteinbank, grau-buntgrau, kristallin-oolithisch, splittrig
- 3,30 m Kalksteinbank, grau-gelbgrau, kristallin-oolithisch, klotzig, teils rostbraun und fladig-mürbe-blättrig anwitternd; dünne Schalenquerschnitte h, Trochiten  $\pm$  h, *Lima striata* (1 $\times$ )
- 0,50 m Kalksteinbank, grau-buntgrau, kristallin

#### Zwischenschichten = Horizont Fladiger Mergelkalksteine

- 1,30 m Kalkstein, grau bis bräunlich, teils fest, kristallin-oolithisch, teils als Mergelsteinbänkechen, gelblich, mürbe, zerfressen, die unteren 30 cm völlig fladig aufgelöst; Trochiten besonders oben
- 1,50 m Mergelkalksteinbank, hellgelbgrau bis rostbraun, kompakt, zerklüftet, uneben-fladig-plattig anwitternd; Trochiten nh
- 0,05–0,08 m Kalksteinbänkechen, grau, dicht-kristallin
- ca. 1,00 m Mergelstein, grau-graugelb, besonders in der Mitte intensiv gelb verwitternd, übergehend in

#### Haupt-Trochitenkalk

- 0,40 m Mergelkalksteinbank, grau bis gelbgrau, fest, schiefrig-bröcklig anwitternd
- bis 2,60 m Kalksteinbank, grau-graubunt, rostbraun anwitternd, klotzig in 3–4 Bänken, mitunter mergelig anwitternd und scherbig Ablösung

Der obere Trochitenkalk besitzt am Hübel eine Mächtigkeit  
der Horizont der Fladigen Mergelkalksteine eine solche

von ca. 6,6 m  
von ca. 3,9 m  
ca. 10,5 m

Aber auch die Bänke des Oberen Trochitenkalks zeigen öfter die Merkmale der Fladigen Mergelkalksteine; umgekehrt kann auch in letzteren reine Trochitenkalkfazies eingeschaltet sein. Selbst der oberste Haupt-Trochitenkalk (mo 1) kann am Hü-

bel schon Merkmale der Fladige Mergelkalksteinfazies aufweisen. Die verschiedenen Faziesbildungen verschwimmen und erschweren die reinliche Abtrennung untereinander.

Die Ausbildung des unteren Meters der Zwischenschichten am Hübel, graue, meist fahlgelbe bis intensiv gelbe, fossilarme Mergelsteine, entspricht der der tiefsten Zwischenschichten am Scheid. Am gegenüberliegenden Elsberg sind noch bis 70 cm dieser gelblichen Mergel sichtbar; darüber liegen 9,5 m Ceratiten-Schichten in Trochitenkalk-Fazies.

Von beiden Vorkommen ist noch zu erwähnen, daß dünne Schalenquerschnitte besonders im oberen Teil des Oberen Trochitenkalks sichtbar sind. Wie in anderen Aufschlüssen des Volkmarser Grabens glückte das Herauspräparieren nicht.

### 5.8. Elsberg

(Abb. 6, 7)

In dem Aufschluß am Elsberg (Bl. 4621 Wolfhagen, aufgenommen August 1954), verschwimmen die faziellen Unterschiede zwischen Oberem Trochitenkalk und Fladigen Mergelkalksteinen noch mehr als in den bisher erwähnten Profilen des Volkmarser Grabens. Man könnte die ganze Folge über dem Haupt-Trochitenkalk (mo1) als Oberen Trochitenkalk (mo2) bezeichnen. Die Abgrenzung zwischen beiden Trochitenkalken wird aber durch die gelblichen Mergel recht deutlich.

Hangendes: Dicke Kalkplatten der Tonplatten-Fazies

Tonplatten-Fazies

- 0,20 m Kalksteinbank, grau-graubunt, kristallin, fest
- 0,05 m Kalksteinplatte
- 0,18—0,20 m Kalksteinbank, grau-graubunt, kristallin
- 0,45 m Kalksteinplatten und Mergelstein, grau
- 0,18—0,20 m Kalksteinbank, grau-graubunt, sehr fest
- 1,00 m Kalksteinplatten, blaugrau — und Mergelkalkstein, braungrau, dünn-schichtig
- 0,30—0,40 m Kalksteinbank mit plattiger Auflösung, blaugrau, dicht-feinkristallin

Oberer Trochitenkalk + Zwischenschichten (mo2)

- 2,00 m Kalksteinbänke, grau-hellgrau, kristallin-feinoolithisch, bräunlich-feinschaumig anwitternd, dickbankig; teils zahlreiche dünne Schalenquerschnitte, Trochiten  $\pm$  h
- 0,45 m Kalksteinbank, grau, kristallin-oolithisch, mit starker Neigung zu bräunlich-sandigem Zerfall
- 0,60 m Kalksteinbank, grau, kristallin-oolithisch, mit Neigung zu plattiger Auflösung, teils hellgrau-kristallin, teils intensiv ockergelb-schaumig zerfallend; *Coenothyris vulgaris* (1 $\times$ ), Trochiten  $\pm$  h
- 1,50 m Kalksteinbank, grau-hellgrau, klotzig, dickbankig auflockernd, gelbbraun und schaumig werdend; Trochiten  $\pm$  h
- 0,20—0,25 m Kalksteine, gelbbraun, mürbe-schaumig anwitternd, *Lima striata* (1 $\times$ )
- 1,00 m Kalksteinbank, graubraun, kompakt, oolithisch, schaumig-mürbe anwitternd; Trochiten  $\pm$  h
- 0,70 m Kalksteinbank, grau, kristallin, mürbe-mergelig-feinschaumig-gelblich anwitternd; Trochiten hh, Schalenquerschnitte, *Lima striata* (1 $\times$ )

.....

- 0,05—0,06 m Kalksteine, gelb, mergelig-mürbe verwitternd, dünn-schichtig; Trochiten h,  
— übergehend in  
0,50 m Kalksteinbank, grau bis bräunlich, kristallin, splittrig; Trochiten h, Schalenquerschnitte  $\pm$  h  
0,10 m Mergelstein, gelb, mürbe  
1,70 m Kalksteinbank in 3 und mehr Lagen, grau, kristallin, splittrig; Trochiten h  
0,65 m Kalksteinbank, grau, groboolithisch, fest, splittrig, dickplattig aufspaltend  
bis 0,70 m Mergelstein, gelb, mürbe, uneben-fladig-plattig

Von H. PENNDORF (1926: 307/308) werden aus dem südlichen Grabenstück zwischen Wolfhagen und Fritzlar Trochitenkalkbrocken als Lesesteine von Heimarshausen und Elben erwähnt. Leider finden sich hier keine Aufschlüsse im Bereich des Oberen Muschelkalks.

## 6. Fossilliste

(ohne Willebadessen)

- I Haupt-Trochitenkalk und Gelbe Basisschichten (mo1)  
II Oberer Trochitenkalk und Zwischenschichten (mo2)  
III Tonplatten-Fazies (= Jüngere Ceratiten-Schichten, mo2)

	I	II	III
<i>Serpula serpentina</i> SCHMID & SCHLEIDEN		×	
<i>Spirorbis valvata</i> (BERGER)		×	
<i>Rhizocorallium</i> sp.		×	×
<i>Encrinurus liliiiformis</i> LAMARCK — Trochiten	×	×	×
— Kronen		×	×
<i>Pleuraster chopi</i> ECK emend. SCHÖNDORF		×	
<i>Miocidaris</i> sp. (Stacheln)		×	
<i>Lingula tenuissima</i> BRONN		×	
<i>Orbiculoidea discoides</i> (v. SCHLOTHEIM)			×
<i>Coenothyris vulgaris</i> (v. SCHLOTHEIM)	×	×	×
<i>Coenothyris vulgaris</i> (kleine Form)		×	
<i>Gervilleia costata</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	×
<i>Hoernesia socialis</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	×
<i>Lima striata</i> (v. SCHLOTHEIM)	×	×	×
<i>Entolium discites</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	×
<i>Pleuronectites laevigatus</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	×
<i>Velata albertia</i> (GOLDFUSS)		×	
<i>Myoconcha mülleri</i> (GIEBEL)		×	
<i>Placunopsis ostracina</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	×
<i>Enantiostreon difforme</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	
<i>Enantiostreon spondyloides</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	
<i>Philippiella noeltingi</i> FRECH		×	×
<i>Myalina blezingeri</i> PHILIPPI		×	
<i>Mytilus eduliformis praecursor</i> FRECH		×	×
<i>Mytilus eduliformis</i> (v. SCHLOTHEIM)		×	
<i>Modiola inflexa</i> (F. ROEMER)		×	
<i>Nucula elliptica</i> GOLDFUSS			×
<i>Nucula goldfussi</i> v. ALBERTI			×
<i>Leda</i> sp.			×
<i>Anoplophora münsteri</i> WISSMANN		×	
<i>Myophoria laevigata</i> v. ALBERTI		×	
<i>Myophoria</i> cf. <i>cardissoides</i> v. ALBERTI		×	

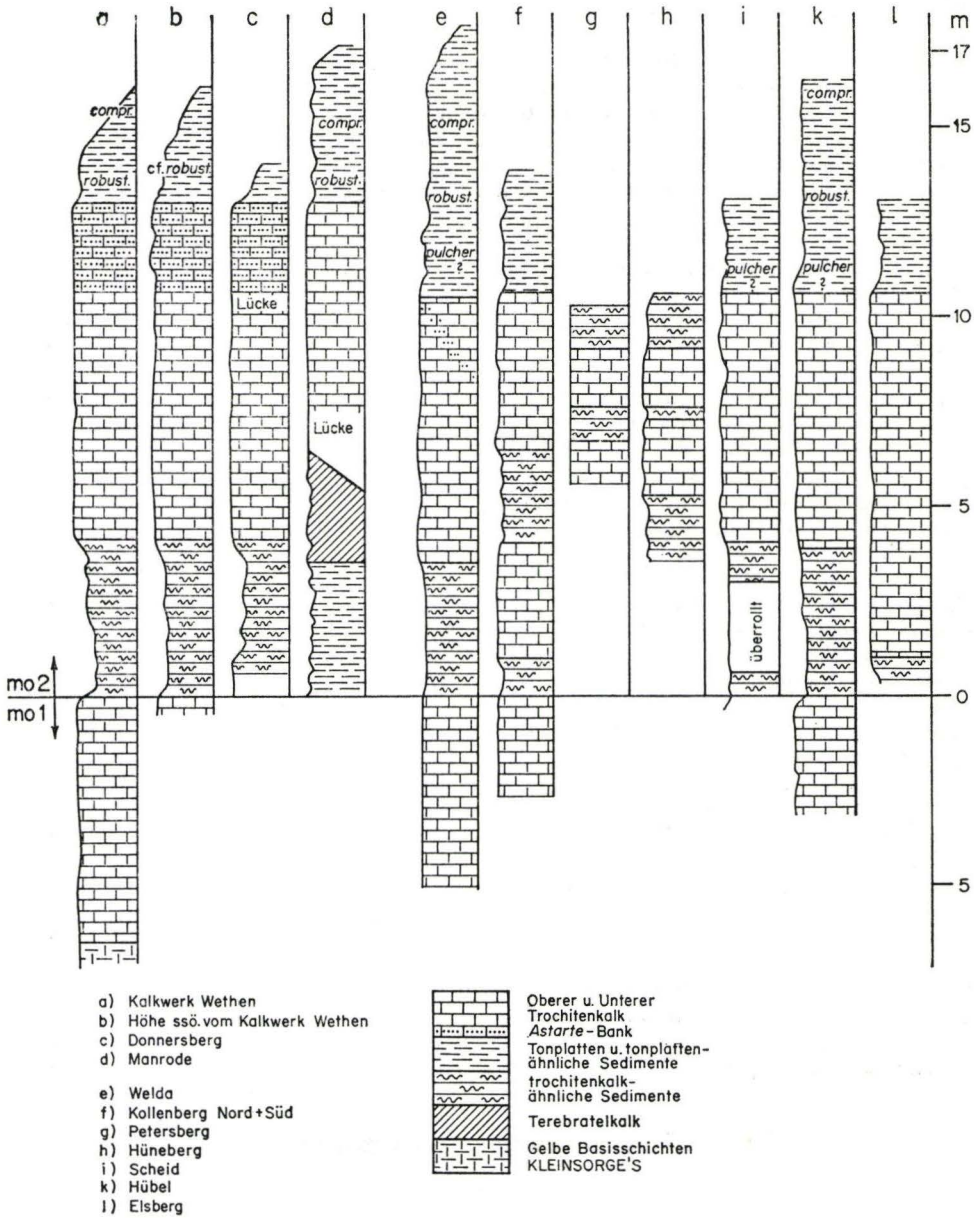


Abb. 7. Profile zwischen Wethen-Manrode und Welda-Wolfhagen.

	II	III
<i>Myophoria ovata</i> GOLDFUSS	×	
<i>Myophoria vulgaris</i> (v. SCHLOTHEIM)	×	×
<i>Myophoria simplex</i> (v. SCHLOTHEIM)		×
<i>Myophoria elegans</i> (DUNKER)	×	
<i>Myophoriopsis gregaria</i> (v. MÜNSTER)		×
<i>Pleuromya musculooides</i> (v. SCHLOTHEIM)		×
<i>Mactromya</i> (syn.: <i>Unicardium</i> ) <i>schmidi</i> (GEINITZ)		×
<i>Astarte triasina</i> F. ROEMER	×	
<i>Schafhäutlia hohensteini</i> ASSMANN	×	
<i>Schafhäutlia</i> ? sp. (= aff. <i>Sch. astartiformis laubei</i> BITTNER)	×	
<i>Antalis laevis</i> (v. SCHLOTHEIM)		×
<i>Worthenia</i> sp.	×	
<i>Neritaria</i> cf. <i>matercula</i> QUENSTEDT	×	
<i>Neritaria</i> sp.	×	
<i>Ampullina</i> ? sp.		×
<i>Omphaloptycha</i> ? sp.		×
<i>Trachynerita gaillardoti</i> LEFROY	×	
<i>Loxonema johannis böhmi</i> PHILIPPI		×
<i>Loxonema</i> sp. (schlanke Form)	×	×
<i>Loxonema</i> sp. (dicke Form)		×
<i>Chemnitzia hehli</i> v. ZIETEN		×
<i>Germanonautilus bidorsatus</i> (v. SCHLOTHEIM)		×
<i>Ceratites atavus sequens</i> RIEDEL	×	
<i>Ceratites</i> cf. <i>pulcher</i> RIEDEL	×	×
<i>Ceratites neolaevis</i> PENNDORF		×
<i>Ceratites robustus robustus</i> RIEDEL		×
<i>Ceratites robustus terminus</i> WENGER		×
<i>Ceratites philippii</i> RIEDEL s. str.		×
<i>Ceratites raricostatus</i> RIEDEL		×
<i>Ceratites distractus</i> WENGER		×
<i>Ceratites compressus compressus</i> PHILIPPI		×
<i>Ceratites compressus apertus</i> WENGER		×
<i>Ceratites</i> cf. <i>armatus</i> PHIL. s. str.		×
<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> PHILIPPI		×
<i>Ceratites spinosus capricornu</i> WENGER		×
<i>Ceratites spinosus</i> cf. <i>postspinosus</i> RIEDEL		×
<i>Nothosaurus</i> sp. (Wirbel)		×
<i>Gyrolepis</i> sp. (Schuppen)	×	×

## 7. Zusammenfassung und Ergebnisse

(Abb. 8, 9)

Die Ablagerungen des Oberen Muschelkalks im nordwestlichen Niederhessen werden nach älteren Profilaufnahmen aus den Jahren 1946/47 und 1953/56 in 4 Teilarbeiten (BUSSE 1972a, 1972b, 1973, 1974) behandelt. Im Untersuchungsgebiet liegen

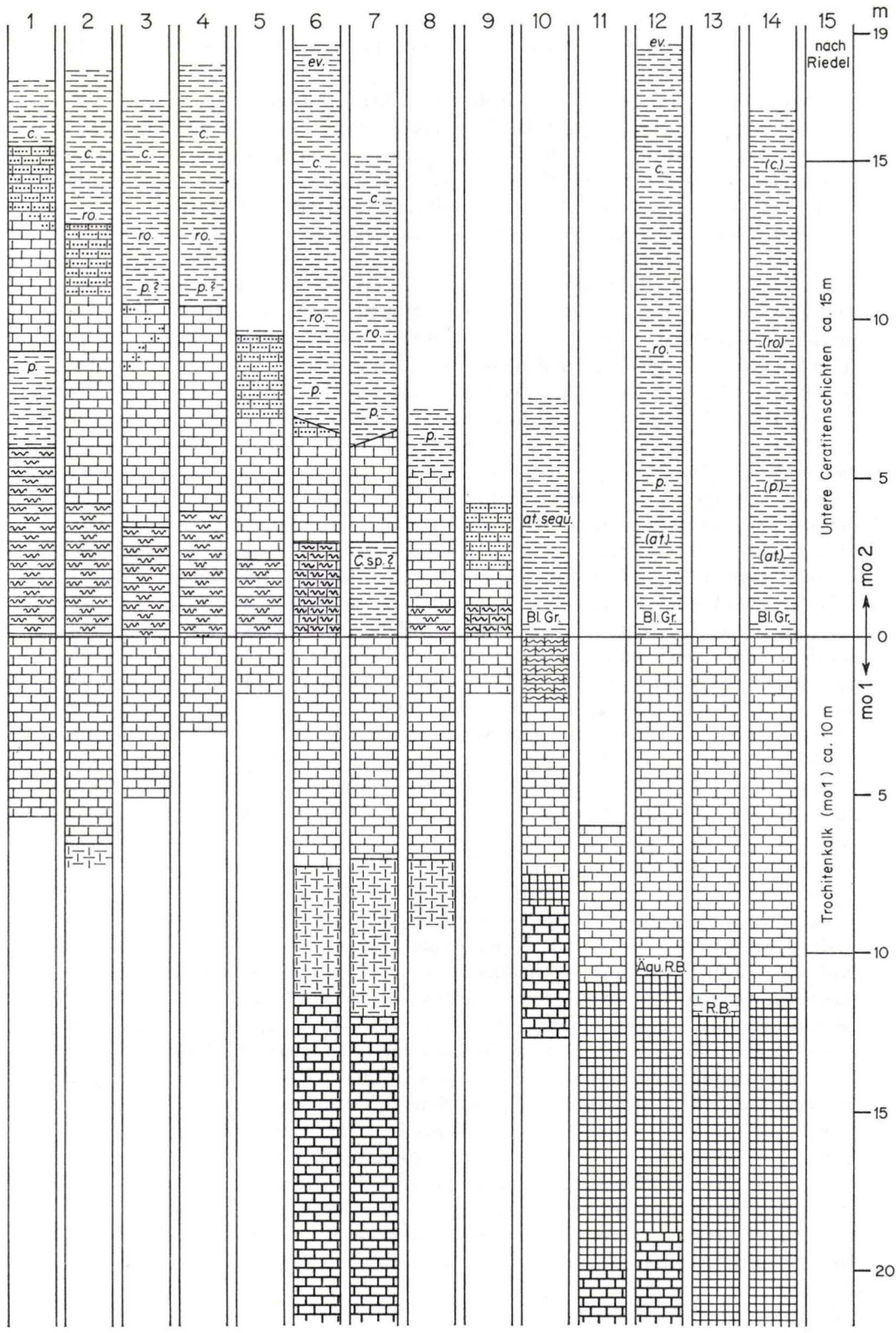
die nördlichsten Aufschlüsse bei Willebadessen (SE-Westfalen), das südlichste, als Anhang mitgeteilte Profil, steht bei Mühlhausen nahe Homberg a.d. Efze an. — Den Ausgangspunkt für die Ingression des Meeres im germanischen Oberen Muschelkalk finden wir an der Burgundischen Pforte. Die starke Salinität und Dolomitbildung des Mittleren Muschelkalks nimmt während des Oberen Muschelkalks im germanischen Raum  $\pm$  allmählich ab, der Kalkgehalt nimmt zu (BUSSE & RÖSING 1966: 72–74).

Der germanische Obere Muschelkalk (Hauptmuschelkalk) wurde in der älteren Literatur in eine untere Abteilung, den Trochitenkalk (mo1) und eine obere, die Tonplatten oder Nodosenschichten (mo2) gegliedert. Soweit der Trochitenkalk die Ceratiten-Schichten (Tonplatten) und deren Äquivalente unterlagert, wird er in dieser Arbeit nach GROETZNER (1962) als Haupt-Trochitenkalk (mo1) bezeichnet. Der innerhalb der Ceratiten-Schichten „wandernde“ Trochitenkalk wurde schon von KLEINSORGE (1935) als Oberer Trochitenkalk (im mo2) ausgeschieden. — Die Bezeichnung „Tonplatten“ wird noch jetzt aus petrographisch-faziellen Gründen angewandt. Dagegen konnte der Begriff „*Nodosus*-Schichten“ nach engerer Fassung der Art *Ceratites nodosus* durch RIEDEL (1916) und deren Vorkommen in nur einem kleinen Teil der Tonplatten-Fazies — der *nodosus*-Zone str. — nicht mehr aufrechterhalten werden. RIEDEL (1916) wählte daher den Begriff „Ceratiten-Schichten“.

Es war das Verdienst STOLLEYS (1934), daß die stratigraphische Unbeständigkeit der Trochitenkalk-Grenze und die Folgerichtigkeit der Ceratiten-Zonen erkannt wurden. Zunehmend wurde auch beachtet, daß die einzelnen Faziesausbildungen mehr oder weniger „wandern“, daß sie verschiedenen Zeitabschnitten angehören können. Dies haben u. a. KLEINSORGE (1935) für den mittel- und norddeutschen und VOLLRATH (1954) für den südwestdeutschen Raum überzeugend gezeigt. — Von besonderer Bedeutung für die Sedimentation waren die Gliederung des Meeresbodens in Becken- und Schwellen- bzw. Küstenregionen (vgl. H. SCHMIDT 1944, 1947), das langsame oder schnellere Sinken des Raumes oder Hebungen desselben — Oszillationen — und die Richtung der Transgression, Ingression und Regression.

Bei dem allmählichen Eindringen des Meeres während des Oberen Muschelkalks in den Raum des Mittleren Muschelkalks sind offenbar die tieferen Teile (Becken) frühzeitig und zuerst im SW bevorzugt worden. Von zwei Senkungszonen, deren Anlage in das Perm zurückreicht, eine E–W gerichtete „baltische“ und eine SSW–NNE verlaufende „rheinische“, besitzt besonders letztere Bedeutung für die Ingression des Meeres im Oberen Muschelkalk und für die historische Entwicklung dieser Schichten besonders im NE-hessischen Raum (Meißnergebiet). Eine rheinisch streichende Großzone von der „Nordschweiz über das Neckargebiet, den mittleren Main und Thüringen bis an die untere Elbe“ wurde von wirtschaftlicher Bedeutung durch die Ablagerung von Salz im Mittleren Muschelkalk (SCHACHL 1953). — Für das Untersuchungsgebiet im NW Niederhessens (Diemelgebiet) ist dagegen eine dritte, „eggische“, SSE–NNW gerichtete, Schwächezone der Erdrinde von Wichtigkeit. — Entsprechend der zeitlich unterschiedlichen, allmählichen Ingression ist es nicht verwunderlich, daß etwa die Fazies des Mittleren Muschelkalks in Schwellenregionen gleichaltrig mit der Fazies des Trochitenkalks in tieferen Teilen des Beckens nebeneinander vorkommen. — Die beiden für Niederhessen wichtigen, „rheinischen“ und „eggischen“, spitzwinklig





zueinander verlaufenden Senkungs-zonen müßten theoretisch etwa südlich Spangenberg zusammentreffen, d. h. die „eggische“ Richtung könnte an diesem Punkt von der „rheinischen“ abzweigen (Abb. 9).

Verf. nimmt an, daß mindestens von Niederhessen bis SE-Westfalen der stratigraphische Abschnitt „Haupt-Trochitenkalk“ (mo1)  $\pm$  zeitgleich endete. Von diesem Zeitpunkt an wurden andersartige, trochitenkalk- oder tonplattenähnliche Sedimente des mo2 abgelagert. Die tonplattenähnliche Fazies zeigt im Untersuchungsgebiet die tiefere („eggische“) Strömungsrichtung an; ihre Verbreitung wird besonders in dem Raum Liebenau-Lamerden-Körbecke nachgewiesen, im NE, bei Manrode erreicht die vertikale Ausdehnung der tonplattenähnlichen Sedimente (zwischen den bei den Trochitenkalken) etwa 8 m gegenüber ca. 3 m in den eben genannten Gebieten. In jedem Fall liegt darüber der Obere Trochitenkalk.

Die Annahme einer weitreichend gleichzeitigen Beendigung der Haupt-Trochitenkalkzeit (mo1) wird glaubhaft unterstrichen durch die Auflagerung von – von WSW nach ENE gleichaltrigen – Ceratiten-Zonen quer zur „eggischen“ Strömungsrichtung (= von SSE nach NNW) in Verbindung mit der Mächtigkeit von Zwischenschichten + Oberem Trochitenkalk (Abb. 9).

Weiter südlich dieser gedachten Verbindungslinien lassen sich wegen der Seltenheit von bestimmaren Ceratiten in der *atavus-pulcher*-Zone entsprechende Linien kaum ziehen. Bei Altenhasungen/Wenigenhasungen sinkt der Komplex der „*Encrinus*-Schichten“, soweit diese über dem Haupt-Trochitenkalk (mo1) liegen, in seiner Mächtigkeit auf etwa 4,2 m ab. Theoretisch liegt die Grenze zur Tonplatten-Fazies hier etwas über der *atavus*- in der unteren *pulcher*-Teilzone.

Nach SSE liegen auf etwa 33 km Entfernung keine Vorkommen im Oberen Muschelkalk; erst am Wiggenberg bei Mühlhausen (Bl. Homberg, Bez. Kassel) liegt wieder ein entsprechender Aufschluß. Hier sind die Ceratiten-Schichten wie am Meißner vollständig in der Tonplatten-Fazies entwickelt. Oberer Trochitenkalk und entsprechende Zwischenschichten fehlen. Der gesamte Haupt-Trochitenkalk + Gelbe Basis-schichten (mo1) sind auf etwa 8 m (gegenüber ca. 20 m im Meißnergebiet!) reduziert. Bemerkenswert ist hier, daß der Haupt-Trochitenkalk (mo1) im oberen Teil der Fazies der Fladigen Mergelkalksteine, auch in der Fossilführung, ähnlich wird. Diese Fazies liegt aber im Diemelgebiet und im südöstlichen Westfalen stratigraphisch

Abb. 8. Vergleich von Muschelkalkprofilen aus Hessen und Westfalen.



höher und vertritt mit dem Oberen Trochitenkalk bereits die untersten Ceratiten-Schichten. Verf. nimmt an, daß zwischen dem Wiggenberg und dem Gebiet um Alten-, Wenigen- und Burghasungen der Punkt liegt, an dem sich der Obere Trochitenkalk mit zunehmenden Zwischenschichten von dem Haupt-Trochitenkalk trennt.

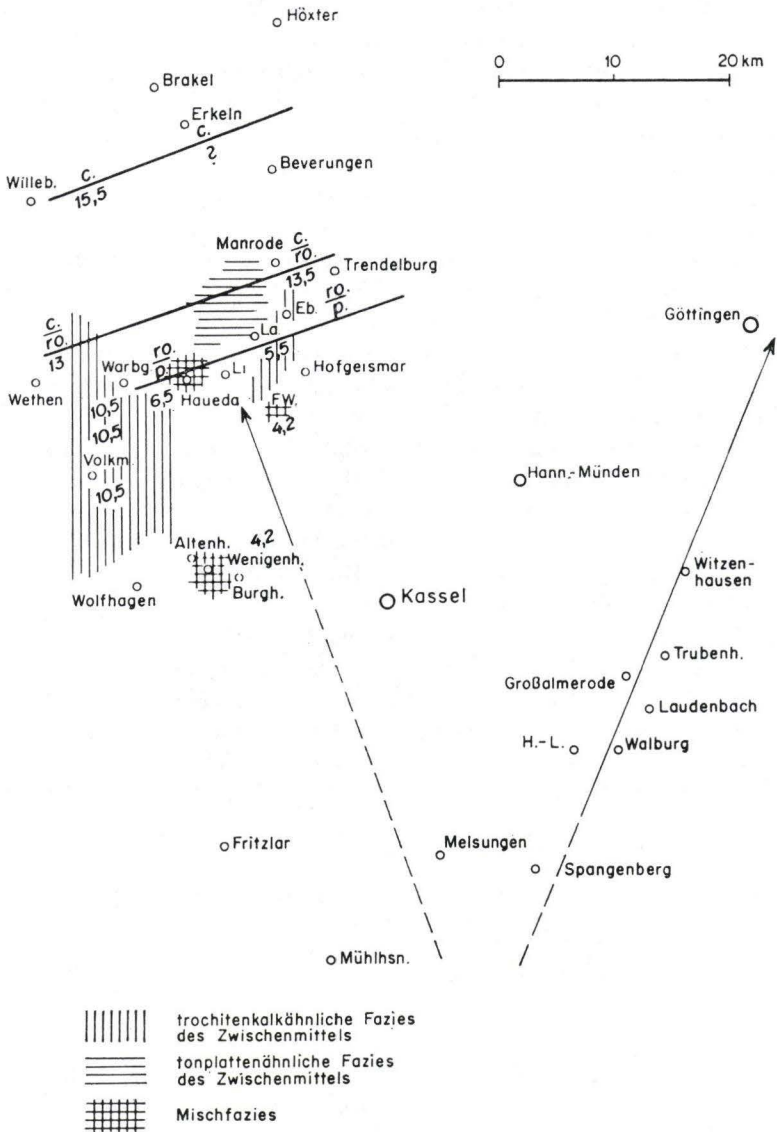


Abb. 9. Strömungsrichtung und Fazieswanderung im Oberen Muschelkalk (mo2) Niederhessens.

Zu den verschiedenen Fazies sei kurz angemerkt: Oberer Trochitenkalk (im mo2) und Haupt-Trochitenkalk (mo1) zeigen in der faziellen Ausbildung keine prinzipiellen Unterschiede. Doch weist der Obere Trochitenkalk meist eine geringere Festigkeit auf als der Haupt-Trochitenkalk und ist in Bezug auf die Verwendbarkeit dementsprechend weniger beliebt. Im oberen Teil des Oberen Trochitenkalks tritt bei Willebadessen/Altenheerse die *Astarte*-Bank F. ROEMERS (1851), in bestimmten Teilen des Diemelgebietes und isoliert an der Frenschener Warte nahe Hofgeismar die Myophorien- und *Astarte*-Bank BLANCKENHORNS (1887) auf, wobei bei ersterer das Genus *Astarte*, bei letzterer die Spezies *Myophoria ovata* dominiert. Beim Oberen Trochitenkalk fällt die meist starke oolithische Ausbildung gegenüber dem Haupt-Trochitenkalk auf.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Zwischenschichten, die a) in trochitenkalkähnlicher, b) in tonplattenähnlicher und c) in Misch-Fazies auftreten können.

Gesteine in trochitenkalkähnlicher Fazies (a) setzen sich aus meist dünneren Trochitenbänkchen, ± umfangreichen „Fladigen Mergelkalksteinen“ (besonders bei Willebadessen fossilreich) und grauen bis gelben Mergelsteinen (fossilarm bis fossil-leer) zusammen. Charakteristisch sind Fossilquerschnitte mit dicker Prismenschicht (*Myalina*). Trochiten treten mit wechselnder Häufigkeit auf, so daß für den ganzen Komplex von der Unterkante des Haupt-Trochitenkalks bis zur Oberkante des Oberen Trochitenkalks mit KUMM (1941) der Begriff „*Encrinus*-Schichten“ angewandt werden kann (vgl. GROETZNER 1962: 8). Die trochitenführende Fazies zeigt Flachwasser in Küstennähe (im E-Abfall der Rheinischen Masse!) oder in Schwellengebieten an.

In Sedimenten in tonplattenähnlicher Fazies (b) wurden bisher vom Verf. noch keine Trochiten gefunden. Der Begriff „*Encrinus*-Schichten“ ist hier unterbrochen. Die Fazies der „Fladigen Mergelkalksteine“ fehlt ebenso wie graue und gelbe Mergelsteine. Der ganze stratigraphische Abschnitt besteht aus dünnplattigen bis dünnbankigen, meist dunkelgrauen Kalksteinen, die den Tonplatten nahestehen.

Pfeile: links: vermutete „eggische“ Strömungsrichtung,

rechts: vermutete „rheinische“ Strömungsrichtung.

Querstriche: Stratigraphisch zeitgleiche Ceratitizonen:

c. = *compressus*-Zone,

c./ro. = unten ca. 2 m *robustus*-Zone, darüber *compressus*-Zone,

ro./p. = unten ca. 2 m *pulcher*-Zone, darüber *robustus*-Zone.

Zahlen: Mächtigkeit von Zwischenschichten + Oberem Trochitenkalk im mo2.

Abkürzungen:

Altenh. = Altenhasungen

Burgh. = Burghasungen

Eb. = Eberschütz

FW. = Frenschener Warte

H.L. = Hessisch-Lichtenau

La. = Lamerden

Li = Liebenau

Mühlh. = Mühlhausen b. Homburg/Efze

Trubenh. = Trubenhäuser

Volk. = Volkmarren

Warbg. = Warburg

Wenigenh. = Wenigenhasungen

Willeb. = Willebadessen

Fossilien sind selten (*Coenothyris vulgaris*, *Pleuromya musculoides*, *Nucula*). Bei Körbecke wurde *Ceratites atavus sequens* festgestellt. In der Umgebung von Willebadessen/Altenheerse bestehen die Zwischenschichten (Ältere Ceratiten-Schichten) mit 9 m Mächtigkeit im tieferen Teil (6 m) aus trochitenkalkähnlichen Sedimenten (bezeichnend: Fladige Mergelkalksteine mit teilweise reicher Fauna), im oberen Teil (3 m) aus Tonplatten der *pulcher*-Teilzone (Ceratiten sind hier selten). Die tonplattenähnliche Fazies deutet auf tieferes Wasser hin.

Die Misch-Fazies (c), als Übergang von (a) zu (b), wurde im W des Untersuchungsgebietes bei Haueda, im E untergeordnet im Bereich Eberschütz-Arensberg festgestellt. Bei Haueda kommen im tieferen Teil noch Fladige Mergelkalksteine mit Trochiten vor, während nach oben trochitenfreie Kalksteinbänke, z. T. mit Muschel-fauna, folgen. Nur E Manrode wurden dicke Terebratel-Bänke innerhalb tonplattenähnlicher Fazies festgestellt, die außer massenhaft auftretenden *Coenothyris vulgaris* keine Fossilien lieferten.

Wie zu erwarten, finden wir die vom Haupt- bis zum Oberen Trochitenkalk einschließlich der Zwischenschichten durchgehenden „*Encrinus*-Schichten“ besonders im W, nahe dem E-Rand des Rheinischen Schiefergebirges. Im Volkmarser Graben, von Welda im N bis zum Hübel und Elsberg bei Ehringen im S, auf eine Erstreckung von über 5 km, ist die Mächtigkeit von Zwischenschichten + Oberem Trochitenkalk mit etwa 10,5 m sehr konstant. Durch Einlagerung dicker Trochitenbänke in den Zwischenschichten wird die Trennung von Haupt- und Oberem Trochitenkalk erschwert und z. T. verwischt. Einige km nach E, an der Hünenburg bei Calenberg, hat sich die Mächtigkeit der beiden Schichtglieder (Zwischenschichten + Oberer Trochitenkalk) über dem mo1 bereits auf 9,5 m verringert. In ENE-Richtung sinkt die vertikale Höhe von etwa 6,5 m bei Haueda auf etwa 5,5 m bei Lamerden ab. Dagegen steigt die Mächtigkeit des gleichen Komplexes (im mo2) über dem Haupt-Trochitenkalk (mo1) im NNW (Kalkwerk Wethen) auf 13 m, am Gegenpol im ENE (Manrode) auf etwa 13,5 m an.

Bei beiden Vorkommen (mit 13 bzw. 13,5 m) liegen über dem Oberen Trochitenkalk noch 2–3 m der oberen *robustus*-Zone in Tonplattenfazies, überlagert von der *compressus*-Zone. Bei Willebadessen/Altenheerse (15,5 m) vertritt der Obere Trochitenkalk die gesamte *robustus*-Zone; er wird unmittelbar von Tonplatten mit *Ceratites compressus* überdeckt. Weiter nach NNW, in Richtung von KLEINSORGE Osnabrücker Straße, steigt der Obere Trochitenkalk in noch höhere Ceratiten-Zonen; nach KLEINSORGE (1935: 64, 65) ist „Bei Osnabrück der obere Trochitenkalk in die Zone des *Ceratites evolutus tenuis* einzugliedern. . .“ Der Obere Trochitenkalk reicht hier bis an die Basis der *spinusus*-Zone heran. Die „Jüngeren Ceratiten-Schichten“ KLEINSORGE sind hier überwiegend auf die *spinusus*-Zone eingengt: „Die Obergrenze ist im ganzen Gebiet mit Ausnahme der Gegend von Leopoldstal-Steinheim mit der *spinusus*zone zu ziehen; jüngere Ceratitenzonen sind nicht ausgebildet“ (KLEINSORGE 1935: 66). Darüber folgen bereits Sedimente des Unteren Keupers.

Auch im Untersuchungsgebiet endet die Tonplattenfazies und die entsprechende Verbreitung der Ceratiten vorzeitig mit der *spinusus*-Zone. Bei Willebadessen/Altenheerse fanden 1972/73 BAUMGARTE, Kassel, und Verf. spinose Ceratiten als bisher jüngste Vertreter der Gattung. Bei Warburg, Haueda und auf Bl. Wolfhagen endet

die Ceratiten-Entwicklung ebenfalls mit der *spinusosus*-Zone. Im Autobahnaufschluß bei Burghasungen wurde (1969) sogar *Ceratites spinosus praespinosus* als jüngster Ceratit vom Verf. anstehend gefunden (BUSSE, RAMBOW & RÖSING 1970). Die *spinusosus*-Zone wird konkordant von Keupersedimenten überdeckt.

Die unterschiedliche Entwicklung des Oberen Muschelkalks im NW Niederhessens (Diemelgebiet) und in SE-Westfalen gegenüber der Ausbildung im NE Niederhessens (Meißner) ist eindeutig: Im NW, beeinflußt durch den E-Abfall der Rheinischen Masse, beginnt der Obere Muschelkalk (Haupt-Muschelkalk) mit den Gelben Basis-Schichten i.S. KLEINSORGES (4–5 m), einem Wechsel von gelben bis fahlgrauen dolomitischen Mergelsteinen mit dickeren Trochitenbänken, die schon meist kleine Trochiten, selten Reste von kleinen taxodonten Lamellibranchiaten enthalten. Auch der überlagernde Haupt-Trochitenkalk (mo 1) i.e.S. (ca. 7 m) mit klotzigen Kalksteinbänken enthält noch untergeordnet gelben Mergelstein. Über der Oberkante des mo 1 beginnt der wechselvolle Ablauf der Zwischenschichten (Ältere Ceratiten-Schichten KLEINSORGES), teils in trochitenkalk-, teils in tonplattenähnlicher oder in Misch-Fazies, nach NNW an Mächtigkeit zunehmend. Darüber liegt der Obere Trochitenkalk. Die Folge der Ceratitenzonen reicht bis zur *spinusosus*-Zone, die dann von Keupersedimenten überlagert wird (Abb. 8).

Im NE Niederhessens (Meißnergebiet) sind die Gelben Basis-Schichten (ca. 8 m), untergliedert in Myophorien- und Undularien-Schichten, kaum gelb und kaum dolomitisch ausgebildet, z. T. aber sehr fossilreich (Gastropoden und Lamellibranchiaten). Der überlagernde klotzige Haupt-Trochitenkalk (mo 1) i.e.S. (ca. 12 m) schließt nach oben mit einem Muschelbänken (0,3 m) deutlich gegen die Tonplattenfazies ab. Dann beginnt die ununterbrochene Zonenfolge der Ceratiten-Schichten (Tonplattenfazies) von der (ältesten) *atavus-pulcher*-Zone bis zum (jüngsten) Horizont der Discoceratiten, zuoberst mit *Ceratites semipartitus* MONTFORT, *C. meissnerianus* PENNDORF und Ostracoden-Tonen (Abb. 8).

Es dürfte wohl kein Zweifel bestehen, daß das Meißnergebiet („Meißner-Rinne“) schon zu Beginn des Oberen Muschelkalks von SSW nach NNE (rheinische Richtung) von frischem und nicht mehr übersalzenen Meerwasser durchspült wurde, so daß auch eine frühzeitige Besiedlung der „Gelben Basis-Schichten“ mit im Anfang noch meist kleinwüchsigen Gastropoden und Lamellibranchiaten möglich wurde. Dagegen dürfte in NW-Niederhessen die Faziesänderung und die Besiedlung etwas später erfolgt sein. Auch die Regression des Muschelkalkmeeres ist im Untersuchungsgebiet von der Diemel bis Willebadessen und darüber hinaus bis in die Umgegend von Osnabrück bereits mit dem Ablauf der Mittleren Ceratiten-Schichten (= *spinusosus*-Zone) beendet, während in der „Meißner-Rinne“ noch die Oberen Ceratiten-Schichten, der Horizont der Discoceratiten, in ihrer gesamten Mächtigkeit abgelagert worden sind!

## 8. Schriftenverzeichnis

- ALTHOFF, W. (1922): Ein Beitrag zur Kenntnis des Oberen Muschelkalkes bei Bielefeld. — 4. Ber. naturw. Ver. Bielefeld: 1–11.
- BAUMGARTE, D. (1973): Die Gattung *Astarte* SOWERBY im Oberen Muschelkalk am Südostrand des Eggegebirges. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 101: 166–175; Wiesbaden.

- BLANCKENHORN, M. (1885): Die Trias am Nordrande der Eifel. — Abh. geol. Spez.-Kte. Preußen, **6**, 2: 42—48, 128—130; Berlin.
- (1887): Über die Verbreitung einer oolithischen Bank des Trochitenkalkes mit *Myophoria ovata* und mehrerer *Astarte*-Arten in der Trias des westlichen Deutschlands. — Verh. naturhist. Ver. Rheinl. u. Westf., Sber., **44**: 11—15; Bonn.
- BRINKMANN, R. (1966): Abriß der Geologie — begründet durch E. KAYSER. — **2**, Historische Geologie; Stuttgart.
- BUSSE, E. (1952): Feinstratigraphie und Fossilführung des Trochitenkalkes im Meißnergebiet, Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**, 118—137; Wiesbaden.
- (1954): Profil der Unteren und Mittleren Ceratitenschichten vom Eisenberg bei Hessisch-Lichtenau und Walburg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**: 152—167; Wiesbaden.
- (1956): Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk des westlichen Kasseler Grabens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**: 170—175; Wiesbaden.
- (1959): Stratigraphische Beziehungen des Oberen Muschelkalkes im Diemelgebiet und am Meißner in Niederhessen. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, T. 1: 245—246; Hannover.
- (1964): Die Gastropoden-Gattungen *Undularia* KOKEN und *Pustularia* KOKEN im obersten Mittleren Muschelkalk des westlichen Meißner-Vorlandes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**: 29—51; Wiesbaden.
- (1970): Ceratiten und Ceratiten-Stratigraphie. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 112—145; Wiesbaden.
- (1972a): Fazies und Fauna des Oberen Muschelkalkes von Willebadessen. — Philippia, **1/3**: 110—126; Kassel.
- (1972b): Zur Stratigraphie des Oberen Muschelkalks im Diemeltal bei Warburg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **100**: 135—152; Wiesbaden.
- (1973): Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk bei Eberschütz und Manrode (Diemelgebiet, Bl. 4422 Trendelburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**: 176—187; Wiesbaden.
- 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 Jurarelikte. — Abh. Ver. Naturk. Cassel **53**: 51—146; Cassel.
- GROETZNER, J.-P. (1962): Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen des Oberen Muschelkalks im südöstlichen Niedersachsen zwischen Weser und Oker. — Mitt. Inst. Geol. Paläontol. TH Braunschweig: 1—124; Braunschweig.
- HECKMANN, F. (1916): Beitrag zur Kenntnis des hessischen Muschelkalkes mit besonderer Berücksichtigung Oberhessens. — Abh. Ver. Naturk. Cassel, **54**: 1—63; Cassel.
- HIEKE, W. (1967): Feinstratigraphie und Paläogeographie des Trochitenkalkes zwischen Leinetal-Graben und Rhön. — Geologica et Paläontologica, **1**: 57—86; Marburg.
- KLEINSORGE, H. (1935): Paläogeographische Untersuchungen über den oberen Muschelkalk in Nord- und Mitteldeutschland. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **15**: 57—106; Hamburg.
- KRAISS, A. (1911): Der Warburger Sattel, seine Baustörungen und die vulkanischen Durchbrüche. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1910, **31**, T. 2: 377—419; Berlin.
- KUMM, A. (1941): Das Mesozoikum in Niedersachsen. 1. Abt. Trias und Lias. — Oldenburg i. O.
- LINCK, O. (1954): Die Muschelkalk-Seelilie *Encrinus liliiiformis* — Ergebnisse einer Grabung. — Aus d. Heimat, **62**: 225—235; Öhringen.
- v. LINSTOW, O. (1928): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Bl. Trendelburg, Nr. 2517, **278**: 1—36; Berlin.
- & BREDDIN, H. (1928): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Bl. Hofgeismar, Nr. 2590, **278**: 1—38; Berlin.

- MARTINI, H. J. (1937): Großschollen und Gräben zwischen Habichtswald und Rheinischem Schiefergebirge. — Geotekt. Forsch., **1**: 70—123; Berlin.
- MEIBURG, P. (1969): Die Warburger Störungszone — Ein Beitrag zur Geologie des Warme-Diemel-Gebietes (Nordhessen/Ost-Westfalen). — Diss.: 1—394; Münster.
- MÜLLER, A. H. (1950): Stratonomische Untersuchungen im oberen Muschelkalk des Thüringer Beckens. — *Geologica* **4**; 1—74; Berlin.
- (1955): Beiträge zur Stratonomie und Ökologie des germanischen Muschelkalkes. — *Geologie* **4**: 288—290; Berlin.
- PENNDORF, H. (1926): Geologische Wanderungen im Niederhessischen Bergland. — Melsungen.
- RIEDEL, A. (1918): Beiträge zur Paläontologie und Stratigraphie der Ceratiten des deutschen Oberen Muschelkalks. — *Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst. f. 1916*, **37**, I: 1—116; Berlin.
- ROEMER, F. (1851): Über einige neue Versteinerungen aus dem Muschelkalke von Willebadessen. — *Paläontogr.*, **1**: 311—315; Cassel.
- RÖSING, F. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen: 1—246; Wiesbaden.
- SCHACHL, E. (1955): Schichtfolge, Gesteinsausbildung und Genesis des Muschelkalksalzes in Südwestdeutschland. — *Z. deutsch. geol. Ges. f. 1953*, **105**: 703—705; Hannover.
- SCHMIDT, H. (1935): Die bionomische Einteilung der fossilen Meeresböden. — *Fortschr. Geol. Paläont.*, **12**, 38.
- (1944): Oekologie und Erdgeschichte. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **96**: 113—123; Berlin.
- (1947): *Geologie, T. I, Geologische Vorgänge der Gegenwart.* — Bücher Math. Naturw.; Wolfenbüttel-Hannover.
- STOLLEY, E. (1934): Der stratigraphische Wert des Trochitenkalkes für die Gliederung des deutschen oberen Muschelkalkes. *N. Jb. Min., Bl.*, **72**: 351—366; Stuttgart.
- TATGE, U. (1956): Conodonten aus dem germanischen Muschelkalk. — *Paläont. Z.*, **30**, 3/4: 129—147; Stuttgart.
- VOLLRATH, A. (1954): Das Wandern der oolithischen Fazies im Hauptmuschelkalk von Württemberg. — *N. Jb. Geol. Pal., Mh.*, **9**: 412—417; Stuttgart.
- WAGNER, R. (1897): Beitrag zur genaueren Kenntnis des Muschelkalks bei Jena. — *Abh. kgl. preuß. geol. L.-A., N.F.*, **27**: 1—105; Berlin.

Manuskript eingegangen am 14. 8. 1973



# Vogelreste aus dem Miozän von Ravalzhausen (Kr. Hanau, Hessen)

Von

ERLEND MARTINI, Frankfurt a. M.\*

Mit den Tafeln 8-9

**Kurzfassung:** Aus dem Miozän von Ravalzhausen werden Knochenreste von Vertretern aus 5 Vogelfamilien (Phalacrocoracidae, Phoenicopteridae, Anatidae, Scolopacidae und Accipitridae) beschrieben. Die Funde werden mit denen des Mainzer Beckens verglichen, und es werden Hinweise auf den Biotop im Bereich von Ravalzhausen zur Zeit der Ablagerung der Hydrobien-Schichten gegeben.

**Abstract:** Bone-fragments of representatives of 5 bird-families (Phalacrocoracidae, Phoenicopteridae, Anatidae, Scolopacidae and Accipitridae) are described from the Miocene of Ravalzhausen. The species found are compared with those from the Mainz basin, and the biotope in the Ravalzhausen area at the time of deposition of the „Hydrobien-Schichten“ is discussed.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	136
2. Beschreibung der Vogelreste . . . . .	137
<i>Oligocorax littoralis</i> . . . . .	138
<i>Palaelodus ambiguus</i> . . . . .	138
<i>Palaelodus crassipes</i> . . . . .	139
<i>Phoenicopterus croizeti</i> . . . . .	139
<i>Anas blanchardi</i> . . . . .	140
<i>Tringa</i> sp. . . . .	140
<i>Aquilavus</i> cf. <i>A. priscus</i> . . . . .	140
3. Biotop . . . . .	141
4. Schriftenverzeichnis . . . . .	142

## 1. Einleitung

Die tertiären Ziegeleitone von Ravalzhausen im Kreis Hanau sind seit langem bekannt und wurden zunächst sehr unterschiedlich innerhalb des Jungtertiärs eingestuft (STEGEMANN 1964: 253). Erst durch die Bearbeitung der Fischreste (WEILER 1959 und 1960), der Säugetierreste (TOBIEN 1960) und der Mollusken (HÄUSER 1960) konnte das Alter des Tertiärvorkommens auf „Aquitän“ eingengt werden. BOENIGK (1967) kommt aufgrund von Ostracoden- und Foraminiferen-Funden zu einer glei-

\*) Prof. Dr. E. MARTINI, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6 Frankfurt a. M., Senckenberg-Anlage 32-34.

chen stratigraphischen Einstufung und hält das Vorkommen für ein Äquivalent der Hydrobien-Schichten, da die angeblichen Funde von *Hydrobia inflata* (HÄUSER 1960) nicht bestätigt werden konnten. Er teilt ferner ein genaues Profil des Unter-Miozäns von Ravolzhausen mit. Dieses besteht aus einer etwa 9 m mächtigen Folge von Feinsanden und Tonen, in die wiederum Sandlinsen eingelagert sind. Die Tone lieferten im wesentlichen Mikrofauna und Fischreste, während andere Wirbeltierreste, darunter Schildkröten- und die nachstehend beschriebenen Vogelreste, fast ausschließlich in den Sandlinsen und Sandlagen vorkommen (TOBIEN 1960).

Die Mehrzahl der Vogelreste wurde von Herrn Dr. T. SCHELLMANN (Hanau) aus den sandigen Lagen geborgen und freundlicherweise für die Untersuchung zur Verfügung gestellt (Sammlung SCHELLMANN, A1 und A3 – A9). Zwei weitere Knochenreste konnten in der Sammlung des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt auffindig gemacht werden (Ra 66 und Ra 67).

Herrn Dr. R. HEIL (Hessisches Landesmuseum, Darmstadt) und Herrn Dr. T. SCHELLMANN (Hanau) bin ich für die Erlaubnis, das vorliegende Material bearbeiten zu dürfen, sehr zu Dank verpflichtet. Herrn Dr. S. RIETSCHEL und Herrn Dr. J. STEINBACHER (Natur-Museum und Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt a. M.) danke ich für die Möglichkeit, fossiles und rezentes Vergleichsmaterial einsehen zu dürfen. Herrn Prof. Dr. J. BOESSNECK (Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Univ. München) danke ich für freundliche Hinweise. Herrn H. FUNK (Geologisch-Paläontologisches Institut der Univ. Frankfurt) bin ich für die Herstellung der Photographien zu Dank verpflichtet.

## 2. Beschreibung der Vogelreste

Bei den vorliegenden Vogelresten handelt es sich um isolierte Knochen und Knochenbruchstücke, die aus den etwas größeren Sandlagen stammen. Diese Sandeinschaltungen deuten nach WEILER (1960) nicht nur auf Küstennähe hin, sondern lassen darüber hinaus auf einmündende Zuflüsse vom Festland schließen. Die Knochenreste sind an ihren Enden, frische Bruchstellen ausgenommen, etwas abgeschliffen. Bei einigen Stücken treten auch abgerundete ältere Bruchflächen auf. Ihre Erhaltung deutet jedoch auf keinen langen Transportweg, so daß angenommen werden kann, daß die Vogelarten, denen die Reste zugeordnet werden können, in der näheren Umgebung der Fundstelle lebten.

Die Vogelreste aus dem Unter-Miozän von Ravolzhausen lassen sich folgenden Familien zuordnen:

- Phalacrocoracidae (Kormorane)
- Phoenicopteridae (Flamingos)
- Anatidae (Enten)
- Scelopacidae (Strandläufer)
- Accipitridae (Habichtartige)

Es liegt ferner ein Wirbelfragment vor (Taf. 8 Fig. 2), das nicht bestimmt werden konnte und dessen Einordnung als Vogelwirbel nicht gesichert ist.

Vergleichsmaterial aus dem Unter-Miozän des Mainzer Beckens, das von LAMBRECHT (1933) aufgeführt wurde, ist im Natur-Museum Senckenberg, Frankfurt a.M., und im Hessischen Landesmuseum, Darmstadt, erhalten geblieben und konnte für die

Bestimmung der Vogelreste von Ravolzhausen herangezogen werden. Im Senckenberg-Museum liegen bestimmte Reste von *Oligocorax littoralis* (MILNE-EDWARDS), *Palaelodus ambiguus* MILNE-EDWARDS, *Palaelodus crassipes* MILNE-EDWARDS und *Cygnavus senckenbergi* LAMBRECHT ohne Nummern vor. Im Hessischen Landesmuseum konnten bestimmte Reste von *Palaelodus ambiguus* MILNE-EDWARDS und *Phoenicopterus croizeti* GERVAIS festgestellt und überprüft werden.

Die Vogelreste aus dem Miozän der Umgebung von Mainz, die LAMBRECHT (1933) aus dem Naturhistorischen Museum in Mainz erwähnt, sind nach Herrn Prof. Dr. H. BRÜNING (freundl. briefl. Mitt. v. 1. 3. 72) nicht mehr erhalten und sind als Kriegsverluste abzubuchen. Es handelte sich dabei um Reste von *Palaelodus ambiguus* MILNE-EDWARDS (Inv.Nr. 09, 1927/56, 1927/58, 1927/600), *Palaelodus goliath* MILNE-EDWARDS (Inv. Nr. 02, 1916/211, 1927/55, 1927/263, 1927/266), *Palaelodus minutus* MILNE-EDWARDS (Inv. Nr. 1916/58, 1919/58, 1927/57, 1927/264, 1927/265) und *Anas natator* MILNE-EDWARDS (Inv. Nr. 1919/58).

Familie Phalacrocoracidae

Gattung *Oligocorax* LAMBRECHT 1933

*Oligocorax littoralis* (MILNE-EDWARDS) LAMBRECHT 1933

Taf. 9 Fig. 8a—b

- 1867/68 *Graculus littoralis* — MILNE-EDWARDS, Oiseaux fossiles de la France, 1: 263, Taf. 42 Fig. 5—12, Taf. 43 Fig. 1—7, Taf. 44 Fig. 1—8.  
 1933 *Oligocorax littoralis* (MILNE-EDWARDS) — LAMBRECHT, Palaeornithologie: 290, Abb. 104 B.

Es liegt ein gut erhaltenes rechtes Coracoid (Slg. SCHELLMANN: A4) vor, das eine Gesamtlänge von 49,9 mm besitzt. Der Abstand Procoracoid zum Acrocoracoid, jeweils am Ende gemessen, beträgt 13,5 mm. Besondere Bedeutung wird der Linea intermuscularis am Coracoid der fossilen Scharben beigemessen (LAMBRECHT 1933: 296). An dem vorliegenden Coracoid läßt sich die Linea intermuscularis über  $\frac{3}{5}$  der Gesamtlänge des Coracoids verfolgen. Sie biegt kurz vor der Crista articularis sternalis von ihrem zunächst geraden Verlauf etwas ab und erreicht diese leicht geschwungen. In Länge und Ausbildung der Linea intermuscularis steht das Coracoid von Ravolzhausen zwischen *O. miocaenus* (M.-EDW.) und *O. littoralis* (M.-EDW.) (vgl. LAMBRECHT 1933: 297, Fig. 104 A und B). Das von LAMBRECHT (1933: 290) zitierte Coracoid von *O. littoralis* aus dem „Hafenbau“ konnte im Natur-Museum Senckenberg aufgefunden und überprüft werden. Das angeblich 52 mm lange Stück mißt jedoch 58,8 mm, stimmt aber sonst bis auf die unterschiedliche Größe sehr gut mit unserem Stück überein. Die Größenabweichung kann durch einen Geschlechtsunterschied beider Stücke hervorgerufen worden sein.

Familie Phoenicopteridae

Gattung *Palaelodus* MILNE-EDWARDS 1871

*Palaelodus ambiguus* MILNE-EDWARDS 1871

Taf. 9 Fig. 9a—b

- 1871 *Palaelodus ambiguus* — MILNE-EDWARDS, Oiseaux fossiles de la France, 2: 60, Taf. 82—85, 86 Fig. 1—16.

- 1933 *Palaelodus ambiguus* MILNE-EDWARDS — LAMBRECHT, Palaeornithologie: 339, Abb. 117 B, 118, 120 A, C.

Zu dieser Art wird ein distales Ende eines rechten Tarsometatarsus (Slg. SCHELLMANN: A 6) gestellt, dessen erhaltene Länge mit 23,5 mm angegeben werden kann. Die Gesamtbreite des distalen Endes beträgt 14,2 mm, die der Trochlea dig. III 5,9 mm. Ein als *Palaelodus ambiguus* bezeichnetes distales rechtes Tarsometatarsus-Ende ohne Fundortangabe aus der Sammlung des Natur-Museums Senckenberg stimmt in der Ausbildung gut mit unserem Stück überein, die Breite des distalen Endes ist mit 12,0 mm nur wenig kleiner.

***Palaelodus crassipes* MILNE-EDWARDS 1871**

Taf. 8 Fig. 4a—b

- 1871 *Palaelodus crassipes* — MILNE-EDWARDS, Oiseaux fossiles de la France, 2: 77, Taf. 88 Fig. 4—11.  
 1933 *Palaelodus crassipes* MILNE-EDWARDS — LAMBRECHT, Palaeornithologie: 341, Abb. 120 E.

Ein kurzes distales Ende eines linken Tibiotarsus (Slg. SCHELLMANN: A 9) gleicht in fast allen Einzelheiten dem von LAMBRECHT (1933: 341) erwähnten und im Natur-Museum Senckenberg aufbewahrten Tibiotarsus-Fragment aus der Sammlung DYCKERHOFF 1894, das von LAMBRECHT zu *Palaelodus crassipes* gestellt wurde. *P. crassipes* ist etwas größer als *P. ambiguus*. Die Breite des distalen Endes des vorliegenden Tibiotarsus von Ravelzhausen beträgt 14,8 mm, parallel zu den Gelenkflächen gemessen, die des Stückes aus der Sammlung DYCKERHOFF 15,5 mm. Ein Vergleichsstück von *Palaelodus ambiguus* aus dem Natur-Museum Senckenberg ist nur 11,7 mm breit.

Gattung ***Phoenicopterus* LINNÉ 1758**

***Phoenicopterus croizeti* GERVAIS 1852**

Taf. 9 Fig. 6a—b

- 1852 *Phoenicopterus Croizeti* — GERVAIS, Zoologie et Paléontologie française: 233, Taf. 2 Fig. 4—5.  
 1868—69 *Phoenicopterus Croizeti* GERVAIS — MILNE-EDWARDS, Oiseaux fossiles de la France, 2: 54, Taf. 80—81.  
 1933 *Phoenicopterus Croizeti* GERVAIS — LAMBRECHT, Palaeornithologie: 344, Abb. 117 A, 119, 120 F.

Es liegt ein 48,4 mm langes Fragment eines rechten Os metacarpi (Slg. SCHELLMANN: A 3) vor, dessen distales Ende abgebrochen ist. Die Schaftdicke beträgt 5,1 mm: 4,2 mm, die Breite des proximalen Endes 15,5 mm. Das Stück ist in mehrere Teile zerbrochen gewesen und ist am proximalen Ende verhältnismäßig stark abgerieben. Es stimmt bis auf die etwas geringeren Maße gut mit dem in MILNE-EDWARDS (1868/69: Taf. 81 Fig. 15) abgebildeten Os metacarpi von *P. croizeti* überein. Im Gegensatz zu *Palaelodus ambiguus* ist der Vorsprung am proximalen Ende des Os metacarpi bei *P. croizeti* ausgeprägter (vgl. LAMBRECHT 1933: 338, Fig. 117) und bildet mit dem Endstück etwa einen rechten Winkel.

## Familie Anatidae

Gattung *Anas* LINNÉ 1758*Anas blanchardi* MILNE-EDWARDS 1868

Taf. 8 Fig. 1a—b, Taf. 9 Fig. 5a—b, 7a—b

- 1868 *Anas Blanchardi* — MILNE-EDWARDS, Oiseaux fossiles de la France, 1: 129, Taf. 21—24.  
 1933 *Anas Blanchardi* MILNE-EDWARDS — LAMBRECHT, Palaeornithologie: 356, Abb. 123 B.

Zu dieser Art können 3 Reste gestellt werden: ein Fragment eines Humerus und zwei Os metacarpi. Die erhaltene Länge des rechten Humerus aus Ravolzhausen (Slg. SCHELLMANN: A1) beträgt 63,0 mm, die geringste Schaftdicke kann mit 4,1 mm: 5,0 mm angegeben werden. Ein Fragment eines Humerus von *A. blanchardi* aus St. Gérard-le-Puy (Natur-Museum Senckenberg, Nr. 267) hat ein geringfügig in Breite und Tiefe abweichendes Foramen pneumaticum, stimmt sonst jedoch vollkommen mit dem Rest aus Ravolzhausen überein. Die geringste Schaftdicke des Stückes aus St. Gérard-le-Puy ist 4,3 mm: 5,1 mm. Ein linkes Os metacarpi (Landesmuseum Darmstadt: Ra 66) mit einer Länge von 39,8 mm und einer Schaftbreite von 2,5 mm: 3,4 mm und ein rechtes Os metacarpi (Slg. SCHELLMANN: A5) mit einer Länge von 41,0 mm und der Schaftbreite von 2,7 mm: 3,3 mm entsprechen sehr gut einem als *A. blanchardi* bezeichneten Vergleichsstück aus dem Natur-Museum Senckenberg, das mit einer Länge von 43,4 mm nur wenig länger als die etwas abgeschliffenen Stücke aus Ravolzhausen ist. Die Länge eines Os metacarpi im Museum der Geologischen Anstalt in Budapest wird von LAMBRECHT (1933: 357) mit 41 mm angegeben.

## Familie Scolopacidae

Gattung *Tringa* LINNÉ 1758*Tringa* sp.

Taf. 9 Fig. 10a—b

Ein distales Fragment eines rechten Tarsometatarsus, das nicht sehr gut erhalten ist, wurde in der Sammlung des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt (Inv. Nr. Ra 67) festgestellt. Die erhaltene Länge beträgt 10,5 mm, die Schaftbreite kann unterhalb der Abbruchstelle mit 2,5 mm: 1,6 mm angegeben werden. Die Trochlea dig. III, die eine Breite von 1,8 mm hat, überragt die Trochlea dig. II um 2,4 mm. Die Trochlea dig. IV ist nicht erhalten. Größe und Ausbildung des Fragmentes lassen sich gut mit dem Tarsometatarsus der rezenten *Tringa totanus* L. vergleichen, so daß die Zuordnung des Fragmentes zur Gattung *Tringa* sehr wahrscheinlich ist.

LAMBRECHT (1933: 535) gibt Reste von *Tringa gracilis* MILNE-EDWARDS für das „Aquitane“ des Mainzer Beckens (Weisenau bei Mainz) an, deren Aufbewahrungsort jedoch nicht ersichtlich ist.

## Familie Accipitridae

Gattung *Aquilavus* LAMBRECHT 1933*Aquilavus* cf. *A. priscus* (MILNE-EDWARDS) LAMBRECHT 1933

Taf. 8 Fig. 3a—b

- 1863 *Aquila prisca* — MILNE-EDWARDS, Mémoire sur la distribution géologiques des oiseaux fossiles, 157 (zit. in MILNE-EDWARDS 1871: 460).

- 1871 *Aquila prisca* — MILNE-EDWARDS, Oiseaux fossiles de la France, 2: 460, Taf. 184 Fig. 1—4, 11—13.  
 1933 *Aquilavus priscus* (MILNE-EDWARDS) — LAMBRECHT, Palaeornithologie: 408.

Ein etwas abgeriebenes distales Ende eines rechten Tibiotarsus (Slg. SCHELLMANN: A 8) mit einer erhaltenen Länge von 30,5 mm und einer Breite von 13,3 mm am distalen Teil zeigt auffallende Ähnlichkeit mit dem Tibiotarsus des rezenten Fischadlers (*Pandion haliaetus*), der von einem weiblichen Exemplar stammend eine Breite von 20,6 mm am distalen Ende besitzt. Ein Tibiotarsus des rezenten Habichtsadlers (*Hieraeetus fasciatus*) stimmt in den Maßen (Breite am distalen Ende 19,0 mm) besser mit dem Stück von Ravolzhausen überein, doch sind mehrere Unterschiede festzustellen. So ist die Brücke über die Muskelgrube des Musculus extensor digitorum gewölbter als beim Fischadler und dem Stück von Ravolzhausen. Die Begrenzung der Muskelgrube oberhalb der Brücke ist beim Habichtsadler spitzer und die Muskelgrube unterhalb der Brücke flacher ausgebildet als beim Fischadler und bei dem Stück von Ravolzhausen, das in diesen Merkmalen mit dem rezenten Fischadler sehr gut übereinstimmt. Das in MILNE-EDWARDS (1871: Taf. 184 Fig. 11—13) abgebildete distale Tibiotarsus-Fragment von Saint Gérard-le-Puy, das MILNE-EDWARDS unter Vorbehalt zu *A. priscus* stellte, gleicht nach der Zeichnung bis auf einen kleinen Größenunterschied weitgehend dem Stück aus Ravolzhausen, das hiermit ebenfalls unter Vorbehalt zu *Aquilavus priscus* gestellt wird.

### 3. Biotop

Die Biotope im Mainzer Becken zur Zeit der Ablagerung der Hydrobien-Schichten wurden von ROTHAUSEN (1969) ausführlich erläutert. Die bisher aus diesem Gebiet bekannte Avifauna, vertreten durch die Ardeidae (Reiher), die Palaelodidae (Flamingo-Verwandte), die Phoenicopteridae (Flamingos), die Pelicanidae (Pelikane), die Anatidae (Enten), die Cygnidae (Schwäne), die Scolopacidae (Strandläufer) und die Rallidae (Rallen), ist „engstens der Lagune verbunden gewesen. Durch diese Vögel sind offene, weite Wasserflächen indirekt nachgewiesen. Aber während die Lagune Nahrung gab, fanden sich die Nistmöglichkeiten im Röhrichtgürtel, in der Ufergebüschzone und im wassernahen Bereich der Waldzone“ (ROTHAUSEN 1969: 89).

In der vorliegenden Vogelgemeinschaft aus Ravolzhausen, im östlichen Ausläufer der Hydrobien-See im Hanauer Becken (GOLWER 1968), herrschen deutlich die Flamingoartigen vor, die heute in Europa bis auf wenige Ausnahmen auf das Mittelmeergebiet beschränkt sind, wo sie in großen Scharen Lagunen bevölkern. Die Enten müssen wie die Flamingoartigen im Gebiet von Ravolzhausen nach den gefundenen Resten verhältnismäßig häufig gegenüber den sonstigen Gattungen gewesen sein. Sie sind durch die Schwimmenden vertreten, die Seen und Sumpfbereiche bevorzugen, wo eine ausreichende Vegetationszone vorhanden ist. Die Strandläufer, vertreten durch einen *Tringa*-Rest, sind ebenfalls an eine gewisse Vegetation für Nist- und Deckungsmöglichkeiten gebunden, bedürfen jedoch zur Nahrungssuche freie Schlamm- und Schlickflächen im Bereich der Uferzone. Reste von den Phalacrocoracidae (Kormorane) waren bisher nur beim Hafenausbau in Frankfurt a. M. gefunden worden (LAMBRECHT 1933: 290). Aus Ravolzhausen liegt nunmehr ebenfalls ein Kormoranrest vor. Kormo-

rane kommen an Küsten, Flußmündungen, Küstenseen und gelegentlich Binnengewässern vor. Sie passen sich somit gut in das allgemeine Bild der Avifauna der Hydrobien-Schichten ein. Neu für die Hydrobien-Schichten wurde ein Vertreter der Accipitridae nachgewiesen, der dem heutigen Fischadler (*Pandion haliaetus*) nahesteht. Fischadler halten sich beständig in Wassernähe, wie Seen, großen Flüssen oder Meeresküsten auf. Insgesamt vervollständigt die fossile Vogelgemeinschaft von Ravolzhausen die Kenntnis des Ökosystems zur Zeit der Ablagerung der Hydrobien-Schichten, indem für den östlichen Randbereich ähnliche Verhältnisse wie im nördlichen Mainzer Becken indirekt nachgewiesen werden. In guter Übereinstimmung mit den Fischfunden von Ravolzhausen (WEILER 1960) weisen die Vogelreste auf Küstennähe mit flachem Wasser, Schlammflächen und randlicher Vegetation hin, wobei die Fundumstände und die Art der Erhaltung der Vogelreste auf Zusammenschwemmungen möglicherweise durch einmündende Zuflüsse vom Festland her schließen lassen.

#### 4. Schriftenverzeichnis

- BOENIGK, W. (1967): Die Geologie der südlichen Wetterau zwischen Büdingen, Lindheim, Rückingen und Langenselbold mit besonderer Berücksichtigung der Tertiärsedimente. — Unveröff. Dipl.-Arb. Köln, 187 S., 33 Abb., 6 Ktn.; Köln.
- GOLWER, A. (1968): Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 157—184, 8 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- HÄUSER, F. (1960): Die zeitliche Einstufung der Tertiärschichten von Ravolzhausen auf Grund von Molluskenfunden. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**: 283—286; Wiesbaden.
- KINKELIN, F. (1889): Beiträge zur Geologie der Umgebung von Hanau. — Ber. wetterau. Ges. Naturkde. für 1887—1889: 77—110; Hanau.
- LAMBRECHT, K. (1933): Handbuch der Palaeornithologie. — 1024 S., 209 Abb., 4 Taf.; Berlin (Borntraeger) (Neudruck Asher & Co. 1964).
- MILNE-EDWARDS, A. (1867/71): Recherches anatomiques et paléontologiques pour servir à l'histoire des oiseaux fossiles de la France. — **1**: 474 S., **2**: 632 S., Atlas: Taf. 1—200; Paris.
- PETERSON, R., MOUNTFORT, G. & HOLLOW, P. A. D. (1968): Die Vögel Europas. — 8. Aufl., 417 S., div. Abb., 74 Taf.; Hamburg u. Berlin (Parey).
- ROTHAUSEN, K. (1966): Fossile Flamingos im Tertiär des Mainzer Beckens. — Z. rhein. naturf. Ges. Mainz, **4**: 26—31, 4 Abb.; Mainz.
- (1969): Zonierung und Konnex einer Abfolge oberaquitaner Land-Ökosysteme. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 81—97, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- STEGEMANN, W. (1964): Paläontologie und Stratigraphie einiger Sedimentvorkommen im Vogelsberg. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilkde. Gießen, N.F., naturwiss. Abt., **33**: 251—279, 18 Abb.; Gießen.
- TOBIEN, H. (1960): Säugetierreste aus dem ältesten Miozän von Ravolzhausen (Kr. Hanau, Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**: 7—19, Taf. 1—2; Wiesbaden.
- WEILER, W. (1959): Die Fischreste aus den Ziegeleitonon von Ravolzhausen bei Hanau. — Jber. Wetterau., **87**.—112. Jg.: 51—52; Hanau.
- (1960): Die Fischreste aus den Ziegeleitonon von Ravolzhausen bei Hanau (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**: 20—28, 24 Abb.; Wiesbaden.
- WENZ, W. (1921): Das Mainzer Becken und seine Randgebiete. — 351 S., 41 Taf., 38 Abb.; Heidelberg.

## Geologische Ergebnisse neuerer Bohrungen in Frankfurt am Main

Von

EBERHARD KÜMMERLE, Wiesbaden\*

Mit 1 Abbildung und Tafel 10

**Kurzfassung:** Umfangreiche Bohrprogramme verschiedener Verkehrsprojekte im Frankfurter Stadtgebiet geben dem Geologen die seltene Gelegenheit, den Untergrund auch im dicht bebauten Gebiet im Zusammenhang zu erkennen.

Es wird über die Verbreitung der Tertiärschichten unter den durchgehend vorhandenen quartären Decksedimenten berichtet. Bildungen des Miozäns stehen dabei im Vordergrund, weil sie in der ganzen Innenstadt in jeder tieferen Baugrube oder Bohrung angetroffen werden. Die jüngsten Miozänschichten verdienen besondere Beachtung, weil sie teilweise typisch für den Raum Frankfurt sind.

Zur Erläuterung einer abgedeckten Aufschlußkarte werden die Schichtglieder definiert, indem besonders die jeweilige Begrenzung gegen das Hangende und Liegende aufgezeigt wird. Betonung liegt dabei auf Erkennungsmerkmalen, die ohne technischen Aufwand in der Baugrube oder an der Bohrstelle wahrnehmbar sind.

**Abstract:** Various drilling programs for over- and underground traffic projects throughout Frankfurt city and several suburbs have been combined to geological profiles.

Rock units from the Miocene period are the most important ones, as they appear almost everywhere in the city under quaternary layers.

Youngest Miocene rock-stratigraphic units specially are interesting because they are developed typically in Frankfurt's outskirts.

**Résumé:** Les sondages exécutés pour des projets divers du réseau de communication souterrain et de surface présentent des profils géologiques serrés au travers du centre et du banlieue de Francfort s. M.

L'époque la plus importante c'est le Miocène car les roches de cette série se trouvent partout au-dessous des couches de Quaternaire.

Les assises les plus jeunes du Miocène spécialement sont intéressantes n'étant pas développées qu'à Francfort et dans ses environnements.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	144
2. Verbreitung der Gesteine längs der untersuchten Trassen . . . . .	145
3. Definition der dargestellten stratigraphischen Einheiten . . . . .	148
3.1. Pliozän . . . . .	149
3.2. Postbasaltische Miozänschichten . . . . .	149
3.3. Tholeitischer Basalt . . . . .	150
3.4. Congerienschichten . . . . .	150

\*) Dr. E. KÜMMERLE, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.



3.5. Prososthenienschichten . . . . .	151
3.6. Obere Landschneckenmergel . . . . .	151
3.7. Untere Landschneckenmergel . . . . .	152
3.8. Obere Hydrobienschichten . . . . .	152
3.9. Untere Hydrobienschichten . . . . .	153
3.10. Inflatenschichten . . . . .	153
3.11. Cerithienschichten . . . . .	154
3.12. Glimmersandstufe . . . . .	155
4. Zusammenfassung . . . . .	156
5. Schriftenverzeichnis . . . . .	156

## 1. Einleitung

Obgleich erst ein Teil der ober- und unterirdischen Verkehrsprojekte im Frankfurter Stadtgebiet abgebohrt und geologisch untersucht ist, werden bisherige Ergebnisse im Sinne einer Arbeitsgrundlage dargelegt.

Eine abgedeckte Aufschlußkarte (Abb. 1) zeigt die Verbreitung der Schichtglieder unter Quartärdeckschichten. Auf eine flächenhafte Darstellung wird verzichtet, weil bisher nur ein Teil der vorgesehenen Bohrungen niedergebracht ist. Eine definitive Karte wird erst sinnvoll, wenn die geologischen Voruntersuchungen der Großprojekte abgeschlossen sind.

Die Geologie des Frankfurter Stadtgebietes ist infolge des Blattschnittes der Karte 1:25 000 auf 4 Blätter verteilt:

- Blatt Nr. 5817: Preußisches Blatt Rödelheim (KOCH 1881, erläutert von KAYSER 1882), Preußisches Blatt Frankfurt/Main-West (Höchst)–Steinbach (MICHELS, WENZ & ZÖLLER 1929, erläutert 1930).
- Blatt Nr. 5818: Preußisches Blatt Frankfurt (KOCH 1881, erläutert von KAYSER 1882), Preußisches Blatt Frankfurt/Main-Ost–Offenbach (MICHELS, WENZ & ZÖLLER 1929, erläutert 1930).
- Blatt Nr. 5917: Preußisches Blatt Schwanheim (KOCH 1881, erläutert von KAYSER 1882), Hessisches Blatt Kelsterbach (KLEMM 1898, erl. 1901).
- Blatt Nr. 5918: Preußisches Blatt Sachsenhausen (KOCH 1881, erl. von KAYSER 1882), Hessisches Blatt Neu-Isenburg (KLEMM 1898, erl. 1901).

Besonders die beiden Blätter von 1929/30 sind heute noch Grundlage aller geologischen Aussagen über das dargestellte Gebiet, wenn auch ungezählte Neuaufschlüsse und verfeinerte Methoden gewisse Korrekturen erforderlich machen. Die Untersuchung der fossilen Fisch- und Kleinsäugerreste und die Mikropaläobotanik haben das früher gültige stratigraphische Schema berichtigt und führen zu einer neuen Deutung der Lagerungsverhältnisse der Gesteine.

Als Beispiele neuerer Arbeiten seien genannt:

- TRIEBEL 1963, WEILER 1963, BEST & WIESNER 1966, GOLWER 1968, WIESNER 1967, 1971 (mit abgedeckter Karte 1:50 000), FRIEDRICH & KÜMMERLE 1969, KÜMMERLE 1971, STEPHAN-HARTL 1972, BEST & MÜLLER 1972.

Übereinstimmend wird in zahlreichen Publikationen das generelle Einfallen der Tertiärschichten nach NW bis W geschildert. Danach sind im E bis SE die ältesten, im W bis NW die jüngsten Tertiärschichten unter quartären Sedimenten, vor allem Mainterrassen, anzutreffen.

Während die oligozänen bis altmiozänen Schichten von Frankfurt große Ähnlichkeit mit gleichaltrigen, seit langem bekannten und vielfach untersuchten Bildungen des Mainzer Beckens zeigen, sind die jüngeren Miozänschichten besonders oder nur im

Raum Frankfurt entwickelt. Diese interessanten Schichtglieder wurden in einem Großteil der für die unterirdischen Verkehrsprojekte und die Frankfurter Nordtangente der BAB Bingen–Fulda niedergebrachten Bohrungen erschlossen. Einige Vorkommen wurden beschrieben (KÜMMERLE 1971; vorzugsweise mikropaläontologische Bearbeitung früherer Aufschlüsse durch WIESNER 1967).

Dankbar sei vermerkt, daß das Dezernat 78 der Deutschen Bundesbahn, das Hessische Landesamt für Straßenbau und das Stadtbahnbauamt Frankfurt die geologische Auswertung der Bohrkerne und die Veröffentlichung der Ergebnisse erlauben. Den Herren G. HENTSCHEL, S. HOLTZ und S. MEISL gebührt Dank für die Ausführung von Gesteins-, Schwermineral- und Pollenanalysen. Herr W. PLASS war stets zu ausführlicher Diskussion auf der Grundlage seiner unveröffentlichten Dissertation bereit.

## 2. Verbreitung der Gesteine längs der untersuchten Trassen

Aus Abb. 1 ist die Lage der bearbeiteten Trassen und die Abgrenzung der stratigraphischen Einheiten des Tertiärs in diesem Bereich ersichtlich.

Von SE nach NW werden danach unter Quartärschichten angetroffen:

Glimmersandstufe: SE der Bahnlinie Frankfurt–Süd–Frankfurt–Ost, längs einer SW–NE–gerichteten Verwerfung(szone) an Cerithienschichten grenzend.

Cerithienschichten: SE der Linie Ostbahnhofstraße–Südbahnhof.

Inflatenschichten: (S. 153) SE der Linie Gerhart-Hauptmann-Schule–Deutschordenskirche.

Untere Hydrobienschichten: SE der Linie Eschenheimer Tor (BEST & WIESNER 1966) – Opernplatz–Taunusstraße–Mathäuskirche–Hauptpost.

Obere Hydrobienschichten: SE bzw. E der Linie Münzenberger Straße–Ecke Holzhausen–/Eschersheimer Landstraße (BEST & WIESNER 1966)–Ecke Bockenheimer Landstraße/Senckenberganlage–Ecke Heussallee/Emil-Sulzbach-Straße–Hauptgüterbahnhof–Sommerhoffpark.

Landschneckenmergel: SE bzw. E der Linie Ecke Miquelallee/Kallestraße–Verkehrsknoten Miquelallee–Krankenhaus Bockenheim–Bonifatiuschule.

Prososthenienschichten: SE der Linie Bundesbank–Ecke Kreuznacher/Voltastraße–Ecke Heussallee/Philipp-Reis-Straße.

Congerienschichten: SE der Linie Ginnheimer Höhe–Ecke Kreuznacher/Ohmstraße–Ecke Scherbius-/Funckstraße.

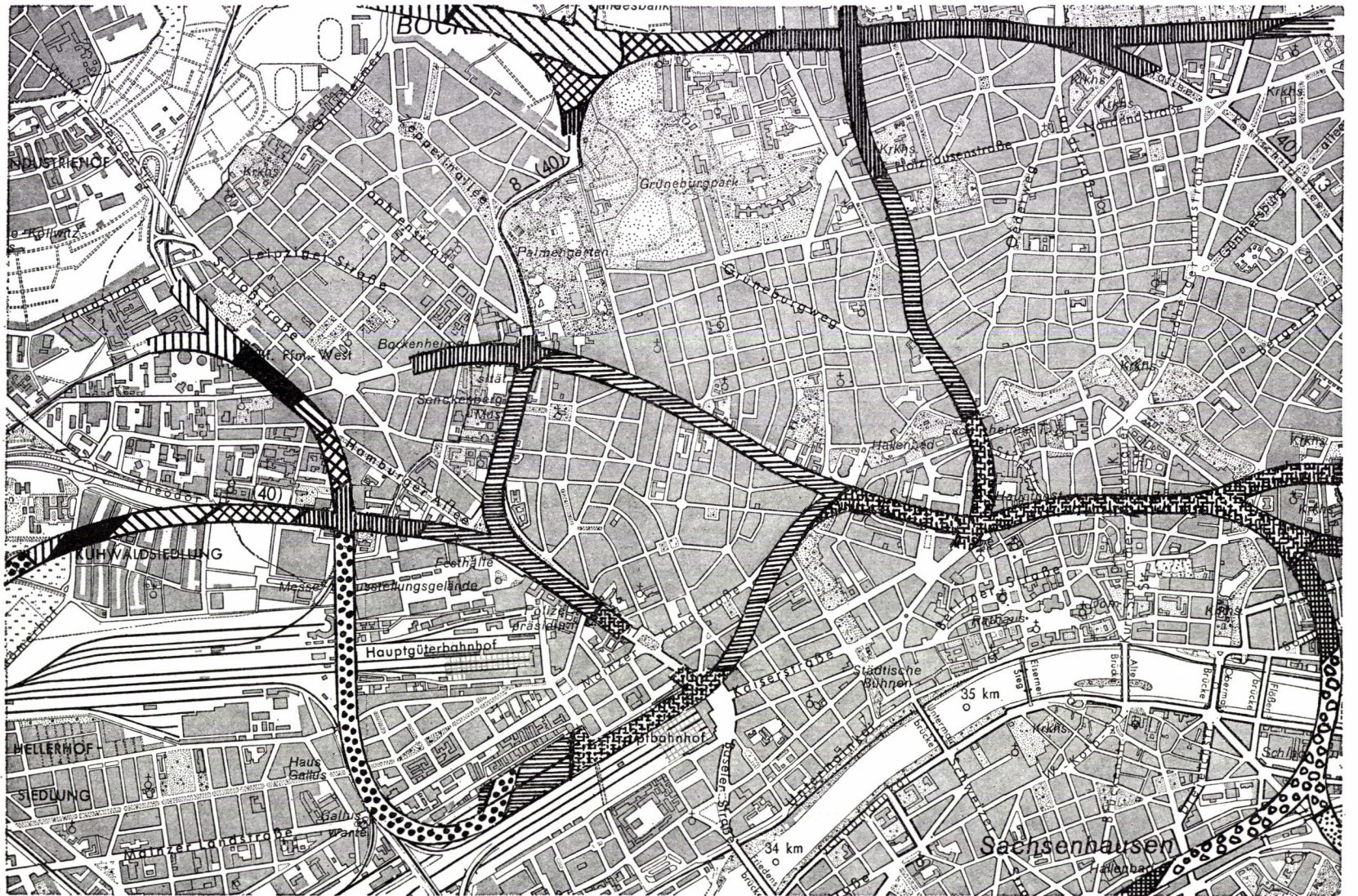
Tholeiitischer Basalt: E der Linie Ginnheimer Landstraße–Abknickung der Solmsstraße (an der Bahnlinie)–Battelle-Institut.

Postbasaltische Miozänschichten: E der Linie Westfriedhof–Schönhof–Parkfläche S des Battelle-Instituts.

Pliozän: W der Linie Battelle-Institut–Ecke Heussallee/Emser Straße–Hauptgüterbahnhof–Eilgüterbahnhof–Niederräder Mainbrücke.

Die Verbreitungsgrenze des Pliozäns schneidet die Ausstrichgrenzen der älteren Schichtglieder und belegt damit die Diskordanz.

Infolge gestörter Lagerung wiederholen sich Ausstriche präbasaltischer Miozänschichten NW der Ginnheimer-Rödelheimer Straße, doch sind hier noch nicht genügend Bohrungen ausgewertet.














	Sand, Schluff, Ton, Fein- bis Mittelkies		Pliozän		Mergelton, Schluff, Ton, Kalksand, Kalkstein	Obere Hydrobien- schichten	
	Ton, Schluff, Quarz- sand, Feinkies, Braunkohle	Postbasaltische Miozänschichten	Burdigal (-höheres Miozän?)		Mergelton, Kalksand, Schluff, Kalkstein	Untere Hydrobien- schichten	
	Tholeiitischer Basalt		Burdigal (Miozän)		Kalkstein, Quarz- und Kalksand, Mergel	Inflaten- schichten	Aquitän (Miozän)
	Ton, Schluff, Quarz- sand, Feinkies	Congerien- schichten			Kalkstein, Quarz- und Kalksand, Kalkschluff	Cerithien- schichten	
	Mergelton, Schluff, Braunkohle	Prososthenien- schichten	Burdigal (Miozän)		Glimmersand, Schluff, Schluff- bis Fein- sandstein, Ton	Glimmer- sand- stufe	Chatt (Oligozän)
	Algenkalkstein, Mergel, Kalkschluff, Kalksand, Mergelton	Landschnecken- mergel					

Abb. 1. Geologisch untersuchte Verkehrsstrecken in Frankfurt a. M. i. M. 1:25 000.

Die Karte zeigt die Verbreitung der Tertiärablagerungen längs der untersuchten Trassen nach Abdeckung des Quartärs (Eschersheimer Landstraße aufgenommen von BEST & WIESNER 1966). Generelle Streichrichtung SW-NE, generelles Einfallen NW.

NW des Grüneburgparks wellige Verbiegung der Schichten mit örtlich wechselnder Streich- und Fallrichtung. Annähernd horizontale Lagerung im Bereich Adickesallee-Rat-Beil-Straße.

Wesentlich steilere Lagerung im W und SW, erkennbar an verringerter Ausstrichbreite.

Diskordante Auflagerung des Pliozäns im W und SW.

Die ältesten Schichten, die ins Oligozän (Chatt) gehörende Glimmersandstufe, sind ganz im SE zu erkennen, wo sie an einer steilstehenden SW-NE-Verwerfung an Cerithienschichten angrenzen.

**Berichtigung:** Die Signatur für Congerierschichten muß in der Legende umgekehrt verlaufen.

Die Ausstrichgrenzen durchlaufen das Stadtgebiet fast nirgends als Gerade. Abgesehen von lokalen Richtungsänderungen wie am Miquelknoten oder N des Hauptbahnhofes beschreiben sie im ganzen einen Halbkreis um die Innenstadt. Dies wird besonders deutlich, wenn man auch das Gebiet außerhalb der Abb. 1 in die Betrachtung einbezieht. Die Grenze Hydrobienschichten/Landschneckenmergel verläuft unter dem Hauptgüterbahnhof etwa zur Ecke Frankenallee/Günderrodestraße, wie Bohrungen, die das Pliozän durchsanken, gezeigt haben. Von dort wendet sie sich in Richtung Sommerhoffpark–Nervenklinik. Die Landschneckenmergel sind im Gutleuthof bekannt und wurden in der Niederräder Schleuse direkt unter Mainterrasse angeschnitten (KINKELIN 1884). Die bekannt gewordenen Basaltvorkommen beschreiben ebenfalls Halbkreisform: Von der Holzhausenschule im NE, wo Basalt in einer Störung(szone) an Landschneckenmergel der Eschersheimer Landstraße stößt, über Grüneburgpark–Palmengarten–Bockenheim (KINKELIN 1892)–Westbahnhof–Kuhwaldsiedlung–Gutleutkai–Mainbett–„Pol“ bei Niederrad (KINKELIN 1892)–Park Louisa (KINKELIN 1892). In Relation zur Oberflächengestalt des Maintals gesetzt, manifestiert sich im Verlauf der Schichtgrenzen zwischen Ginnheimer Höhe–Mainniederung–Lerchesberg das Einfallen nach W bis NW.

KINKELIN erkannte, daß „die Basaltdecke eine von Luisa nach Westen sich senkende schiefe Ebene“ ist (1892: 20).

In diesem Zusammenhang ist auch die Bemerkung KINKELINS zu verstehen, daß „die Schichten ein Einfallen nach dem Main zeigen“ (1892: 9). Indem er u. a. die Landschneckenmergel der Schleuse Niederrad mit denen des etwa 22 m höher gelegenen „Avesteins“ (SE Grüneburgpark) vergleicht, kommt er zu dem Schluß, „daß die Tertiärschichten z. B. nördlich Frankfurts ein wesentlich höheres Niveau einnehmen, als innerhalb des engen Mainthales . . .“. Damit ist nicht gesagt, daß die Schichten im Norden Frankfurts nach S einfallen. Die Höhendifferenz läßt sich vielmehr dadurch zwanglos erklären, daß bei NW- bis W-Einfallen die Schichten im Main natürlich in tieferer Lage angeschnitten werden; zwar nicht südlich des „Avesteins“, sondern erst im SW, bei Niederrad.

Untere und Obere Hydrobienschichten breiten sich unter dem weitaus größten Teil der Innenstadt aus. Die Ähnlichkeit in der Ausbildung als dunkelgraue schluffige Mergeltone zwischen Unteren und Oberen Hydrobienschichten, Unteren Landschneckenmergeln und Prososthenienschichten läßt bei geologisch weniger Versierten den Eindruck entstehen, daß überall zwischen Messegelände und Zoo, zwischen Hauptfriedhof und Sachsenhausen der gleiche „Frankfurter Ton“ läge.

Bereits BOETTGER erwähnt (1876/77: 186, 199) die „Frankfurter Thone“. Obwohl dieser Begriff sich insbesondere im Tiefbau eingebürgert hat, gibt es für den Geologen keinen Frankfurter Ton. Die Tatsache der leichten Verwechselbarkeit der verschieden alten Mergeltone des Stadtgebietes deutet aber darauf hin, daß diese Bildungen unter sehr ähnlichen Ablagerungsbedingungen entstanden sind (vgl. auch den „Frankfurter Letten“ bei KINKELIN 1909: 63).

### 3. Definition der dargestellten stratigraphischen Einheiten

Ausbildung und Lagerungsverhältnisse der jüngsten Schichtglieder des Frankfurter Tertiärs sind auf Taf. 10 veranschaulicht. Das Profil zwischen Heussallee und August-Euler-Straße soll frühere Darstellungen ergänzen (WENZ 1921 a, Taf. 40, 1921 b, Taf. 5; KÜMMERLE 1971, Taf. 16).

Auf der Grundlage mehrerer Hundert Kernbohrungen können die dargestellten Schichtglieder näher definiert werden (vom jüngeren zum älteren).

### 3.1. Pliozän (im W- und SW-Stadtgebiet)

Limnisch-fluviatile Fein- bis Grobsandfolge mit Schluff- und Toneinlagerungen, durchweg kalkfrei; farblos, hellgrau, weißgrau, hellbraungrau, bläulich; häufig mit abgerollten Holzstücken und dünnen kohligen Schlufflinsen; Fein- bis Mittelkies als Einlagerung in vorwiegend den tieferen Abschnitten, aus kanten- bis gut gerundeten Geröllen bis 35 mm Ø. Sie bestehen aus:

Quarz, farblos-glasig, weiß, blaßviolett, fleischfarben, hellgrau, grau, oft mit Muskovitblättchen;

Quarzit, weiß, hellgrau, grau, schwarz-, braun-, gelblichgrau, teilweise mit lagig angereichertem Serizit;

Sandstein, fein-, mittel- oder grobkörnig, hellgrau, weiß oder blaßrötlich;

Lydit, schwarzgrau, schwarz;

Chalzedon, dunkelgrau, dunkelrot;

einem hellgrauen und hellbraunen Gestein, das fast nur aus Gibbsit besteht und nach Gefügerelikten aus Basalt oder Basaltpuff hervorgegangen ist.

Im Bereich des Hauptgüter- und Hauptbahnhofs mehr Schluff- und Tonanteil und größere Gesamtmächtigkeit (bis 19 m, nach W rasch zunehmend). Mehrere torfige Braunkohlelagen bis 0,5 m. Kies örtlich durch Pyrit zu Konglomerat verkittet.

Mikroflora: Die bisher untersuchte schluffig-kohlige Lage aus 6–8 m Tiefe der Bg. 33 und 34 (Taf. 10) enthält vorwiegend saccate Pollenformen vom *silvestris*-Typ, *Tsuga*, Laubbaumpollen vom *Fagus*- und *Betula*-Typus, während die tricolpaten und tricolporaten Formen nur vereinzelt bis schwach vertreten sind (S. HOLTZ).

### 3.2. Postbasaltische Miozänschichten

WENZ 1917: „Postbasaltische Sande und Tone mit Braunkohlen“, 1921a, b: „Jungpliocäne Sande und Tone mit Braunkohlen“, von WENZ jeweils ins Oberpliozän gestellt. Teile des „Oberpliozäns“ von MICHELS, WENZ & ZÖLLER 1929, 1930.

Limnisch-fluviatile, kalkfreie Sand-, Schluff- und Tonserie. Im Gegensatz zu den Pliozänschichten insgesamt etwas feiner im Korn, wenige Lagen bis Feinkiesfraktion, Einzelgerölle bis 6 mm, meist kaum kantengerundete weiße, hellgraue oder farblose Quarz- und grünlich-hellgraue Quarzitgeröllehen, zuweilen durch Siderit oder Limonit verkittet.

Ton- und Schluffanteil höher als im Pliozän; durch Oxidation wechselt die Farbe der Bohrkernoberfläche innerhalb von Stunden von graugrün nach gelbbraun oder von dunkelblaugrau nach braungrün. Ton häufig gelbbraun und violettrot geflammt, violett und graugrün gebändert.

Braunkohleflöz bis 1 m Mächtigkeit nahe der Hangendgrenze. Es enthält in Bg. 35 (Taf. 10) zwischen 17 und 18 m überwiegend tricolpate und tricolporate Pollenformen. Bei den Sporen ist *Reticuloidospor.* (*Poly.*) *favus* (R. POT. 1931) n. comb. am häufigsten

vertreten. Zu beachten ist auch die tiloide Form vom *insculptus*-Typ. *Tsuga* fehlt (S. HOLTZ).

Ein kohlgiger Schluff aus postbasaltischen Miozänschichten nahe dem Westbahnhof ist burdigalen Alters oder älter (KÜMMERLE 1971: 224, Untersuchungen von S. HOLTZ). Braunkohle aus ebenfalls postbasaltischen Miozänschichten des Frankfurter Stadtwaldes, 7 m über Basalt, konnte ins Burdigal eingestuft werden (GOLWER 1968: 181).

Die Mächtigkeit dieser Abfolge im Gebiet der Abb. 1 beträgt etwa 10 m.

Die Hangendgrenze ist oft nur dann klar zu ziehen, wenn das Pliozän mit größeren Kieslagen beginnt oder wo kohliges Material eine Altersbestimmung ermöglicht.

An der Liegendgrenze, zum Basalt hin, ist häufig violettrote Bänderung oder Flammung zu beobachten. Hier häufen sich auch Limonit- oder Sideritkonkretionen.

### 3.3. Tholeiitischer Basalt

„Pontischer Trapp“ nach WENZ 1917. „Jüngste Trappdecke“ bei WENZ 1921b; MICHELS, WENZ & ZÖLLER 1929, 1930 (hier ins Unterpliozän datiert).

Trappdeckenreste, die teilweise oder ganz zu einem tonigen oder grusigen Schluff zersetzt sind. Farben des Basaltzersatzes: braun-, blau-, gelb- und violettgrün; rost- und gelbbraun; grün-, blau-, schwarz- und violettgrau; grün- und violettschwarz.

Im Raum Westbahnhof-Bockenheim vielfach noch als fester, dichter Basalt, oft mit Blasenügen. Im Zersatz sind die ehemaligen Blasen Hohlräume oft mit wäßrig-grünem „Gel“ gefüllt. Örtlich wollsackartige Absonderung des noch festen Basalt. An der Basis kommt oft ein mehrere cm starkes „Rußgel“ vor. Seine Farben: grau, schwarz, braungrün oder ziegelrot.

Im Hangenden geht der Basaltzersatz zuweilen in einen zähen, gelbbraunen, rostbraunen, blau- oder braungrünen Ton mit seifigem Griff über (Farbwechsel s. o.). Andeutungen von Basaltgefüge darin lassen vermuten, daß es sich, zumindest teilweise, um in situ vertonten Basalt handelt.

### 3.4. Congerienschichten

„Congerienschichten“ bei WENZ 1917, 1921a; „Congeriensande und Tone“ (WENZ 1921b, ins Unterpliozän gestellt).

Limnisch-fluviatile, kalkfreie Ton-, Sand- und Schlufffolge im Liegenden des Tholeiitischen Basalt.

WENZ beschrieb diese Schichten von Staden und Erbstadt-Kaichen und benannte sie nach der Muschel *Congeria* [= *Dreissena* ?] *kayseri*. Ihre Ähnlichkeit mit Formen der pontischen Stufe Österreich-Ungarns bewogen WENZ unter anderem, die Congerienschichten als altersgleich mit ihnen und auch mit den Dinotheriensanden zu betrachten.

Mächtigkeit im bearbeiteten Bereich: bis 19 m.

Tone sind wie im Hangenden des Trapps zuweilen violettrot gebändert oder geflammt.

Im unteren Profilteil tritt Feinkies auf mit Einzelgeröllen bis 8 mm Ø aus kantengerundetem bis gerundetem weißem und glasigem Quarz.

Liegendgrenze: Die monotone, durch das Ginnheimer Flöz unterbrochene Mergeltonfolge der Prosostheniensichten wird abgelöst durch helle, örtlich kiesige, örtlich schluffige Sande. Sie reichen zuweilen bis auf das Flöz hinab. Lokal ist auch das Flöz fluviatil erodiert.

Um die Möglichkeit einer Unterscheidung fluviatiler Sande der Pliozän-, der Postbasaltischen Miozän- und der Congerienschichten mittels Analyse der Schwerminerale zu prüfen, wurden 32 Sandproben untersucht (S. MEISL).

In der Verteilung von Turmalin, Rutil, Zirkon, Anatas und Ilmenit sind keine generellen Unterschiede zu erkennen. Dies scheint auch für den Staurolith zu gelten (vgl. GOLWER 1968: 177).

Grüne und braune Hornblende kommen, wenn überhaupt, nur in den Congerenschichten vor. Granat ist gelegentlich vorhanden, jedoch nicht in den Postbasaltischen Miozänsanden.

Siderit fehlt im Pliozän, ist aber in den Miozänsanden sehr häufig.

### 3.5. Prosostheniensichten

„Mergelhorizont mit Prososthenien“ nach FISCHER 1911. „Prososthenienmergel des Mittelpliocäns“ bei FISCHER & WENZ 1912. „Braunkohlentone und Prosostheniensichten“ (Unterpliozän) bei WENZ 1915. „Prosostheniensichten“ FISCHER & WENZ 1925. „Prososthenien-Schichten“ bei GOLWER 1968.

Brackisch-limnisch abgelagerte Tone, Mergelton und Schluff mit dem Ginnheimer Braunkohleflöz. Verlandungsphase des 2. marin-brackisch-limnischen Abschnittes des östlichen Mainzer Beckens.

Im Hangenden der Kohle meist kalkfreie dunkelgraue, blaue, grünliche und braune Tone. Darin tritt örtlich ein steifer bis halbfester Mergel auf, das jüngste Kalksediment im Frankfurter Tertiärprofil.

Gesamtmächtigkeit im Gebiet der Abb. 1: 11 m.

Namengebung nach der Gastropodengattung *Prososthenia*. Auch für die Prosostheniensichten nahm WENZ wegen der Ähnlichkeit mit Faunen Österreich-Ungarns unterpliozänes Alter an.

Mikrofauna: Massenhaft Reste von Süßwasserfischen, auch noch in der örtlich erbohrten Mergellage über dem Flöz. Unter dem Flöz 1–2 m entkalkte schluffige Tone. Darunter schluffiger Mergelton mit reichlich Hydrobien und Ostrakodenschill mit *Eucypris agglutinans* (LIEN.), wesentlich seltener *Cypridopsis kinkelini* LIEN.

Mikroflora: Das Ginnheimer Flöz wurde von MÜRRIGER & PFLANZL (1955: 77) in der Bohrung Poßmann, Rödelheim, untersucht, wo es von 49,20–51,65 m u. Ansatzpunkt durchteuft wurde.

Abgrenzung im Liegenden: Der sehr vielgestaltige Kalksedimentkomplex der Oberen Landschneckenmergel wird durch monotone dunkle Mergeltonschichten in Feinschichtung mit papierdünnen gelblichen Kalkschlufflagen abgelöst. Die in den Landschneckenmergeln meist völlig fehlenden Hydrobien setzen wieder reichlich ein.

### 3.6. Obere Landschneckenmergel

(Im Sinne von KÜMMERLE 1971).



Algenkalkstein-Kalkschluff-Kalksand<sup>1</sup> – Mergelkomplex aus massigen pfeilerartigen Kalkalgenriffen mit zwischengelagertem, meist detritischem Kalksediment und Mergel. Darstellungen: KINKELIN 1884, Taf. 2; 1909, Taf. 5; WENZ 1921a, Abb. 14 (Schleusenammer Niederrad), Abb. 15 (Adalbertstraße).

Kennzeichnend sind blaugrüne und grüne Mergel, meist mit wechselnd grobem Algenkalkgrus, in mehreren, nach der Hangendgrenze zu dichter aufeinanderfolgenden Lagen.

Mikrofauna: WEILER 1963, WIESNER 1967, KÜMMERLE 1971.

Mächtigkeit: Etwa 21 m.

Liegendgrenze: Die gut geschichteten Mergeltone der Unteren Landschneckenmergel werden durch flächenhaft einsetzende und vorwiegend vertikal wuchernde Algenriffe vorwiegend süßwasserbewohnender Blaualgen verdrängt. Aufbau dichtstehender pfeilerartiger Stöcke, dazwischen detritischer „Riffschutt“ und blaugrüne Mergelbänder. Unten plattige Ostrakodenkalksteine.

### 3.7. Untere Landschneckenmergel

(Im Sinne von KÜMMERLE 1971, auf Abb. 1 sind die Landschneckenmergel nicht zweigeteilt).

Schluffige dunkelgraue und dunkelgrüngraue Mergeltonfolge mit geringmächtigen Dolomit- und Kalksteinbänken, dünnen dunklen Kalksandlagen, meist aus Ostrakoden; oft feinschichtig mit papierdünnen silbergrauen Quarzfeinsandlagen. Im Mergelton Schichtflächen mit Trockenrissen und Wurmfräßgängen.

Abgrenzung im Liegenden s. KÜMMERLE 1971.

Neben den Veränderungen in der Mikrofauna ist zu beobachten, daß die Hydrobionen nahezu vollständig aussetzen. Das gleiche gilt für die *Dreissena*-, *Potamides*- und *Tympanotonos*-Schille. Dem Sediment nach sind die Unteren Landschneckenmergel weniger monoton als ihr Liegendes.

Mächtigkeit: Ca. 14 m.

Stellung der „Schichten mit *Melania escheri*“ s. WIESNER 1967 u. KÜMMERLE 1971.

Datierung: Die Wirbeltiertaphozönosen der Landschneckenmergel des „Nordbassins“ und der Niederräder Schleusenammer werden als ältestburdigal betrachtet (STEPHAN-HARTL 1972).

### 3.8. Obere Hydrobienschichten

(Im Sinne von WEILER 1963:66). Oberer Teil der „Litorinellenschichten“ SANDBERGERS (1863). Oberer Teil der Oberen Hydrobienschichten KINKELINS.

Mächtige feinschichtige Mergeltonfolge mit meist hohem Schluffgehalt und dunkelgrauer bis dunkelgrüngrauer Farbe, mit eingelagerten Dolomit-/Kalk-/Tonsteinbänken bis über 1 m Mächtigkeit; Kalksand- und Hydrobionlagen bis 0,5 m; Kalkschlufflagen mit Algenkalkgrus bis ca. 1 m.

Zahlreiche Muschelschille mit *Dreissena brardi* (FAUJAS), zumeist als Bruchschill, unten auch *Mytilus faujasi* BRONGN.; Gastropodenschille mit *Tympanotonos francofurtanus* ZILCH und *Potamides plicatus pustulatus* (SDBG.).

<sup>1</sup>) Im Sinne von LEPSIUS 1883: 110.

Auf Schichtflächen finden sich vielfach Trockenrisse und Wurmfraßgänge.  
Mächtigkeit: Ca. 38 m.

Datierung: Aquitan, nach Wirbeltierfaunen (STEPHAN-HARTL 1972: 93).

Abgrenzung im Liegenden: Die Grenze zu den Unteren Hydrobienschichten liegt an der Obergrenze der Tonleitschicht (s. u.). Diese Grenze ist auch mikrofaunistisch sehr klar durch das Einsetzen der Gobiidenotolithen (LEHMANN 1966, WIESNER 1967, KÜMMERLE 1971) und ein vergleichsweise gehäuftes Auftreten von Foraminiferen in den basalen Schichten (WIESNER 1967, BEST & MÜLLER 1972).

### 3.9. Untere Hydrobienschichten

Dunkle Mergelton-Kalksandfolge mit eingeschalteten Dolomit-/Ton-/Kalksteinbänken bis maximal über 2 m Mächtigkeit. Die Kalksandlagen werden bis 1,5 m stark.

Auf Schichtflächen treten wie in der Abfolge darüber Trockenrisse und Wurmfraßgänge auf.

Zuoberst liegt die Tonleitschicht (FRIEDRICH & KÜMMERLE 1967: 14; 1969: 371; GOLWER 1968: 175; KÜMMERLE 1971: 217–218; BEST & MÜLLER 1972: 105). Sie wird in weiter Verbreitung im Stadtgebiet angetroffen und erlaubt dann eine rasche Einstufung von Bohr- oder Baugrubenprofilen. Im allgemeinen besteht sie aus (von oben nach unten):

- ca. 1 m Quarzfein- bis -mittelsand, selten -grosand, hellgrau oder blaßbläulich-grüngrau, örtlich mit Kalksandbeimengung, meist kalkfrei bis auf geringe Kalkschlufflage, dünne Kalk-/Dolomitsteinbank oder *Dreissena-brardi*-Schill; unten manchmal Linsen von blaugrünem kalkfreiem Ton. Zuweilen liegt der Quarzsand in blaugrünem Ton oder er tritt ganz zugunsten des Tones zurück.
- ca. 1,5 m Ton, leuchtend blaugrün, kalkfrei, oft mit schwarzen Schlieren von fein verteiltem Pyrit; ganz oben örtlich dünne Braunkohlelage. Häufig Linsen von Quarzfein- bis -mittelsand, der auch örtlich überwiegen kann.
- ca. 2,5 m Ton wie vor, ohne Sandlinsen, mit 1–3 meist geringmächtigen Dolomit-/Kalksteinbänken; selten dünne Braunkohlelage, örtlich feines *Dreissena-brardi*-Schill.

Liegendes: ca 11 m monotone Mergeltonfolge der Unteren Hydrobienschichten mit lagenweise *Viviparus pachystoma* (SDBG.).

Etwa 13–15 m unter der Tonleitschicht kommen gehäuft Vertreter der Ostrakodengattung *Moenocypris* vor. 10–13 m unter diesem von TRIEBEL 1963 beschriebenen *Moenocypris*-Horizont folgt eine meist dickbankige Dolomit-/Kalksteinlage mit *Dreissena-brardi*-Schill und häufig eingebackenen Quarzkies (bis 6 mm  $\varnothing$ ) von kantengerundetem Korn.

Etwas tiefer liegen bis zu 3 Schille von *Mytilus faujasi* BRONGN.

Die untersten 2–8 m des Profils enthalten massenhaft Foraminiferen. Hier liegt der „Basishorizont“ mit *Nonion? demens* BIK. In Frankfurt besteht er aus einer Wechselfolge von schluffigem Mergelton und Quarz-/Kalksand mit (Algen-)Kalkeinlagerungen. Mächtigkeit einschließlich Tonleitschicht und Basishorizont: Etwa 55 m.

### 3.10. Inflatenschichten

Begriffsprägung bei KINKELIN 1884: 187 u. 1892: 206. Untere Hydrobienschichten + Obere Cerithienschichten KINKELINS. Inflataschichten bei THEWS 1957, *inflata*-Schichten bei WIESNER 1967.

Die vertikale Verbreitung von *Corbicula* deckt sich meist nicht mit der des Leitfossils *Hydrobia inflata* (FAUJAS), daher ist Inflatenschichten nicht gleichbedeutend mit *Corbicula*-Schichten (Begriffsprägung: „*Corbiculakalke*“ bei SANDBERGER 1863).

Wechselfolge aus (Algen-)Kalkstein und Quarz-/Kalksand mit zurücktretend Kalkschluff, Mergel und Mergelton.

Die Farben sind heller als im Hangenden. Mergel meist nicht dunkelgrau, sondern blaugrün, blaßgrün oder grüngrau. Die dickbankigen, oft unregelmäßig begrenzten Kalksteinanteile sind häufig gelblich. Knapp unter der Hangendgrenze enthalten sie örtlich Quarzfeinkies.

Etwa 7 m tiefer liegt die im gesamten Mainzer Becken bekannte *Corbicula*-Bank mit *Corbicula faujasi* (DESH.). Örtlich ist sie zweigeteilt. Darunter folgen mehrere Muschelpflaster mit *Mytilus faujasi* BRONGN.

*Hydrobia inflata* ist fast im gesamten Profil massenhaft vertreten, und ihr Erlöschen markiert im gesamten bearbeiteten Bereich eindeutig die Hangendgrenze (im Gegensatz zu Rheinhessen, FALKE 1960: 69).

### 3.11. Cerithienschichten

Hier für alle marin-brackischen und vollmarinen Aquitansedimente im Liegenden der Inflatenschichten gebraucht (im Sinne von PLASS 1964).

Rund 42 m mächtiger Komplex aus (Algen-)Kalkstein, knollig-kavernös oder dickbankig, teilweise unregelmäßig begrenzt, und Quarz-/Kalksand, fein- bis grobkörnig, mit Kalkschluff, Algenkalkgrus oder eingelagerten, teilweise zusammenhängenden Algenkalkknollen als Bildungen vorwiegend mariner Rotalgen. Die Cerithienschichten im bearbeiteten Gebiet lassen sich biostratigraphisch dreiteilen, wobei die große Horizontbeständigkeit der Schille vorteilhaft ist (von oben nach unten):

1. ca. 12 m (Algen-)Kalkstein-Quarz-/Kalksand-Kalkschluff-Mergelfolge.  
Fauna: Mehrere *Corbicula*-Schille<sup>2)</sup>, oben *Modiola*-Pflaster, lagig massenhaft Cerithien (*Potamides*-Arten). Tiefste Vorkommen von *Mytilus faujasi* BRONGN.
2. ca. 14 m Kalkstein- (teils knollig-kavernös, teils bankig)-Quarz-/Kalksand-Kalkschlufffolge mit grünem, blaßgrünem oder hellgrüngrauem Mergel(stein). (= „Untere Kalke der Cerithienschichten“ bei KINKELIN 1892: 206.)  
Leitfossil: „*Perna*“ = *Isognomon (Isognomon) oblonga* (RÖM.-BÜCHN.).  
Lagenweise angereichert Cerithien. Oben Schill von *Meretrix incrassata solida* (SDBG.). Häufig sind Kalksteinbänke mit massenhaft eingeschwemmten Landschnecken (Pulmonaten). Tiefste Vorkommen von *Dreissena brardi* (FAUJAS).
3. ca. 16 m Quarz-/Kalksand-Kalkstein-Kalkschluff-Mergelfolge („Cerithiensand, brakisch“ bei KINKELIN 1892: 206). Kalkstein meist als knollig-kavernöser, schaumig-poröser Algenkalkstein, im unteren Profilteil zugunsten fein- bis grobkörnigen Quarz-/Kalksandes zurücktretend. Ganz unten Kalkschluff und Mergel (oder Quarz-/Kalksand), blaßgrün, blaßblaugrün, mit gelbgrauen mürben bis weichen Algenkalkrasen.  
Fauna: Im oberen Teil lagenweise Cerithien, sonst häufig Landschnecken. In den Mergeln: *Cypridopsis similis* (LIEN.), *Eucypris agglutinans* (LIEN.), *Cyprideis rhenana* (LIEN.), *Discorbis globularis* (D'ORB.).

<sup>2)</sup> *Corbicula* kommt nur über, nicht in der „*Perna*-Bank“ vor (vgl. dag. FALKE 1960: 63).

Dieses untere, stärker sandig ausgebildete Drittel des Profils der Cerithienschichten vertritt im Gebiet von Abb. 1 ganz oder teilweise die Cerithiensande von Kleinkarben und die Landschneckenkalke von Hochheim (SANDBERGER 1863, LEPSIUS 1883). Am Falkenberg zwischen Hochheim und Flörsheim reicht der Landschneckenkalk noch mindestens in Teil 2 des obigen Profils, weil *Perna*-Bänke seitlich an die noch im Wachsen begriffenen Riffe anstoßen. Ferner die Landschneckenkalke von Oppenheim (THEWS 1957), der Kleinen Kalmit (DOEBL & WEILER 1965, DOEBL & BADER 1970), von Weisenau und vom Grünstadter Berg (PLASS 1964, 1965, als „Untere Cerithienschichten“ bezeichnet).

### 3.12. Glimmersandstufe

Die Cerithienschichten in obigem Sinne überlagern mit deutlicher Diskordanz eine Schichtenfolge von glimmerreichen, blaßblaugrünen, grüngrauen und grauen Fein- bis Mittelsanden. Sie sind im Gegensatz zu ihrem Hangenden meist kalkfrei. Die glimmerreiche Folge verzahnt sich in ihren tieferen Anteilen mit Cyrenenmergel, wie Bohrungen außerhalb des betrachteten Gebietes ergeben haben. Die Abgrenzung gegen Cyrenenmergel ist jedoch schwierig (MICHELS, WENZ & ZÖLLER 1930b: 31).

Häufig tritt flaserige oder Kreuzschichtung auf. In sehr charakteristischen, bis 5 mm starken Lagen ist dunkelgrüngrauer Schluff in die Glimmersande eingeschaltet, gelegentlich auch Schluffstein bis Feinsandstein bis 1,5 m, ebenfalls mit hohem Glimmergehalt.

Selten ist blaugrüner oder weißgrüner Ton oder Mergel.

Die Fauna der Glimmersandstufe besteht aus allochthonen kretazischen bis früh-tertiären Foraminiferen wie *Globorotalia*, *Globigerina*, *Gümbelina*, kleinwüchsigen Exemplaren von *Bolivina*, *Cibicides*, *Gyroidina*, *Nodosaria* und *Sphaeroidina* sowie Charophyten-Gyrogoniten.

Die Glimmersande sind bei MICHELS, WENZ & ZÖLLER (1930b: 31–32) beschrieben. Äquivalente Bildungen wurden von WAGNER aus verschiedenen Orten Rheinhessens und des Oberrheingrabens, von BOZORGNIA 1960 und PLASS 1964 aus der Tongrube Weisenau (unterer Teil des dortigen Profils), von PLASS 1964 vom Grünstadter Berg und von DOEBL & WEILER 1965 von der Kleinen Kalmit bekanntgemacht. Die an letztgenanntem Orte vorkommenden Mergel mit eingelagerten feinkörnigen glimmerigen Sanden und Sandsteinen werden den chattischen Bunten Niederrödderner Schichten des Rheingrabens zugeordnet.

Aufgrund ihrer Ausbildung und Lagerung werden die Frankfurter Glimmersande als Äquivalente der chattischen Süßwasserserie Rheinhessens aufgefaßt.

Die dargestellte Schichtenfolge wurde zum Teil (Cerithien- bis Prososthenienschichten) von WIESNER (1967, 1970) in „Horizonte“ gegliedert, und zwar auf mikrofaunistischer Basis. Diese Einteilung hat sich als ein zuverlässiges, freilich in erster Linie Mikropaläontologen vorbehaltenes Gliederungsprinzip erwiesen. Im einzelnen entsprechen sich folgende Einheiten:

Prososthenienschichten	= Horizont 12
Landschneckenmergel	= Horizont 11
Obere Hydrobienschichten	= Horizonte 8–10
Untere Hydrobienschichten	= Horizonte 6–7

Inflatenschichten	= Horizonte 4–5
Cerithienschichten	= Horizonte 1–3

Äquivalente der „Weisenuer Schichten“ im Sinne WIESNERS, nämlich Ton- und Kalkmergel in limnischer, zurücktretend brackischer Fazies, waren nicht als selbständige, klar definierbare stratigraphische Einheit nachweisbar. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß nur ein kleiner Teil der im bearbeiteten Gebiet untersuchten Bohrungen bis zur Basis des Aquitans reichte.

#### 4. Zusammenfassung

Auf der Grundlage mehrerer Hundert Kernbohrungen wird die Verbreitung der Schichtglieder des Tertiärs im Untergrund von Frankfurt längs der voruntersuchten Trassen dargelegt. In großen Zügen ist das Schichtstreichen SW–NE, das Einfallen nach NW gerichtet. Örtliche Abweichungen sind teils auf Verwerfungen, meist aber auf wellige Verbiegung der Schichten zurückzuführen (Ginnheimer Höhe, Hauptbahnhof). Die Schichten des Pliozäns liegen diskordant den älteren Schichtgliedern auf.

Zur Erläuterung der abgedeckten Karte (Abb. 1) ist eine Definition der stratigraphischen Einheiten notwendig. Insbesondere erfolgt eine Beschreibung der jüngeren, fluviatilen Anteile, die sich teilweise schwer abgrenzen und voneinander unterscheiden lassen. Sowohl in der Korngröße als auch in der Schwermineralvergesellschaftung treten nur geringfügige Differenzen zwischen prä- und postbasaltischen Miozän- und Pliozänsanden auf.

Die Mikroflora kohligter Einschaltungen in den fluviatilen Schichten erlaubt eine Trennung der pliozänen und miozänen Anteile. Die Postbasaltischen Miozänschichten gehören in das Burdigal; offenbar reichen ihre höheren Anteile noch in jüngeres Miozän. Der Tholeiitische Basalt tritt innerhalb der miozänen fluviatilen Sedimentfolge auf.

Von den Congerienschichten vielfach durch eine deutliche Erosionsdiskordanz getrennt, werden in Frankfurt die Prososthenienschichten angetroffen, die in weitgehend ausgesüßtem Biotop entstanden sind. Die Landschneckenmergel folgen im Liegenden. Ihr unterer Teil spiegelt sehr ähnliche Ablagerungsbedingungen wider wie die nächstälteren Hydrobienschichten. Die Grenze Aquitan/Burdigal, die in fazieller Hinsicht kaum auffällt, basiert auf den Kleinsäugerfaunen. Inflaten- und Cerithienschichten zeigen weitestgehende Übereinstimmung mit Äquivalenten im Mainzer Becken. Die Cerithienschichten sind deutlich dreigeteilt. Die tieferen Anteile vertreten, zumindest teilweise, den Landschneckenkalk.

Eine tektonische Diskordanz trennt sie von der bereits im Oligozän entstandenen Glimmersandfolge, die als zeitliches Äquivalent der Glimmerzone Rheinhessens verstanden wird.

#### 5. Schriftenverzeichnis

- BEST, G. & MÜLLER, C. (1972): Nannoplankton-Lagen im Unter-Miozän von Frankfurt am Main. — Senckenb. leth., **53**, 1/2; 103–117, Taf. 1–3; Frankfurt a. M.

- BEST, D. & WIESNER, E. (1966): „Cerithien“ aus den Hydrobienschichten von Frankfurt am Main und Umgebung. — Jb. nass. Ver. Naturk., **98**: 55—63, 6 Abb.; Wiesbaden.
- BOETTGER, O. (1876/77): Über die Fauna der *Corbicula*-Schichten im Mainzer Becken. — Palaeontogr., **24**: 185—219, Taf. 29; Marburg.
- BOZORGNIA, F. (1960): Das Tertiär zwischen Weisenau und Gau-Bischofsheim mit besonderer Berücksichtigung mikropalaeontologischer Untersuchungen im Steinbruch Weisenau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**: 266—282, 8 Abb.; Wiesbaden.
- DOEBL, F. & BADER, M. (1970): Die Geologie des Gebietes der Kleinen Kalmit (westlich Landau/Pfalz) zur Zeit des Tertiärs. — Mitt. Pollichia, (III) **17**: 14—23, 13 Taf.; Bad Dürkheim.
- & WEILER, H. (1965): Neue Untersuchungen im Gebiet der Kleinen Kalmit bei Landau/Pfalz. — Senckenb. leth., **46a**: 45—60, 6 Abb.; Frankfurt a. M.
- FALKE, H. (1960): Rheinhessen und die Umgebung von Mainz. — Slg. geol. Führer, **38**, 156 S., 8 Abb., 1 Tab.; Berlin (Borntr.).
- FISCHER, K. (1911): Über das jüngste Tertiär des Mainzer Beckens. — Geol. Rdsch., **2**: 436—437; Leipzig.
- & WENZ, W. (1912): Verzeichnis und Revision der tertiären Land- und Süßwasser-Gastropoden des Mainzer Beckens. — N. Jb. Miner. usw., Beil.-Bd. **34**: 431—512, zahlr. Tab., Taf. 17; Stuttgart.
- (1925): Die Prosothenienschichten von Frankfurt a. M.-Praunheim und ihre Fauna. — Arch. Mollusken., **57**: 222—233, Taf. 7; Frankfurt a. M.
- FRIEDRICH, K. & KÜMMERLE, E. (1967): Ergebnisse der geologischen und hydrogeologischen Voruntersuchungen zum Bauvorhaben Frankfurter Verbindungsbahn, Baulose 1—7. — Gutachten hess. L.-Amt Bodenforsch., geol. Teil, 20 S., Anl.; Wiesbaden.
- (1969): Ein geologisches Profil vom Frankfurter Hauptbahnhof zum Opernplatz. — Natur u. Mus., **99** (8): 369—375, 2 Abb.; Frankfurt a. M.
- GOLWER, A. (1968): Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 157—184, 8 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- KAYSER, E. (1882): Bl. Rödelheim, Bl. Frankfurt, Bl. Schwanheim, Bl. Sachsenhausen, (Erl.). — Geol. Spec.-Kte. Preuß. usw., Lfg. **21**; Berlin.
- KINKELIN, F. (1884a): Sande und Sandsteine im Mainzer Tertiärbecken. — Ber. senckenb. naturf. Ges., 1884: 183—218; Frankfurt a. M.
- (1884b): Die Schleusenkammer von Frankfurt-Niederrad und ihre Fauna. — Ibid.: 219—257, Taf. 2—3; Frankfurt a. M.
- (1892): Die Tertiär- und Diluvialbildungen des Untermainthales, der Wetterau und des Südbahnges des Taunus. — Abh. geol. Spec.-Kte. Preuß. u. thür. St., (9) **4**: 1—302, 12 Abb., 2 Kt.; Berlin.
- (1909): Vorgeschichte vom Untergrund und von der Lebewelt des Frankfurter Stadtgebietes. 96 S., 7 Taf., 1 Kte.; Frankfurt a. M.
- KLEMM, G. (1898, 1901): Bl. Kelsterbach und Bl. Neu-Isenburg m. Erl.-Geol. Kte. Großh. Hessen; Darmstadt.
- KOCH, C. (1881): Bl. Rödelheim, Bl. Frankfurt, Bl. Schwanheim, Bl. Sachsenhausen. — Geol. Kte. Preuß. usw., Lfg. **21**; Berlin.
- KÜMMERLE, E. (1971): Zur Geologie der nordwestlichen Stadtgebiete von Frankfurt a. M. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 214—231, 5 Abb., Taf. 16; Wiesbaden.
- LEHMANN, C. (1966): Geologische Untersuchungen im Frankfurter Stadtgebiet und im Gebiet der „Hohen Straße“. — Unveröff. Dipl.-Arb., Frankfurt a. M.
- LEPSIUS, R. (1883): Das Mainzer Becken. 181 S., 1 Kte.; Darmstadt (Bergstr.).
- MICHEL, F., WENZ, W. & ZÖLLER, A. (1929, 1930a): Bl. Frankfurt/Main-West (Höchst)—Steinbach m. Erl. — Geol. Kte. Preuß. usw., Lfg. **300**; Berlin.
- (1929, 1930b): Bl. Frankfurt/Main-Ost—Offenbach m. Erl. — Ibid.; Berlin.
- MÜRRIGER, F. & PFLANZL, G. (1955): Pollenanalytische Datierungen einiger hessischer Braunkohlen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**: 71—89, 1 Tab., Taf. 5—6; Wiesbaden.

- PLASS, W. (1964): Das Tertiär des Eisenberger Beckens und Grünstadter Bergs (Nordpfalz). Unveröff. Diss. Univ. Mainz.
- (1965): Zur Chatt/Aquitain-Grenze im Mainzer Becken und Rheintal-Graben. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1965, **1**: 55—57; Stuttgart.
- SANDBERGER, F. (1863): Die Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens. 458 S., 1 Tab., 35 Taf.; Wiesbaden (Kreidel).
- STEPHAN-HARTL, R. (1972): Die altmiozäne Säugetierfauna des Nordbassin und der Niederräder Schleusenammer (Frankfurt/M., Hessen) und ihre stratigraphische Stellung. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **64**, 97 S., 16 Abb., 11 Tab., 24 Taf.; Wiesbaden.
- THEWS, J.-D. (1957): Die Oppenheimer Fazies und ihre Lebewelt an der Wende vom Alt zum Jungtertiär. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 179—205, 7 Abb., 1 Tab., Taf. 11—12; Wiesbaden.
- TRIEBEL, E. (1963): Mikrofossilien aus dem Untergrund der Stadt Frankfurt a. M. — Natur u. Mus., **93** (6): 209—221, 1 Abb., 4 Taf.; Frankfurt a. M.
- WEILER, W. (1963): Die Fischfauna des Tertiärs im oberrheinischen Graben, des Mainzer Beckens, des unteren Maintals und der Wetterau, unter besonderer Berücksichtigung des Untermiozäns. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **504**: 1—75, 258 Abb., Taf. 1—2; Frankfurt a. M.
- WENZ, W. (1915): Zur Paläogeographie des Mainzer Beckens. — Geol. Rdsch., **5**: 321 bis 346, 8 Abb.; Leipzig (Engelm.).
- (1917): Das jüngere Tertiär des Mainzer Beckens und seiner Nachbargebiete. — Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. geol. L.-Anst. Darmstadt, (V) **2**: 49—69, 5 Abb., Taf. 2; Darmstadt.
- (1921 a): Das Mainzer Becken und seine Randgebiete. 351 S., 38 Abb., 41 Taf.; Heidelberg (Ehrig).
- (1921 b): Geologischer Exkursionsführer durch das Mainzer Becken und seine Randgebiete. 136 S., 30 Abb., 6 Taf.; Heidelberg (Ehrig).
- WIESNER, E. (1967): Das Miozän im östlichen Mainzer Becken unter besonderer Berücksichtigung der Mikrofauna. Diss., 111 S., 14 Taf., 22 Abb., 5 Anl.; Frankfurt a. M.
- (1970): dito, Kurzfassung, 21 S., 5 Abb.; Frankfurt a. M.
- (1971): Das Frankfurter Gebiet zur Unter-Miozän-Zeit. — Natur u. Mus., **101** (11): 445—457, 5 Abb.; Frankfurt a. M.

Manuskript eingegangen am 30. 10. 1973

# Das Quartärprofil im Braunkohlentagebau Heuchelheim (Wetterau) und seine vulkanischen Einschaltungen

Von

ERHARD BIBUS, Frankfurt a. M.\*

Mit 3 Abbildungen

**Kurzfassung:** Aus dem Tagebau Heuchelheim (Wetterau) werden zwei bislang unbekannte Tufflagen beschrieben und aufgrund der bodenkundlichen Analyse der Deckschichten zeitlich eingeordnet. Außerdem wird auf einen altpleistozänen Boden hingewiesen, der als ein extremer Pseudogley mit einer 50 cm mächtigen, aus Pisolithen verbackenen Eisenkruste von der Profilabfolge lateritähnlichen Charakter besitzt.

**Abstract:** Two formerly unknown tuff layers are described from the surface mining at Heuchelheim (Wetterau). Their ages are determined on the basis of a pedological analysis of the covering loess layers. In addition, reference is made to a Lower Pleistocene pseudogley, which shows a thick ( $\varnothing$  50 cm), pisolithic iron crust.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	159
2. Die vulkanischen Einschaltungen in den äolischen Deckschichten und deren Umlagerungsprodukten . . . . .	160
3. Die Altersstellung der Tuffe im Vergleich zu weiteren Tuffvorkommen . . . . .	164
4. Die altpleistozänen Sedimente . . . . .	165
5. Zusammenfassung, Summary . . . . .	166
6. Schriftenverzeichnis . . . . .	166

## 1. Einleitung

Die durch die Erschließung der Wetterauer Braunkohle entstandenen Tagebauaufschlüsse, Tiefbaugruben und Sondierungsbohrungen im Horloffgraben waren in der Vergangenheit mehrfach Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Das Hauptinteresse galt vorwiegend dem oberpliozänen Flöz (z. B. LUDWIG 1858; STORCH 1865; DIEHL 1930: 145 ff.; KIRCHHEIMER 1934; SCHENK 1953, 1955, 1956; LESCHIK 1956; GRUSCHKAU 1962; JANOSCHEK 1965) und den hangenden, von DIEHL als „Siderittonne“ bezeichneten Serien (DIEHL 1930: 137; JANOSCHEK 1970). Neue Tagebauanlagen bei Wohnbach-Bellersheim und Heuchelheim nahm SCHENK (1964: 270 ff.) zum Anlaß, auch auf die quartären Deckschichten mit den darin ent-

\*) Doz. Dr. E. BIBUS, Geographisches Institut (Physische Geographie) der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6 Frankfurt a. M., Senckenberg-Anlage 36.



haltenen Böden und Einlagerungen aufmerksam zu machen. Während das sehr reichhaltige, aber stark kryoturbat gestörte Quartärprofil von Wohnbach-Bellersheim schon mehrfach untersucht wurde [vgl. z. B. SCHENK 1964; JANOSCHEK 1970; BIBUS 1973; 353 ff.; BRUNNACKER et al. (in Vorbereitung)], blieben die wesentlich ungestörteren Deckschichten bei Heuchelheim zumindestens aus bodenkundlicher Sicht bislang unberücksichtigt. Diese Lücke sowie der Fund von zwei unbekanntem Tufflagen in den Schichten unter den Lößablagerungen sollen zum Anlaß einer genaueren Aufschlußanalyse genommen werden<sup>1</sup>.

In einer Grobgliederung lassen sich die quartären Sedimente in äolische Deckschichten und deren basale Umlagerungsprodukte und fluviatil-limnische, bis ca. 20 m mächtig werdende bunte Tone, Schluffe und Feinkieslagen unterteilen (vgl. auch SCHENK 1965: 342 ff.).

## 2. Die vulkanischen Einschaltungen in den äolischen Deckschichten und deren Umlagerungsprodukten

An der SE-Wand der Einfahrt zum zukünftigen Tagebau III, ca. 13 m über der Talaue der Horloff gelegen, war im Frühjahr 1973 nachfolgendes Profil aufgeschlossen (zur Lage vgl. Abb. 1, Profil AB; zur Erläuterung Abb. 3).

Als Oberflächenboden liegen unter einem dunkelbraunen (10 YR 3/4) A<sub>p</sub>-Horizont (Abb. 3: 1) bis zu 50 cm mächtige Reste degradierter Schwarzerden (Abb. 3: 2) mit einem säulig-prismatischen Gefüge vor. Basal geht der A<sub>n</sub>-Horizont (10 YR 3/2) in einen braunfleckigen B<sub>v</sub>-Saum (Abb. 3: 3; 10 YR 5/6) über, der von einem C<sub>c</sub>-Horizont mit Kalkkonkretionen und Pseudomycelien unterlagert wird. Eine entsprechende Profilaufolge ist in den Aufschlüssen weiträumig verbreitet. In vereinzelt Muldenlagen kann eine weitere Differenzierung eintreten.

So ist z. B. an der NW-Wand des westlich der Grubengebäude gelegenen Tagebaus III eine ehemalige Hohlform aufgeschlossen, in welcher der Oberflächenboden in eine Feuchtschwarzerde übergeht (zur Lage vgl. Abb. 1, Profil C; zur Erläuterung Abb. 2). Vorzugsweise im zentralen Teil der Mulde wird die Feuchtschwarzerde (Abb. 2: c) von Laacher Bimstuff (Abb. 2: f.) unterlagert, der in seinem oberen Bereich von einem nach unten bogenförmig ausgestülpten B<sub>v</sub>-Horizont (Abb. 2: e) überprägt ist. Nach Ausbildung der Feuchtschwarzerde folgte eine Abtragungszeit, in welcher der A<sub>n</sub>- und B<sub>v</sub>-Horizont im westlichen Teil der Mulde vollkommen erodiert worden sind. Abschließend wurde die Hohlform zunächst von einem schneckenführenden, humosen und später von einem braunen Lehm (Abb. 2: a, b) verfüllt. Vereinzelt treten in diesen beiden kolluvialen Sedimenten Knochenreste und Tonscherben auf.

Aus der Lage der Bodenhorizonte zu dem Laacher Bimstuff läßt sich zweifelsfrei ableiten, daß die Schwarzerde in dem geschilderten Profil nach dem Alleröd entstanden ist. Ihre Bildung dürfte damit im Holozän erfolgt sein, wie dies auch für andere Schwarzerdevorkommen von ZAKOSEK (1962: 30) und ROHDENBURG & MEYER (1968: 151 ff.) vertreten wird. Demgegenüber nimmt KOPP (1965: 104) für die Schwarzerden im rheinisch-westfälischen Raum ein spätglaziales Alter an.

<sup>1</sup>) Herrn Direktor SKROCK und Herrn Betriebsleiter HERGENRÖTHER von der PREAG, Wölfersheim, danke ich für ihr freundliches Entgegenkommen bei meiner Geländearbeit.

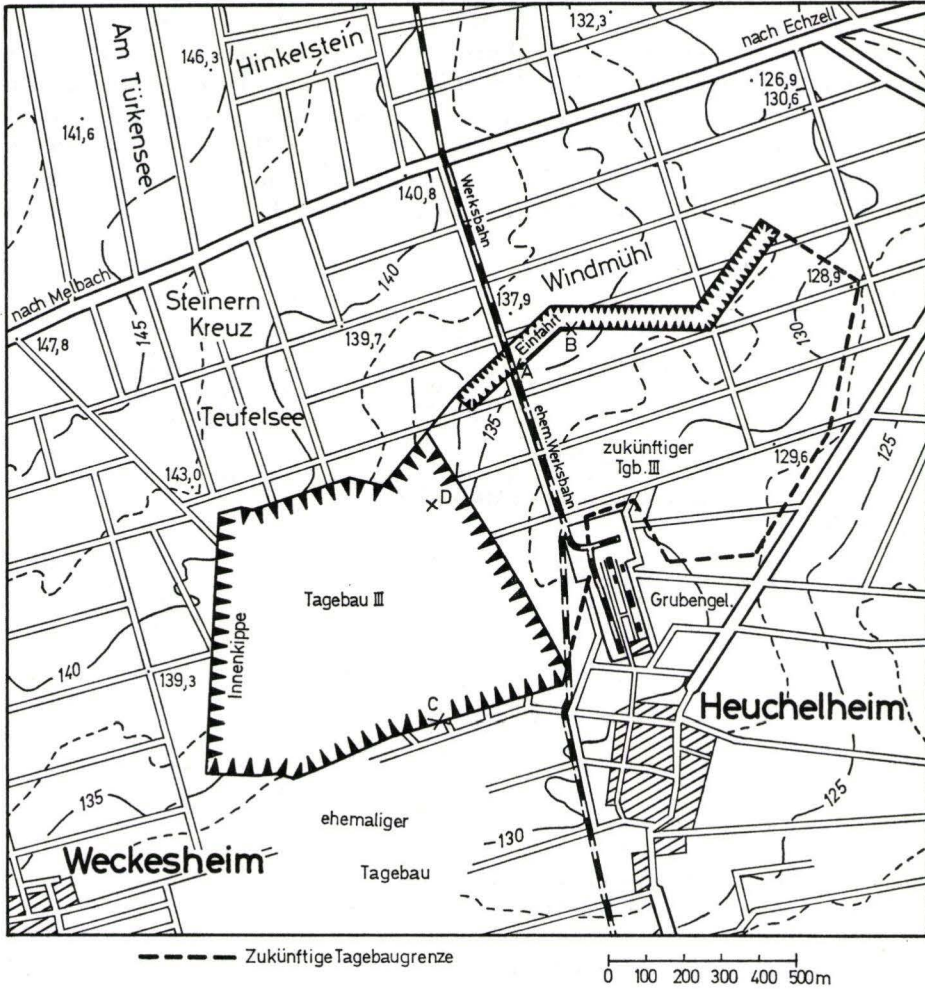


Abb. 1. Übersichtskarte vom Tagebau Heuchelheim und Lage der im Text besprochenen Profile.

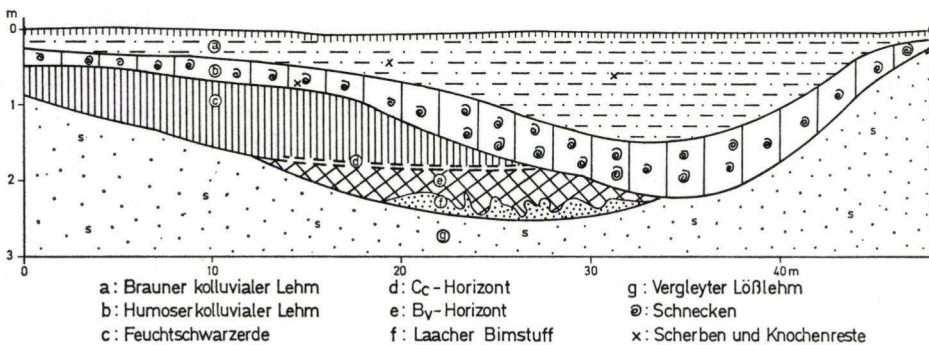


Abb. 2. Aufschlußprofil der verschütteten Mulde an der südlichen Wand vom Tagebau III.

Außerhalb der stärker gegliederten Muldenprofile tritt unter der degradierten Schwarzerde, z. T. auch in deren  $B_v$ -Horizont eingelagert, eine schwache Bleichzone auf, die an der abgetrockneten Wand deutlich hervorsteht. Da dieser Horizont im östlichen Aufschlußbereich von dem Eltviller Tuff (Abb. 3: 5) unterlagert wird, dürfte er dem  $E_4$ -Naßboden (SCHÖNHALS et al. 1964: 201; SEMMEL 1968: 12) des Jungwürm-Lösses entsprechen. Unter diesem Bleichhorizont folgt ein fahlbraunes, schwach humoses Lößmaterial, welches von Rostpünktchen und Lößschnecken durchsetzt

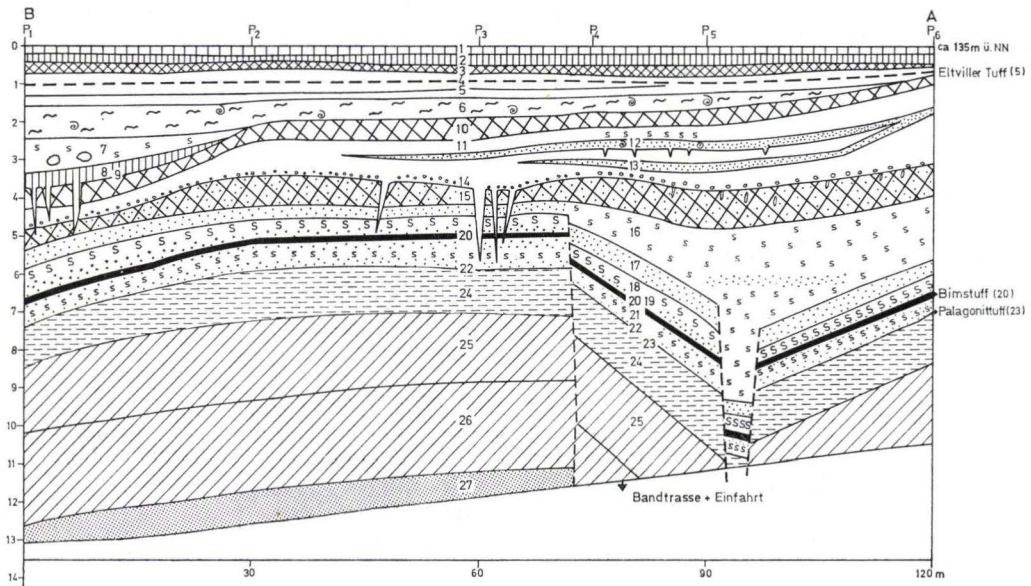


Abb. 3. Detaildarstellung des Profiles AB an der Südostwand der Einfahrt zum zukünftigen Tagebau III (Erläuterungen im Text).

ist. Ob es sich hierbei um eine Fließerde oder um eine schwächere Bodenbildung, z. B. den Lohner (Hahnstätter) Boden handelt, läßt sich nicht sicher entscheiden. Mehr Wahrscheinlichkeit kommt der ersten Deutung zu, da die typischen Gefügemerkmale des Lohner (Hahnstätter) Bodens fehlen (vgl. SCHÖNHALS et al. 1964: 201). Diese Schicht liegt im westlichen Aufschlußbereich auf dem Rest eines schwachen, rötlich-braunen (10 YR 5/6)  $B_t$ -Horizontes (Abb. 3: 10), der stellenweise geringfügig umgelagert ist. Im östlichen Teil des Aufschlusses zieht der Bodenrest in eine ehemalige Hohlform hinein und zeichnet sich hier durch deutliche  $B_t$ -Merkmale und eine schwache Pseudovergleyung aus. Innerhalb der Hohlform schalten sich zwischen die dunkle Umlagerungszone (Abb. 3: 6) und die Parabraunerde eine pseudovergleyte Lößschicht (Abb. 3: 7) und der Rest einer Humuszone (Abb. 3: 8) ein. Das Humusmaterial läßt sich auch in Krotowinen im Hangenden und in bis zu 2 m tiefen Eiskeilen im Liegenden der Humuszone nachweisen.

Der  $B_t$ -Horizont der Parabraunerde wird außerdem von einem bleichen  $S_{wA_1}$ -Horizont überlagert, der von vielen Sesquioxid-Konkretionen durchsetzt ist. Will

man über der Parabraunerde keine Abtragung von Lößschichten mit eingeschalteten  $B_t$ -Horizonten annehmen, wofür keine Hinweise vorliegen, so dürfte der beschriebene Profilschnitt mit einer der Mosbacher Humuszonen (Altwürm) und dem letztinterglazialen Homburger Boden parallelisiert werden.

Unter dem  $B_t$ -Horizont tritt im westlichen Aufschlußbereich ein feinschichtiger Löß auf, in dem kräftige Naßböden ausgebildet sind. Vergleichbare Böden konnten auch an anderer Stelle als typische Horizonte im jüngsten Riblöß beobachtet werden (BIBUS, unveröff. Manuskript). Im einzelnen lassen sich eine Rostringzone mit horizontal ausgezogenen Flecken, ein grünlichgrauer (10 YR 7/2), mehrschichtiger Naßboden (Abb. 3: 12) mit einem rostgelben  $G_0$ -Horizont an der Obergrenze und ein fahlvioletter (10 YR 6/3) Naßboden (Abb. 3: 13) an der Basis nachweisen. Der zu meist dreigeteilte obere Naßboden wird lagenweise von vielen Lößschnecken durchsetzt. An seiner Untergrenze können feine Bleichbahnen bis 50 cm in den liegenden Löß greifen. Sie zeichnen wahrscheinlich ehemalige Eiskeilspalten nach.

Da die Jungriß-Naßböden von keinen weiteren Rib-Bodenbildungen unterlagert werden, muß zwischen ihnen und einer darunter befindlichen Pseudogley-Parabraunerde (Abb. 3: 15) eine Schichtlücke vorliegen. In dem  $S_{WA_1}$ -Horizont der Pseudogley-Parabraunerde (Abb. 3: 14) sind reichlich Sesquioxid-Konkretionen vorhanden. Außerdem eingelagerte, kleine Bauxitgerölle ( $\varnothing < 1$  cm) weisen auf eine Umlagerung dieses Horizontes hin. In dem plattig-polyedrischen  $S_d B_t$ -Horizont, der sich durch eine rost- bis rötlichbraune Färbung (10 YR 5/6) auszeichnet, sind bis faustgroße, senkrecht stehende Kalkkonkretionen zur Ausfällung gelangt. Im westlichen Teil des Aufschlusses sind die liegenden Schichten durch Sackung des Braunkohleflözes oder „rupturelle Deformation“ des Untergrundes (SCHENK 1955: 101) in einem kleinen Graben abgesunken. Die tektonischen Verstellungen müssen unmittelbar vor Ausbildung der 2. fossilen Parabraunerde erfolgt sein, da dieser Boden ungestört verläuft, die liegenden Schichten dagegen verstellt sind. Der durch die Absenkung entstandenen, ehemalige Reliefunterschied wurde durch die Akkumulation einer bis zu 5 m mächtigen Lößlehmschicht (Abb. 3: 16) ausgeglichen. Diese ist entsprechend ihrer Grabenlage stark vergleht und besitzt mit einem wellig-feinplattigen Gefüge schwache Umlagerungsmerkmale.

Die z. T. gestörten Schichten stellen eine wechselnde Serie von aufeinanderfolgenden fahlgrauen und violettbraunen Bändern dar. Seine besondere Bedeutung erhält dieser Profilschnitt durch die Einlagerung der eingangs erwähnten Tuffhorizonte. Bei den nichtvulkanischen Sedimenten handelt es sich um Schluffe und schluffige und tonige Lehme, die teilweise loßähnlichen Charakter besitzen und durch Umlagerungsvorgänge, Grundwassereinflüsse und möglicherweise andere Bodenbildungsprozesse eine sehr starke Überprägung erfahren haben.

Eingeleitet wird die Sedimentserie von zwei schluffigen Bleichbahnen (Abb. 3: 17 u. 19; 7,5 YR 6/2), die eine violetttrötliche lehmige Zone (Abb. 3: 18; 5 YR 4/4) einschließen. In die untere Bleichbahn ist der jüngere Tuff als ein bräunlichgelbes (10 YR 7/6), ca. 20 cm breites Band (Abb. 3: 20) eingelagert. Nah an der Untergrenze des Tuffhorizontes tritt weit verbreitet eine schwarze Lage auf, die sich aus dunklen Schieferschüppchen mit einem Durchmesser bis 0,8 cm zusammensetzt. Auch im oberen Bereich der Tuffablagerungen lassen sich vereinzelt Schieferfragmente nach-

weisen. Makroskopisch besitzt das tuffitische Material ein lockeres bis poröses Gefüge und zeigt beim Reiben zwischen den Fingern den für Bimstufte typischen Wasser-austritt.

Eine mineralogische Untersuchung<sup>2</sup> erbrachte folgendes Ergebnis:

„Als vorherrschende Bestandteile des Tuffs sind Partikel von kristallinen Schiefen sowie Sanidin vorhanden. Nur vereinzelt finden sich angegriffene Bimskörner, Olivin, Ägirinaugit und basaltischer Augit, braune Hornblende, Biotit, Magnetit und Apatit. Olivin, Ägirinaugit und basaltischer Augit sind stark korrodiert und bilden z. T. nur noch Skelette. Wahrscheinlich ist ein Teil dieser Minerale vollständig aufgelöst worden. Der widerstandsfähige Sanidin blieb dagegen erhalten und wurde gegenüber den anderen Bestandteilen relativ angereichert“ (FRECHEN 1973a: 2).

Das zweite Tuffvorkommen tritt nach einer weiteren lehmigen Bahn ebenfalls in einer schluffigen Bleichungszone (Abb. 3: 22) auf. Es ist als ein nur 1 cm starkes Bändchen von dunkelolivgrüner Farbe (2,5 Y 4/4) ausgebildet. Das vulkanische Material (Abb. 3: 23) zeichnet sich durch ein körniges Gefüge und einen hohen Biotitanteil aus. Mineralogisch handelt es sich nach FRECHEN (1973: 1)<sup>3</sup> um einen Palagonittuff, der aus teils rundlichen, teils eckigen kleinen Lapilli von klarem lichtbraunem bis dunkelbraunem Glas besteht. Der Korn-%-Anteil beträgt an Olivin 20,0%, an Augit 79,1% und an Hornblende 0,4%.

### 3. Die Altersstellung der Tuffe im Vergleich zu weiteren Tuffvorkommen

Nach ihrer Lage unter 2 fossilen Parabraunerden kann für die beiden Tuffe eine Ablagerung vor mindestens 2 früheren Warmzeiten angenommen werden. Als ein schon oft diskutiertes Datierungsproblem bleibt jedoch die Frage bestehen, in welcher Weise die präeozänen Parabraunerden mit Warmzeiten und die dazwischen liegenden Lösssedimente mit Kaltzeiten der bekannten Pleistozän-Gliederungen zu korrelieren sind. Unter Anwendung des klassischen Pleistozän-Schemas würde sich für die Tuffe ein mindelzeitliches Alter ergeben. Berücksichtigt man jedoch eine Mehrphasigkeit der Riß(Saale)-Kaltzeit, was nach den Arbeiten von KOPP & WOLDSTEDT (1965: 37 ff.), PAAS (1968: 33) u. a. ziemlich wahrscheinlich ist, so dürften die Tuffe als mittel- bis altrißzeitlich einzustufen sein.

Ebenfalls unter zwei fossilen Parabraunerden wurden von SEMMEL in der Zgl. Bad Soden Tuffreste gefunden, die mineralogisch vollkommen mit dem Heuchelheimer Palagonittuff übereinstimmen. Diese stratigraphische Beziehung sowie die Tatsache, daß in Bad Soden eine mächtige Lößserie mit 8 fossilen Parabraunerden und einem Pseudogley vorhanden ist (SEMMEL 1967: 240), spricht gegen die Möglichkeit von größeren Diskordanzen im Hangenden der Tuffe, denen weitere B<sub>1</sub>-Horizonte u. U. zum Opfer gefallen wären.

Ein weiterer, unter 2 fossilen Parabraunerden gefundener Basalttuff bei Bellersheim (BIBUS 1973: 354) weicht in mineralogischer Zusammensetzung und makroskopischer Ausbildung vollkommen von den beiden Heuchelheimer Tuffen ab. Entspre-

<sup>2</sup>) Die mineralogischen Untersuchungen wurden dankenswerterweise von Herrn Prof. Dr. J. FRECHEN, Bonn, durchgeführt. Seine brieflichen Mitteilungen sind im Text als Zitate gekennzeichnet.

<sup>3</sup>) Vgl. Anm. 2

chendes gilt auch für den unter 3 fossilen Warmzeitböden nachgewiesenen „Friedberger Bimstuff“ (BIBUS 1973: 355 ff.).

Insgesamt sind somit unter Berücksichtigung der neuen Funde im Lößgebiet des Wetterau-Rhein-Main-Tieflandes bislang 8 verschieden alte und sicher zu unterscheidende Tufflagen bekannt geworden, von denen alleine 3 Tuffite unter 2 fossilen Parabraunerden liegen (SCHOTTLER 1912, 1916; SCHÖNHALS 1959; SEMMEL 1967; BIBUS 1973).

Darüber hinaus konnten von Sedimentbeimischungen stark verunreinigte, tuffische Einlagerungen in einer Lößgrube im südöstlichen Neubaugebiet von Windecken (Wetterau) und in einem Schotterkörper in der Zgl. Hungen gefunden werden. Während das vulkanische Material von Hungen sich durch einen außergewöhnlich hohen Biotitanteil auszeichnet, ist in dem Vorkommen von Windecken der Hornblendeanteil sehr groß. Nach den mineralogischen Untersuchungen von FRECHEN (1973: 2) dürften auch die beiden letztgenannten Funde neue Tufftypen darstellen, deren stratigraphische Stellung allerdings z. Z. noch ungeklärt ist.

#### 4. Die altpleistozänen Sedimente

Unter den Tuffen setzen im Tagebau Heuchelheim nach einer roststreifigen Umlagerungszone (Abb. 3: 24) die zumeist nach DIEHL (1930: 137) als „Siderittone“ bezeichneten Altpleistozän-Schichten ein (vgl. auch SCHENK 1956: 342; JANOSCHEK 1970). Diese nichtäolischen Ablagerungen besitzen eine typische Abfolge und bestehen keinesfalls nur aus tonigen Sedimenten.

Über dem Braunkohlenflöz lassen sich von oben nach unten violettrote Tone (Abb. 3: 25), graublauere Tone (Abb. 3: 26), graugrüne bis braune, lehmige Schluffe und schluffige Lehme mit zwei kohligem Lagen (Abb. 3: 27), braune, feinkiesige Schluffe und violettrote Tone nachweisen<sup>4</sup>. In den graugrünen bis braunen, lehmigen Schluffen sind häufig Vivianitkügelchen zur Ausfällung gelangt (DEDERSCHEK 1973: 143). Die gesamte Schichtabfolge ist innerhalb des Aufschlusses leicht verbogen und kann an kryoturbar gestörten Stellen lokal auch steil aufgepreßt sein.

Nach SCHENK (1953: 192) sollen den Siderittonen Tuffe eingeschaltet sein. Mineralogische Untersuchungen an zwei Schichten, die Tuffiten täuschend ähnlich sahen, erbrachten jedoch keine Hinweise auf vulkanische Bestandteile.

Eindeutige Bodenbildungen konnten innerhalb der altpleistozänen Sedimente bislang nur an einer Stelle in den schluffigen Lehmen gefunden werden. Es handelt sich hierbei um einen kräftig marmorierten Pseudogley, über dessen fahlgrauem  $S_w$ -Horizont eine bis zu 50 cm mächtige, aus Pisolithen verbackene Eisenkruste ausgebildet ist. In seiner Profilabfolge ähnelt der Boden sehr stark lateritischen Bildungen, wie sie neuerdings von PLASS (1973: 337 ff.) aus dem Pliozän Rheinhessens beschrieben wurden.

Die feinkiesigen Schichten enthalten auch stellenweise viele runde Fe-Konkretionen ( $\varnothing < 0,8$  cm), die in diesem Aufschluß keinerlei Beziehungen zu einem Bodenhorizont zeigen. Ob es sich hierbei um an Ort und Stelle entstandene Konkretionen

<sup>4</sup>) Eine pollenanalytische Untersuchung der Altpleistozän-Schichten ist von Herrn Dr. v. D. BRELIE, Krefeld, geplant.

oder um eingeschwemmtes Material älterer Bodenbildungen handelt, läßt sich nicht sicher entscheiden.

### 5. Zusammenfassung

Das Quartärprofil des im Horloffgraben gelegenen Tagebaus Heuchelheim wurde aufgenommen und bodenkundlich beschrieben. Anlaß hierfür gab der Fund zweier bislang unbekannter Tufflagen, die in einer schluffig-lehmigen Sedimentserie unterhalb der Lößablagerungen eingeschaltet sind. Die beiden Tuffe stellen in ihrer Ausbildung neue quartärstratigraphische Horizonte dar. Es handelt sich hierbei um einen bräunlichgelben, von Schieferschüppchen durchsetzten Bimstuff und um einen olivgrünen, biotitführenden Palagonittuff. Aufgrund der bodenkundlichen Analyse der Deckschichten und deren Parallelisierung mit typischen Löß-Bodenhorizonten war eine Einordnung der Tufflagen in eine Zeit vor mindestens zwei früheren Warmzeiten möglich. Abschließend wurde kurz auf die altpleistozänen Schichten eingegangen und auf einen darin ausgebildeten Pseudogley mit einer bis 50 cm mächtigen, pisolithischen Eisenkruste hingewiesen.

### Summary

The Quaternary profile of the surface mining at Heuchelheim, situated in the Horloff Graben, was surveyed and described pedologically. This study was caused by the finding of two formerly unknown tuff layers, which are embedded in layers below the loess deposits. Because of their mineral components, these two tuffs represent new stratigraphic horizons within the Quaternary sediments of the Wetterau area. The tuffs concerned are one brownish-yellow pumice tuff (Bimstuff), interspersed with scaled fragments of slate, and an olive-green palagonite tuff (Palagonittuff), which contains a great amount of biotite. On the basis of a pedological analysis of the covering loess layers, and a parallelisation with typical loess soils, these tuff layers could be determined to be older than at least two earlier interglacials. Finally, the study shortly dealt with the Lower Pleistocene layers, containing one fossil pseudogley, which shows a thick ( $\varnothing$  50 cm), pisolithic iron crust.

### 6. Schriftenverzeichnis

- BIBUS, E. (1973): Ausbildung und Lagerungsverhältnisse quartärer Tuffvorkommen in der Wetterau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**: 346—361, 6 Abb.; Wiesbaden.
- DEDESCHECK, D. (1973): Vivianit aus dem Braunkohlentagebau bei Heuchelheim in Hessen. — Aufschluß, **24**, 4: 141—143, 3 Abb.; Braunschweig.
- DIEHL, O. (1930): Über das Braunkohlenvorkommen der Wetterau. — Notizbl. Ver. Erdk., (V) **12**: 128—148; Darmstadt.
- FRECHEN, J. (1973): Briefl. Mitt. vom 10. 4. 1973.  
— (1973a): Briefl. Mitt. vom 4. 6. 1973.
- GRUSCHKAU, H. (1962): Pollenanalytische Untersuchungen der Wetterauer Braunkohle und über holarktische Ericaceen. — Diss.; Gießen.
- JANOSCHEK, A. (1965): Faziesgliederung und Feinstratigraphie im Braunkohlenlager von Wölfersheim. — Unveröff. Dipl.-Arb.: 1—25, Gießen.  
— (1970): Jung-Pliozän und Alt-Pleistozän im Horloff-Graben (Wetterau). — Diss., 9 Abb., 9 Tab.; Gießen.

- KIRCHHEIMER, F. (1934): Das Hauptbraunkohlenlager der Wetterau. — Ber. wetterauische Ges. 1921—1933: 1—74, 6 Abb., 10 Taf.; Hanau.
- KÖBRICH, C. (1933): Tektonische Probleme der Wetterauer Braunkohlenablagerung. — Notizbl. Ver. Erdk., (V) 14: 125—126; Darmstadt.
- KOPP, E. (1965): Über Vorkommen „degradierter Steppenböden“ in den Lößgebieten des Niederrheins und Westfalens und ihre Bedeutung für die Paläobodenkunde und Bodengenese. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 16: 97—112, 1 Abb.; Öhringen.
- & WOLDSTEDT, P. (1965): Über den Charakter der Würmezeit zwischen Drenthe- und Wartheistadial in Norddeutschland. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 16: 37—46, 4 Abb.; Öhringen.
- LESCHIK, G. (1956): Die Entstehung der Braunkohle der Wetterau und ihre Mikro- und Makroflora. — Palaeontographica, (B), 100: 26—64, 4 Abb., 5 Taf.; Stuttgart.
- LUDWIG, R. (1858): Geognosie und Geogenie der Wetterau. — 229 S.; Hanau.
- MUNSELL (1954): Munsell Soil Color Charts; Baltimore, Maryland, U.S.A.
- PAAS, W. (1968): Stratigraphische Gliederung des niederrheinischen Lößes und seiner fossilen Böden. — Decheniana, 121: 9—38, 2 Tab., 10 Abb.; Bonn.
- PLASS, W. (1973): Pliozäne Latosole in Rheinhessen. 1. Teil. Allgemeiner Überblick. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 101: 337—345, 3 Abb.; Wiesbaden.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B. (1968): Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän? — Göttinger bodenkdl. Ber., 6: 127—212, 12 Abb.; Göttingen.
- SCHENK, E. (1953): Die Wetterauer Braunkohle, ihre Stratigraphie und Tektonik und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Bergbau. — Z. deutsch. geol. Ges., 104: 191—193; Stuttgart.
- (1955): Postpliozäne Krustenbewegungen mit Faltenformen in der Wetterau. — Geol. Rdsch., 43: 93—103, 6 Abb.; Stuttgart.
- (1956): Erosion und Sedimentation im Hauptbraunkohlenlager der Wetterau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 84: 328—355, 7 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- (1964): Das Quartärprofil in den Braunkohlentagebauen bei Berstadt und Weckesheim (Wetterau). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 92: 270—274; Wiesbaden.
- (1965): Das Alter der Lateritdecken und Eisenerzlagertstätten im Vogelsberg. — Z. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen, 18, 7: 352—353, 3 Abb.; Stuttgart.
- SCHÖNHALS, E. (1959): Der Basalt-Tuff von Kärlich als Leithorizont des Würm-Hochglazials. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 4: 337—340, 2 Abb., 1 Taf.; Krefeld.
- ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöß-Gliederung in Hessen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 15: 199—206, 1 Abb.; Öhringen.
- SCHOTTLER, W. (1912): Zwei pleistozäne Tuffvorkommen in der Wetterau. — Notizbl. Ver. Erdkd., (IV) 33: 55—67, 2 Abb.; Darmstadt.
- (1916): Nochmals die pleistozänen vulkanischen Tuffe in der Wetterau. — Notizbl. Ver. Erdkd., (V) 1: 56—77, 2 Abb.; Darmstadt.
- SEMMEL, A. (1967): Über Prä-Würm-Lösse in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 95: 239—241; Wiesbaden.
- (1967a): Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lössen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 95: 104—108, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — Frankfurter geogr. H., 45: 1—133, 35 Abb., 2 Tab.; Frankfurt a. M.
- STORCH, L. (1865): Entstehung der Wetterauer Braunkohlenlager. — N. Jb. Mineral.: 450—455; Stuttgart.
- ZAKOSEK, H. (1962): Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrhein. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 37: 1—46, 1 Abb., 19 Tab.; Wiesbaden.



## Metternicher und Eltviller Tuff-Horizont im Würm-Löß am Mittel- und Niederrhein

Von

HARTWIG LÖHR, Tübingen, und KARL BRUNNACKER, Köln\*

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle

**Kurzfassung:** Die würmeiszeitliche Löß-Folge wird in Hangfußposition durch Humuszonen eingeleitet. Darin kommt Bimstuff vor, der als Metternicher Tuff-Horizont bezeichnet wird. Dem darüber folgenden Löß sind weitere interstadiale Böden (I-III) zwischengeschaltet. Diese Böden sind in Abhängigkeit von Standort und Region in der Fazies des Naßbodens oder eines braunen Bodens entwickelt. Der Eltviller Tuff-Horizont liegt zwischen II. und III. Boden.

**Abstract:** The loess sequence of Würm age starts with humus zones in down slope position. A pumice tuff which is called Metternich tuff horizon occurs in these zones. Further interstadial soils (I-III) are intercalated in the following loess. These soils are developed in the facies of a wet or brown soil depending on location and region. The Eltville tuff horizon is situated between soil II and III.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	169
2. Profilbeschreibungen . . . . .	170
3. Gliederung der Profile . . . . .	178
3.1. Unterer Profilabschnitt . . . . .	178
3.2. Mittlerer Profilabschnitt . . . . .	179
3.2.1. Paläoböden . . . . .	180
3.2.2. Sedimentfazies . . . . .	180
3.3. Oberer Profilabschnitt . . . . .	181
3.3.1. Sedimentfazies . . . . .	181
3.3.2. Eiskeile und Kryoturbationen . . . . .	181
3.4. Würmeiszeitliche Tuff-Horizonte . . . . .	182
4. Bemerkungen zur regional-faziellen Differenzierung . . . . .	183
5. Stratigraphische Korrelation und Datierung . . . . .	185
5.1. Das Frühwürm . . . . .	185
5.2. Der höhere Profilbereich . . . . .	185
6. Zusammenfassung . . . . .	187
7. Schriftenverzeichnis . . . . .	188

---

\* Prof. Dr. K. BRUNNACKER, Geologisches Institut der Universität, 5 Köln 1, Zülpi-  
cher Str. 49. H. LÖHR, Institut für Urgeschichte der Universität, 74 Tübingen, Schloß.

### 1. Einleitung

Obgleich der Aufbau würmeiszeitlicher Lößprofile relativ gut bekannt ist, sind mancherlei Fragen noch immer offen oder eröffnen sich mit Mehrung der Detailkenntnisse. Besonders gilt dies für regional-fazielle Beziehungen und für feinstratigraphische Zuordnungen, sowie, in der Niederrheinischen Bucht, für das Vorkommen eines Tuff-Bändchens, das ursprünglich als „Kärlicher“ und dann als „Eltviller“ Tuff-Band bekannt geworden ist (SCHÖNHALS 1959, SEMMEL 1967).

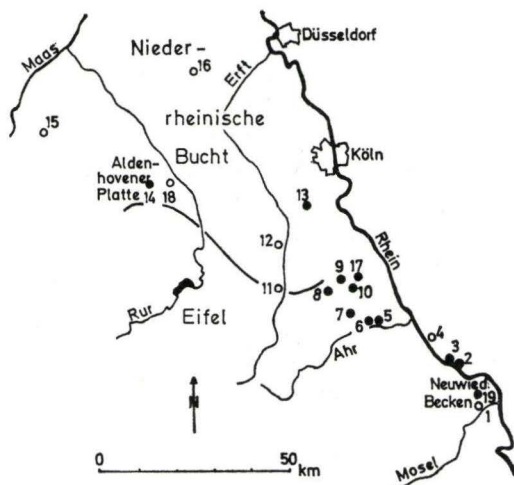


Abb. 1. Lageskizze der wichtigsten im Text erwähnten Profile. Volle Signatur: Profil mit Eltviller Tuff-Horizont.

1 Metternich, 2 Feldkirchen-Gönnersdorf, 3 Leutesdorf, 4 Ariendorf, 5 Lohrsdorf, 6 Landskrone, 7 Ringen, 8 Wormersdorf, 9 Meckenheim, 10 Adendorf, 11 Roitzheim, 12 Lommersum, 13 Brühl, 14 Niedermerz Tgb. Zukunft-West, 15 Sittard, 16 Rheinlanden, 17 Villip, 18 Inden, 19 Kärlich.

Die heutige Problematik ergibt sich aus der Forschungsgeschichte: Ab den 50er Jahren wurde in Trockengebieten Österreichs und Bayerns ein bräunlicher, als Stillfried B bezeichneter Boden als Unterteilung des höheren Würm-Lösses herausgestellt. Im feuchteren Alpenvorland wurde diesem Boden ein Naßboden gleichgesetzt (FINK 1954, 1956; BRUNNACKER 1954, 1956a). Gebietsweise wurde in stratigraphisch tieferer Position ein weiterer, etwas feuchter getönter Boden entsprechender Art und ebenso örtlich einer im hangenden Löß-Bereich gefunden (FWc bzw. SpWa – BRUNNACKER 1957a, 1970a). Zugleich wurde gezeigt, daß die Vergleyung dieser Naßböden gegen feuchtere Bereiche zunimmt. Etwa ab heute 900 mm Jahresniederschlag tritt schließlich eine kaum differenzierte Staublehm-Fazies als Löß-Vertretung auf.

In der Niederrheinischen Bucht wurde im höheren Würm-Löß ebensolche Untergliederung durch Naßböden gefunden und, von unten nach oben, als I., II. und III

Boden bezeichnet (BRUNNACKER 1967b). Wiederum mehr gefühlsmäßig als belegt wurde der II. Boden dem Stillfried B zugeordnet.

In Hessen und andernorts treten in Profilen mit genanntem braunem Boden, z. B. Gräselberger und Hahnstätter Boden, außerdem Naßböden einer viel schwächeren und damit nachgeordneten Kategorie auf (SCHÖNHALS et al. 1964). Deswegen wurde bei der weiteren Kenntnismehrung durch ROHDENBURG & SEMMEL (1971) ein Fazieswechsel von braunen Böden zu Naßböden in Frage gestellt. Gehörten sämtliche Naßböden dieser nachgeordneten Kategorie an, dann hätte dies zur Folge, daß braune Innerwürm-Böden in bestimmten Gebieten aus irgendwelchen Gründen ausfallen, die Naßböden aber erhebliche Variationsbreite im Grad ihrer Vergleyung aufweisen.

Ferner ist in der Niederrheinischen Bucht und in angrenzenden Bereichen das Eltviller Tuff-Band im Würm-Löß nur gelegentlich gefunden worden. Da ihm als tephrochronologische Marke für die Gliederung und Bodenfazies im höheren Würm und damit auch für archäologische Fragestellungen (Hahn 1970, 1972) erhebliche Bedeutung zukommt, werden nachfolgend einschlägige Löß-Vorkommen ab dem Neuwieder Becken behandelt, einmal der Fazies und zum anderen des Tuff-Horizontes wegen. Dazu kommen Profile im Westen der Bucht, die den Anschluß an die Löß-Gliederung in Belgien bringen. Werden dazu frühere Angaben einbezogen (BRUNNACKER 1966, 1967a u. b; BOSINSKI & BRUNNACKER 1969; LANGGUTH 1968; LÖHR 1972; SCHIRMER & STREIT 1967), dann ergibt sich ein ziemlich umfassendes Bild von Aufbau und Fazies des Würm-Lösses ab dem Neuwieder Becken rheinabwärts und nach Westen hin bis zur Maas (Abb. 1).

## 2. Profilbeschreibungen

### Profile zwischen Niederrheinischer Bucht und Ahr-Tal (Abb. 2)

Die Profile wurden bei Bemühungen gefunden, das Profil der Paläolith-Fundstelle von Lommersum<sup>1</sup> (HAHN 1970, 1971, 1972) in die Würm-Folge einzuordnen, sowie eventuell weitere paläolithische Fundstellen zu entdecken. Das zweite Ziel wurde dabei im Gegensatz zum ersten nicht erreicht.

Die Beschreibungen entsprechen der Aufschlußsituation im März 1973. Die Reihe beginnt bei Euskirchen mit den Profilen von Roitzheim und Brühl. Die weiteren Profile liegen in der östlichen Randzone der Eifel.

#### Profil Roitzheim

Ehemalige Ziegeleigrube nordwestlich von Roitzheim

TK 25 Bl. 5306 Euskirchen, R 56900, H 13000

Geländesituation: Fuß eines nach E exponierten flachen Hanges

Oberfläche: 176 m über NN

Tiefe in

cm

- 0— 15 Ap-Horizont einer Parabraunerde
- 100 Bt-Horizont, mit einzelnen Kleinkies-Schnüren
- 120 Bv-Horizont, mit Kleinkies-Schnüren

<sup>1</sup>) Eine eingehende Bearbeitung des gegenüber den ersten Mitteilungen weiter aufgeschlossenen Profils ist durch BRUNNACKER in Vorbereitung. Eine pollenanalytische Untersuchung des Profils findet durch LEROI-GOURHAN statt.

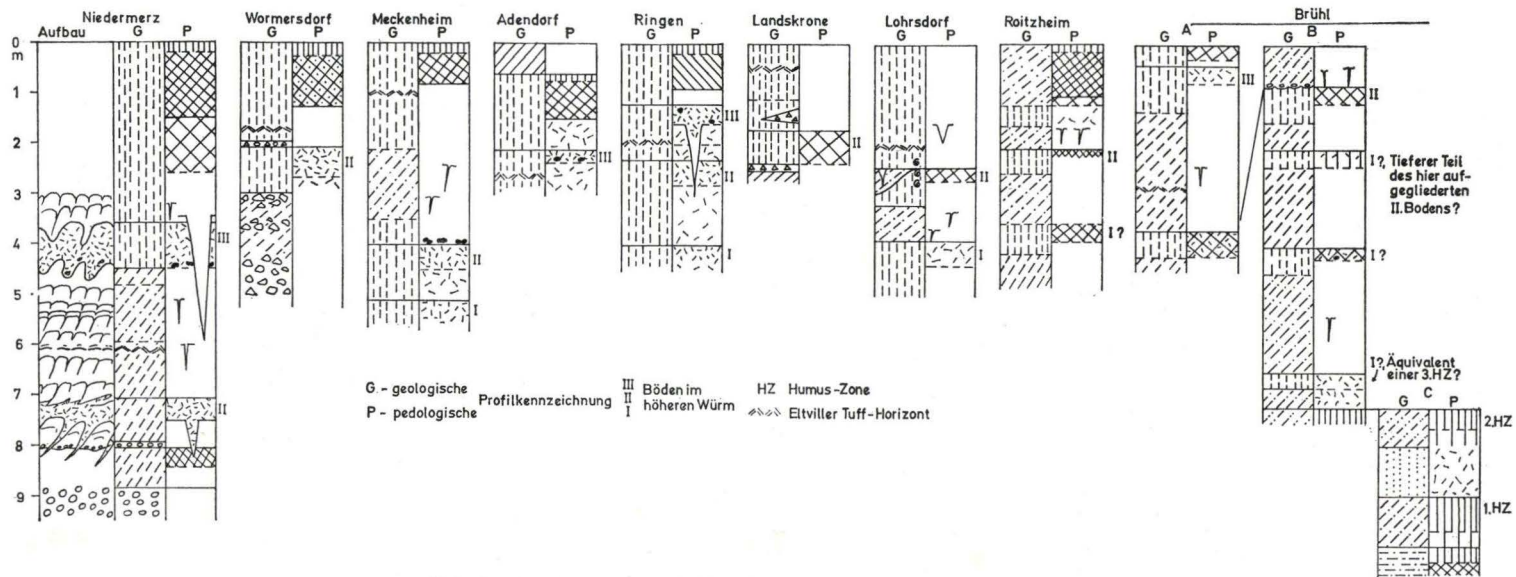


Abb. 2. Beschriebene Profile (Signatur nach FINK 1969).

- 130 graugelber Löß, z. T. mit cm-dicken Sandbändern und Kleinkies-Schnüren
- 140 hellgraubrauner Löß
- 170 hellbrauner Löß, sehr schwach rostfleckig, sehr schwach kleinkiesig, an Basis 2 cm dicke Kleinkies-Lage
- 190 hellgraugelber Löß, undeutlich hellbraun, sandig gebändert, an der Oberfläche setzen Frostspalten an, die bis 30 cm unter die Horizontgrenze hinabreichen
- 210 hellbrauner Löß, an der Basis schwach kiesig (bis 3 cm  $\varnothing$ )
- II — 235 brauner, rotstichiger Lößlehm, mit Kleinkies-Bändern, Kalkpseudomyzel
- 260 hellbrauner Löß, viel Kalk-Pseudomyzel
- 280 hellgraugelber Löß, mit cm-dicken rostbraunen Sand-Bändern
- 360 wie oben, Sand-Bänder etwas seltener
- I? — 390 brauner Löß, schwach kalkhaltig, etwas Kalk-Pseudomyzel
- 430 graubrauner Löß, schwach kalkhaltig, etwas Kalk-Pseudomyzel
- 480 rötlichbrauner Lößlehm, schwach kalkhaltig, etwas Kalk-Pseudomyzel

50 m entfernt:

- 0—300 Heutiger Boden und Löß (ungegliedert)
- 370 rötlichbrauner Lößlehm, mit Sand-Bändern und zahlreichen Kleinkies-Schnüren, schwach kalkhaltig
- 400 schwach humushaltiger, dunkelgraubrauner Lößlehm,
- 450 dunkelgrauer Lößlehm, stark braunfleckig (5 cm  $\varnothing$ ), sehr schwach kalkhaltig
- 470 braungrauer, sandiger Lehm

Bemerkungen: Ob die mit einer Humuszone (Fleckenboden) eingeleitete Folge insgesamt der Würm-Eiszeit zugehört, ist unsicher; denn der vermutete II. Boden könnte auch als stark gekappter und etwas verlagerter Rest eines Interglazialbodens gedeutet werden. Gegen eine solche Interpretation spricht jedoch die Lage zur Erft-Niederterrasse.

### Profil Wormersdorf

TK 25 Bl. 5307 Rheinbach, R 70080, H 08360

Baugrube

Geländesituation: Nach N exponierte Oberhang-Lage

Oberfläche: 210 m über NN

Tiefe in

cm

- 0— 25 Ap-Horizont einer Pseudogley-Parabraunerde
- 125 SBt-Horizont
- 170 graugelber Lößlehm, graufleckig, sehr schwach rostfleckig, schwach kiesig
- Tuff-Horizont: bis 1 cm dunkelgrauer Tuff
- 2 cm Lößlehm
- bis 1 cm dunkelbraungrauer Tuff
- 3 cm Lößlehm
- bis 1 cm dunkelgrauer Tuff
- 195 Lößlehm, wie über Tuff-Horizont
- 250 Kies und Kleinschutt
- II — 225 grauer Lößlehm, sehr stark rostfleckig, schwach kiesig
- 265 gelbgrauer Lößlehm, stark graufleckig, schwach rostfleckig, schwach kiesig
- 295 graugelber Lößlehm, mit cm-dicken Roströhren, schwach kiesig
- 500 graugelber bis gelbgrauer Lößlehm und Ton, mit Schutt-Lagen (Stückgröße bis 10 cm  $\varnothing$ ), undeutlich geschichtet

Bemerkungen: In diesem Profil ist Staublehm vertreten. Es wird durch eine Basisfließerde eingeleitet. Die Unterteilung des Profils geht von der Position des Tuff-Horizontes aus:

Staublehm, mit Tuff-Horizont  
 II. Boden = sehr kräftiger Naßboden  
 Staublehm  
 Basisfließerde

Einige hundert Meter nördlich dieses Aufschlusses wurde das Eltviller Tuff-Band in einem kurzfristigen Baugrubenaufschluß ebenfalls in dreibändriger Ausbildung angetroffen.

#### Profil Meckenheim

Ziegeleigrube westlich von Meckenheim  
 TK 25 Bl. 5308 Bad Godesberg, R 71 700, H 10 260  
 Geländesituation: ebene Plateaulage  
 Oberfläche: 173 m über NN

Tiefe in  
 cm

- 0— 20 Ap-Horizont einer Parabraunerde
- 80 Bt-Horizont
- 100 hellgraugelber Löß

Tuff-Horizont: 1 cm dunkelgrauer Tuff, durchhaltend

- 210 hellgraugelber Löß
- 350 hellgraugelber Löß, schwach sandstreifig, mit Frostspalten
- 400 hellbrauner Löß, an der Basis einige Lößkindel (bis 5 cm  $\varnothing$ ),
- II — 450 hellbrauner Löß, sehr schwach graufleckig, stark rostfleckig, sehr schwach kalkhaltig
- 510 hellbrauner Löß, sehr schwach kalkhaltig, schwach graufleckig, schwach rostfleckig
- I — 560 hellgraugelber Löß, mit senkrechten Roströhren (5 cm  $\varnothing$ ), sehr schwach kalkhaltig

Bemerkungen: Löß, mit Tuff-Horizont; II. Boden = kräftiger Naßboden, schwach gleyfleckiger Löß; I. Boden = sehr kräftiger Naßboden

#### Profil Adendorf

Tongrube südlich von Adendorf  
 TK 25 Bl. 5308 Bad Godesberg, R 74 950, H 08 780  
 Geländesituation: Lage am Rande einer flachen Reliefdepression  
 Oberfläche: 190 m über NN

Tiefe in  
 cm

- 0— 60 Kolluvium
- 75 Ah-Horizont einer Parabraunerde
- 150 Bt-Horizont einer Parabraunerde
- 210 hellbrauner Löß, schwach kalkhaltig, schwach graufleckig, schwach rostfleckig
- III — 235 hellgrauer Löß, schwach kalkhaltig, rostfleckig, Lößkindel (1 cm  $\varnothing$ )
- 260 gelbgrauer Löß, schwach kalkhaltig, mit Roströhren (4 cm  $\varnothing$ )

Tuff-Horizont: (1 bis 3 cm brauner, lehmiger Sand)  
(bis 10 cm Löß)

1 cm dunkelgrauer Tuff

2 cm Löß

1 cm dunkelbraungrauer Tuff

3 cm Löß

1 cm dunkelgrauer Tuff

(einzelne Tuff-Bänder werden lokal bis 3 cm dick)

— 280 Löß, wie über Tuffhorizont

ca. 150 cm verschüttet, Liegendes: tertiärer Ton

Bemerkungen: Sehr schwach gleyfleckiger Löß; III. Boden = Naßboden; gleyfleckiger Löß mit Tuff-Horizont

Profil Lohrsdorf (kombiniertes Profil, Oberfläche gekappt)

Anschnitt einer Böschung in einem Weinberg

TK 25 Bl. 5409 Linz a. Rh., R 84720, H 02670

Geländesituation: Fuß eines nach S exponierten Steilhanges

Oberfläche: 90 m über NN

Tiefe in

cm

0— 70 Hellgelbbrauner Löß

— 160 hellbrauner Löß, Kalk-Pseudomyzel, Untergrenze durch ausgeschmolzenen Eiskeil gestört

— 200 hellgraugelber Löß

Tuff-Horizont: 1 cm dunkelgrauer Tuff

1 cm Löß

2 cm dunkelbraungrauer Tuff

1 cm Löß

1 cm dunkelgrauer Tuff

1 cm Löß

1 cm Löß mit Tuff vermischt

— 240 hellgraugelber Löß, *Trichia hispida* häufiger

— Rinnenfüllung (seitlich auskeilend): bis 100 cm graugelb und hellbraun gestreifter, sandstreifiger Löß, von Eiskeil, der an der Oberfläche der Rinnenfüllung ansetzt, durchzogen

II — 270 hellbrauner Löß, in den obersten 10 cm *Succinea oblonga* häufiger, darunter *Pupilla* sp. häufiger

— 320 hellgraubrauner Löß

— 390 hellgraubrauner Löß, mit zahlreichen hellgraugelben cm-dicken Streifen, Frostspalten

I — 440 hellgraugelber Löß, schwach graufleckig, rostfleckig (2 cm  $\varnothing$ )

— 490 hellgraugelber Löß, sehr schwach sandstreifig

Bemerkungen: Löß, mit Tuff-Horizont; II. Boden = brauner Boden, Löß; I. Boden = schwacher Naßboden, Löß

Profil Landskrone (kombiniertes Profil, Oberfläche gekappt)

Anschnitt einer Böschung in einem Weinberg

TK 25 Bl. 5409 Linz a. Rh., R 83470, H 02260

Geländesituation: Steiler, nach S exponierter Mittelhang am Rande einer breiten, flachen Delle

Oberfläche: 160 m über NN

Tiefe in  
cm

0— 50 Hellgraubrauner Löß

Tuff-Horizont: 2 cm dunkelgrauer Tuff  
1 cm Löß  
2 cm dunkelbraungrauer Tuff  
1 cm Löß  
1 cm Löß mit Tuff vermischt

— 110 hellgraubrauner Löß

30 m entfernt: Fortsetzung nach unten:

— 160 hellbrauner Löß, mit Schiefer-Splitt, etwas Kalk-Pseudomyzel

— 170 Schiefer-Splitt

II — 240 brauner Löß, Kalk-Pseudomyzel

— 250 Schiefer-Splitt

— 270 rötlichbrauner, toniger Lehm, schwach körnig, Kalk-Pseudomyzel

Bemerkungen: Löß, mit Tuff-Horizont; II. Boden = brauner Boden; Löß, nach unten in Basisfließerde übergehend

### Profil Ringen

Tongrube südlich von Ringen

TK 25 Bl. 5408 Bad Neuenahr-Ahrweiler, R 77 950, H 04 030

Geländesituation: ebene Plateaulage

Oberfläche: 210 m über NN

Tiefe in  
cm

0— 20 Ap-Horizont einer Parabraunerde

— 90 Bt-Horizont

— 120 hellgraubrauner Löß

III — 160 gelbgrauer Löß, sehr stark graufleckig, stark rostfleckig, Roströhren mit 3 cm  $\varnothing$ , Lößkindel (2 cm  $\varnothing$ ), an Basis Eiskeil ansetzend

— 190 hellgraubrauner Löß, schwach rostfleckig

Tuff-Horizont: 2 cm dunkelgrauer Tuff, durchhaltend

— 230 hellgraubrauner Löß, mit Roströhren (2 cm  $\varnothing$ )

II — 280 hellgelbgrauer Löß, sehr stark graufleckig, stark rostfleckig

— 400 hellgraubrauner Löß, Roströhren (2 cm  $\varnothing$ )

I — 420 hellgelbgrauer Löß, zahlreiche Roströhren (4 cm  $\varnothing$ )

— 430 hellgelbgrauer Löß, Roströhren (4 cm  $\varnothing$ )

Liegendes: Tertiär-Ton (umgelagert ?)

Bemerkungen: Löß

III. Boden = kräftiger Naßboden, sehr schwach bis schwach gleyfleckiger Löß, mit Tuff-Horizont;

II. Boden = kräftiger Naßboden;

Löß, gleyfleckig;

I. Boden = kräftiger Naßboden;

Löß

Von einer Autobahn-Böschung bei Ringen erwähnen ROHDENBURG & SEMMEL (1971) das Eltviller Tuff-Band als in 5 Einzelbändern aufgelöst.



## Profil Brühl

Aufgelassene Ziegelei WINGS, südliche Grube

TK 25 Bl. 5107 Brühl, R 62760, H 31850

Geländesituation: Unteres Drittel eines nach E exponierten Hanges am Abfall der Ville  
Oberfläche: 85 m über NN

Teilprofil A (Randzone einer Dellenfüllung)

Nr.		Mächtigkeit	Heutiger Boden gekappt
		in cm	
	1	30	Bt-Horizont (Rest)
	2	10	hellbrauner Löß, schwach kalkhaltig
III	3	35	hellbraungrauer Löß, kalkreich, rostfleckig (5 mm $\varnothing$ ), z. T. Rostschlieren
	4	50	hellgraubrauner Löß, kalkreich, oben sehr schwach rostfleckig (5 mm $\varnothing$ ), Kalk-Pigmente (5 mm $\varnothing$ )
	5	140	hellbrauner, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, mit cm-dicken, rötlichen Sandbändern, die nach unten häufiger werden, unten Frostspalten
	6		Tuff-Horizont: bis 4 cm Löß mit Tuff, olivfarben bis 2 cm Tuff, dunkelgrau (nur auf 1,5 m Erstreckung erhalten; gegen Delle gekappt durch Sandbänder, ebenso gegen Hangschulter abgeschnitten)
	7	40	hellgraugelber, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, mit cm-dicken, rötlichen Sandbändern
	8	40	grau und gelb gebänderter, feinsandiger Löß
II	9	50	graubrauner Löß, schwach kalkhaltig, sehr schwach graufleckig, stecknadelkopfgröße Mangankonkretionen, Oberfläche infolge Rillenerosion unregelmäßig verlaufend
	10	30	hellbrauner Löß, sandstreifig

## Teilprofil B

Nr.		Mächtigkeit	Hangendes: Etwa 1 Meter oder mehr abgeschoben
		in cm	
	11	80	hellgraubrauner Löß, cm-dicke rötliche Sandbänder, Frostspalten, schnurartige Steinanreicherung (bis 4 cm $\varnothing$ )
II	12	35	brauner, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, zahlreiche Grabgänge mit 5 mm $\varnothing$ , darin etwas dunklere Füllung, Oberfläche schwach krypturbat gestört
	13	40	hellbrauner, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, Kalk-Pseudomyzel
	14	50	hellgraubrauner, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, mit undeutlichen mm-dicken bräunlichen Sandbändern
I?	15	35	schwach humushaltiger, braungrauer, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, stecknadelkopfgröße Mangankonkretionen, oben sehr schwach rostfleckig
	16	160	hellgraubrauner, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, mit z. T. undeutlicher mm-dicker Bänderung
	17	25	graubrauner, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig, undeutlich braunschlierig, zahlreiche stecknadelkopfgröße Mangankonkretionen, einzelne Lößkindel (1 cm $\varnothing$ )
	18	25	hellbrauner, feinsandiger Löß, schwach kalkhaltig
	19	40	gelblicher Löß im Wechsel mit cm-dicken rötlichen Sandlagen, die etwas Kleinkies führen, sehr schwach kalkhaltig
	20	25	brauner, feinsandiger Löß
	21	25	hellbrauner Löß, etwas Kalk-Pigmente
	22	110	graugelber Löß im Wechsel mit mm-dicken, feinsandigeren Lagen, dazwischen einzelne cm-dicke, rötliche Sandbänder, Frostspalten häufiger

I?	23	30	braungrauer, feinsandiger Löß, schwach rostfleckig, Lößkindel (2 cm $\varnothing$ ), stecknadelkopfgroße Mangankonkretionen
	24	40	braunroter, schluffiger, sandiger Lehm, schwach kalkhaltig
	25	bis 20	sehr schwach humushaltiger, graubrauner, sandiger Lehm
HZ	26	über 30	humushaltiger, dunkelbraungrauer, lehmiger Sand

## Teilprofil C

	Nr.	Mächtigkeit in cm	Hangendes: Wie Teilprofil B
HZ	27	40	humushaltiger, dunkelbraungrauer, lehmiger Sand, Krotowinen (5 cm $\varnothing$ )
	27a	30	wie oben, undeutlich schlierig, mit graubraunem, lehmigen Sand vermengt
	28	40	braungrauer, sehr schwach lehmiger Sand, schwach rostschieferig
	29	40	graubrauner, sehr schwach lehmiger Sand, besonders oben rost- und manganfleckig
	30	20	hellbraungrauer, sehr schwach lehmiger Sand, gebändert, rostfleckig
HZ	31	70	humushaltiger, grauschwarzer, sehr schwach sandiger, schluffiger Lehm
	32	40	schwach humushaltiger, dunkelbraungrauer, schluffiger, sandiger Lehm
AhS	33	30	sehr schwach humushaltiger, grauer, schluffiger, sandiger Lehm, prismatisch-brockig, Mangankonkretionen (5 mm $\varnothing$ )
Bt	34	über 20	brauner, sandiger Lehm, prismatisch-brockig, Tontapeten auf den Gefügekörpern

Das Liegende in dem schon durch PAAS (1968) behandelten Aufschluß bildet die jüngste Mittelterrasse des Rheins. Wie Teilprofil C zeigt, wird sie durch eine etwas pseudovergleyte (und geköpfte) Parabraunerde aus sandigem Hochfultlehm abgeschlossen.

Darüber folgen zwei Humuszonen (HZ). Zwischen dieselben legt sich ein Sand, der äolischer Natur zu sein scheint – schließlich handelt es sich um ein Profil nächst dem letzteiszeitlichen Rhein-Tal. Dieser Sand weist Vernässungserscheinungen auf, was durchaus im Einklang mit den Humuszonen steht.

Gemäß Teilprofil B folgt darüber feinsandiger Löß, z. T. etwas sandstreifig. Eine markante Grenze ist durch einen fossilen Boden gegeben. Nach unserer rheinischen Gliederung der Böden des höheren Würms handelt es sich um den II. Boden, also das Stillfried-B-Äquivalent. Im Teilprofil A zeigt dieser Boden eine Ausbildung, die ihn in den Übergang zum Naßboden-Typ stellt.

Im Teilprofil A sind der II. und der III. Boden erfaßt. Dazwischen liegt das Tuffbändchen (nach Herrn Dr. BOENIGK: 92% Augit, Rest: Zirkon, Granat, Epidot, Hornblende, dazu einige Opake).

Abgesehen von der nicht minder interessanten Abfolge des frühen Würms bildet das Brühler Profil die Schlüsselstellung für das Verständnis der Gliederung des höheren Würms am Niederrhein in Bezug auf andere Gebiete.

Dazu ein westliches Profil der Niederrheinischen Bucht (Abb. 2):

## Profil Niedermerz

Endgültige Nordwestecke des Tagebaus Zukunft-West

TK 25 Bl. 5103 Eschweiler, R 18010, H 38550

Geländesituation: Plateaulage im Ursprungsgebiet einer flachen, nach NE ziehenden Delle

Oberfläche: 133 m über NN

Tiefe in  
cm

- 0— 25 Ap-Horizont des heutigen Bodens
- 150 Bt-Horizont des heutigen Bodens
- 260 Btv-Horizont des heutigen Bodens, im unteren Teil starke Ton-Durchschlammungsbänder (Lamellenflecken)
- 360 hellgraubrauner Löß, kalkhaltig, im unteren Teil rostschieferig, darin Frostspalten mit Kissenboden als Oberfläche; große Eiskeilfüllungen gehen von diesem Niveau nach unten
- III — 460 graubrauner Löß, kalkhaltig, bes. an Basis Kalkkonkretionen bis 2 cm  $\varnothing$ , leicht rostschieferig, stark kryoturbat
- 485 graugelber Löß, kalkhaltig, schwach sandhaltig, schwach gebändert, Kissenboden und Frostspalten
- 600 graugelber Löß, kalkhaltig, bes. im mittleren Abschnitt stärkere Sandstreifigkeit, Kissenboden und Frostspalten
- Tuffband: 0,3 cm dunkelgrauer Tuff
- 4 cm gelbgrauer Löß
- 0,5 cm graugrüner Tuff
- 0,5 cm dunkelgrauer Tuff
- 710 gelbgrauer Löß, kalkhaltig, schwach sandhaltig, schwach gebändert, mit nadelkopfgroßen Manganflecken, Kissenboden und Frostspalten
- II — 750 dunkelgrauer Löß, kalkhaltig, mit kleinen Manganflecken, reich in Eiskeilfüllungen bis an die Profilbasis; Oberkante schieferig verflossen
- 790 Löß, braungrau, kalkhaltig, rostschieferig, sehr schwach gebändert, Taschenboden und Frostspalten
- 800 lehmiger Sand mit Kleinkies, zahlreiche Eisenkonkretionen und Bruchstücke von Wurzelröhrchen, entkalkt
- 845 Lehm, braun, entkalkt
- 860 lehmige Schotter der Maas-Hauptterrasse
- 860 Schotter, braungrau, entkalkt, schwach sandhaltig

Bemerkungen: Das Profil liegt im Zentrum einer weiten, in die Maas-Hauptterrasse eingetieften Delle, die sich wenig nordöstlich des Aufschlusses auch an der heutigen Landoberfläche durchzupausen beginnt.

Der III. Naßboden verläuft parallel zur heutigen Landoberfläche und hält auch außerhalb der Delle durch. Der II. Boden dagegen keilt gegen den Rand der Delle hin aus. Dort ist auch das Tuffband in den gebänderten Löß eingearbeitet.

### 3. Gliederung der Profile

Die Konnektierung der Einzelprofile untereinander und über diesen Großraum hinaus, ist, unter Berücksichtigung der Geländedeposition, durch Leithorizonte, wie bestimmte Paläoböden, charakteristische Abfolgen von Schichtgliedern und besonders durch den erwähnten Tuff-Horizont möglich.

#### 3.1. Unterer Profilabschnitt

In einem geographischen Bereich, dessen nördlichste und nordwestlichste Fundpunkte die Profile von Brühl und Roitzheim sind, liegen über der gekappten letztinterglazialen Parabraunerde schwarzerdeartige Humuszonen. In den Profilen von Metternich und Ariendorf am Mittelrhein tritt in diesem Abschnitt Bims auf. In

Ariendorf liegt Bimstuff im Verband mit einer zweigeteilten Humuszone. Im Profil von Metternich wurde ein Band verlagerten (Körner deutlich gerundet) Bimstuffs an der Basis der Schicht 12 von HOFER (1937) gefunden, das bisher nicht als solches erkannt war. Hier liegt der Tuff über den durch ein dünnes Lößband zweigeteilten Humuszonen. Unter Berücksichtigung der Verhältnisse in Ariendorf ist die Bimsförderung älter als die dort erschlossenen Humuszonen.

Die Profile Landskrone und Wormersdorf (Abb. 2) werden durch Basisfließerde eingeleitet. Diese Fazies reicht generell, abhängig von der standörtlichen Situation, unterschiedlich hoch in die Abfolge hinauf. Im Ahr-Tal ist jedoch die Neigung zu würmeiszeitlicher solifluidaler wie fluvialer Verlagerung ausgesprochen gering; denn an der Landskrone kommt eine Basisfließerde mit interglazialen Bodenmaterial selbst an Steilhängen vor, und die Einmischung von Fremdkomponenten in den hangenden Löß ist ausgesprochen gering.

In Profilen der Tagesbaue Inden und Zukunft West der Aldenhovener Platte, also am Südwestrand der Niederrheinischen Bucht, zeigen der letztinterglaziale Boden wie auch ältere Interglazialböden Merkmale stärkerer Pseudovergleyung (LÖHR 1972: 13 ff., Taf. 57, 2). Anstelle von Humuszonen tritt eine hellgraue gebleichte Zone mit Eisenkonkretionen, Bruchstücken LIESEGANGScher Röhren und Holzkohlen auf<sup>2</sup>.

Auch weiter nördlich am linken Niederrhein im Bereich primärer Lößlehm-Fazies findet sich diese Ausbildung (in Rheindahlen BRUNNACKER 1966).

Wenn am Südwestrand der Niederrheinischen Bucht dennoch gelegentlich humose Bildungen als Einleitung der Würm-Abfolge auftreten, so handelt es sich um schwarzgrau gefärbte, tirsoide Bildungen, die sich deutlich von den schwarzbraunen schwarzerdeähnlicheren Humuszonen der südöstlichen Niederrheinischen Bucht und des Neuwieder Beckens abheben. Derartige Bildungen wurden in Profilen von Erkelenz (SCHIRMER & STREIT 1967) und Hoengen-Warden (BOSINSKI & BRUNNACKER 1969) angetroffen.

Hinweise auf Vulkantätigkeit, wie in Metternich und Ariendorf, wurden in diesem Horizont über dem belgischen sol de Rocourt bei sedimentpetrographischen Untersuchungen gefunden (GULLENTOPS, nach BASTIN 1970).

In allen behandelten Regionen ist dieser untere Profilabschnitt nur in Dellen und Hangfußpositionen überliefert.

### 3.2. Mittlerer Profilabschnitt

Der mittlere Abschnitt der Profile wird nach oben durch eine kräftige Bodenbildung begrenzt. Im Verbreitungsgebiet des Eltviller Tuffbandes ist dies der II. Boden. Über diesem Boden wechselt die Farbe von braunem (hellgraubraun bis braun) zu hellfarbigem (hellgraugelben) Löß.

Hellerer Löß deutet in der Regel, bezogen auf die Abfolge innerhalb eines Profils, mehr auf trockenere und brauner Löß eher auf etwas feuchtere Ablagerungsbedingungen. Aus der vertikalen Abfolge ergibt sich dann ein Wandel von feuchter zu

<sup>2</sup>) Eine Bestimmung dieser Holzkohlen durch SCHWEINGRUBER bei LÖHR (1972; 13). Sie stimmt relativ gut mit einer Pollenanalyse des gleichen Horizontes in Rheindahlen überein (SCHÜTRUMPF 1966).

trockener. Eine deutlich noch feuchtere Fazies wird durch gleyfleckigen Löß und schließlich durch Fleckenlehm und Staublehm ausgewiesen (BRUNNACKER 1966). Teils sind dafür örtliche Gegebenheiten verantwortlich (Ringens, Adendorf), teils deutet sich ein Übergang zu einer feuchteren Region an (Wormersdorf).

Sedimente dieses Abschnittes sind in ihrer Erhaltung nicht mehr an Dellen und Hangfußpositionen gebunden und daher weiter verbreitet. Sie erreichen innerhalb der einzelnen Profile im östlichen Eifelvorland und Neuwieder Becken die größte Mächtigkeit.

Im Bereich der Braunkohlentagebaue Inden und Zukunft West jedoch ist dieser Sedimentabschnitt weniger ausgeprägt. Er liegt wegen der Plateaulage fast immer, nur wenige Dezimeter mächtig, einem Interglazial-Bodenrest bzw. einem älteren Löß oder unmittelbar einer Terrasse auf. In gelegentlichen Dellen kann dieser Abschnitt allerdings auch hier die größten Sedimentmächtigkeiten zeigen (LÖHR 1972, Abb. 7).

In den Profilen von Wormersdorf, Meckenheim, Adendorf, Ringens Lohrsdorf und Niedermerz beginnt die Würm-Abfolge in diesem Abschnitt.

### 3.2.1. Paläoböden

In den Regionalfazies-Bereichen des östlichen Eifelvorlandes wie der südwestlichen Niederrheinischen Bucht ist dieser mittlere Sedimentabschnitt meist durch einen Naßboden untergliedert (I. Boden). Abgeschlossen wird er durch eine kräftige Bodenbildung (II. Boden), die in allen Profilen vorhanden ist und die das alte Relief häufig ausgleichend etwa parallel zur heutigen Oberfläche verläuft (HAHN 1972: 64, LÖHR 1972: 14). Dieser Boden ist teils als verlehmt, brauner Boden entwickelt (Roitzheim, Brühl). Teils handelt es sich um noch primär kalkhaltigen, braunen Boden, wie darin vorhandene Molluskenreste zeigen (Lohrsdorf); doch spielt in diesem Sonderfall die Steilhang-Lage am Ahr-Tal irgendeine Rolle. Im westlichen Bereich ist der Boden als Naßboden ausgebildet, wie auch in den Profilen von Ringens, Meckenheim und Wormersdorf. In Ringens erreicht der Vergleungsgrad dabei eine Intensität, wie sie gewöhnlich nur im feuchteren Alpenvorland gefunden wurde. Außerdem ist hier eine erhebliche Tiefenwirkung der Vergleung und Roströhren als Ausscheidungen nach Art LIESEGANGScher Röhren um ehemalige Wurzelkanäle bemerkenswert.

Im Profil von Brühl ist der Abschnitt zwischen Humuszonen und II. (braunem) Boden durch weitere Naßböden gegliedert. Ihre Korrelation und zeitliche Stellung wird unten diskutiert.

### 3.2.2. Sedimentfazies

Die Sedimentation am nördlichen Eifelrand ist gekennzeichnet durch sandstreifigen Schwemmlöß. Die Basis der einzelnen Pakete setzt jeweils über einer Erosionsdiskordanz und einer mehr oder weniger deutlichen Steinsohle ein, auf die sandstreifiger Löß folgt. Nach oben nimmt die Sandstreifigkeit ab und es kann fast rein oder rein äolischer Löß abgelagert sein (HAHN 1972: 58ff.).

Ob die Sandkomponente allein aus Flugsand besteht, ist zweifelhaft. Hinweise auf Verspülungen sind in Form von Kleinstrinnen, oft mit etwas größeren Bestandteilen

gefüllt, und in regelrechten Deltaschüttungen in Kleinststellen vorhanden. Weiterhin tritt die Sandkomponente bei Profilen in Plateaulage (Ringen) bzw. an Aufschlüssen, in deren Oberhang kein Sand vorhanden ist, deutlich zurück (Landskrone, Lohrsdorf, Niedermerz). Im sandstreifigen Löß häufen sich ferner kleine Kryoturbationen und besonders Frostspalten.

Im Raum der Aldenhovener Platte, in der südwestlichen Faziesregion, kommt in diesem mittleren Profil-Abschnitt fast ausschließlich Schwemmlöß vor. Dieser ist aus em-mächtigen gelb bis graubraunen Bändern aufgebaut. Die bräunlichen Bänder scheinen Material interglazialer Bt-Horizonte zu enthalten. Gegenüber der vorher behandelten Region spielt Sandstreifigkeit eine untergeordnete Rolle, was wegen des meist ausgeglicheneren Reliefs vorzugsweise in einem Mangel an geeigneten Liefergebieten beruhen dürfte. Entsprechend fehlen auch ausgeprägtere Diskordanzen.

### 3.3. Oberer Profilabschnitt

Dieser Abschnitt ist, wie bemerkt, immer durch den hellsten, überwiegend äolischen, „typischen“ Löß innerhalb der einzelnen Abfolgen gekennzeichnet.

Im östlichen Eifelvorland wie auf der Aldenhovener Platte ist er durch einen III. Boden gegliedert, der als Naßboden in den Profilen von Adendorf, Ringen, Brühl und den Tagebauten Zukunft West und Inden nachweisbar ist. Dieser III. Boden liegt überdem Eltviller Tuffband.

#### 3.3.1. Sedimentfazies

Im Bereich der Aldenhovener Platte ist dieser Abschnitt bis zum III. Boden immer aus Schwemmlöß aufgebaut. Die äolische Fazies setzt hier erst in seinem Hangenden ein. Damit wird ein Unterschied zu südöstlichen Regionen des Rheinlandes offenbar, wo Phasen rein äolischer Sedimentation bereits unter dem II. Boden belegt sind.

Allgemein zeigen die Profile über dem III. Boden wieder ein wenig bräunlichere Färbung. Der äolische Löß auf der Aldenhovener Platte ist überdies im Vergleich zu dem des gleichen Abschnittes in Profilen des östlichen Eifelvorlandes und Neuwieder Beckens etwas dunkler gefärbt. Darin könnten sich erneut generell feuchtere Bedingungen anzeigen, wie sie gelegentlich auch über eine Vallonien-Fauna ausgewiesen sind (M. BRUNNACKER in K. BRUNNACKER 1970b, LOŽEK & THOSTE 1972). Möglich ist aber auch eine gewisse Tiefenwirkung der Verwitterung von der heutigen Landoberfläche über deren Boden hinab.

Gleichfalls fällt auf der Aldenhovener Platte die Armut an Molluskenfaunen – abgesehen von Succineen in Dellen – im Vergleich mit dem Neuwieder Becken und dem östlichen Eifelvorland auf. Es sei dahingestellt, ob dies auf den geringeren Kalkgehalt des Lösses zurückgeht oder ob darin weniger lebensfreundliche Umweltbedingungen dieser westlichen Region zum Ausdruck kommen. Im Kölner Raum hingegen dominiert eine Pupillen-Fauna in diesem Lößglied.

#### 3.3.2. Eiskeile und Kryoturbationen

Der diesen Abschnitt unterteilende III. Boden ist im Bereich der Aldenhovener Platte immer durch sehr intensive Kryoturbationen überformt. Anderenorts liegt der Boden fast ungestört.

Im Profil von Ringen ist eine Generation großer Eiskeile durch ihre Lage zwischen dem Eltviller Tuff, der davon durchschnitten wird, und dem III. Naßboden gut datiert. Zur Bildungszeit des III. Bodens sind die Eiskeile ausgeschmolzen, da das graue Bodenmaterial über den Keilfüllungen in diese eingesunken und etwas mächtiger angereichert ist. Möglicherweise in der gleichen Position wie in Ringen kommen auch in Gönnersdorf kleine Eiskeile oder Frostspalten vor (BRUNNACKER 1970 b). Doch bedarf dieses Profil weiterer Untersuchung, weswegen es ausgeklammert bleibt.

Über dem III. Boden findet sich schließlich auf der Aldenhovener Platte ein ausgedehntes System großer Eiskeile, die mit dem hangenden Löß gefüllt sind.

Schmale Frostspalten sind entsprechend der weiten Verbreitung der Schwemmlößfazies auf der Aldenhovener Platte sehr zahlreich. Im Profil von Niedermerz konnten syngenetische, engmaschige Frostspalten beobachtet werden, die über 6 m Sedimentmächtigkeit hinweg ein gleichbleibendes Kissenboden-System bildeten (Abb. 2).

### 3.4. Würmeiszeitliche Tuff-Horizonte

In Würm-Profilen des besprochenen Raumes sind zwei Tuff-Horizonte faßbar.

An der Basis bzw. im Verband mit den einleitenden Humuszonen kommt Bimstuff vor. Da in Ariendorf weitere, ältere Tuffe aufgeschlossen sind, wird dieser Tuff – um Verwechslungen zu vermeiden – als Metternicher Tuff-Horizont bezeichnet. Möglicherweise besteht zum Wehrer Bims ein Zusammenhang, der in der Älteren Niederterrasse gefunden wurde (FRECHEN 1959 b).

Als Leithorizont im höheren Profilbereich tritt das eingangs erwähnte Eltviller Tuff-Band auf. Der Mechanismus der in Richtung auf nördlichere und nordwestlichere Gebiete zu seinem Ausfall infolge Verspülung führt, wird durch die Profile von Niedermerz und Brühl verdeutlicht.

Ist damit eine Erklärung für das Fehlen des Tuffes in Annäherung an die Niederrheinische Bucht gegeben, so bereitet es dennoch Schwierigkeiten, sein scheinbares Fehlen im Neuwieder Becken zu erklären. Im Kärlicher Profil liegt es dem obersten, gekappten Boden in Resten auf und ist in Eiskeilfüllungen eingelagert, die in diesen Boden hineinziehen. Dieser Boden war ursprünglich in seiner genetischen und damit auch zeitlichen Stellung unsicher, wie SCHIRMER (1970) auseinandergesetzt hat. Inzwischen ist bei besserer Aufschlußsituation geklärt, daß es sich um einen Parabraunerde-Rest handelt. Der Kärlicher Brockentuff – ursprünglich als Äquivalent des Eltviller („Kärlicher“) Tuff-Horizontes angesehen – wird damit um (wenigstens) eine Etage älter. Der Eltviller Tuff-Horizont liegt also in Kärlich dem letztinterglazialen Boden auf, was eine erhebliche Schichtlücke im älteren Würm anzeigt.

Die gleiche Schichtlücke ist im Profil von Leutesdorf vorhanden. Hier wird basaltischer, sandiger Tuff mit Lapilli-Lagen über dem Parabraunerde-Rest bis 60 cm mächtig. Im mittleren Teil zeigt er ebenfalls die bei den Profilbeschreibungen vermerkte bräunliche Färbung und leichte Verfestigung. Profile solcher Art sollten die Nachbarschaft des Eruptionsortes anzeigen. Nachdem dafür Kärlich ausscheidet, ist an die weitere Umgebung des Laacher Sees zu denken. Hierfür spricht auch die bereits als charakteristisch für das westliche Verbreitungsgebiet herausgestellte, mehrbänderige Ausbildung des Tuffes (SEMMELE 1967), da mit Annäherung vom Niederrhein an das Ahr-Tal Zahl und Mächtigkeit der Tuffbänder zunimmt.

Eine völlig andere Situation liegt hingegen im Profil von Ariendorf vor. Über den Humuszonen folgt bis 10 m mächtiger Löß. Ihm fehlen unterteilende Interstadial-Böden sehr weitgehend. Einige schwache, kaum erkenntliche Zonen mit blassen, kleinen Rostflecken sind vorhanden. Sie lassen sich eher mit den durch SCHÖNHALS et al. (1964) genannten, untergeordneten Vernässungen vergleichen. Außerdem wurde der Eltviller Tuff-Horizont in diesem Profil nicht gefunden<sup>3</sup>.

Profile wie Ariendorf und Metternich werfen die Frage auf, wieso in diesen mächtigen Lößprofilen im höheren Würm ausgeprägtere Böden und das Eltviller Tuff-Band fehlen oder wenigstens zurücktreten. Hinsichtlich der Böden in den Profilen Metternich und Adendorf wäre es naheliegend, gleichsam an eine Überwältigung der Pedogenese durch länger anhaltende bzw. durchhaltende Lößbildung zu denken. Doch steht dem der Befund von SCHÖNHALS et al. (1964) entgegen, wonach die schwächeren Vernässungen unabhängig von Interstadial-Böden auftreten (falls sie nicht sowieso syndimentärer Natur sind). Das Ausfallen des Tuff-Horizontes innerhalb seiner nachgewiesenen Verbreitung in Profilen mit überwiegend äolischer Fazies könnte u. a. Folge spezifischer Ablagerungsbedingungen sein: Der Tuff – genetisch und körnungsmäßig eher als Asche zu bezeichnen (abgesehen von gröberer Körnung in Kärlich und Leutesdorf) – wurde wohl auch hier abgelagert, jedoch vom Wind wieder aufgenommen und weitertransportiert. Das Problem des lößfreundlichen bzw. -feindlichen Untergrundes könnte in diesem Fall vielleicht auf vulkanische Ascheablagerung übertragen werden.

#### 4. Bemerkungen zur regional-faziellen Differenzierung

Zur faziellen Ausbildung des Lösses und der unterteilenden Böden wurde bereits das Notwendigste gesagt. Wie in Bayern sind dabei ebenfalls Differenzierungen von trockeneren zu feuchteren Bereichen vorhanden. Die Profilaufolge von Euskirchen (Roitzheim) über Wormersdorf zum Ahr-Tal hin wurde unter diesem Gesichtspunkt zusammengestellt (Tab. 1). In ähnlicher Weise zeigt sich eine Abwandlung der Profile vom relativ trockeneren Niederrhein zum feuchteren Maas-Gebiet. Gegen die feuchtere Eifel hin nimmt nach Tab. 1 die Vergleyung der Lösses und Böden zu. Gegen die Maas hin stellen sich dagegen verstärkt Verspülungen ein, die an sich schon am Niederrhein bedeutsamer sind als in vielen anderen Gebieten. Im südwestlichen Faziesbereich, der Aldenhovener Platte, ist schließlich unterhalb des III. Bodens kein äolisches Sediment ausgebildet, während dies im östlichen Eifelvorland durchaus noch der Fall sein kann (Brühl, Lommersum). Hinzu kommt neben der Verspülung, die besondere Neigung zur Bildung flacher Kryoturbationen sowie von Frostspalten und von Eiskeilen (BRUNNACKER (1967 b)). Wie besonders die Dellenfüllungen innerhalb der Profile von Lohrsdorf, Brühl und Villip zeigen, besteht hier ein Zusammenhang mit der einstigen Geländekonfiguration und diese Erscheinungen sind daher nicht ad hoc als stratigraphisches Indiz verwendbar.

<sup>3</sup>) Die Profile von Leutesdorf und Ariendorf wurden bei Begehungen in Umgebung der Paläolithfundstelle Feldkirchen-Gönnersdorf durch G. BOSINSKI als für die Klärung besonderer Fragestellungen geeignet erkannt. Auf sie wird bei anderer Gelegenheit näher eingegangen werden.



Tab. 1. Fazielle Differenzierung der würmeiszeitlichen Lößprofile im östlichen Vorland der Eifel

	Wormersdorf	Meckenheim	Adendorf	Ringen	Landskrone	Lohrsdorf
mm Niederschlag/ Jahr	rd. 650	rd. 600			rd. 600 (+ Hanglage)	
Profiltyp	sehr feucht	mäßig feucht		feucht	trocken	
Heutiger Boden	Pseudogley- Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde brauner Löß (gleyfleckig)	Parabraunerde brauner Löß	erodiert	erodiert
III. Boden	Stablehm	heller Löß	Naßboden heller Löß (gleyfleckig)	kräftiger Naßboden Löß (gleyfleckig)	brauner Löß	brauner Löß
II. Boden	sehr kräftiger Naßboden	kräftiger Naßboden		sehr kräftiger Naßboden	brauner Boden	brauner Boden
	Stablehm	brauner Löß (gleyfleckig)		brauner Löß (gleyfleckig)	brauner Löß	brauner Löß
I. Boden	Fließerde	sehr kräftiger Naßboden		sehr kräftiger Naßboden	Fließerde	schwacher Naßboden  heller Löß

Zusammengenommen ist damit hinsichtlich der Details ein deutlicher Unterschied zu den Verhältnissen im Alpenvorland vorhanden; denn nach dorthin nimmt von der Donau wohl der Tiefgang der Kryoturbationen zu, ist aber horizontweise enger begrenzt. Eiskeile sind überdies selten. Aber dies beginnt sich andererseits schon in mainfränkischen Profilen insofern zu ändern, als hier Eiskeile vermehrt angetroffen werden.

## 5. Stratigraphische Korrelation und Datierung

### 5.1. Das Frühwürm

Die Datierung des unteren Profilschnittes und des unterlagernden Bodens scheint problemlos. Der letztinterglaziale, pseudovergleyte Boden mit hangender Bleichzone auf der Aldenhovener Platte entspricht ganz dem belgischen sol de Ro-court mit dem auflagernden sol de Warneton (PAEPE & VANHOORNE 1967: 40, ZAGWIJN & PAEPE 1968: 140) bzw. dem Homburger Boden der feuchteren Gebiete Hessens (SCHÖNHALS et al. 1964: 200). Der Reiß/Würm-Boden in der trockeneren Region des östlichen Eifelvorlandes und Neuwieder Beckens entspricht dem Erbacher Boden Rheinhessens.

Im Brühler Profil ist das Frühwürm mit zwei Humuszonen über dem Interglazialboden überliefert. Andernorts werden nicht mehr als drei derartige Frühwürm-Humuszonen angetroffen (z. B. SCHÖNHALS et al. 1964: 200), abgesehen von Aufsplitterungen, die durch lokale Materialeinspülung bedingt sind.

### 5.2. Der höhere Profilbereich

Für den höheren Profiltail gilt im wesentlichen die schon vor 20 Jahren in Bayern benutzte Einteilung, die diesen Bereich durch drei Böden, jetzt von unten nach oben mit I., II. und III. Boden bezeichnet, untergliedert. Das Tuffband liegt zwischen dem II. und III. Boden:

III. Boden	frühere Bezeichnung: SpW a
Eltviller Tuff-Horizont	
II. Boden	„WI/WII“ i. S. von BRUNNACKER (1957 = Stillfried-B-Boden)
I. Boden	FW c

Solcher Einteilung steht besonders die von SCHÖNHALS et al. (1964) in Hessen entwickelte Vorstellung in der für unser Gebiet durch ROHDENBURG & SEMMEL (1971) gebrauchten Variante gegenüber, wobei deren Abb. 2 und deren Bezeichnungsweise herangezogen wird:

Tgb. bei Eschweiler:	Zgl. westl. Lüttich:
Naßboden	sol de Kesselt
Eltviller Tuff	Eltviller Tuff
Naßboden	sol de Warneton

An sich sollte naheliegend sein, beide Böden mit dem II. und III. Boden unserer Einteilung gleichzusetzen. Dies geht überraschend gut, wenn 1. auf die Gliederung von SCHÖNHALS et al. (1964) zurückgegriffen wird:

E <sub>4</sub> Naßboden	III. Boden
Eltviller Tuff-Horizont	
Hahnstätter (Hainerberger)/Lohner Boden	II. Boden
Gräselberger/Kirchberger Boden	I. Boden

und wenn 2. die Vorstellung sich durchsetzt, daß eine pedogenetisch wirksame Zeit nicht überall sich in der gleichen typlichen Ausprägung, noch dazu bei „schwachen“ Böden, zu zeigen hat.

Somit erscheint eine Korrelation des I. Bodens der Profile von Meckenheim, Ringen und Lohrsdorf mit dem Gräselberger bzw. Kirchberger Boden Hessens und Südniedersachsens wahrscheinlich, ist aber insofern nicht vollkommen abzuschließen, als 1. das Liegende dieser Profile nicht genügend differenziert (Humuszonen) oder abgeschlossen ist und 2. im Profil von Brühl, wo dies der Fall ist, mehrere schwache Böden sich einschieben. Der unterste Naßboden des Brühler Profils liegt z. B. den Humuszonen unmittelbar auf und es ist auch bei ihm zu erwägen, ob es sich um ein Äquivalent einer dritten Humuszone in Naßbodenfazies handelt. Auch der obere dieser Naßböden könnte mögliches Äquivalent einer Humuszone sein (vgl. jedoch BRUNNACKER 1956b).

Für die Sand-Löß-Übergangsregion Belgiens und der Niederlande gilt die gleiche Problematik wie für den hier behandelten Bereich. Sicher ist, daß auch dort mehrere Böden vorhanden sind, die z. B. für ein Moershofd-Interstadial in Anspruch genommen werden, das dem „Poperinge“-Boden in Belgien zeitlich entsprechen soll (ZAGWIJN & PAEPE 1968, PAEPE & VANHOORNE 1967). Allerdings wurde der Interstadialcharakter dieser Bildungen von BASTIN (1970) angezweifelt. Aus dem Bereich der eigentlichen Lößfazies Belgiens und der Süd-Niederlande sind hingegen keine entsprechenden Bildungen bekannt.

Die Korrelation des II. Bodens der Profile von Landskrone, Lohrsdorf und Brühl mit dem Hahnstätter Boden ist gut möglich. Seine Zuweisung ist im Profil von Lomersum durch zwei C<sup>14</sup>-Datierungen einer liegenden archäologischen Fundschicht abgesichert (33420 ± 500 BP Gro 6191, HAHN 1972). Durch die Auffindung des Eltviller Tuffes im Profil von Brühl sind hier geäußerte Zweifel (ROHDENBURG & SEMMEL 1971) ausgeräumt. Was nämlich die Lage dieses II. Bodens unter der heutigen Oberfläche angeht, so liegt er nur in einer kleinen Partie etwa einen Meter darunter. Sonst aber liegt er in Dellen und in der gesamten nördlichen Ziegeleigrube mehrere Meter darunter. In einer Delle zeigt er (Teilprofil A) zudem eine Ausbildung, die ihn in den Übergang zum Naßboden-Typ stellt.

Der relativ kräftige, humose Naßboden (Nr. 15) dicht unter dem II. Boden im Profil von Brühl bedarf eingehenderer Diskussion. Zwischen diesem und dem II. Boden liegt keine deutliche Diskordanz und es könnte sich um den I. Boden der übrigen Profile handeln. Im belgischen Löß-Decksand-Übergangsgebiet tritt jedoch dicht unter dem Kesselt-Zelsate-Boden, der mit unserem II. Boden zu parallelisieren ist, der Hoboken-Boden auf (ZAGWIJN & PAEPE 1968: 142, PAEPE & VANHOORNE 1967: 42f., Abb. 31). Obwohl auch dieser Boden nicht der Kritik von BASTIN (1970) entging, wäre eine Parallelisierung mit ihm zu erwägen. Der Hoboken-Boden wiederum soll das zeitliche Äquivalent des pollenanalytisch nachgewiesenen Hengelo-Interstadials der Niederlande sein (ZAGWIJN & PAEPE 1968; 134). Auch im Profil

von Ringen deutet sich übrigens, allerdings schwach, eine Ausbildung an, die als Zweiteilung des II. Bodens interpretiert werden kann.

Das wesentlichste Anliegen für die Korrelation des Profils der Paläolithfundstelle von Lommersum ist die Herstellung eines Bezuges zu dieser Bodenbildung bzw. Klimaschwankung unmittelbar unter unserem II. Boden. Es ergibt sich hierbei die Frage, ob ein Boden in solcher Profilposition in manchen Regionen entweder nicht ausgebildet, meist erodiert ist, oder aber mit der kräftigen II. Bodenbildung (dem Stillfried-B-Boden) zusammenfällt. Die Frage wird auch bei der Korrelierung von Böden im Löß und pollenanalytisch oder anders festgestellten Klimaschwankungen verschiedener Regionen relevant. Dies gilt besonders für den hier zur Diskussion stehenden Stillfried-B-Boden und seinen Bezug zu dem Hengelo- und Denekamp-Interstadial. Auf jeden Fall sollte man konsequenterweise weniger von einem Stillfried-B-Interstadial reden sondern eher von einem interstadialen Stillfried-B-Boden.

Der dritte Naßboden (III.), über dem Eltviller Tuff-Horizont gelegen, sollte dem E<sub>4</sub> Boden in Hessen entsprechen. Im belgischen Lößgebiet scheint er bisher kein Äquivalent zu haben. Dennoch könnte ein entsprechender Boden vorhanden sein, der bisher als sol de Kesselt angesehen wurde. Dies sollte aber kaum ausreichen, die Existenz eines sol de Kesselt als zeitlichem Äquivalent unseres II. Bodens generell in Abrede zu stellen; denn zumindest im Profil von Sittard ist der zeitliche Ansatz dieses Bodens durch eine C<sup>14</sup>-Datierung abgesichert (KUYL & BISSCHOPS 1969). Möglicherweise repräsentiert das „desert pavement 3 – Steinsohle 3“ der niederländischen und belgischen Decksandgebiete (ZAGWIJN & PAEPE 1968) eine zeitlich entsprechende Bildung, zumal es wie unser III. Boden in den Profilen von Ringen und Niedermerz mit einer Generation mächtiger Eiskeile verbunden ist.

Pollenanalytisch konnte in Belgien (BASTIN 1970: 570 ff.) und in Höhlensedimenten Frankreichs (LEROI-GOURHAN 1968) in diesem Zeitabschnitt das Interstadial von Laugerie-Lascaux festgestellt werden, für das C<sup>14</sup>-Datierungen von 17190 (GrN 1632) und 19200 (GrN 5499) BP vorliegen (BASTIN 1970: 560).

Angeichts der C<sup>14</sup>-Datierungen des liegenden Eltviller Tuff-Horizontes auf 18500 ± 95 (Hv 1296) und 21100 ± 140 (Hv 1297) BP anhand von Molluskengehäusen (SEMMELE 1967: 106) erscheint eine Datierung unseres III. Bodens in dieses Interstadial am wahrscheinlichsten. Die Lößmächtigkeiten zwischen II. Boden und Tuffband sowie diesem und dem III. Boden sowie deren absolute Datierungen stimmen gut mit angegebenen Schätzwerten über die Geschwindigkeit des Lößaufwuchses, rd. 0,3 mm/a, überein (BRUNNACKER 1970b: 45f.), soweit es sich um echten äolischen Löß handelt:

Laugerie-Lascaux	rd. 18.000 BP = III. Boden
Eltviller Tuffband	rd. 20.000 BP
	II. Boden
Lommersum	rd. 33.500 BP = älter als II. Boden

## 6. Zusammenfassung

Die Untersuchung weiterer Profile im höheren Würm-Löß zwischen Mittelrhein und Niederrheinischen Bucht hat die frühere Gliederung durch in der Regel drei

relativ schwache Böden (I., II., III.) bestätigt. Der Eltviller Tuff-Horizont liegt zwischen II. und III. Boden. Der II. (Stillfried-B-)Boden ist in trockenen Gebieten bzw. Standorten bräunlich gefärbt und in feuchteren Gebieten als Naßboden mit unterschiedlichem Verbleyungsgrad ausgebildet. Auch die Löß-Fazies spricht auf feuchtere Verhältnisse über gleyfleckigen Löß zu Staublehm an. Damit ist im weiteren Umkreis der Niederrheinischen Bucht die seinerzeit in Österreich und Bayern entwickelte regional-fazielle Gliederung der Profile in ebenfalls sehr ähnlicher Weise vorhanden. Allerdings häufen sich Spülvorgänge und Periglazialerscheinungen mit Frostspalten, relativ flachen Kryoturkationen und Eiskeilhorizonten in der Bucht.

Profile wie Brühl deuten die Möglichkeit weiterer Detailgliederung einzelner Abschnitte bei besonders mächtiger Ausbildung wegen eingeschalteter Dellenablagerungen an. Vielleicht kommt dabei auch dem rhythmischen Aufbau der Pakete in Schwemmlöß-Teilgliedern eine gewisse Wertigkeit zu, wie es HAHN (1972: 62 ff.) erwog, wenngleich offen bleibt, ob z. B. einzelne Steinsohlen den Erbenheimer Böden, also den ganz schwachen Vernässungen, zeitlich entsprechen. Gleiche Erscheinungen in Schwemmlössen tieferer Stockwerke müßten dann überdies im gleichen Sinne gewertet werden.

Das Profil von Brühl kann gleichsam als Extremfall einer regionalen Differenzierung betrachtet werden. Diese beginnt in Niederösterreich mit einem in den Würm-Löß eingeschalteten Boden (Stillfried B), gliedert sich in Bayern in bis 2 (selten bis 3) Böden auf (I. u. II. Boden), setzt sich am Niederrhein mit 3 Böden (I., II. u. III.) fort und teilt sich schließlich in Brühl noch weiter auf [oberste = 3. Humuszone in Naßboden-Fazies (Nr. 23), weiterer Naßboden darüber (Nr. 17) = I. Boden?, weiterer Naßboden (Nr. 15) = aufgesplitteter II. Boden?]. Andererseits wäre denkbar, daß die zusätzlichen Naßböden unterhalb vom II. Boden insgesamt auf eine Aufsplitterung des I. Bodens zurückgehen. Aber gleich wie man eines Tages entscheiden kann, eine Annäherung an die aus Belgien und den Niederlanden bekannte reichere Bodenabfolge im höheren Würm ist nicht verkennbar (vgl. dazu BRUNNACKER 1967b). Gleichsam stufenweise, über Schwellenwerte, nimmt somit die Differenzierung im höheren Würm von SE nach NW Mitteleuropas zu als Folge der Einschaltung von Böden. Eine derartige Aufgliederung sollte kennzeichnend sein für eine Randzone der Lößverbreitung in noch periglazialen Raum. Das Gegenstück hierzu dürfte sich in einem Pollenprofil im Drama-Becken in Nordgriechenland mit ebenso starker Aufgliederung anzeigen (WIJMSTRA 1969). In entsprechender Weise ist der würmeiszeitliche Löß, wie für Kitros gezeigt, durch eine Reihe von Böden aufgeteilt.

## 7. Schriftenverzeichnis

- BASTIN, B. (1970): La chronostratigraphie du Würm en Belgique, à la lumière de la palynologie des loess et limons. — Ann. Soc. Géol. Belgique, **93**: 545—580, 7 Taf.; Lüttich.
- BOSINSKI, G. & BRUNNACKER, K. (1969): Ein Halbkeil von Hoengen-Warden, Kr. Aachen-Land. — Bonner Jb., **169**: 29—43; 7 Abb.; Bonn.
- BRUNNACKER, K. (1954): Löß und diluviale Bodenbildung in Südbayern. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **4/5**: 83—86; Öhringen.
- (1956a): Regionale Bodendifferenzierungen während der Würmeiszeit. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**: 43—48, 3 Abb.; Öhringen.

- BRUNNACKER, K. (1956b): Das Lößprofil von Hörlkofen/Obb. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 1964: 424—433, 2 Tab.; Stuttgart.
- (1957a): Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern. — Geol. Bavarica, **34**, 95 S., 11 Abb., 3 Tab., 2 Taf.; München.
- (1957b): Bemerkungen zur Feinstgliederung und zum Kalkgehalt des Lößes. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **8**: 107—115, 1 Abb., 2 Tab.; Öhringen.
- (1966): Das Profil „Westwand“ (paläolithischer Fundplatz Rheindahlen). — Bonner Jb., **166**: 344—356, 3 Abb., 2 Tab.; Bonn.
- (1967a): Grundzüge einer Löß- und Bodenstratigraphie am Niederrhein. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **18**: 142—151, 2 Abb.; Öhringen.
- (1967b): Die regionale Stellung der niederrheinischen Lößprovinz. — Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, Nr. 13: 55—63, 1 Tab.; Köln.
- (1970a): Zwei Lößprofile extremer Klimabereiche Bayerns. — Geol. Bavarica, **63**: 195—206, 2 Abb., 3 Tab.; München.
- (1970b): Zur Geologie der Fundstelle von Gönnersdorf. — Germania, **47**: 39—47, 1 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- FINK, J. (1954): Die fossilen Böden im österreichischen Löß. — Quartär, **6**: 85—108, 11 Abb.; Bonn.
- (1956): Zur Korrelation der Terrassen und Löße in Österreich. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**: 49—77, 9 Abb.; Öhringen.
- (1969): Les progrès de l'Étude des Loess en Europe. — Stratigraphie des Loess d'Europe, Suppl. Bull. l'Association Française l'Étude Quaternaire: 3—12, 2 Abb.; Paris.
- FRECHEN, J. (1959a): Die basaltischen „Ausbläser“ von Kärlich (Neuwieder Becken) und die Verbreitung ihrer Tuffe. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **4**: 301—312, 3 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- (1959b): Die Tuffe des Laacher Vulkangebietes als quartärgeologische Leitgesteine und Zeitmarken. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **4**: 363—370, 1 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- HAHN, J. (1970): Sondierung einer jungpaläolithischen Freilandstation bei Lommersum, Kreis Euskirchen. — Bonner Jb., **170**: 1—18, 14 Abb., 1 Beil.; Bonn.
- (1971): „Weilerswist“. — Bonner Jb., **171**: 465—470, 5 Abb.; Bonn.
- (1972): Eine jungpaläolithische Feuerstelle aus Lommersum, Kreis Euskirchen. — Rheinische Ausgrabungen, Nr. 11: 56—80; Bonn.
- HOFER, H. C. (1937): Bericht „Metternich“. — Bonner Jb., **142**: 275—278; Bonn.
- KUYL, O. S. & BISSCHOPS, J. H. (1969): Le Loess aux Pays-Bas. — La Stratigraphie des Loess d'Europe, Suppl. Bull. l'Association Française l'Étude Quaternaire: 101—104, 2 Abb.; Paris.
- LEROI-GOURHAN, A. (1968): Dénominations des oscillations Würmiennes. — Bull. Ass. française pour l'étude du Quaternaire, **4**: 281—287, 1 Taf.; Paris.
- LÖHR, H. (1972): Paläolithische Funde in Lößprofilen des Tagebaus „Zukunft-West“, Gemeinde Langweiler, Kreis Jülich. — Rheinische Ausgrabungen, Nr. 11: 1—55, 2 Abb., 52 Taf.; Bonn.
- LOŽEK, V. & THOSTE, V. (1972): Eine spätglaziale Molluskenfauna aus dem Bereich der Niederterrasse südlich von Köln. — Decheniana, **125**: 55—61, 1 Abb., 1 Tab.; Bonn.
- MUSA, I. (1971): Das Altpleistozän am nördlichen Eifelrand (Südteil des Erft-Beckens). — Dipl.-Arb., 123 S., 16 Tab., 1 geol. Kte.; Köln.
- PAAS, W. (1968): Stratigraphische Gliederung des Niederrheinischen Lösses und seiner fossilen Böden. — Decheniana, **121**: 9—38, 10 Abb., 2 Tab.; Bonn.
- PAEPE, R. & VANHOORNE, R. (1967): The stratigraphy and palaeobotany of the late Pleistocene in Belgium. — Mém. Expl. Cartes Géologiques de la Belgique, Nr. 8, 96 S., 29 Abb., 17 Tab.; Brüssel.
- ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1971): Bemerkungen zur Stratigraphie des Würm-Lösses im westlichen Mitteleuropa. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 246 bis 252, 2 Abb.; Wiesbaden.

- SCHIRMER, W. (1970): Das jüngere Pleistozän in der Tongrube Kärlich am Mittelrhein. — Mainzer naturwiss. Arch., **9**: 257—284, 6 Abb., 1 Tab., 1 Beil.; Mainz.
- SCHIRMER, W. & STREIT, R. (1967): Die Deckschichten der niederrheinischen Hauptterrasse bei Erkelenz. — Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, Nr. 13: 81—94, 1 Abb., 1 Tab.; Köln.
- SCHÖNHALS, E. (1959): Der Basalt-Tuff von Kärlich als Leithorizont des Würm-Hochglazials. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **4**: 313—322, 2 Abb., 1 Tab.; Krefeld.
- , E., ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöß-Gliederung in Hessen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **15**: 199—206, 1 Abb.; Öhringen.
- SCHÜTRUMPF, R. (1966): Pollenanalytische Untersuchungen in den Lößschichten von Rheindahlen. — Bonner Jb., **166**: 357—358; Bonn.
- SEMMEL, A. (1967): Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lössen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 104—108, 1 Abb.; Wiesbaden.
- WIJMSTRA, T. A. (1969): Palynology of the first 30 meters of a 120 m deep section in Northern Greece. — Acta Bot. Neerl., **18**: 511—527, 5 Abb., 1 Beil.; Amsterdam.
- ZAGWIJN, W. & PAEPE, R. (1968): Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **19**: 129—146, 6 Abb.; Öhringen.

Manuskript eingegangen am 13. 9. 1973

## Zur Genese der Oberflächenformen der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle (Mittelhessen)

Von

DIETER GLATTHAAR, Bochum \*

Mit 10 Abbildungen

**Kurzfassung:** Die Untersuchung befaßt sich mit der Erforschung und Deutung der Oberflächenformen der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle (östlich Marburg), wobei die Terrassenbildung und die postpleistozäne Entwicklung im Vordergrund stehen. Um diese Fragen klären zu können, mußte einigen bisher offenen Problemen nachgegangen werden.

**Abstract:** The purpose of the study is to analyse and explain the land-forms of the Erbenhausen-Kirtorfer high side (east of Marburg). Special attention is given to the development of terraces and to post-glacial erosion processes. In this context it was necessary to re-examine the problem of tectonical influences which had received little attention in the past.

### Inhalt

1. Einleitung	. . . . .	191
2. Geologischer Aufbau	. . . . .	193
3. Oberflächenformen	. . . . .	196
4. Zusammenfassung	. . . . .	205
5. Schriftenverzeichnis	. . . . .	205

### I. Einleitung

Die Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle liegt am äußersten Nordwestrand des Vogelsberges. Sie bildet den Ostrand des Amöneburger Beckens und wird im Norden von der Gleen, im Süden von der Ohm begrenzt. In der geomorphologischen Literatur wird dieses Gebiet bisher nur randlich behandelt (SCHULZE 1959, HEINE 1970), da eine veröffentlichte Geologische Karte (Bl. 5220 Kirtorf) bisher fehlt, und da die zeitlichen Abläufe der tektonischen Vorgänge im Amöneburger Becken, die den Vorgang der Talentwicklung auf der Hochscholle mit steuern, noch weitgehend unbekannt sind.

---

\*) Dr. D. GLATTHAAR, Geographisches Institut der Ruhr-Universität, 463 Bochum-Querenburg, Universitätsstraße.



Als Vorarbeiten für die Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5220 Kirtorf, liegen bisher drei unveröffentlichte Diplomarbeiten von ELBORG (1951), GRAMANN (1957) und SCHEWE (1964) im Archiv des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung vor. Während die Arbeiten von GRAMANN und SCHEWE sich bei der geomorphologischen Untersuchung als gut brauchbar erwiesen, waren für die Verwendung der Kartierung von ELBORG zahlreiche Ergänzungen und Korrekturen notwendig.

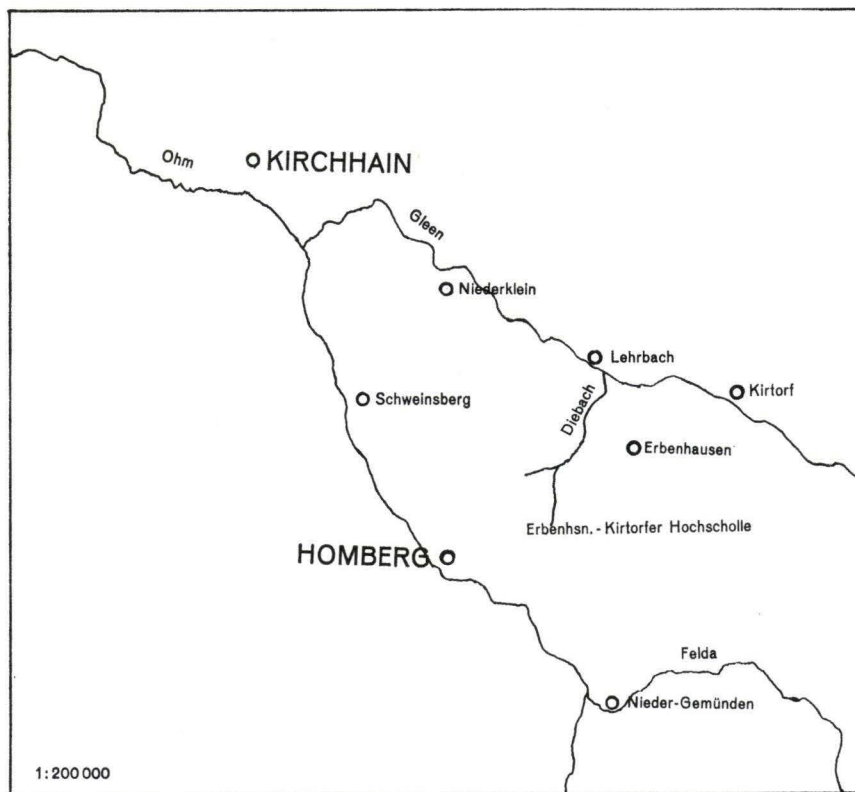


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes.

Hierbei war es für die Beurteilung der Oberflächenentwicklung vor allem wichtig, die Verbreitung des Melanientones zu untersuchen sowie die Obergrenze des Buntsandsteines festzulegen und etwaige Verwerfungen aufzufinden. Die ermittelten Ergebnisse decken sich mit den bisher in diesem Raum durchgeführten Bohrungen sowie den Veröffentlichungen von UDLUFT (1951), HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964), sowie GRAUL & HÖLTING (1968)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>) Dem Hess. Landesamt für Bodenforschung sei an dieser Stelle für die personelle Unterstützung bei den Geländearbeiten gedankt. Der Dank gilt ebenso Herrn Dr. KUPFAHL für seine Hilfe bei der Materialbeschaffung und bei Geländebegehungen.

Die Terrassenentwicklung auf der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle läßt sich gut mit den Verhältnissen an der Lahn parallelisieren, so daß größere mittel- und jungpleistozäne tektonische Verstellungen im nördlichen Teil des Amöneburger Beckens ausgeschlossen werden können. Hervorzuheben sind jedoch die durch den geologischen Aufbau bedingten mächtigen Solifluktsdecken, die zu kaltzeitlichen Verfüllungen des Talsystems führten, und die bis heute noch nicht überall vollständig ausgeräumt werden konnten. Die Zerschneidung erfolgte nach der Jüngeren Tundrenzeit in drei Phasen, die durch die kulturlandschaftliche Entwicklung bedingt sind. Aufgrund der günstigen geologischen Voraussetzungen auf der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle läßt sich diese Entwicklung an mehreren Nebenbächen einer bestimmten Größenordnung deutlich erkennen. Es handelt sich dabei mit großer Wahrscheinlichkeit nicht um eine lokale Erscheinung, und es müßte eine direkte Verbindung zur Auelehmsedimentation bestehen.

## 2. Geologischer Aufbau

Am Aufbau der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle sind neben dem Buntsandstein die darüber lagernden nordwestlichen Ausläufer der Basaltmasse des Vogelsberges beteiligt. Letztere und die in wechselnden Mächtigkeiten vorkommenden tertiären Sande und Tone sowie die unmittelbare Nachbarschaft zum Amöneburger Becken weisen auf die Zugehörigkeit auch dieses Teils der Hessischen Senke zur großen Mittelmeer-Mjösen-Zone hin, die sich gerade in diesem Raum durch eine Vielzahl von tektonischen Störungen auszeichnet. BLANCKENHORN (1930 a u. b) und KAYSER weisen in den Erläuterungen zu den Geologischen Blättern Kirchhain, Amöneburg-Homburg und Marburg schon darauf hin, und HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964) bedauern es außerordentlich, daß trotz der hohen Bedeutung des Großwasserwerkes der Stadt Allendorf die tektonischen Verhältnisse am Ostrand des Amöneburger Beckens noch nicht geklärt werden konnten.

Als Sockel der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle tritt mittlerer Buntsandstein zutage, wobei von E nach W zunehmend jüngere Schichten an die Oberfläche treten, die durch Verwerfungen getrennt werden (UDLUFT 1951). Die Verwerfungen zeigen jedoch im Bereich der Hochscholle an der Oberkante des Buntsandsteines heute keine Sprunghöhen mehr an, und das aufliegende Tertiär ist ungestört. Nur der Wechsel der Schichten sowie hydrothermale Bleichungszonen deuten auf ihr Vorhandensein hin. Es handelt sich dabei um vortertiäre Strukturen, die vermutlich mit der Kellerwaldschwelle in Verbindung stehen, auf der wenige Kilometer ostwärts bei Ruhlkirchen Kulm an die Oberfläche tritt. Auch westlich der Hochscholle setzen sich diese alten tektonischen Störungen fort, wobei die Bewegungen dort im Tertiär und Quartär weitergehen und auch heute mit großer Wahrscheinlichkeit noch nicht abgeschlossen sind. Nachgewiesen sind rezente Bewegungen im Lahntal bei Marburg. HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964) deuten das Vorhandensein von „Hängeltälern“ rund um das Amöneburger Becken als Hinweis auf noch aktive Tektonik. Diesem Schluß kann man jedoch nicht zustimmen, wie im folgenden noch gezeigt wird. Der Übergang von der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle zum Zentralteil des Amöneburger Beckens erfolgt in der Form eines Staffelbruches (Abb. 2). Messun-

gen mit Hilfe der Refraktions-Seismik (Signal Enhancement Seismograph, Modell 1570 der Fa. Bison, USA) zeigen, daß die Oberkante des Buntsandsteines der Hochscholle am Petersberg bei Lehrbach in 293 m über NN, am Sportplatz der Gemeinde Appenrod in 288 m über NN und im Lehrbacher Gutswald (R 350525, H 562740) neben dem großen Hügelgrab in 302 m über NN zu finden ist. Diese Werte werden durch die vorhandenen Bohrungen bestätigt:

Dannenrod/Brunnenbohrung <sup>2</sup>	Oberkante sm	288 m über NN
(am südwestl. Rand des Dorfes)		
Bohrung Staatsforst Kirtorf <sup>3</sup>	Oberkante sm	286 m über NN

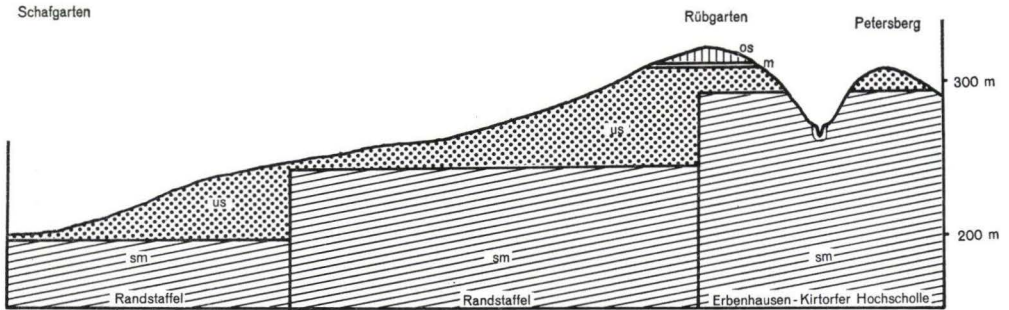


Abb. 2. Schnitt von der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle zum Amöneburg-Becken.

Diese Ergebnisse sowie die Kartierungen von ELBERG (1951), GRAMANN (1957) und SCHEWE (1964) lassen den Schluß auf eine relativ einheitliche Höhe der sm-Oberkante der Hochscholle knapp unter 300 m über NN zu. Die von ELBERG (1951) und GRAMANN (1957) in die Kartierungen aufgenommenen Buntsandstein-Vorkommen am „Weizenrod“ (nördl. Appenrod) sowie im „Loch“ (südöstl. Appenrod), die in größerer Höhe anzutreffen sind, haben sich bei einer Überprüfung als Tertiärquarzitvorkommen erwiesen. Bei der Fundstelle im „Loch“ handelt es sich eindeutig um Tertiärquarzite aus der Jüngeren Sand- und Tonserie (im folgenden als Obere Sande bezeichnet), die solifluidal verlagert und in großer Zahl in einem Bachbett freigespült worden sind.

Entlang der Linie Hochberg-Dannenrod-Lehrbach endet die Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle an einer großen Verwerfung. Nach NW folgen die Randstaffeln des Amöneburger Beckens. Die Oberkante des Buntsandsteines der ersten Staffel liegt im Forst Schweinsberg (südl. der Gleen), wie Messungen mit dem Signal Enhancement Seismograph der Fa. Bison zeigen, in 245 m über NN. Die Sprunghöhe zur Hochscholle beträgt rund 40 m. Die nächste Scholle ist in der Bohrung Schafgarten<sup>4</sup> (Bl. 5219 Amöneburg) erfaßt.

<sup>2</sup>) GRAMANN 1960.

<sup>3</sup>) GRAUL & HÖLTING 1968.

<sup>4</sup>) HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964.

Die Buntsandsteinoberkante wurde in 196 m über NN angetroffen. Mehrere geophysikalische Messungen in den Feldern zwischen Schafgarten und dem Gänseholz ergaben Höhenwerte zwischen 198 m und 206 m über NN. Eine bestimmte Neigung der sm-Oberkante konnte dabei nicht festgestellt werden.

Neben den erwähnten und in Abb. 2 aufgenommenen Schollen bestehen mit Sicherheit dort auf engstem Raum noch weitere. So steht am Rande des vom Hochberg herabkommenden kleinen Baches (Bl. 5219 Amöneburg, R 349960, H 562510) in 255 m über NN Buntsandstein an, der mit  $15^\circ$  nach N einfällt. Dieses Vorkommen wurde von BLANCKENHORN (1930a) bei der Kartierung des Blattes Amöneburg nicht erfaßt. Auf einer weiteren Scholle liegen Teile des Ortes Niederklein sowie der Galgenberg. Dort muß mit einer Buntsandsteinoberkante von etwa 220 m über NN gerechnet werden.

Die zeitlichen Abläufe der Schollenbewegungen lassen sich nur schwer festlegen. Sicher ist jedoch, daß die große Verwerfung am nordwestlichen Rande der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle schon bestanden hat als die Ältere Sand- und Tonserie (Untere Sande) im jüngeren Eozän sedimentiert wurde. Diese liegt horizontal und greift mit ihren höchsten Schichten auf die Hochscholle über. Während des Miozäns ist diese Verwerfung eine Schwächezone, an der der Basalt des Hochberges bei Homberg und der von ELBORG (1951) im Forst Schweinsberg aufgenommene Basalt aufgestiegen sind.

Die Unteren Sande erreichen ihre größte Mächtigkeit im Amöneburger Becken mit 72 m bzw. 83 m in den Bohrungen Versuchsgut Rauisch-Holzhausen und Dreihausen<sup>4</sup>. Diese hohen Werte verdanken die Schichten dort der tektonischen Absenkung gegenüber den benachbarten Hochschollen und Basaltdecken.

GRAMANN (1957) nennt für die Unteren Sande auf dem südwestlichen Teil des Bl. Kirtorf nur noch eine mittlere Mächtigkeit von 15–20 m. Er weist darauf hin, daß um Homberg die Tone zugunsten der Sande zurücktreten. Eingeschaltet in die weißen, meist tonarmen Sande sind wulstige Tertiärquarzitplatten, die lokal eine Dicke bis über 2 m erreichen können. Neben dem Vorkommen in der Sandgrube Fett (Homberg/Ohm) findet man sie in großer Zahl im Hangschutt und im Geröll der Bachbetten. Am Nordhang des Hochberges in der Gemarkung Niederofleiden bilden sie im Handsteinsgraben sogar ein pleistozänes Blockmeer.

Im Hangenden folgen den Unteren Sanden der unteroligozäne Melanienton und die oberoligozänen bis untermiozänen Oberen Sande, die dann von Basalt überlagert werden.

Gegenüber den Unteren Sanden weist der Melanienton mit etwa 3 m nur eine geringe Mächtigkeit auf. Er ist jedoch für die geomorphologische Formung als Quellhorizont von großer Bedeutung. Der größte Aufschluß besteht derzeit in einer Tongrube direkt oberhalb der Fettschen Sandgrube in Homberg. Weiterhin war im Sommer 1972 in Homberg an der Appenröder Straße ein Aufschluß in der Baugrube des Altersheimes vorhanden.

ELBORG (1951) erfaßte bei der Kartierung des Nordwestteiles des Bl. Kirtorf zahlreiche weitere Vorkommen, von denen bisher nur das in der Ortslage Dannenrod durch eine Bohrung bestätigt werden konnte. Alle übrigen Angaben sind sehr zweifelhaft. Die Überprüfung der Melanientonangaben bei Niederklein sowie am Ortsausgang

von Dannenrod nach Schweinsberg ergab eindeutig das Vorkommen von Unteren Sanden. Das gleiche gilt für den Melanienton im Handsteinsgraben westlich Arzgrube<sup>5</sup>.

Während der Melanienton bei Homberg in ca. 300 m über NN ansteht, findet man ihn bei Dannenrod und an der Basis der ehemaligen Ziegeleigrube am Sportplatz Appenrod sowie am Rübgarten in 310 m über NN.

Die auflagernden Oberen Sande beginnen mit Tonlagen und setzen sich mit groben Sanden fort. Auch sie enthalten wiederum Tertiärquarzitplatten, die jedoch nicht ganz die Festigkeit der Quarzite aus den Unteren Sanden erreichen. Aufgrund ihres Holzgehaltes deutet sie GRAMANN (1957) als fluviatiles Sediment.

Die Basaltdecken lagern auf der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle in einheitlicher Höhenlage. Die Untergrenze liegt normalerweise bei 330–335 m über NN.

Die gesamte Ausdehnung der Hochscholle läßt sich bisher noch nicht angeben, da die Grenzen im S und E durch Basaltdecken verborgen bleiben. Die bisher einzige deutliche Begrenzung ist die große Verwerfung im NW. Jedoch scheint die Südgrenze ebenfalls einer Störung zu folgen, da die tertiären Sedimente dort alle tiefer liegen als im Bereich der Homberger Sandgruben.

	Homberg	Wäldershausen
Untergrenze Basalt	325 m	290 m über NN
Untergrenze Oberer Sand	298 m	280 m über NN
Untergrenze Melanienton	295 m	276 m über NN

Ob dafür die von GRAMANN (1957) ermittelte E–W streichende, durch die Homberger Sandgruben verlaufende Störung verantwortlich ist, oder ob eine weitere Verwerfung (oder ein Graben?) parallel zum Ohmtal vorhanden ist, ist noch unklar. Nach S hin sinkt die Basaltuntergrenze weiter ab. Sie liegt bei Rülfenrod in 230 m über NN (GRAMANN 1957). Gleiches kann man für die tertiären Sedimente feststellen, da der Melanienton in 235 m über NN in einer Baugrube 60 m südlich des Eisenbahnüberganges am Fuße des Bernhard in Burg-Gemünden beobachtet wurde.

### 3. Oberflächenformen

Bedingt durch die Wechsellagerung von Schichten unterschiedlicher geomorphologischer Wertigkeit und der Häufigkeit von markanten Störungen bestimmen Strukturformen in starkem Maße die Oberflächengestalt der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle und ihrer Umgebung. Vor allem die Verwerfungen, deren genaue zeitliche Einordnung bisher noch sehr unsicher ist, erschweren die Bestimmung und Zuordnung der Skulpturformen über das Amöneburger Becken hinaus zur Lahn.

Im Zuge der Ausbildung der großen Mittelmeer-Mjösen-Zone wird auch der nordwestliche Teil des Vogelsberges mit seinem Vorland von Störungen größeren Ausmaßes erfaßt, und es bilden sich Senken aus, die im Eozän und Oligozän zum Sedimentationsraum für die von den benachbarten Hochgebieten kommenden Flüsse

<sup>5</sup>) Bei den am Diebachsgraben in gleicher Höhenlage neben dem Buntsandstein kartierten Unteren Sanden handelt es sich um hangabwärts solifluidal verlagerte Tertiärsande. Eine Verwerfung ist dort nicht vorhanden.

werden. Während der Ablagerung des Rupeltones wird dabei eine Verbindung zwischen der Nordsee und der Tethys hergestellt. Eine nächste Beeinflussung erfährt das Gewässernetz im Miozän durch den Vogelsbergvulkanismus und die wohl damit verbundene Reaktivierung der Kellerwaldschelle, wobei die Rhein-Weser-Wasserscheide auf dem Neustadter Sattel festgelegt worden ist. Dabei wird dem aus dem Hessischen Hinterland kommenden „Buntkiesel-Fluß“ der Weg zur Niederhessischen Braunkohlensenke verlegt, so daß er seinen Lauf im Amöneburger Becken ändern muß, um von dort durch den Ebsdorfer Grund nach S zu fließen. HUCKRIEDE & ZACHOS (1969) datieren diesen durch die Marburger Exerzierplatzschotter belegten Fluß ins Pliozän<sup>6</sup>. Ihm sind auch die von der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle kommenden Gewässer tributär.

Die Hochscholle wird nach den Basaltförderungen<sup>7</sup> von einer Abtragungsfläche mit Rumpfflächencharakter bedeckt, deren Reste im wesentlichen heute von den Basalthöhen gebildet werden (Abb. 3). Die noch gut erkennbare Fläche (330 m im N, 345 m über NN im S) wird von einzelnen Höhen überragt (Hochberg 361 m, Randhöhen im NE 380 m über NN). Sie ist mit der Hauptverebnungsfläche des Vogelsberges (SCHULZE 1959) identisch, die nach ihrer Ausbildung bei der Herauswölbung des Basaltmassives schräggestellt wurde. In sie eingesenkt sind weitmuldige Talformen, die als direkte Vorläufer des heutigen Gewässernetzes angesehen werden müssen. Sie sind sowohl entlang dem Gleentale wie auch in den sich im S anschließenden Tälern von Ohm und Felda ausgebildet. Aufgrund ihrer Höhenlage lassen sie sich mit der Trogterrasse (PI) der Lahn (HEINE 1970: 76) parallelisieren. Sie liegen alle knapp über 300 m über NN und weisen nur ein geringes Gefälle auf; die Höhendifferenz zur Hauptverebnungsfläche beträgt 20–40 m. In ihrer Ausbildung zeigt die Trogterrasse eine deutliche Abhängigkeit vom Gestein. Während sie an der Felda im Basalt mit ca. 1,5 km recht schmal ausgebildet ist, begünstigen die tertiären Sande und Tone auf der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle aufgrund der leichten Ausräumbarkeit eine große, breite Anlage.

SCHULZE (1959: 134) erklärt die Ausdehnung der Trogterrasse der Gleen über Erbenhausen nach Maulbach mit einem alten Feldalauf, der westlich Rülfenrod über den Steinberg durch die Einsattelung zwischen Wölfeling und Buchwald nach N floß. GRAMANN (1957) zitiert diese Quelle, weist jedoch darauf hin, daß dort bisher noch keine diesbezüglichen Ablagerungen gefunden worden sind, und somit ein endgültiger Beweis noch aussteht. Zudem ist der Basalt am oberen Hirschbach durchschnitten und das leicht ausräumbare Tertiär erreicht.

Für die Ausbildung der breiten Trogterrasse auf der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle ist damit ein alter, zur Gleen gerichteter Feldalauf nicht notwendig. Von großer Bedeutung ist dagegen die tertiäre Schichtenfolge. Wie bereits oben genannt, findet man unter dem Basalt auf der Hochscholle in ca. 310 m über NN die durch-

<sup>6</sup>) Während die Exerzierplatzschotter in 320–340 m über NN anzutreffen sind, liegen die weiteren Buntkieselschotter im Amöneburger Becken in tieferen Niveaus: Großseelheim 220–230 m, Wüstung Bichmannshausen 300–305 m, Niederklein-Galgenberg 225–240 m, Fuchsloch 260 m, Wittelsberg 245–255 m über NN.

<sup>7</sup>) HEINE: Miozän; SCHULZE: Miozän/Pliozän; K/Ar-Datierungen durch KREUZER et al.: 16 und 12 Ma.

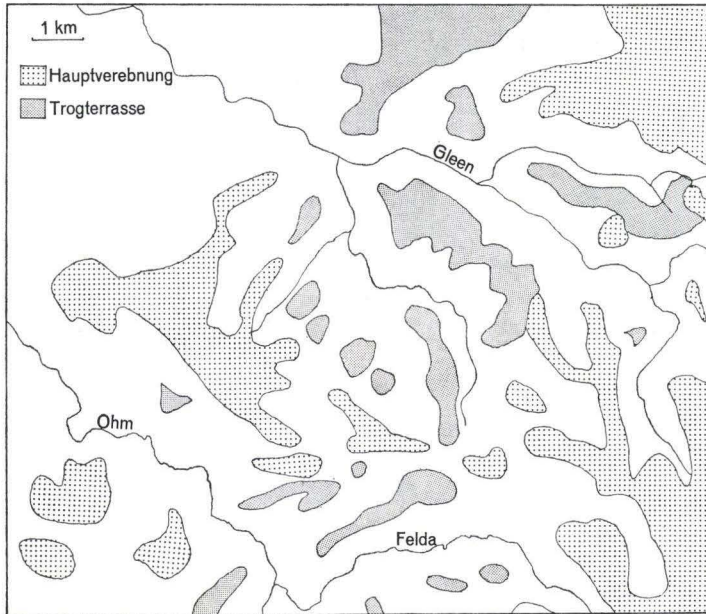


Abb. 3. Verbreitung von Hauptvererbung und Trogterrasse.

gehenden Tonschichten der Jüngerer Sand- und Tonserie und des Melanientones. Sie sind die Ursache für die Ausbildung eines Quellhorizontes, an dem die gesamten Niederschläge austreten, die auf den Resten der Hauptvererbungsfläche fallen, und sie bedingen eine Vielzahl von Quellmulden, die vom Rande aus tief in die Basaltdecken eingreifen. Sind letztere einmal entfernt, oder waren sie wie im NW möglicherweise nie vorhanden, so lassen sich die lockeren Sande und Tone leicht ausräumen. Damit entfällt auch die komplizierte Konstruktion der Talentwicklung des Hirschbaches, der nach SCHULZE (1959: 134) in seinem Oberlauf das alte Feldatal und in seinem Unterlauf ein ehemaliges Nebentälchen – beide in umgekehrter Richtung – benutzen soll.

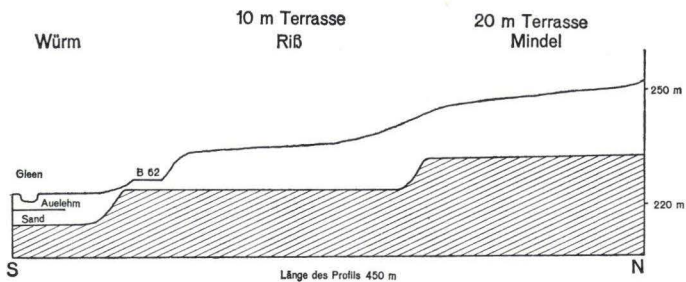


Abb. 4. Gleenterrassen am Schmitthof.

Der Hirschbach fließt somit von der alten Wasserscheide Gleen-Felda zur pliozänen Felda, kann sich aber dann im Pleistozän in die lockeren Tertiärsedimente einschneiden, wobei die am Steinberg und Bernhard schon in tieferer Lage anstehenden Basalte seinen Durchbruch nach S verhindern. Das auffällige Umbiegen der Felda bei Ehringshausen wäre damit älter und steht wahrscheinlich mit einer tektonischen Absenkung (südliche Fortsetzung des Amöneburger Beckens) der Talweitung von Nieder-Gemünden in postbasaltischer Zeit in Verbindung.

Während die Trogterrassen an Gleen und Felda deutlich ausgebildet sind, verschwinden sie abrupt mit dem Eintreten in das Amöneburger Becken. Es zeigen sich somit die gleichen Verhältnisse wie an der pliozänen Lahn, deren Spuren dort nur noch am Nordrand erhalten sind. Tektonische Absenkungen und starke Ausräumung während des Pleistozäns lassen eine genaue Einordnung der wenigen dort vorhandenen Schotter nur schwer zu. Trotz allem können die Trogterrassen auf der Hochscholle ohne Zweifel aufgrund ihrer Höhenlage und Ausformung mit denen der Lahn parallelisiert werden.

Für die Entwicklung im Altquartär, in dem die Lahn noch durch das Amöneburger Becken fließt, lassen sich im Gleental keine Hinweise finden. Große Schwierigkeiten bereitet auch die Identifizierung der jungen Terrassen. Schotter sind aufgrund der kurzen Gewässer relativ selten, und mächtige solifluidale Umlagerungen verschleiern vorhandene Kanten der Felsterrassen. Es lassen sich jedoch entlang der Gleen drei Terrassen mehr oder weniger deutlich verfolgen, die durchgehend im Abstand von ca. 5 m, 10 m und 20 m zur Aue den Fluß begleiten. In ihnen prägen sich die Felsterrassenkanten durch das Solifluktionsmaterial durch. Um sie zu erfassen, wurde wiederum die Refraktions-Seismik eingesetzt. Abb. 4 zeigt die Verhältnisse auf der Nordseite der Gleen am Schmitthof westlich Lehrbach. Deutlich zeigen sich dabei neben der jüngsten Taleintiefung zwei Felsterrassen, die sich an der Oberfläche als 10-m- bzw. 20-m-Terrasse durchpausen. Die 5-m-Terrasse ist dort nicht deutlich ausgebildet, sie besitzt jedoch, wie Untersuchungen an anderen Stellen gezeigt haben, keine eigene Felsterrasse.

Die jüngste Eintiefung ist dem Würm zuzuordnen. Bohrungen erbrachten unter durchschnittlich 3–4 m Auelehm Sande mit einer geringen Anzahl Schotter. Die Eintiefung erfolgte nicht gleichmäßig. So wurde der anstehende Buntsandstein z. B. am Schmitthof und bei Obergleen in 7 m und bei Lehrbach in 4,5 m erreicht. Diese Terrasse zeigt die gleiche Ausbildung wie die 2-4-m-Terrasse der Lahn, die von HEINE (1970: 50) ins Mittel- bzw. Altwürm gestellt wird. Auch die 10-m- und 20-m-Terrassen der Gleen finden in der 8-12-m-Terrasse sowie der 20-28-m-Terrasse ihre Parallelen an der Lahn. HEINE (1970) datiert diese ins Riß bzw. Mindel. Auf beiden Terrassen fehlen auf der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle Schotternachweise.

Hinweise auf ältere Terrassen, die der 40–60-m-(Hauptterrasse) und der 70-80-m-Terrasse der Lahn entsprechen können, fehlen in deutlicher Ausprägung an der Gleen. Lediglich der Nasenberg (268,5 m über NN, SE Lehrbach) könnte dem Hauptterrassenniveau entsprechen, obwohl sich weitere Terrassenkanten in ähnlicher Höhenlage im Gleental nicht mehr finden lassen. In diesem Zusammenhang muß jedoch erwähnt werden, daß die östlichen Randstaffeln des Amöneburger Beckens deutlich von einem durchgehenden Niveau in ca. 265 m über NN überzogen werden,



das möglicherweise die Hauptterrasse oder eine ältere Terrasse darstellt. Dann muß jedoch die Einordnung der Schottervorkommen bei Niederklein, im Fuchsloch und auf dem Galgenberg neu überdacht werden.

Bei der Terrassenabfolge an der Gleen zeigt sich eine deutliche Lücke zwischen der pliozänen Trogterrasse und der Oberen Mittelterrasse (20-m-T.). Während die Trogterrasse nur mit einem geringen Gefälle ausgestattet ist, folgen die jüngeren Terrassen durchgehend der heutigen Gefällskurve des Fließchens.

Neben dem Hauptgewässernetz treten auf der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle zahlreiche Bachrisse auf, die den Höhenunterschied zwischen der Hauptverebnungsfläche des Vogelsberges bzw. der Trogterrasse und den tief eingeschnittenen Tälern der Fließchen überbrücken. Vielfach handelt es sich, wie z. B. am Ohmtal zwischen Homberg und Burg-Gemünden, um kurze tiefe Kerben, welche die Schichten der Hochscholle durchschneiden und in ihrem Längsprofil eine Stufung gemäß der jeweiligen Härte der anstehenden Schicht zeigen. Andere sind erheblich länger und zeigen nur in ihrem Unterlauf die typische Form des Bachrisses. Von dieser Form ausgehend, deuten HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964: 37) sie als Hängetäler und benutzen sie als Anzeichen für junge tektonische Bewegungen.

Allen diesen Bächen ist die Art der Wasserführung gemeinsam. Sie fließen keineswegs permanent während des ganzen Jahres, und es genügen schon wenige Wochen ohne Niederschlag, um sie ganz trockenfallen zu lassen. Dafür fließen sie zur Zeit der Schneeschmelze und nach Dauer- oder Starkregen um so stärker. Ihre Wasserführung ist abhängig vom geologischen Bau ihres Einzugsgebietes. Die Niederschläge werden auf den Höhen im Basalt und den darunter folgenden Sanden kaum gespeichert, und sie treten auf den Tonen am oben schon erwähnten Quellhorizont bald aus. Aufgrund dieser unregelmäßigen Wasserführung besitzen sie eine beträchtlich geringere Erosionskraft als permanent fließende Bäche. Weiterhin ist allen diesen Bachrissen eine mächtige jungpleistozäne Solifluktfüllung gemeinsam, die sie bisher noch nicht durchschneiden konnten. Sehr deutlich ist diese Füllung im Handsteinsgraben am nordwestlichen Hang des Hochberges bei Niederofleiden, wo im Tal nach Ausspülung des Feinmaterials ein Blockmeer aus Tertiärquarziten zurückgeblieben ist.

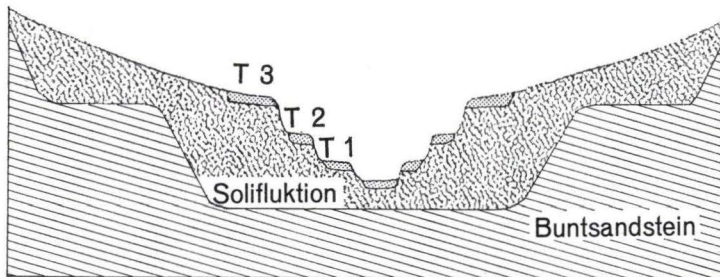


Abb. 5. Schematisches Querprofil durch den Diebachsgraben.

Als Beispiel wurde der Diebachsgraben, ein linker Nebenbach der Gleen, untersucht. Sein ca. 5 km langer Lauf beginnt nordöstlich von Homberg unterhalb des Basaltes und mündet nach der Eintiefung in die tertiären Sande und Tone sowie den mittleren

Buntsandstein bei Lehrbach in die Gleen. Seine Gefällskurve ist deutlich zweigeteilt. Auf den ersten 3,5 km hat er sich im Vergleich zu den größeren Nachbarbächen weniger stark eingetieft und überwindet dabei nur einen Höhenunterschied von 35 m gegenüber 60 m auf den letzten 1,2 km. Dort wird das flache Muldental von einer kleinen Schlucht abgelöst.

Ein oberflächlich betrachtetes Querprofil (Abb. 5) am Unterlauf des Diebaches erweckt den Eindruck eines Hängetales. Man erkennt einen „alten Talboden“, der am Rande des Gleentales abzubrechen scheint, und in den sich dann in jüngerer Zeit der Bach in einer bis zu 9 m tiefen, engen Schlucht eingeschnitten hat. Zwei kleine, in der Schlucht deutlich ausgebildete Terrassenstufen lassen eine mehrphasige Heraushebung einer Scholle an einer Verwerfung vermuten, die dem Gleental folgt.

Eine Untersuchung der Wände der Schlucht zeigt jedoch nur Solifluktionsmaterial. Nur an einer Stelle hat der Bach seitlich den Buntsandstein, der als Anstehendes überall erwartet werden müßte, leicht angeschnitten. Und auch nur dort liegt das Bachbett für wenige Zehner von Metern im anstehenden Buntsandstein, während im übrigen Verlauf der Schlucht das Lockermaterial noch nicht durchschnitten ist. Dies wird auch durch die geophysikalische Ortung der sm-Oberfläche bestätigt.

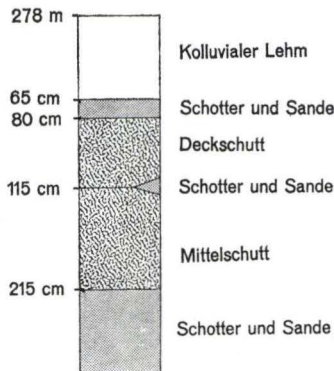


Abb. 6. Profil der würmeiszeitlichen Talfüllung am Diebachsgraben.

Das am weitesten ins Liegende reichende Profil ist am oberen Teil der Schlucht in einem Seitenarm aufgeschlossen (Abb. 6). Dort, in der Nähe des Hanges besitzen die Schichten nicht ganz die Mächtigkeit wie in der Talmitte, so daß tiefer liegende Schichtglieder sichtbar werden. Das Gesamtprofil ist in einer Höhe von ca. 3 m aufgeschlossen und beginnt im Liegenden mit einer mehrfach gegliederten fluviatilen Ablagerung aus Sanden und kleinen Geröllen. Darüber folgen zwei deutlich getrennte Solifluktionsdecken. Die untere besteht aus Sanden und Tonen mit eingebettetem Gesteinsschutt. Sie ist von gelber Farbe und sehr stark verfestigt. Die obere Decke besteht ebenfalls aus einem Gemisch aus Sand und Ton, jedoch sind die eingebetteten Tertiärquarzit- und Buntsandsteinblöcke deutlich größer. Ihre Grundfarbe ist graubraun, und sie besitzt eine geringere Festigkeit. Sie ist im gesamten Verlauf der Schlucht aufgrund ihrer Ausbildung und ihrer einheitlichen Mächtigkeit von 30 bis 40 cm deutlich zu erkennen. Zwischen diese beiden Schuttdecken schiebt sich an ver-

schiedenen Stellen eine weitere Schicht aus Sanden und fluviatil beanspruchten Sandstein- und vereinzelt Basaltgeröllen. Nach oben abgeschlossen wird das Profil von einer Geröll-Sand-Schicht, über der kolluvialer Lehm folgt. Die graphische Darstellung der Ergebnisse der Korngrößenanalyse in der Summenkurve zeigt deutlich die unterschiedliche Materialzusammensetzung der einzelnen Schichten (Abb. 7). Hierbei beschränkte sich die Analyse auf das Feinmaterial < 2 mm. Während die beiden fluviatilen Sedimente ein Maximum im Sandbereich besitzen, treten bei den Solifluktsdecken deutlich höhere Silt- und Tonanteile auf.

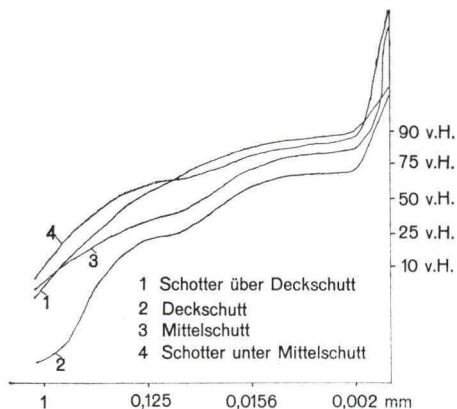


Abb. 7. Korngrößenzusammensetzung der Sedimente im Diebachsgraben.

Nach SEMMEL (1964) gehören die beiden Solifluktsdecken in die letzte Kaltzeit und sind als Mittelschutt und Deckschutt<sup>8</sup> anzusprechen, dabei ist der Mittelschutt dem Würm-Hochglazial und der Deckschutt der Jüngeren Tundrenzeit zuzuordnen. Getrennt werden beide Decken durch fluviatile Ablagerungen, die darauf hinweisen, daß die Solifluktion zum Erliegen kam. Nach Ablagerung des Deckschuttes wird die Erosion wieder belebt. Die Ausbildung der Schlucht beginnt.

Abb. 5 zeigt, daß der heutige Diebachsgraben einen präwürmzeitlichen Vorläufer besitzt, der sich breiter und tiefer eingeschnitten hatte als der rezente Bach. Auf dem östlichen Talhang prägt sich eine alte Terrassenkante (Abb. 8, T 4) durch, die auf der 20-m-Terrasse des Gleentales ausläuft. Dieses alte Tal wird während der letzten Kaltzeit verschüttet, wobei durch die hohe Lage der tertiären Lockersedimente auf den benachbarten Höhen am Rübgarten und auf dem Petersberg die solifluidale Verlagerung großer Materialmengen begünstigt wird. Zugleich bewirkt die Talverengung im Diebachsgraben einen Stau, der einen schnellen Weitertransport des Materials verhindert.

Die holozäne Einschneidung verlief im Diebachsgraben nicht gleichmäßig. Deutlich lassen sich im Bachriß zwei zwischengeschaltete Terrassen erkennen (Abb. 8, 9).

<sup>8</sup>) Im Deckschutt wurde der Lacher-See-Tuff durch Schwerminerale nachgewiesen.

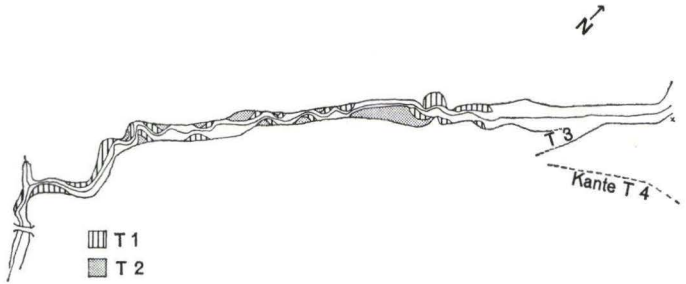


Abb. 8. Verbreitung der Terrassen am Diebachsgraben.

Sowohl T1 als auch T2 sind in den Mittelschutt eingeschnitten und tragen an ihrer Oberfläche unter einer dünnen Schicht aus humosem Lehm gut gerundete Schotter und Sande des ehemaligen Bachbettes. Beide werden heute selbst von starkem Hochwasser nicht mehr erreicht. Zusammen mit den ersten Schottern nach der Jüngeren Tundrenzeit (T3) besitzt der Diebach in seinem Unterlauf drei Terrassen über seinem heutigen Bachbett.

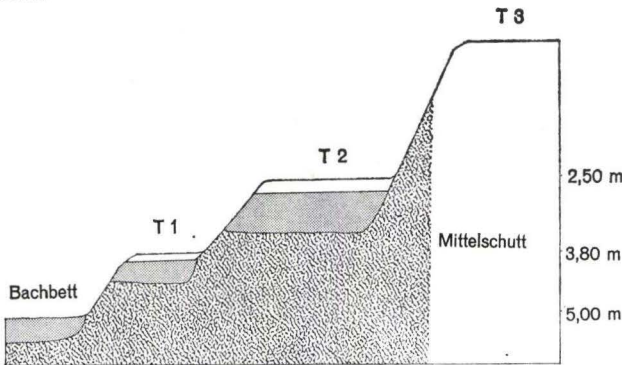


Abb. 9. Holozäne Terrassen am Diebachsgraben (Schema).

Das Längsprofil zeigt, daß diese Terrassen unterschiedlich weit bachaufwärts reichen (Abb. 10). Aus ihrem Verlauf läßt sich der Eintiefungsprozeß der Schlucht ablesen. Zur Zeit des T3-Niveaus ist die Abbildung des Bachrisses noch nicht sehr stark, denn die Terrasse taucht erst dicht vor dem Gleental ab. Erst mit der Anlage von T2 wird der Graben erheblich länger, wobei er in seinem oberen Teil allerdings nur 2,50–3 m tief eingeschnitten ist. Im untern Teil überbrückt ein deutlich ausgebildeter Gefällsknick den Übergang zum Gleental. Dieser Knick verlagert sich während der Erosionsphase bachaufwärts.

Mit T1 hat der Diebachsgraben seine heutige Ausbildung fast vollständig erhalten. Diese Terrasse läßt sich bis zur Brücke verfolgen. Auch der ehemals vorhandene Gefällsknick ist ausgeglichen. Die nächste Erosionsphase verursacht nur noch eine gleichmäßige Tieferlegung des Bachbettes um rund einen Meter und eine Verlängerung des Grabens um ca. 100 m.

Die mäßige Eintiefung des heutigen Bachbettes in die T1 sowie die geringe Länge des Einschnittes am Zulauf unterhalb der Brücke weisen auf den langsamen Ablauf des Ausräumungsprozesses hin. Im Bachbett wird die Tiefenerosion neben der unregelmäßigen Wasserführung durch eine dicke Schotterlage und vor allem durch große Quarzit- und Sandsteinblöcke (bis zu 1,5 m Ø), die aus den Schuttdecken stammen, behindert. Schon bei normaler Wasserführung werden Gerölle mittlerer Größe nicht mehr bewegt, so daß sich die Transport- und Erosionsaktivitäten auf Zeiten mit Hochwasser beschränken.

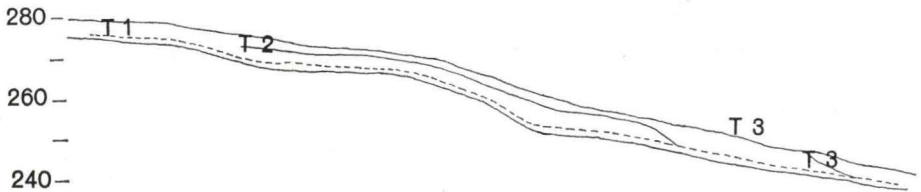


Abb. 10. Holozäne Terrassen am Diebachsgraben (Längsprofil).

Wie die präwürmzeitliche Talanlage zeigt, muß eine tektonische Ursache für die holozäne Terrassenausbildung ausgeschlossen werden. Die Gründe für die junge Erosion liegen ausschließlich in der unterschiedlichen Wasserführung des Diebaches, die vom Ausmaß der Vegetationsbedeckung und der Art der menschlichen Nutzung im Einzugsbereich bestimmt wird. Bei einer Waldbedeckung des Einzugsbereiches ist unbedingt mit einer geringeren und gleichmäßigeren Wasserführung des Baches zu rechnen. Dagegen führt die Rodungstätigkeit des Menschen zu einem schnelleren und verstärkten Abfluß der Niederschläge und aktiviert die Erosion (vgl. auch HUCKRIEDE 1971).

Im Einzugsbereich sind zwei Phasen starker Landnutzung durch den Menschen in der Vergangenheit nachzuweisen, in denen mit einer starken Entwaldung zu rechnen ist. Für die ältere zeugen viele noch erhaltene Hügelgräber aus der Bronzezeit. Die zweite ist durch zahlreiche Siedlungen der hochmittelalterlichen Rodungsperiode belegt, die den Wald, wie zahlreiche Wüstungen zeigen, noch weiter als heute eingeschränkt haben. Allein um das Tal des Diebaches sind mit Einhausen, Weizenrod und der Streusiedlung Finkenhain im Forst Schweinsberg drei wieder aufgegebene Siedlungsplätze bekannt. Für das ausgehende Mittelalter und die Neuzeit ist die Ausdehnung der Waldgebiete bekannt. Ebenso gab es zwei Teiche am Diebach, der Sörnsteich im Quellgebiet und die Tränke an der Straße Dannenrod – Appenrod, die regulierend auf die Wasserführung gewirkt haben.

Es liegt nahe, die Erosionsphasen am Diebachsgraben aufgrund der Kulturlandschaftsentwicklung zu datieren, und die Eintiefung von T3 nach T2 mit der Rodungstätigkeit des Menschen in der Bronzezeit zu parallelisieren. Nach einer Ruhephase aktiviert die hochmittelalterliche Rodungsperiode die Erosion erneut, wobei durch die ausgedehnte landwirtschaftliche Nutzung die stärkste Einschneidung und Ausräumung verursacht wird. Werkzeugfunde sowie Samen von *Corylus* und *Fagus* in den Schottern der T2 geben schon jetzt einen gewissen Hinweis auf das Alter der Terrasse. Sie sollen noch genauer bestimmt werden ( $C^{14}$ -Datierung der Samen). Darüber wird später berichtet.

Die Aufgabe der Teichwirtschaft, sowie das erneute Zurückdrängen des Waldes leiten dann die jüngste Erosionsphase ein. Diese ist heute noch aktiv. Durch den Verfall einer künstlichen Verbauung etwa 20 m oberhalb der Brücke hat sich der Bachriß in den letzten 25 Jahren um ca. 100 m verlängert.

Die am Diebach dargelegten Verhältnisse sind kein Einzelfall. Gemeinsam ist allen Bachrissen ihre Anlage in leicht erodierbarem Material (z. B. würmzeitliches Soliflukationsmaterial in älteren Tälchen und tertiäre Sande und Tone). Auch die holozäne Terrassenbildung ist häufig anzutreffen, wobei die ganz kurzen, schluchtartigen Tälchen jedoch meist nur eine kleine Terrasse zeigen. Längere Bachläufe mit unregelmäßiger Wasserführung besitzen jedoch mehrere Terrassen. Als weiteres Beispiel sei hier auf den Bach hingewiesen, der von Dannenrod zum Schafgarten fließt und wie der Diebachsgraben drei Terrassen ausgebildet hat.

#### 4. Zusammenfassung

Die Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle schließt sich im Osten an das Amöneburger Becken an. Sie bildet das Übergangsbereich vom Vogelsbergbasalt zum Buntsandstein und bricht im Westen in einem Staffelbruch ab. Die horizontale Lagerung von Buntsandstein, tertiären Sanden und Tonen sowie Basalt beeinflusst die Ausbildung der morphologischen Formelemente in starkem Maße und begünstigt die pleistozäne Solifluktion sehr.

Die Höhen werden heute von der Hauptverebnung des Vogelsberges eingenommen. In sie hat sich im Pliozän die Trogterrasse eingeschnitten. Beide lassen sich ebenso wie die jüngeren Gleenterrassen mit den Verhältnissen an der Lahn parallelisieren, die HEINE (1970, 1972) beschrieben hat. Bedingt durch die intensive Solifluktion sind die Terrassen verschleiert, kleine Nebentälchen werden durch sie fast vollständig zugeschüttet und haben aufgrund ihrer geringen und vor allem unregelmäßigen Wasserführung die Füllung bisher noch nicht ausräumen können.

Ihre Erosionsaktivität wird im Holozän von anthropogenen Veränderungen der Vegetationsverhältnisse gesteuert. Dabei ist am Diebachsgraben mit drei Erosionsmaxima zu rechnen, die vom Menschen in der Bronzezeit, während der hochmittelalterlichen Rodungsperiode und in jüngster Zeit ausgelöst wurden.

#### 5. Schriftenverzeichnis

- BLANCKENHORN, M. (1930): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Bl. Amöneburg-Homburg. Berlin.  
 — (1930): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Bl. Kirchhain. Berlin.  
 ELBORG, A. (1951): Erläuterungen zur geologischen Karte 1:25 000, Blatt Kirtorf, nordwestlicher Teil. — Unveröff. Dipl.-Kartierung; Marburg.  
 GRAMANN, F. (1957): Erläuterungen zur geologischen Karte 1:25 000, Bl. Kirtorf, südwestlicher Teil. — Unveröff. Dipl.-Kartierung; Marburg.  
 GRAUL, H. & HÖLTING, B. (1968): Buntsandsteinstratigraphie und Tektonik im Gebiet Stadt Allendorf und Neustadt (Ldkr. Marburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 120–136; Wiesbaden.  
 HEINE, K. (1970): Fluß- und Talgeschichte im Raum Marburg. — Bonner geograph. Abh., **42**; Bonn.

- HEINE, K. (1971): Das Elektronenmikroskop im Dienste geomorphologischer Forschung. — *Z. Geomorph., N.F.*, **15**: 339—347; Berlin-Stuttgart.
- (1971): Über die Ursachen der Vertikalabstände der Talgenerationen am Mittelrhein. — *Decheniana*, **123**: 307—318; Bonn.
- (1972): Fossile Bodenbildungen auf quartären Flußschottern an der Mittellahn und ihre Bedeutung für die Terrassenstratigraphie. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **22**: 17—22; Öhringen/Württemb.
- 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**, 37 S.; Wiesbaden.
- HUCKRIEDE, R. & ZACHOS, S. (1969): Die pliozänen Flußschotter auf den Lahnbergen bei Marburg — ein wichtiges Dokument zur hessischen Landschafts- und Flußgeschichte. — *Geologica et Palaeontologica*, **3**: 195—206; Marburg.
- (1971): Über jungholozäne, vorgeschichtliche Löß-Umlagerungen in Hessen. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **22**: 5—16; Öhringen/Württemb.
- KREUZER, H., BESANG, C., HARRE, W., MÜLLER, P., ULRICH, H. J., & VINKEN, R. (1973): K/Ar-Datierungen an jungtertiären Basalten aus dem Vogelsberg und aus dem Raum zwischen Kassel und Göttingen. — *Fortschr. Mineral.*, **50**: 10—11; Stuttgart.
- SCHWEWE, L.-D. (1964): Geologische und hydrologische Untersuchungen im Einzugsbereich der Gleen auf Bl. 5220 Kirtorf, E-Teil. — Unveröff. Dipl.-Arb.; Darmstadt.
- SCHULZE, W. (1959): Die Oberflächenformen des Vogelsberges. — *Marburger geograph. Schr.*, **13**; Marburg.
- SEMMELE, A. (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **92**: 275—285; Wiesbaden.
- (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — *Frankfurter geograph. H.*, **45**; Frankfurt/M.
- UDLUFT, H. (1951): Über den tektonischen Aufbau der Buntsandsteinlandschaft zwischen Marburg und Kirtorf. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **2**: 5—14; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 17. 9. 1973

## Entstehung und Alter des Erdfalls „Seeloch“ bei Bad Hersfeld (Nordhessen)

Von

ALFRED FINKENWIRTH und SIEGFRIED HOLTZ, Wiesbaden \*

Mit 1 Abbildung

**Kurzfassung:** Der Erdfall „Seeloch“ bei Bad Hersfeld ist ein etwa kreisrunder Einbruch im Buntsandstein mit einem Durchmesser von ca. 80 m, der auf Subrosionsvorgänge im Zechsteinsalinar zurückgeführt wird. Einbrüche dieser Art sind typisch für Salzhänge, wie an anderen Beispielen gezeigt wird. Kaminartige Durchbrüche durch mehrere hundert Meter mächtiges Deckgebirge können nur entstehen, wenn eine vorgegebene Klüftung vorhanden ist. Ähnliche Erscheinungen sind über Lösungshohlräumen beobachtet worden, die beim Absaufen von Kaliwerken entstanden. Erfahrungen aus dem Salinenbetrieb zeigen, daß auch im Steinsalz größere Hohlräume längere Zeit existieren können, ohne daß es zu Bodensenkungen oder Erdfällen kommt.

Die Sedimente des „Seelochs“ sind palynologisch und stratigraphisch bearbeitet worden. Das besondere Ergebnis dieser Untersuchungen ist das Interglazial-Alter (Riß-Würm) des Profilabschnittes. Die bisher untersuchten Salzauslaugungssenken enthalten Ablagerungen des Tertiärs, Altpleistozäns oder des Holozäns.

**Abstract:** The collapse sink „Seeloch“ near Bad Hersfeld (Northern Hesse) is a type of cylindrical collapse with small diameter (80 m) that is frequently found in the area of a „Salzhang“ (solution edge) where subsurface solution of the Zechstein halite is still continuing. Generally speaking, these pipe-like phenomena are more typical for deep-seated gypsum karst. Collapse sinks of this type can only originate when the overlying Buntsandstein is fractured and can break down along more or less vertical planes. Similar collapses at the surface occurred when potash mines were flooded. Experiences from centuries-old solution mining show that larger hollows in halites can be stable without any subsidence occurring at the surface.

The sediments from the „Seeloch“ were submitted to palynological and stratigraphical investigations. The important result of these investigations is the interglacial age (Riß-Würm) of the profile section. All other subsidence areas caused by subterranean solution of halites produced sediments of tertiary or of older pleistocene and holocene age.

### Inhalt

1. Entstehung (A. FINKENWIRTH) . . . . .	208
1.1. Lage und geologische Situation . . . . .	208
1.2. Bewegungen in jüngster Zeit . . . . .	208
1.3. Entstehung des „Seeloches“ im Vergleich mit ähnlichen Formen . . . . .	208
1.4. Zusammenfassung . . . . .	211

\*) Dr. A. FINKENWIRTH, Dr. S. HOLTZ, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.



2. Alter (S. HOLTZ) . . . . .	211
2.1. Befund . . . . .	211
2.2. Stratigraphische Deutung . . . . .	212
2.3. Zusammenfassung . . . . .	213
3. Schriftenverzeichnis . . . . .	213

## 1. Entstehung

(A. FINKENWIRTH)

### 1.1. Lage und geologische Situation

Etwa 6 km NE Bad Hersfeld liegt in der Gemarkung Kathus bei R 335524, H 563922, ca. 300 m über NN, ein etwa kreisrunder Einbruch mit einem Durchmesser von rund 80 m, der auf der TK 25, Bl. 5124 Bad Hersfeld, als „Seeloch“ bezeichnet wird. Dieser Einbruch ist bereits auf der 1888 erschienenen Geologischen Karte von Preußen 1:25000, Bl. Hersfeld, die die topographische Aufnahme des ehemals kurfürstlich-hessischen Generalstabes von 1851 zur Grundlage hat, als „Seeloch“ eingetragen. Das „Seeloch“ liegt im Verbreitungsgebiet des tiefen Mittleren Buntsandsteins. Darunter folgt noch rund 400 m mächtiger Unterer Buntsandstein, der von den Gesteinen des Zechsteins unterlagert wird.

### 1.2. Bewegungen in jüngster Zeit

Nachdem das „Seeloch“ in den letzten 100 Jahren stabil geblieben war, erfolgte am 13./14. 2. 1969 ein erneuter Einbruch, wobei die Sohle konzentrisch um 4–5 m absank. An den Abrißflächen entstand ein Aufschluß der Trichterfüllung, die auf der Westseite folgendes Profil zeigte:

Auffüllung (Muschelkalk), darunter:

- 0,45 m (1) Steiniger Gehängeschutt aus Buntsandsteinmaterial
- 0,03 m (2) Torf, sandig
- 0,3 m (3) Lehm, hellbraun, sandig, z. T. mit Steinen
- 0,4 m (4) Torf, sandig (Pr.-Nr. 259 u. 260)
- 0,4 m (5) Torf, sandig, mit Lagen von Ton, dunkelgrau (Pr.-Nr. 261 u. 262)
- 0,15 m (6) Ton, dunkelgrau, sandig (Pr.-Nr. 263)
- 0,3 m (7) Ton, dunkelgrau, sandig, mit Lagen und Nestern von Sand, mittelgrau und gelbbraun, fein- und mittelkörnig, die Holzreste führen (Pr.-Nr. 264 u. 265)

### 1.3. Entstehung des „Seelochs“ im Vergleich mit ähnlichen Formen

V. KOENEN (1888: 3) führt bereits die Entstehung des „Seelochs“ und des Einbruchs auf dem Obersberg in der Gemarkung Bad Hersfeld auf Subrosionsvorgänge zurück, wobei er an die Auflösung von Zechsteingips denkt. PRINZ (1973) beschreibt das „Seeloch“ als für die Auflösung sulfatischer Gesteine typischen Einbruchsschlot. Daher sollen im folgenden die faziellen Verhältnisse des Zechsteins kurz erläutert werden.

Das „Seeloch“ liegt am Rand der großen Auslaugungssenke von Sorga–Kathus, die mit Sicherheit aufgrund ihrer Erscheinungsform, Ausdehnung und ihres Ab-

senkungsbetrags auf die Subrosion des Werra-Steinsalzes (Zechstein 1) zurückzuführen ist. Diese Subrosionssenke ist in den Salzhang einbezogen, der als Ab-  
laugungsfront des Werra-Salinars verstanden wird (FINKENWIRTH 1964, MAYR-  
HOFER 1965).

Der Werra-Anhydrit kann als Ursprungshorizont der geschilderten Subrosions-  
erscheinungen zunächst außer Betracht bleiben, da er durch das überlagernde  
Werra-Steinsalz gegen den lösenden Angriff durch absteigende nichtgesättigte  
Wässer geschützt ist. Die Schutzwirkung eines genügend mächtigen Steinsalzlagers  
gegen Wasserzuflüsse aus dem Hangenden, selbst wenn es zu Hangendbrüchen und  
Absenkungen gekommen war, ist aus dem Kalisalzbergbau bestens bekannt. Im Mans-  
felder Kupferschieferbergbau sind diejenigen Feldesteile von Wassereinbrüchen ver-  
schont geblieben, die von mindestens 20 m mächtigem Steinsalz überlagert wurden  
(GIMM 1968: 453).

Der Anhydrit des Zwischensalinars (Zechstein 2) ist nach den Bohrergebnissen  
der näheren Umgebung zu geringmächtig (10–20 m) und scheidet aus volumetri-  
schen Gründen als Ursprungshorizont für Subrosionsformen nach Art des „Seelochs“  
aus. Von der 1200 m SE des „Seelochs“ gelegenen Tiefbohrung „Gustav 1“ liegt kein  
geologisch bearbeitetes Profil vor, sondern es sind nur Angaben der ausführenden  
Firma vorhanden (Deutschlands Kali-Industrie 1902: 169), wonach über dem 171 m  
mächtigen Werra-Steinsalz ein Gebirge angetroffen wurde, das als Einsturzbrekzie  
gedeutet werden muß. Das Profil der 400 m W vom „Seeloch“ gelegenen Kupfer-  
schieferbohrung „Kathus 1“ ist nicht eindeutig. Die wenigen Meter Steinsalz, die  
hier erhalten geblieben sind, sind nach Deutung des Verf. in MAYRHOFER (1967: 36)  
entweder Relikte des Werra-Steinsalzes oder gehören dem Steinsalz des Zwischen-  
salinars an.

Unter dem Steinsalz bzw. den Residualbildungen folgt in der Bg. „Kathus 1“  
zunächst ein Dolomit-Anhydrit-Mischgestein. Gesteine dieser Art sind im allgemeinen  
sehr widerstandsfähig gegen Subrosion und sehr standfest, selbst wenn es zur Aus-  
laugung der Anhydriteinlagerungen gekommen sein sollte (z. B. Bildung von Blasen-  
wacken). Der darunter liegende Werra-Anhydrit ist noch intakt.

Fest steht, daß das „Seeloch“ in einem Gebiet liegt, in dem die Auflösung des  
Werra-Steinsalzes fortschreitet. Dafür sprechen auch die hydrochemischen Verhält-  
nisse. Da solche kaminartigen Einbrüche, wie weiter unten gezeigt werden soll, auch  
durch Steinsalzsubrosion entstehen können, ist Gipsauflösung erst in zweiter Linie  
als Entstehungsursache heranzuziehen, zumindest ist das „Seeloch“ nicht als be-  
weisendes Beispiel für „Sulfatkarst“ zu gebrauchen. Neben dem erwähnten Ein-  
bruch auf dem Obersberg ist die auf der Geologischen Karte von Preußen 1:25000,  
Bl. Hersfeld, als Flenndelle bezeichnete, heute wassererfüllte Einbruchsstruktur am  
Wilhelmshof bei Petersberg zu erwähnen. Wahrscheinlich sind in der näheren und  
weiteren Umgebung noch zahlreiche weitere derartige Einbrüche vorhanden, deren  
Ränder aber sekundär nachgebrochen sind, und die mit tertiären oder quartären  
Sedimenten gefüllt wurden.

Im folgenden seien einige Beispiele für durch Salzauslaugung entstandene kamin-  
artige Einbrüche, die sich durch mehrere hundert Meter mächtigen Buntsandstein  
hindurchgepaust haben, genannt.

Zu erwähnen sind hier aktive erdfallartige, an eine Störung gebundene Strukturen mit kleinem Durchmesser an der Wildkaute in der Gemarkung Steinbach, Gemeindebezirk Burghaun (MOTZKA & LAEMMLEN 1967: 104). Dieses Gebiet liegt innerhalb des Werra-Fulda-Steinsalzbeckens, in dem nur wenige Meter mächtige Gipsbänke im Zwischensalinar und im Werra-Anhydrit unter dem schützenden Werra-Steinsalz entwickelt sind.

Bekannt sind auch die trichterförmigen Erdfälle bei Hemmen, Stadtbezirk Schlitz, und zwar die aus dem Schrifttum bekannte „Teufelskaute“ und die Einbruchschlote „Am Trübenberg“ (KUPFAHL 1965: 155). Das Gebiet liegt im Salzhangbereich. Mächtigere Gips- und Anhydritlager sind hier bis auf wenige Meter starke Bänke im Zwischensalinar und unter dem Werra-Steinsalz nicht bekannt.

Die bekannten Senken und Erdfälle der „Hohlen Berge“ NW von Frauensee in der DDR liegen nach WEBER (1967: 152) am Rande einer irregulären Subrosions-senke des Werra-Salinars, an der sich ein interner Salzhang ausgebildet hat. Der Anhydrit des Zwischensalinars ist nur wenige Meter mächtig. Unter dem Werra-Steinsalz finden sich im Niveau des Anhydritknottenschiefers einzelne Anhydritbänke von Meterstärke. Nach THOMAS (1959) hat sich hier 1938 ein Trichter von mehr als 20 m Durchmesser und rund 20 m Tiefe gebildet. Die Abhängigkeit der lokalen Auslaugungstätigkeit von Spalten und Klüften ist nach HOPPE (1944: 259) deutlich nachweisbar.

Hinsichtlich der für die Entstehung von Erdfällen der geschilderten Art erforderlichen Hohlräume im Steinsalz sei darauf verwiesen, daß bei der künstlichen Auslaugung für den Salinenbetrieb Hohlräume von 200 000–500 000 m<sup>3</sup> ausgesolt worden sind, ohne daß es zu einem Einsturz gekommen ist. Bei Beresniki, UdSSR, sind nach THOMAS (1959) Solemengen gefördert worden, die einem Volumen von 16 500 000 m<sup>3</sup> Steinsalz entsprechen, ohne daß Senkungen oder Erdfälle entstanden sind.

Einen Hinweis, wie sich Auslaugungsvorgänge im Deckgebirge auswirken, können Beobachtungen geben, die beim Absaufen des Kaliwerks Vienenburg (FULDA 1937) gemacht wurden. Durch Wässer, die über eine Störung im Buntsandsteindeckgebirge zutraten, wurde das Staßfurt-Kalilager, das als kieseritischer Carnallit vorliegt, der nach oben in Kainit übergeht, aufgelöst. Das Lager stand senkrecht und wurde nur durch geringmächtiges Steinsalz vom überlagernden Buntsandstein getrennt. Die Oberfläche der Salzlagerstätte lag 224 m unter Tage. Nach dem Wassereinbruch stürzten schlammartige Buntsandsteinmassen in die teilweise schachtartigen (!) Auslaugungshohlräume. Die Hohlräume setzten sich in das Deckgebirge fort und 12 Stunden nach dem Hauptwassereinbruch entstand ein trichterförmiger Tagesbruch, dessen anfangs steile Böschung nachbrach. Der Rauminhalt der Gesteinsmassen, die im Bereich des Trichters abgesackt sind, wird auf 450 000 m<sup>3</sup> geschätzt.

Ein ähnliches Beispiel ist der große Tagesbruch von Westeregeln, DDR (KNEISEL 1966). An einer Stelle wurde hier durch Bohrungen eine grabenförmige Vertiefung im Salzspiegel (!) von 100 m Tiefe festgestellt (THOMAS 1959).

Die erdfallartigen Einbruchsstrukturen über hochsalinaren Gesteinen treten gehäuft an Salzhängen auf, weil hier die Subrosion besonders aktiv ist und die Salze einer stärkeren chemischen Umwandlung unterliegen. Die Subrosion kann bevor-

zugt an Schnitten oder Schlechten ansetzen, die das Salinar durchsetzen, auch solchen, die nachträglich mineralisiert sind. Obwohl das Salz im allgemeinen auf Verformungen bruchlos reagiert, können unter bestimmten Bedingungen auch Rupturen auftreten. Ein Teil der Wässer, die die Hydrometamorphose der Kalilager bewirkten, sind über Spalten in die Lagerstätte gelangt.

#### 1.4. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die kaminartigen Einbruchformen über hochsalinaren Gesteinen häufig an den Salzhang gebunden sind und in manchen Fällen eine Bindung an präexistente tektonische Linien nachweisbar ist. Eine präexistente Klüftung im Deckgebirge erleichtert auch die Vorstellung über den Mechanismus des Hochbrechens an vertikalen Trennflächen ohne Ausbildung eines Senkungsfeldes mit Bruchwinkelbegrenzung. Tektonische Beanspruchung mag im Salinar zur Ausbildung von Schnitten und Schlechten geführt haben, die die Auslaugung mehr linear angeordneter Hohlformen begünstigte. Analoge Modellvorstellungen für die Entstehung von kaminartigen Erdfällen über mächtigem Deckgebirge können aus Untersuchungen beim Absaufen von Kalischächten abgeleitet werden. Für die Möglichkeit der Existenz größerer Hohlformen im Salinar sprechen Beobachtungen bei der künstlichen Aussolung von Salzlagerstätten. Generell gesehen sind zwar Schloten und Höhlen mit kaminartigen Einbrüchen im Deckgebirge typisch für Gipsauslaugung (WEBER 1955, FINKENWIRTH 1968), andererseits können solche Phänomene aber durchaus auch bei Steinsalzsubrosion an Salzhängen auftreten.

### 2. Alter

(S. HOLTZ)

#### 2.1. Befund

Aus dem o. g. Profil sind 7 Proben palynologisch untersucht worden. Das Spektrum ist vor allem durch *Pinus* und durch die Vertreter des Eichen-Mischwaldes – *Quercus*, *Ulmus* und vorherrschend *Tilia* – bestimmt. *Carpinus* ist mit Werten bis max. 25% vertreten. *Alnus*, *Betula* und *Picea* überschreiten allgemein nicht die 10%-Grenze.

Im einzelnen zeigt sich folgende Vegetationsentwicklung: Das Spektrum beginnt mit deutlicher bis hoher Beteiligung der Vertreter des Eichen-Mischwaldes (19%), von *Carpinus* (25%) und von *Pinus* (53%). In der zweiten Probe geht *Pinus* auf 8% zurück. Leicht sinkende Tendenz zeigt auch *Carpinus*, während der Eichen-Mischwald seinen Höchstwert von 68% erreicht.

*Pinus* hat ihr Maximum in der dritten Probe, mit entsprechend geringer Beteiligung der Eichen-Mischwald-Formen. *Carpinus* fehlt hier.

Nach hohen Werten in der vierten bis sechsten Probe geht die Eichen-Mischwald-Kurve an der Grenze zum hangenden Lehm auf 18% zurück. *Pinus* (45%) und *Carpinus* (21%) sind wieder vorherrschend. Ab der vierten Probe zeigt *Picea* deutlich ansteigende Tendenz.

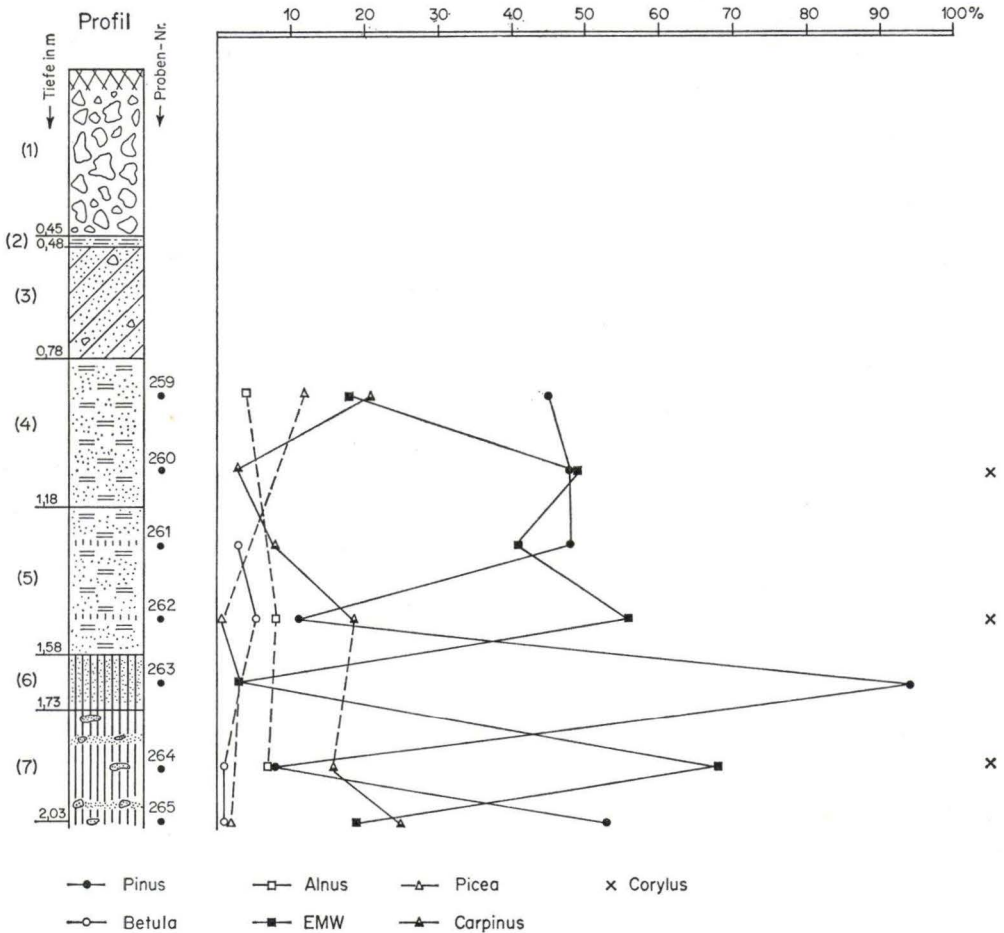


Abb. 1 Diagramm der Baumpollen aus dem Profil des „Seelochs“ bei Bad Hersfeld.

*Corylus* ist in der zweiten, vierten und sechsten Probe stark bis sehr stark vertreten. In den anderen Proben wurde sie nicht beobachtet.

## 2.2. Stratigraphische Deutung

Die Lagerungsverhältnisse lassen keine Rückschlüsse auf das Alter der untersuchten Schichten zu. Zwar werden Tone und Torfe von Lehm und Gehängeschutt – unter rezenter Auffüllung – überlagert, für die ein wärmzeitliches Alter angenommen wird, doch können sie während des Holozäns in die noch heute aktive Korrosionsenke umgelagert worden sein.

Leitformen der Präiß-Zeit fehlen in allen Proben. Ein altpleistozänes Alter der Schichtenfolge entfällt daher.

Das Spektrum von Kathus zeigt nur einen Ausschnitt einer Vegetationsentwicklung an. Die Warmzeit (Eichen-Mischwald mit *Tilia*-Dominanz) wird im unteren Abschnitt durch einen Kälteeinbruch (*Pinus*-Maximum) kurzzeitig unterbrochen. Eine Weiterentwicklung zu einer Hainbuchen-Zeit mit hoher Beteiligung von *Pinus* und deutlichem Anstieg von *Picea* ist angedeutet.

Für die Mittelgebirge Hessens ist für die Eichen-Mischwald-Phase des Atlantikums (Postglazial) *Tilia*-Dominanz bezeichnend (PFALZGRAF 1934, SCHMITZ 1929). In Kathus fehlt jedoch in allen Proben *Fagus*, die bereits frühzeitig im Atlantikum erscheinen müßte. Außerdem dürfte *Carpinus* die 5-%-Grenze nicht übersteigen. Höhere Werte erreicht sie in der Rhön, im Meißner und im Vogelsberg erst im Subatlantikum.

Eine von einem *Pinus*-Maximum unterbrochene Eichen-Mischwald-Phase ist bezeichnend für das Riß-Interstadial. Gegen eine solche Einstufung spricht aber, daß in Kathus vorwiegend *Tilia* und *Ulmus* am Eichen-Mischwald beteiligt sind. Außerdem folgt im Riß-Interstadial auf den Eichen-Mischwald eine Hainbuchen-Phase, die in eine Tannen-Phase übergeht (v. D. BRELIE 1955). *Abies* fehlt hier; sie müßte sich, wenn ein Interriß-Alter zuträfe, in den oberen Proben bereits mit geringen Werten zeigen.

Im Riß-Würm-Interglazial (Eem-Warmzeit) erscheint *Tilia* erst im letzten Drittel der Eichen-Mischwald-Phase und überflügelt *Quercus*. Der nachfolgende Abschnitt ist durch *Carpinus* gekennzeichnet. Danach tritt *Picea* die Vorherrschaft an. *Abies* und *Alnus* sind in Kathus meist nur mit geringen Werten vertreten, was ökologisch deutbar ist. Entscheidend ist, daß *Fagus* in allen Proben fehlt. Vergleicht man dies Ergebnis mit den Spektren eemzeitlicher Vorkommen Nordwestdeutschlands, so ergibt sich in wesentlichen Merkmalen eine Übereinstimmung (v. D. BRELIE 1955, BENDA & SCHNEEKLOTH 1965).

Damit ist das Vorkommen von Kathus etwas jünger als das Tonlager in einer weiteren Korrosionssenke nordöstlich des Forsthauses Kathus, das LAEMMLEN (1967) in das Riß-Glazial stellt.

### 2.3. Zusammenfassung

Aus den Korrosionssenken des nordöstlichen Hessens waren bisher nur kohligtorfige Ablagerungen bekannt geworden, die ein oberpliozänes bis altpleistozänes oder postglaziales Alter haben. Mit den Schichten aus dem „Seeloch“ von Kathus werden erstmals Ablagerungen beschrieben, für die ein eemzeitliches Alter (Riß-Würm-Interglazial) wahrscheinlich ist.

### 3. Schriftenverzeichnis

- BENDA, L. & SCHNEEKLOTH, H. (1965): Das Eem-Interglazial von Köhlen, Krs. Wesermünde. — Geol. Jb., **83**: 699–716, 1 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- BRELIE, G. v. D. (1955): Die pollenstratigraphische Gliederung des Pleistozäns in Nordwestdeutschland. 2. Die Pollenstratigraphie im jüngeren Pleistozän. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **6**: 25–38, 5 Abb.; Öhringen/Württ.
- FINKENWIRTH, A. (1964): Die Versenkung der Kaliabwässer im hessischen Anteil des Werra-Kalireviers. — Z. deutsch. geol. Ges., **116**: 215–230; Hannover.

- FINKENWIRTH, A. (1968): Böschungsrutschungen bei der Aufschlitzung des Braunhäuser Tunnels (Hauptstrecke Bebra-Göttingen) der Deutschen Bundesbahn. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **15**: 441—462, 2 Taf., 3 Abb.; Krefeld.
- FULDA, E. (1937): Das Ersaufen der Kaliwerke Vienenburg, Hannoversche Kaliwerke und Wilhelmshall-Oelsburg. — Z. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Deutschen Reich, **85**: 139—149; Berlin.
- GIMM, W. (1968): Kali- und Steinsalzbergbau, **1**: Aufschluß und Abbau von Kali- und Steinsalzlagerstätten. 600 S.; Leipzig (VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- HOPPE, W. (1944): Die Auslaugungserscheinungen im Werra-Kaligebiet, ihre Bedeutung für die Lagerstätte und die Landschaftsformen. — Jb. Reichsamt Bodenforsch., **62**: 248—271; Berlin.
- KNIESEL, E. (1966): Entstehung und Entwicklung des Tagesbruches bei Westeregeln. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläont., **11**, 3: 333—339; Berlin.
- KOENEN, A. v. (1888): Erl. geol. Spec.-Kte. Preußen u. thür. Staaten, Bl. Hersfeld, Lfg. **36**; Berlin.
- KUPFAHL, H.-G. (1965): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5323 Schlitz, 258 S., 32 Abb., 26 Tab., 4 Diagr., 14 Taf.; Wiesbaden.
- LAEMMLEN, M. (1967): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5124 Bad Hersfeld, 280 S., 16 Abb., 7 Diagr., 10 Tab., 31 Textprof., 4 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- MAYRHOFER, H. (1965): Die Kali-Abwässer-Versenkung in den Plattendolomit des Werra-Gebietes. — Int. Ass. Hydrogeol., Kongreß Hannover 14.—25. 9. 1965, Exkursionsführer: 1—17 [Unveröff. Manuskript].
- (1967): Perm. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5124 Bad Hersfeld: 27—38; Wiesbaden.
- MOTZKA, R. & LAEMMLEN, M. (1967): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5224 Eiterfeld, 213 S., 20 Abb., 7 Tab., 5 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- PFALZGRAF, H. (1934): Die Vegetation des Meißners und seine Waldgeschichte. — Rep. spec. nov. reg. veg., Bh., **75**: 64—76; Berlin.
- PRINZ, H. (1973): Zur Entstehung von Einbruchsschlotten und Korrosionskesseln über tiefem Salinarkast. — Symposium IAEG „Erdfälle und Bodensenkungen“; Hannover. [Im Druck.]
- SCHMITZ, H. (1929): Beiträge zur Waldgeschichte des Vogelsberges. — Planta, **7**, 5: 653—701; Berlin.
- THOMAS, G. (1959): Die Auslaugung von Salzlagerstätten — eine Gefahr für den Bergbau. — Freiburger Forsch.-H., A **114**: 49—66; Berlin.
- WEBER, H. (1955): Zur Formenentwicklung der thüringischen Erdfälle. — Hallesches Jb. mitteldeutsch. Erdgesch., **2**: 100—107; Halle/Saale.
- (1967): Die Oberflächenformen des festen Landes. 367 S., 40 Taf.; Leipzig (B. G. Teubner).
- Deutschlands Kali-Industrie. Geologisch-technisch-wirtschaftlich-historisch. Verlag der Fachzeitung „Industrie“; Berlin 1902.

Manuskript eingegangen am 5. 12. 1973

## C- und O-Isotopenverhältnisse permischer Karbonatgesteine der Wetterau

Von

GOTTHARD KOWALCZYK, Frankfurt a. M., und ULRICH MANZE, Köln\*

Mit 3 Abbildungen

**Kurzfassung:** Von Karbonatgesteinen aus dem Rotliegenden und zum Vergleich auch aus dem Zechstein der Wetterau wurden die  $C^{13}/C^{12}$ - und  $O^{18}/O^{16}$ -Verhältnisse bestimmt. Dabei zeigte sich, daß nicht nur zwischen Zechstein und Rotliegendem scharf abgrenzbare Unterschiede bestehen, sondern daß auch die verschiedenen Folgen innerhalb des Rotliegenden unterschiedliche Werte aufweisen. Die Bestimmung der C- und O-Isotopenverhältnisse scheint daher als Hilfsmittel bei faziellen Untersuchungen im Perm der Wetterau geeignet.

**Abstract:** Carbon and oxygen isotopic composition of Permian carbonate rocks from the Wetterau (Hessen, Germany) has been determined. Not only significant differences exist between the Zechstein (Upper Permian) and the Rotliegendes (Lower Permian), but also between the various units of the Rotliegendes. Isotopic determination of carbon and oxygen seems to be useful as an additional method for facies analysis in the Permian of the Wetterau.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	215
2. Gesteinsbeschaffenheit und Vorkommen der Proben . . . . .	216
2.1. Probenbeschaffenheit und Entnahmestelle . . . . .	218
3. Untersuchungsmethode . . . . .	219
4. Untersuchungsergebnisse . . . . .	219
4.1. Interpretation der Ergebnisse . . . . .	221
5. Schlußfolgerungen und Zusammenfassung . . . . .	223
6. Schriftenverzeichnis . . . . .	223

### I. Einleitung

Die relative Altersfolge und fazielle Entwicklung des Rotliegenden in der Wetterau konnte bisher nur zum Teil geklärt werden. Spärliche Aufschlüsse, rascher Fazieswechsel, das Fehlen von Leithorizonten und kräftige Bruchtektonik machen eine Klärung dieser Frage sehr schwierig. Außerdem fehlen stratigraphisch verwertbare Fossilien weitgehend.

---

\*) Dr. G. KOWALCZYK, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6 Frankfurt a. M., Senckenberg-Anlage 32-34. Dr. U. MANZE, Geologisches Institut der Universität, 5 Köln, Zülpicher Str. 49.



Teil der Versuche, die Altersfolge und fazielle Entwicklung des Rotliegenden in der Wetterau zu klären sind die im folgenden wiedergegebenen Bestimmungen der  $C^{13}$ - und  $O^{18}$ -Isotopenverhältnisse von Karbonatgesteinen, die in der recht monotonen Rotliegendabfolge markantere lithogische Horizonte bilden. Zunächst einmal sollte geprüft werden, ob diese Untersuchungen fazielle Aussagen über die Wetterauer Rotliegend-Karbonatgesteine zulassen, zum anderen, ob bestimmte Werte kennzeichnend für einzelne stratigraphische Einheiten des Rotliegenden in der Wetterau sind.

Zu diesem Zweck wurden aus dem Rotliegenden der Wetterau alle zugänglichen Karbonatgesteine und klastischen Sedimente mit hohem Karbonatgehalt auf die Verteilung ihrer  $C^{13}$ - und  $O^{18}$ -Isotope hin untersucht.

Zum Vergleich wurden außerdem Kalke und Mergel aus dem faziell gut bestimm-  
baren Wetterauer Zechstein in die Untersuchungen einbezogen.

Untersuchungsgebiet und Lage der Probeentnahmestellen zeigt Abb. 1.

## 2. Gesteinsbeschaffenheit und Vorkommen der Proben

Karbonatgesteine sind nur im obersten Abschnitt des Rotliegenden der Wetterau verhältnismäßig häufig.

Der Aufbau dieses obersten Teils der Rotliegendabfolge, bei dem es sich sicher um Oberrotliegendes handelt (durch LIETZ, 1967, wurde ja deutlich gemacht, daß Rotliegendes und Zechstein in der Wetterau ohne Diskordanz aufeinander folgen), ist durch Neukartierungen und Kernbohrungen im Raum Bleichenbach-Ranstadt recht gut bekannt (Bohrung B 80, 86, 93, 109 der Geologischen Forschungsstelle der OVAG, Hungen)<sup>1</sup>.

Die im Norden der Wetterau mindestens 300 m mächtige Schichtenfolge wird im wesentlichen aus roten Tonsteinen, Schluffsteinen und Feinsandsteinen aufgebaut. Eingelagert sind geringmächtige und nicht durchhaltende, dolomitische Mergel (Karbonatgehalt 50–70%, Probe 12–26) und karbonatische Konkretionen (Probe 28, 29, 37, 38); außerdem sind Feinsandsteine lagenweise stark kalkig gebunden (Probe 32, 35, 36).

Im Süden schalten sich in diese feinkörnige Abfolge gröbere Sedimente ein (TOLL 1966, BOENIGK 1967). Aus dieser gröberklastischen Folge stammen die Proben 30, 31, 33, 34. Außerdem wurde vom nördlichen Spessarttrand ein Dolomit aus dem Grenzbereich Rotliegendes/Zechstein untersucht (Probe 39).

Der größte Teil des flächenhaft zutagetretenden Rotliegenden in der Wetterau wird aus den Gesteinen des obersten Teils des Rotliegenden aufgebaut. Außerdem ist diese Folge die an Karbonatgesteinen reichste innerhalb des Rotliegenden; naturgemäß stammen daher die meisten Proben aus den obersten 300 m der Rotliegendabfolge.

Unterlagert wird dieser Teil des Rotliegenden von braunroten und grauen Ton-, Schluff- und Sandsteinen, Konglomeraten, Arkosen und selten auch Kalken, die dann aber mächtiger (bis 60 cm) werden als in den überlagernden Schichten (Probe 40, 41,

<sup>1</sup>) Herrn Dr. E. SCHENK, OVAG Hungen, sei für die Genehmigung zur Auswertung der Bohrungen herzlich gedankt.

44, 45, 48). Bei Kilianstädten ließen sich außerdem Algenkalke (Probe 43) und Oolithe (Probe 42) nachweisen. Bei den übrigen Proben aus diesen Folgen (46, 47, 49, 50) handelt es sich um kalkig gebundene Feinsand- und Schluffsteine sowie um Konkretionen.

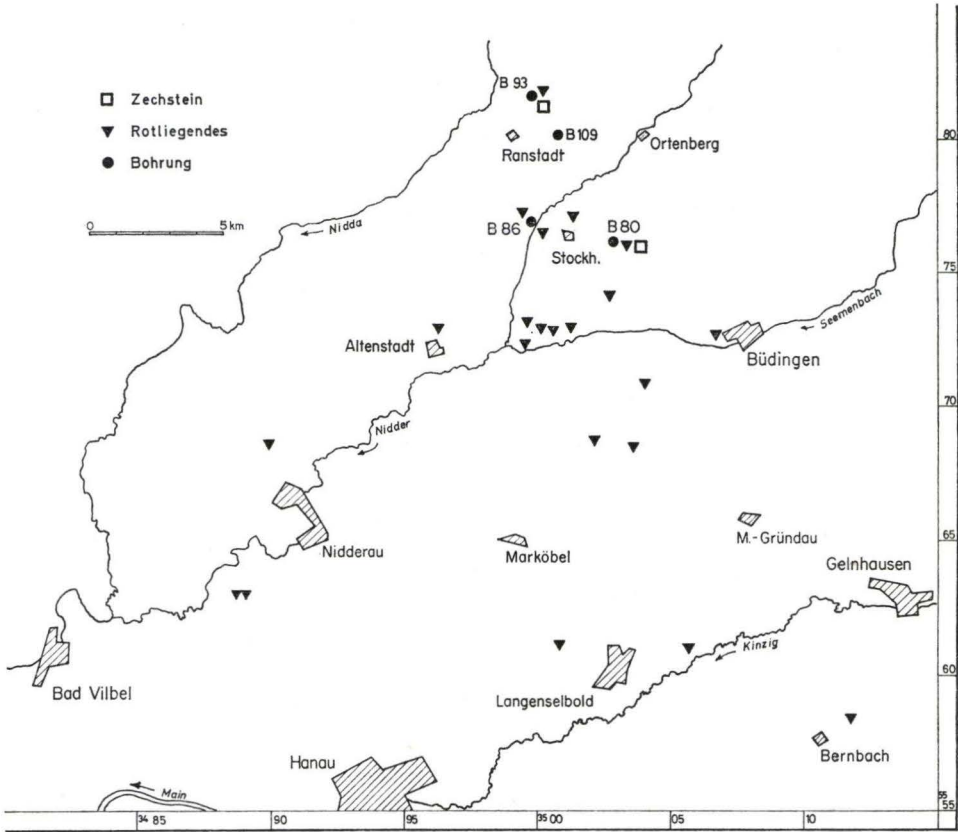


Abb. 1. Lage der Probeentnahmestellen.

Stratigraphisch lassen sich diese Gesteine nicht völlig sicher einstufen; sie gehören überwiegend dem Unterrotliegenden an, aber vermutlich z. T. auch noch einem tieferen Teil des Oberrotliegenden. Sie sind jedoch mit Sicherheit älter als die rotgefärbten, feinkörnigen Schichten des oberen Teils des Oberrotliegenden.

Sicher Unterrotliegendes und älter als die oben genannten Folgen sind die grau-gefärbten Tonsteine, Sandsteine und Konglomerate, die bei Lindheim aufgeschlossen sind und die in der Bohrung Altenstadt I (NÖRING 1951) ab Bohrmeter 158 angetroffen wurden. Von ihnen wurde das kalkige Bindemittel eines Konglomerates und eine Konkretion (Probe 51, 52) untersucht.

Die Proben aus dem Zechstein – Kalke und Kalkmergel – stammen aus dem Zechstein 1 von Bleichenbach und Ransstadt (Probe 1–11).

## 2.1. Probenbeschaffenheit und Entnahmestelle

## Proben-Nr.

- 1 B93, Ranstadt, — 76,50 m, graublauer Kalk, 26,30 m ü.Z.-Bas.
- 2 B93, — 80,40 m, braungelber, dolomitischer Kalk, 23,00 m ü.Z.-Bas.
- 3 B93, — 80,60 m, braungelber, dolomitischer Kalk, 22,80 m ü.Z.-Bas.
- 4 B93, — 80,80 m, braungelber, dolomitischer Kalk, 22,60 m ü.Z.-Bas.
- 5 B80, Bleichenbach, — 13,75 m, hellgrauer Kalk, 16,00 m ü.Z.-Bas.
- 6 B80, — 21, 45 m, blaugrauer Kalk, 8,70 m ü.Z.-Bas.
- 7 B80, — 22,25 m, blaugrauer Kalk, 7,90 m ü.Z.-Bas.
- 8 B80, — 23,45 m, blaugrauer Kalk, 6,70 ü.Z.-Bas.
- 9 B93, — 117,50 m, dunkelgrauer Kalk, 2,20 m ü.Z.-Bas.
- 10 B93, — 120,00 m, dunkelgrauer Kalk, 1,00 m ü.Z.-Bas.
- 11 B80, — 29,65 m, grauer Kalk, 0,5 m ü.Z.-Bas.
- 12 B93, — 253,30 m, grauer, dolomitischer Mergel, 83,50 m u.Z.-Bas.
- 13 B93, — 255,00 m, grauer, dolomitischer Mergel, 85,20 m u.Z.-Bas.
- 14 B93, — 255,40 m, grauer, dolomitischer Mergel, 85,60 m u.Z.-Bas.
- 15 B86, Leustadt, — 64,90 m, grauroter, dolomitischer Mergel, ca. 140 m u.Z.-Bas.
- 16 B80, — 194,40 m, grauer, dolomitischer Mergel, 171,40 m u.Z.-Bas.
- 17 B80, — 194,70 m, grauer, toniger, dolomitischer Mergel, 171,70 m u.Z.-Bas.
- 18 B80, — 194,80 m, grauer, toniger, dolomitischer Mergel, 171,80 m u.Z.-Bas.
- 19 B80, — 247,20 m, grauer, dolomitischer Mergel, 219,20 m u.Z.-Bas.
- 20 B86, — 221,00 m, grauer, dolomitischer Mergel, ca. 300 m u.Z.-Bas.
- 21 B86, — 235,50 m, grauer, toniger, dolomitischer Mergel, ca. 300 m u.Z.-Bas.
- 22 B86, — 242,20 m, grauer, dolomitischer Mergel, ca. 300 m u.Z.-Bas.
- 23 B86, — 254,10 m, grauer, dolomitischer Mergel, ca. 300 m u.Z.-Bas.
- 24 B86, — 254,65 m, grauer, toniger, dolomitischer Mergel, ca. 300 m u.Z.-Bas.
- 25 B86, — 257,40 m, grauer Mergel, ca. 300 m u.Z.-Bas.
- 26 B86, — 258,50 m, grauer Mergel, ca. 300 m u.Z.-Bas.
- 27 B93, — 205,50 m, Kalzitaggregate, 66 m u.Z.-Bas.
- 28 Zgl. Ravolzhausen, Grube Ost, Kalkknotenlage, ca. 100 m u.Z.-Bas.
- 29 Zgl. Ravolzhausen, Grube Ost, Kalkknoten, ca. 100 m u.Z.-Bas.
- 30 Straßenanschnitt a. d. B40 E Langenselbold, sandiger Mergel
- 31 Straßenanschnitt a. d. B40 E Langenselbold, hellroter, kalkiger Feinsandstein
- 32 E Calbach, gelbgrauer, sandiger Mergel
- 33 „Ameisengrund“, W Diebach am Haag, sandiger Mergel
- 34 SE Eckartshausen, dolomitischer Mergel
- 35 „Eichelberg“, Büdingen, hellroter, kalkiger Feinsandstein, ca. 60 m u.Z.-Bas.
- 36 N Leustadt, graugelber, toniger, dolomitischer Mergel, ca. 100 m u.Z.-Bas.
- 37 „Im Montel“, NE Düdelsheim, graugelbe Kalkknauern, 60 m u.Z.-Bas.
- 38 1 km N Stockheim, karbonatische Konkretion
- 39 Bernbach, Schießplatz, graugelber Dolomit, 15 m u.Z.-Bas.
- 40 Kilianstädten, hellgrauer Mergel
- 41 Kilianstädten, hellgrauer, mergeliger Kalk
- 42 Kilianstädten, grauroter Oolith
- 43 Kilianstädten, dunkelgrauer Algenkalk
- 44 „Enzheimer Köpfchen“, Enzheim, gelber, dolomitischer Mergel
- 45 „Am Atzelborn“, W Düdesheim, grauer Kalk
- 46 Düdelsheim, braunroter, kalkiger Schluffstein
- 47 „Am Gleichen“, E Lindheim, grauer, toniger Mergel
- 48 Naumburg, N Nidderau, grauer Kalk
- 49 Naumburg, N Nidderau, kalkige Konkretion
- 50 Lindheim, kalkig gebundenes Konglomerat (Bindemittel)
- 51 Lindheim, karbonatische Konkretion

ü/u.-Z.-Bas. = über/unter Zechstein-Basis

### 3. Untersuchungsmethode

Die Gesteinsproben wurden zunächst in einer Kugelmühle zerkleinert. Darauf wurde das Gesteinspulver im Vakuum mit 100%-Orthophosphorsäure zersetzt und das freiwerdende CO<sub>2</sub> massenspektrometrisch untersucht. Die Messungen der Isotopenverhältnisse wurden mit einem Massenspektrometer vom Typ CH 4 der Firma Atlas durchgeführt. Die Reproduzierbarkeit der Werte beträgt +0,1% für den Sauerstoff und +0,25% für den Kohlenstoff.

Die Isotopenverhältnisse werden als  $\delta$ -Werte angegeben, die in ‰ die positiven oder negativen Abweichungen von dem international gebräuchlichen PDB-Standard (CRAIG 1957) darstellen. So ist  $\delta$  für den Kohlenstoff folgendermaßen definiert:

$$\delta C^{13} = \left[ \frac{(C^{13}/C^{12}) \text{ Probe}}{(C^{13}/C^{12}) \text{ Standard}} - 1 \right] \times 1000 \text{ (‰)}.$$

Entsprechend gilt für  $\delta O^{18}$ :

$$\delta O^{18} = \left[ \frac{(O^{18}/O^{16}) \text{ Probe}}{(O^{18}/O^{16}) \text{ Standard}} - 1 \right] \times 1000 \text{ (‰)}.$$

### 4. Untersuchungsergebnisse

An Abb. 2 sind die untersuchten Proben mit ihren  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werten zunächst einmal in stratigraphischer Reihenfolge dargestellt. Bis Probe 26 gilt diese Reihenfolge streng. Die übrigen Proben konnten nur annähernd dem Alter nach geordnet werden. Innerhalb des Oberrotliegenden wurde außerdem zwischen „diagenetischen“ Karbonaten (Konkretionen, Kalkkrusten und kalkigem Bindemittel von Sandsteinen) und – „frühestdiagenetischen“ – Kalken (s. HOEFS 1970) unterschieden.

Für den Zechstein ergeben sich dabei  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte, die gut mit den von KEITH & WEBER (1964) für permische marine Kalke angegebenen übereinstimmen. Die  $\delta O^{18}$ -Werte liegen zwischen  $-7$  und  $-1$ , die  $\delta C^{13}$ -Werte zwischen  $-1$  und  $+3$ , wobei die  $\delta O^{18}$ -Werte stets niedriger liegen als die zugehörigen  $\delta C^{13}$ -Werte.

Der Übergang vom Zechstein zum Rotliegenden ist durch eine sprunghafte Umkehrung des Verhältnisses der  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte zueinander gekennzeichnet. Die  $\delta C^{13}$ -Werte sind stark negativ ( $-2$  bis  $-8$ ), demgegenüber liegen die  $\delta O^{18}$ -Werte hoch (außerdem stets höher als die zugehörigen  $\delta C^{13}$ -Werte). Das gilt auch für die diagenetischen Karbonatgesteine im Oberrotliegenden, die  $\delta O^{18}$ -Werte bei diesen Gesteinen sinken allerdings ab; dies steht auch im Einklang mit den Angaben von HODGSON (1966) über diagenetische Kalke.

Das Unterrotliegende und der tiefere Teil des Oberrotliegenden lieferte ähnliche  $\delta C^{13}$ -Werte wie das Oberrotliegende (oberer Teil). Die  $\delta O^{18}$ -Werte sind jedoch stark erniedrigt – sie liegen noch niedriger als im Zechstein.

Bei der stratigraphischen Aufreihung ergeben sich nach  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werten folgende Gruppierungen:

$$\begin{array}{ll} \text{Niedrige } \delta O^{18}\text{-} (\varnothing - 3,29), & = \text{Zechstein 1} \\ \text{hohe } \delta C^{13}\text{-Werte} (\varnothing + 1,48) & \end{array}$$

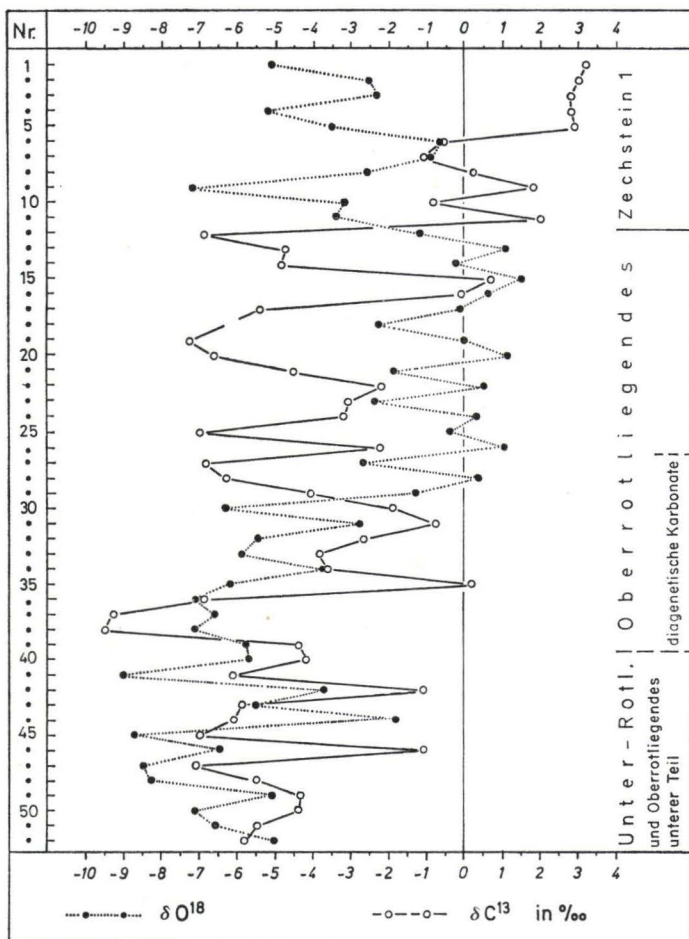


Abb. 2.  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte der Proben in annähernd stratigraphischer Reihenfolge.

Hohe  $\delta O^{18}$ - ( $\bar{\delta} -1,57$ ), = Oberrotliegendes (oberer Teil)

niedrige  $\delta C^{13}$ -Werte ( $\bar{\delta} -3,98$ )

Niedrige  $\delta O^{18}$ - ( $\bar{\delta} -6,23$ ), = Unterrotliegendes und Oberrotliegendes (unterer Teil)

niedrige  $\delta C^{13}$ -Werte ( $\bar{\delta} -4,87$ )

Diese Gruppenbildung scheint außerdem zu bestätigen, daß die Isotopenverhältnisse der untersuchten Gesteine durch Diagenese nicht übermäßig stark verändert wurden.

Die  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte bei den diagenetischen Karbonaten sind demgegenüber uneinheitlich verteilt und streuen stark.

Noch augenfälliger wird dieses Bild, wenn man die  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte in einem Diagramm gegeneinander aufträgt (Abb. 3).

Ein erstes, gut abgrenzbares Feld bilden die  $\delta$ -Werte der Zechsteinkalke, ein weiteres die  $\delta$ -Werte der (frühestdiagenetischen) Kalke und Mergel des Oberrotliegenden.

Die  $\delta$ -Werte der diagenetischen Karbonatgesteine im Oberrotliegenden streuen demgegenüber stark, sie sind vor allem durch niedrigere  $\delta O^{18}$ -Werte gekennzeichnet.

Das dritte Feld wird von den  $\delta$ -Werten der Karbonatgesteine aus dem Unterrotliegenden und dem tieferen Teil des Oberrotliegenden gebildet.

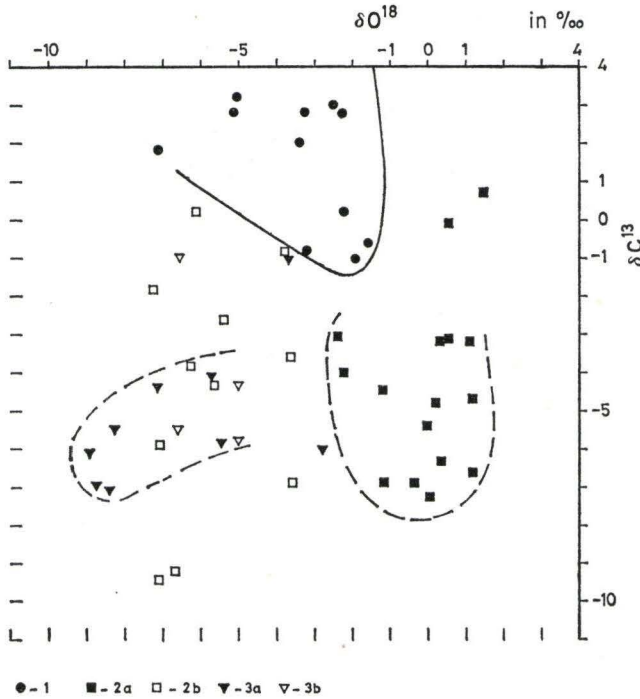


Abb. 3. Verteilungsdiagramm der  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte.

- 1 = Zechstein; 2 = Oberrotliegendes, oberer Teil;  
 3 = Unterrotliegendes und Oberrotliegendes, unterer Teil;  
 a = „frühestdiagenetische“, b = diagenetische Karbonate.

Die drei Gruppen sind scharf voneinander abgegrenzt; kein  $\delta$ -Wert aus dem Rotliegenden liegt innerhalb des Feldes der  $\delta$ -Werte aus dem Zechstein, ebenso ist kein  $\delta$ -Wert aus dem Unterrotliegenden im Feld der Oberrotliegend- $\delta$ -Werte zu finden.

Die  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte der Proben 15, 23, 31, 42 liegen allerdings sehr nahe bei den  $\delta$ -Werten des Zechsteins; eine Entstehung dieser Gesteine unter gleichen Bedingungen wie im Zechstein läßt sich jedoch aufgrund dieser Angaben allein nicht belegen.

#### 4.1. Interpretation der Ergebnisse

Im Zechstein sind die relativ hohen  $\delta C^{13}$ -Werte auffällig, wenn man berücksichtigt, daß der Zechstein der Wetterau in randnaher Fazies vorliegt (PRÜFERT 1969). Terrestrische Wässer mit biogen fraktioniertem Kohlenstoff vermindern im allgemeinen die  $\delta C^{13}$ -Werte der von ihnen beeinflussten Karbonatgesteine (DEGENS 1967).

Durch terrestrische Einflüsse sind wahrscheinlich auch die niedrigeren  $\delta C^{13}$ -Werte im basalen Zechstein zu erklären.

Durch das Angebot pflanzlichen Kohlenstoffs wird auch das starke Absinken der  $\delta C^{13}$ -Werte im Ober- und Unterrotliegenden gegenüber dem Zechstein verständlich. Im Oberrotliegenden der Wetterau sind Pflanzenreste zwar selten, aber vorhanden, im Unterrotliegenden sind sie sogar häufig. Dieser Befund scheint sich auch in den  $\delta C^{13}$ -Werten innerhalb des Rotliegenden widerzuspiegeln: Im Mittel liegen die  $\delta C^{13}$ -Werte im Oberrotliegenden etwas höher als im Unterrotliegenden (um 1 ‰). Pflanzenarmut (und Trockenheit) würden die  $\delta C^{13}$ -Werte der Proben 15 und 16 andeuten. Das starke Abfallen der  $\delta C^{13}$ -Werte im Rotliegenden gegenüber dem Zechstein könnte demnach seine Ursache im Wechsel von der marinen zur terrestrischen Fazies haben; das gilt zumindest für das Unterrotliegende und den unteren Teil des Oberrotliegenden.

Der starke Anstieg der  $\delta O^{18}$ -Werte im Oberrotliegenden gegenüber dem Zechstein und dem Unterrotliegenden läßt sich vermutlich auf Niederschläge und Zuflüsse übersteigende Verdunstungshöhen und damit eine höhere Konzentration von  $O^{18}$  zurückführen (DEGENS 1967). Das bedeutet auch für das Oberrotliegende eine zumindest periodisch stärkere Trockenheit als im Unterrotliegenden und ein stärker salinares Milieu als im Zechstein<sup>2</sup>.

Diese Aussagen stimmen mit den geologischen Befunden gut überein. Im Oberrotliegenden der Wetterau (wie auch anderen Orts) sind Indikatoren trockenen Klimas und stellenweise auch salinarer Fazies nicht selten, wie z. B. Gips-, Anhydrit- und Steinsalzrelikte.

Auf das Vorhandensein und die Zufuhr von Frischwasser deuten demgegenüber die verhältnismäßig niedrigen  $\delta O^{18}$ - (und auch  $\delta C^{13}$ -)Werte im Unterrotliegenden; damit steht auch das vermehrte Auftreten von Pflanzenresten im Einklang, ebenso das Vorkommen von Konglomeraten.

Insgesamt widersprechen die  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte den bisherigen Anschauungen über Ausbildung und Entwicklung des Rotliegenden in der Wetterau nicht, sondern stützen sie: Stärkere Wasserführung und reichlicher Pflanzewuchs im Unterrotliegenden und trockene bis sehr trockene Bedingungen mit möglicher Evaporation vorhandener Gewässer im oberen Teil des Oberrotliegenden bei spärlichem Pflanzenwuchs.

Die  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte der diagenetischen Karbonatgesteine lassen möglicherweise Aussagen über den Bildungszeitraum der Gesteine zu (HOEFS 1970).

So liegen z. B. die  $\delta$ -Werte der Proben 19, 51, 52 im Feld der kaum diagenetisch veränderten Gesteine ihrer Folge, so daß vermutlich auf ihre frühdia-genetische Bildung geschlossen werden kann.

Bei der Bildung der diagenetischen Karbonatgesteine im Oberrotliegenden mit niedrigen  $\delta O^{18}$ -Werten ist vor allem an den Einfluß meteorischer Wässer und terrestrischer Grundwässer zu denken. Insgesamt sind jedoch die Möglichkeiten der Veränderung der Isotopenverhältnisse bei der Diagenese zu wenig überschaubar, als daß hier eindeutige Aussagen gemacht werden können. Aus diesem Grund lassen die beiden Proben aus den graugefärbten Folgen des Unterrotliegenden auch keine Angaben über die Fazies zu.

<sup>2</sup>) Diese Anschauung scheinen auch die  $B_2O_5$ -Gehalte des Oberrotliegenden und des Zechsteins zu stützen; im Oberrotliegenden sind die Bor-Gehalte häufig höher als im marinen Zechstein (LIETZ 1967, PRÜFERT 1969, vgl. auch ERNST 1962).

### 5. Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Die unterschiedliche Verteilung der  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte im Zechstein und Rotliegenden der Wetterau konnte aufgrund der bisherigen paläogeographischen Vorstellungen über die beiden Fazies erwartet werden. Das Ergebnis ist jedoch überraschend deutlich. Die mitgeteilten Untersuchungen scheinen daher ein weiterer Hinweis dafür zu sein, daß die Bestimmung der  $C^{13}$ - und  $O^{18}$ -Isotopenverhältnisse in Karbonatgesteinen zur Faziesdiagnostik herangezogen werden können.

Im Gegensatz zur Anschauung von WEBER et al. (1965) erwies sich die Bestimmung von  $\delta C^{13}$ - und  $\delta O^{18}$ -Werten innerhalb des Rotliegenden als wertvoll; denn anders als bei den erwarteten Unterschieden zwischen Rotliegendem und Zechstein konnte innerhalb des Rotliegenden nicht mit einer deutlichen und charakteristischen Änderung der  $\delta C^{13}$ - und  $\delta O^{18}$ -Werte gerechnet werden. Gerade aber durch die  $\delta O^{18}$ -Werte wird der Unterschied zwischen Ober- und Unterrotliegendem markiert.

Außerdem war innerhalb des Rotliegenden das Verteilungsdiagramm der  $\delta O^{18}$ - und  $\delta C^{13}$ -Werte besonders aufschlußreich (Abb. 3). Es konnte Hinweise auf gleiche Fazies verschiedener Gesteine liefern und damit bei der geringen räumlichen Ausdehnung des untersuchten Gebietes auch auf stratigraphische Zusammengehörigkeit. Die mitgeteilten Untersuchungen scheinen daher indirekt auch der stratigraphischen Zuordnung von Rotliegendgesteinen der Wetterau dienlich sein zu können.

Die bisherigen Anschauungen über die Fazies des Rotliegenden in der Wetterau konnten durch die Untersuchungen bestätigt und erweitert werden. Daher scheint die Ansicht gerechtfertigt, daß Bestimmungen der  $O^{18}$ - und  $C^{13}$ -Isotopenverhältnisse im Rotliegenden der Wetterau bei faziellen und auch stratigraphischen Untersuchungen von Nutzen sein können.

### 6. Schriftenverzeichnis

- BOENIGK, W. (1967): Die Geologie der südöstlichen Wetterau zwischen Langenselbold-Büdingen-Hainchen, mit besonderer Berücksichtigung des Tertiärs. — Dipl.-Arb. 187 u. XXXVI S.; Köln.
- CRAIG, H. (1957): Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors of mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **12**: 133—149; London.
- DEGENS, E. T. (1967): Stable isotope distribution in carbonates. — In: CHILINGAR, G. V. et al.: *Carbonate rocks*, B: 193—208; Amsterdam.
- ERNST, W. (1962): Die stratigraphische und fazielle Bedeutung der Borgehalte im jüngsten Oberkarbon und Rotliegenden Nordwestdeutschlands. — *Fortschr. Geol. Rheinlande u. Westf.*, **3**, T. 2: 423—428; Krefeld.
- HODGSON, W. A. (1966): Carbon and oxygen ratios in diagenetic carbonates from marine sediments. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **30**: 1223—1233; London.
- HOEFS, J. (1970): Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotopenuntersuchungen an Karbonatkongkretionen und umgebenden Gestein. — *Contr. Mineral. and Petrol.*, **27**: 66—79; Berlin-Heidelberg-New York.
- KEITH, M. L. & WEBER, J. N. (1964): Carbon and oxygen isotopic composition of selected limestones and fossils. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **28**: 1787—1816; London.
- LIETZ, J. (1967): Die paläogeographische und lithofazielle Entwicklung vom Rotliegenden zum Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau. — *Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln*, **12**, 84 S.; Köln.



- NÖRING, F. (1951): Die Fortsetzung der Saar-Senke in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**: 22—44; Wiesbaden.
- PRÜFERT, J. (1969): Der Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau. — Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, **16**, 176 S.; Köln.
- TOLL, W. (1966): Die Geologie der südöstlichen Wetterau zwischen Langenselbold, Büdingen und Roth, mit besonderer Berücksichtigung der permischen Schichten. — Dipl.-Arb., 155 S.; Köln.
- WEBER, J. N., BERGENBACK, R. E., WILLIAMS, E. G. & KEITH, M. L. (1965): Reconstruction of depositional environments in the Pennsylvanian Vauport Basin by carbon isotope ratios. — J. sediment. Petrol., **35**: 36—48; Menasha.

Manuskript eingegangen am 12. 9. 1973

## Neues Pechblende-Vorkommen in Mackenheim/Odenwald

Von

STEFAN MEISL, Wiesbaden \*

Mit Tafel 11

**Kurzfassung:** In Mackenheim — in der Nähe von Fürth/Odw. — wurde im letzten November ein neues Pechblendevorkommen entdeckt.

Die metamorphen Nebengesteine, Amphibolite und an Kalksilikatfelslinsen (mit Epidot und Granat) reiche Paragneise, sind in einer NE–SW gerichteten Störungszone stark mylonitisiert und in eine Brekzie verwandelt. Pechblende füllt die Risse und die Spältchen der Gangbrekzie zusammen mit Pyrit, Melnikovitpyrit, Markasit, Arsenkies, Kupferkies, Zinkblende (kleine Mengen) und mit großen Mengen von Calcit als Hauptgangart. Auch Goethit und andere Minerale der Limonit-Gruppe treten auf. Radiometrisch und röntgenfluoreszenzanalytisch wurden Urangelhalte bis zu 7500 ppm U festgestellt.

Die Paragenese mit Pechblende wurde aus niedrigtemperierten hydrothermalen Lösungen gebildet, ebenso wie die Paragenesen mit Cu–Pb–Bi–Zn–As-Erzen in den übrigen Störungszonen im Steinbruchsbereich, die hier jedoch nicht näher beschrieben werden.

**Abstract:** At Mackenheim in the Odenwald mountains — near the town Fürth/Odw. — a new occurrence of pitchblende was established last november.

The metamorphic host rocks, mainly amphibolites and paragneisses rich in limesilicate-lenses (with epidote and garnet) are highly crushed within a NE–SW- directed fault zone. Pitchblende fills the fissures and the cracks of the fault zone together with pyrite, melnikovitpyrite, marcasite, arsenopyrite, chalcopyrite, minor amounts of sphalerite and with great amounts of calcite as the main gangue mineral. Goethite and other minerals of the limonite-group also occur. Uranium contents as high as 7500 ppm U have been measured radiometrically and by x-ray fluorescence spectroscopy.

The mineral assemblage with pitchblende was built by low temperature hydrothermal solutions, like some other mineral assemblages of the Mackenheim area with a great variety of Cu–Zn–Pb–Bi–As-ores, not described here in detail.

Der altbekannte Steinbruch am Mackenheimer Viadukt bei Mackenheim, Bl. 6418 Weinheim, unweit von Fürth/Odw. (R 3484375, H 5492750), ist in den letzten 10–15 Jahren durch einen intensiven Abbau der dort anstehenden Metamorphite erheblich erweitert und vertieft worden. Neben Amphiboliten und dioritoiden Mobilisaten sind gegenwärtig an Kalksilikatfelsen reiche Paragneise aufgeschlossen, die von zahlreichen diskordanten Aplitgängen mit pegmatitoiden Nestern durchzogen sind.

Jünger als die Aplit-Pegmatit-Gänge sind hydrothermale Calcit- und Quarztrümer mit sulfidischen Erzen, die von M. FETTEL festgestellt sowie eingemessen wurden und von ihm teil weise andernorts beschrieben werden (Aufschluß, 24, 1973b).

\*) Prof. Dr. S. MEISL, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

Nach M. FETTEL sind im Bereich des Bruches 8 Störungszonen mit manchmal mehreren parallel verlaufenden Erztrümmern im Laufe der letzten Jahre zu beobachten gewesen. Sie streichen teils N-S, NNW-SSE, NNE-SSW und NW-SE. Am weitesten verfolgbare ist ein NW-SE streichender Calcit-Trüm mit Tennantit, Kupferkies, Arsenkies, Pyrit, Markasit,  $\pm$  Bleiglanz, der gegenwärtig auf der tiefsten Sohle des Bruches – nahe an dessen Südende – am besten zugänglich ist. Als zusätzliche Gangarten werden von Herrn FETTEL Quarz und Baryt angegeben. Etwa 3 m von diesem Gang in nördlicher Richtung war am 13. 11. 1973 eine 30–50 cm breite Zone mylonitisierten Gesteins mit einem dünnen Calcit-Trüm ohne auffällige Vererzung aufgeschlossen. Stellenweise konnten kleinere Drusen mit aufgewachsenen, durchschnittlich 0,5 cm großen, von dünnem Markasit-Film überzogenen Calcit-Rhomboedern beobachtet werden. Makroskopisch identifizierbar waren ferner dem Calcit aufgewachsene FeS<sub>2</sub>- und Samtblende-Kügelchen. Außerhalb des Calcit-Trümmchens, im Bereich des mylonitisierten Gesteins, konnten dünne Schnüre – aus einer makroskopisch nicht besonders auffälligen schwarzen Substanz bestehend – beobachtet werden, die mehr oder weniger regelmäßig die Fragmente der Gangbrekzie umgaben. Größere Beachtung verdient die soeben beschriebene Gangbrekzie wegen ihrer ungewöhnlich hohen  $\gamma$ -Aktivität, die manchmal das Hundertfache der  $\gamma$ -Aktivität der umgebenden, nicht vererzten Gesteine erreicht. Aus diesem Grunde sind mehrere Proben entnommen und bislang vor allem optisch in Anschliffen und Dünn-Anschliffen untersucht worden.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich im wesentlichen auf die Mineralisation der Gang-Brekzie; hinsichtlich der übrigen Gangparagenesen im Steinbruchsbereich wird auf die oben erwähnte Arbeit von M. FETTEL verwiesen.

Als Träger der  $\gamma$ -Aktivität verdächtig war von vornherein die die Gesteinsfragmente umgebende schwarze Substanz. Sie ist unter dem Binokular betrachtet pechschwarz und läßt Gelstrukturen erkennen. Sie ist in der Tat stark radioaktiv und enthält nach einer qualitativen Prüfung mittels der Röntgenfluoreszenz-Analyse Uran ohne jegliche Spuren von Thorium. Auflichtoptisch konnte sie einwandfrei als Pechblende identifiziert werden (Taf. 11, Fig. 1, 2). Die Pechblende tritt in typischer Ausbildung, in Form von traubigen Massen und Kügelchen, auf und wird von zahlreichen Schrumpfrissen durchzogen. Im Durchlicht ist sie braunrot durchscheinend und – abgesehen von spärlichen, winzigen, nicht näher identifizierbaren Sulfid-Fünkchen – frei von Einschlüssen. Sie umkrustet stets Pyrit-Schnüre und Pyrit-Klumpen, tritt jedoch auch allein – ohne Pyrit – als Rißfüllung auf. Die Pechblende-Konzentration ist in den untersuchten Proben unterschiedlich. Dementsprechend variiert der radiometrisch und röntgenfluoreszenzanalytisch ermittelte U-Gehalt zwischen 300 und 7500 ppmU, bei einem Durchschnittswert von 3400 ppm U für 12 etwa gleichgroße Proben.

Pyrit ist in manchen Proben das häufigste Erzmineral. Er bildet einige, mm-große, körnelige Aggregate und bis zu 3,5 cm lange Schnüre, ferner rundliche Gebilde mit Gel-Strukturen (Melnikovitpyrit), in denen mehr oder weniger konzentrische Schalen von Melnikovitpyrit und Markasit abwechselnd auftreten können. Vereinzelt liegen auch würfelige Kristalle oder rundliche Körner mit Zonenbau nach dem Pentagondodekaeder vor. Markasit tritt mengenmäßig gegenüber Pyrit und Melnikovitpyrit stark zurück.

Direkt mit Pechblende vergesellschaftet kommt (stets in kleinen Mengen) Zinkblende vor, die manchmal auch alleiniges Erzmineral feinsten Calcit-Äderchen sein kann. Sie ist im Durchlicht farblos bis lichtgelbbraun gefärbt mit geringem, doch zonenweise unterschiedlichem Eisengehalt.

Reichlich vorhanden (in manchen Proben den Pyrit weit überwiegend) ist Arsenkies in feinkörniger Ausbildung, meist in Form von Viellingen. Arsenkies ist von der Pechblende oft räumlich getrennt und vorwiegend mit Kupferkies nebst etwas Pyrit vergesellschaftet. Daraus leitet sich der Verdacht ab, daß diese Minerale aus dem Zerfall des primär wahrscheinlich auftretenden Tennantits entstanden sein könnten. Tennantit ist das Haupterzmineral des Nachbartrums und tritt in Spuren auch in der Gangbrekzie auf. Arsenkies bevorzugt calcitreiche Bereiche der Gangbrekzie und ist auch dem Calcit der Drusen orientiert eingewachsen. Die eventuelle Co-Führung des Arsenkieses konnte bislang nicht schlüssig überprüft werden. Sie scheint jedoch aufgrund des optischen Verhaltens des Arsenkieses und aufgrund der im Nachbartrum beobachteten Kobaltblüte (M. FETTEL, mündl. Mitt. am 13. 11. 1973) wahrscheinlich.

Der Kupferkies bildet überwiegend allotriomorphe Klumpen von 0,1–1,0 mm Größe; idiomorphe Kristalle sind nur ausnahmsweise beobachtet worden. An einer einzigen Stelle eines Anschliffs umgibt Kupferkies außer Arsenkies auch Zinkblende, die sonach eventuell in zwei Generationen vorliegen könnte.

Die relative Altersfolge der Erzminerale dürfte nach dem vorliegenden Befund etwa folgende sein: (Tennantit) → Arsenkies + (Zinkblende) + Kupferkies → Pyrit + Melnikovitpyrit + Markasit → Pechblende → Zinkblende → Nadeleisenerz + Rubinlimmer (letztere bereits durch Verwitterungseinwirkungen entstanden).

Die Ausbildung der Pechblende, der Zinkblende und des Pyrits läßt erkennen, daß eine niedrig temperierte epi- bis telethermale Vererzung vorliegt, ebenso wie im Falle der meisten bislang pechblendefreien Erzparagenesen des Bruchbereiches, mit Ausnahme der Molybdänglanz führenden Paragenesen (vgl. FETTEL 1973 a u. b).

Die Paragenese ist der klassischen Ni-Co-Bi-Ag-As-U-Formation i. w. S. zuzuordnen. Mackenheim ist nach Nieder-Ramstadt (KLEMM 1923; RAMDOHR 1924, 1960; BÜLTEMANN & WUTZLER 1968; STRECKER 1971) der zweite Fundpunkt mit Paragenesen dieser klassischen Erzformation. Abweichend von Nieder-Ramstadt sind Ni- und Ag-Mineralen in Mackenheim bislang nicht aufgefunden worden. Auch Co-Mineralen sind selten und vorerst nur in Form von Kobaltblüte nachgewiesen. Bei der erstaunlichen Variationsbreite der Paragenesen selbst in Nieder-Ramstadt braucht dieser Tatbestand kein Wunder nehmen. Dort sind in den letzten Jahren vor allem an Bornit-Kupferkies-Pechblende-Rotnickelkiesreiche Erzpartien mit fehlenden Silbererzen und bei nur mäßiger Beteiligung von Kobalterzen festgestellt worden (die Neuuntersuchung dieses Materials ist im Gange), während in den 20iger Jahren Uranminerale nur vermutet und erst 1960 definitiv nachgewiesen werden konnten (RAMDOHR, briefl. Mitt. an H. HENTSCHEL 1960).

Die pechblendeführenden Paragenesen sind sowohl in Mackenheim als auch in Nieder-Ramstadt mehr an brekziöse Störungszonen als an definitive Gänge gebunden und treten beidesmal in metamorphen, amphibolitischen oder hornfelsartigen Gesteinen im Dachbereich des vermutlich granitischen Erzbringers auf. Diese lediglich

plakatartig aufgezeigten gemeinsamen Züge der beiden Uranvererzungen im Odenwald sollen einer künftigen Uranprospektion zu einer neuen Ausrichtung verhelfen. Ohne besondere Hoffnungen auf eine wirtschaftliche Urangewinnung im Odenwald erwecken zu wollen, muß betont werden, daß der Odenwald durch diesen zweiten Pechblendefundpunkt einen festen Platz innerhalb der sog. „varistischen Uranprovinz“ (GEFFROY & SARCIA 1954), die vom sächsisch-böhmischen Erzgebirge über das französische Zentralmassiv bis zu den portugiesischen Uranvorkommen reicht, beanspruchen kann. Uranhöfzig dürften in erster Linie Gebiete mit Gesteinen des „Metamorphen Rahmens“ und dort selbst Gebiete mit bekannter – wenn auch spurenhafter – hydrothermalen Vererzung sein. Es ist notwendig, diese bisher im Bezug auf Uranprospektion vernachlässigten Gebiete künftig stärker zu beachten. Erzspreuen sind im Odenwald an zahlreichen Lokalitäten bekannt und gaben in den vergangenen Jahrhunderten – bis in das Jahr 1000 zurückgehend – verschiedentlich Anlaß zu Bergbauversuchen und zu einem mit wechselndem Erfolg betriebenen Erzbergbau (KÖBRICH 1936). Hinsichtlich der Uranhöfzigkeit sind nach Auffassung des Verfassers Erzspreuen in den tieferen Stockwerken des „Metamorphen Rahmens“ besonders interessant, die allerdings nur an wenigen Stellen ohne eine gezielte Schürfarbeit erreichbar sein dürften.

#### Schriftenverzeichnis

- BÜLTEMANN, H. W. & WUTZLER, B. (1968): Zum Auftreten eines mit Pechblende und Coffinit vererzten Trums im Dioritsteinbruch am Wingerts-Berg bei Nieder-Ramstadt südlich Darmstadt. — Aufschluß, **19**: 295–296; Roßdorf.
- FETTEL, M. (1973 a): Vorkommen von Scheelit und Molybdänglanz im Odenwald. — Aufschluß, **24**, 9: 375–358; Heidelberg.
- (1973 b): Mineralvorkommen bei Mackenheim im Odenwald. — Aufschluß, **24**, 12: 474–480; Heidelberg.
- GEFFROY, J. & SARCIA, J. A. (1954): Contribution à l'étude des pechblendes françaises. — Sci. Terre, **2**, 1–2, 157 S.; Nancy.
- KLEMM, G. (1923): Über einen Silber-Kupfer- und Kobalterze führenden Gang bei Nieder-Ramstadt i. Odenwald. — Z. prakt. Geol., **31**: 41–43; Halle.
- KÖBRICH, C. (1936): Hessische Erzvorkommen. Teil 1: Die Nichteisenerze. — Handb. hess. Bodenschätze, H. 3, 111 S.; Darmstadt.
- RAMDOHR, P. (1924): Der Silberkobalterzgang mit Kupfererzen von Nieder-Ramstadt bei Darmstadt. — Notizbl. Ver. Erdk., (V) **6**: 164–192, 2 Taf., 7 Fig.; Darmstadt.
- STRECKER, G. (1971): Die Uranmineralisation am Wingertsberg bei Nieder-Ramstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 286–296, 6 Abb., Taf. 21; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 12. 12. 1973.

Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.	102	S. 229–269	3 Abb.	2 Tab.	Taf.12–13	Wiesbaden 1974
------------------------------------	-----	------------	--------	--------	-----------	----------------

## Stratigraphische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen in Schichtfolgen des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins im Nordteil des Kreises Waldeck/Hessen

Von

BERNWARD HÖLTING, JENS KULICK und DIETRICH RAMBOW, Wiesbaden \*

Mit 3 Abbildungen, 2 Tabellen und den Tafeln 12–13

**Kurzfassung:** Die Ergebnisse von 14 Brunnenbohrungen in Schichtfolgen des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins am Schiefergebirgsrand zwischen Kellerwald und Diemel-Tal (Nordteil des Kreises Waldeck/Hessen) werden zusammengefaßt. Die aus Bohrproben und Gamma-Logs gewonnenen Profile ermöglichen eine differenziertere Kenntnis des Zechsteins am Schiefergebirgsrand. Dagegen machte die Gliederung des Unteren Buntsandsteins in den Bohrprofilen Schwierigkeiten, weil die Grenzen fließend sind und die lithologischen Merkmale z. T. wenig Unterscheidungsmöglichkeiten in den Bohrproben ließen. Hydrogeologisch können mehrere Einzugsgebiete abgegrenzt werden. Leistungsfähigster Grundwasserleiter ist der Schaum- (Rand-) Kalk (z/A1Ca) des Zechsteins, am unergiebigsten sind die feinkörnigen Sand- und Schluffsteine des Unteren Buntsandsteins. Hydrochemisch handelt es sich bei den Zechsteinwässern um sehr harte, karbonatisch-sulfatische Erdalkali-Wässer. Nach den Temperaturen der aus größerer Tiefe gehobenen Wässer ergibt sich für das untersuchte Gebiet eine verhältnismäßig große geothermische Tiefenstufe.

**Abstract:** A synopsis of the results of 14 well borings in successions of the Lower Bunter and Zechstein at the border of the Rhenish Schiefergebirge between Kellerwald and Diemel-valley (northern part of the Waldeck district/Hesse) is given. The geological sections basing on core samples and gamma logs give a detailed knowledge of the Zechstein at the border of the Schiefergebirge. It was, however, difficult to subdivide the Lower Bunter into the geological sections, the boundaries being transitional and the lithology showing only a few distinctive marks in the core samples. It was possible to define several catchment areas by hydrogeological investigation. The most efficient aquifer is represented by the cavernous limestones (z/A1Ca) of the Zechstein, the least yield is given by the fine-grained sandstones and siltstones of the Lower Bunter. From the hydrochemical point of view, the Zechstein groundwaters are very hard and carry alkaline earth, bicarbonate and sulfates. The temperatures of the groundwaters pumped from greater depth allow to suppose a relatively great geothermal gradient for the investigated region.

---

\*) Dr. B. HÖLTING, Dr. J. KULICK, Dr. D. RAMBOW, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

## Inhalt

1.	Einleitung . . . . .	230
2.	Stratigraphische Ergebnisse . . . . .	230
2.1.	Zechstein . . . . .	230
2.2.	Unterer Buntsandstein . . . . .	233
3.	Hydrogeologische Ergebnisse . . . . .	234
3.1.	Gliederung der unterirdischen Einzugsgebiete . . . . .	234
3.2.	Ergiebigkeit der Grundwasserleiter . . . . .	236
3.3.	Hydrochemische Verhältnisse . . . . .	238
3.4.	Geothermische Tiefenstufe . . . . .	241
4.	Schichtenverzeichnisse mit den Ergebnissen der Pumpversuche und chemischen Wasseruntersuchungen . . . . .	241
5.	Zusammenfassung . . . . .	268
6.	Schriftenverzeichnis . . . . .	269

### 1. Einleitung

In den Jahren 1960 – 1972 wurden am Westrand des Schiefergebirges zwischen Kellerwald-Vorsprung im Süden und nördlicher Kreisgrenze entlang der Diemel mehrere Brunnenbohrungen z. T. bis an die Basis des Zechsteins niedergebracht. Da in absehbarer Zeit keine weiteren Brunnen in diesem Gebiet erstellt werden, sollen die stratigraphischen und hydrogeologischen Ergebnisse dieser Bohrungen zusammengefaßt werden.

Ihre Lage ist der Übersichtskarte (Abb. 1) zu entnehmen. Außerhalb dieses Gebietes liegt die Untersuchungsbohrung III zur Wasserschließung, die die Stadt Bad Wildungen am Südrand des Eder-Tales im Gemeindebezirk Mandern niederbringen ließ, deren Ergebnis die Kenntnis über den Aufbau des Unteren Buntsandsteins im untersuchten Gebiet wesentlich ergänzt. Schichtenverzeichnisse, Ausbaudaten, Pumpversuchsergebnisse sowie Wasseranalysen sind im Kap. 4 für jede Bohrung zusammengestellt.

### 2. Stratigraphische Ergebnisse

#### 2.1. Zechstein (Taf. 12)

Paläogeographisch stehen alle Zechsteinbohrprofile im Randbereich des ehemaligen Zechsteinmeeres, in der Korbacher und Adorfer Bucht (RICHTER-BERNBURG 1950: 158, 160). Entsprechend dieser Lage wurden hier vorwiegend Karbonate, Ton- und Sandsteine sedimentiert. Nur die nordöstlichsten Bohrungen 11 und 13 deuten mit ihren zunehmenden Sulfatmächtigkeiten im Zechstein 2 auf die Nähe (?) eines Sulfatwalles am Innenrande des Zechsteinbeckens. Halite wurden unmittelbar am Ostrand des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges nicht abgelagert.

Die Mächtigkeitsschwankungen im Zechstein sind teils bedingt durch unmittelbare Küstennähe (Bg. 1 – 5), teils durch Schwellen und Becken (Hügel und Täler) der präzechsteinischen Landoberfläche.

Die lithostratigraphische Gliederung des Zechsteins erfolgte nach RICHTER-BERNBURG (1950) und KULICK (1968). Mangels Bohrungen zwischen Schiefergebirge, dem Werrakalibecken und der thüringischen Randfazies bleibt die Zuordnung des Braunroten Saltones (T2) und damit des Zwischensalinars (T2A) in den Z1 oder Z2 offen.

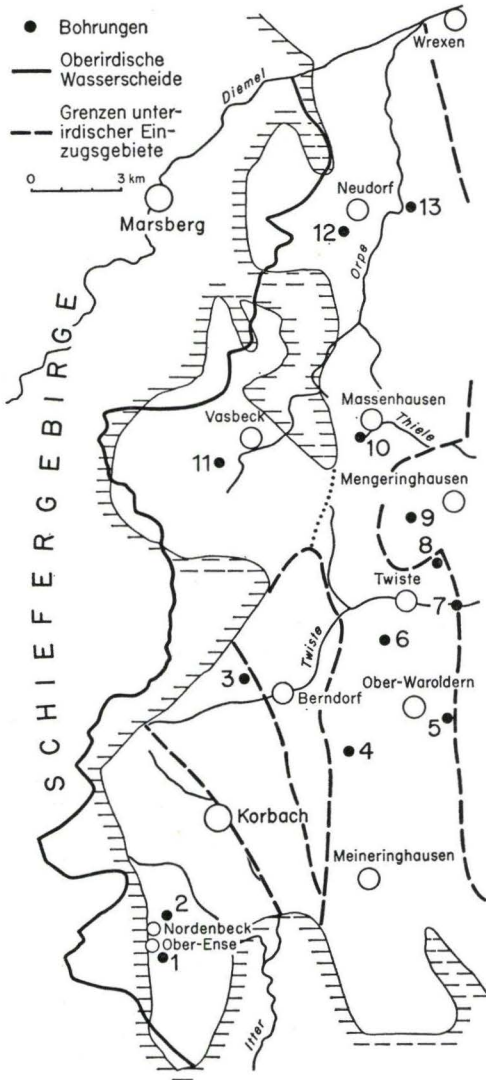


Abb. 1. Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes und Lage der Bohrungen.

Nach RICHTER-BERNBURG beginnt mit dem T2 als pelitischem Basisglied der Z2, während Untersuchungen in Thüringen ergaben, daß der Braunrote Salton mit seinen Sulfatlagerungen eine Randfazies des Z1-(Werra-)Sulfates ist (KULICK 1968: 45,



76). Auch die Einstufung der Pelite über dem Plattendolomit in den Z4 als Vertretung des Roten Salztone (T4) ist fraglich, sie könnten noch zum Z3 gehören oder Basis-schichten des Bröckelschiefers sein (KULICK 1968: 95). Eine petrographische Beschreibung der Zechsteinsedimente wird hier nicht vorgenommen, sie ist den Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Bl. 4719 Korbach (KULICK 1968) zu entnehmen.

#### Zechstein 1 (Werra-Folge)

Fast alle Bohrungen zeigen den typischen Aufbau in einen unteren Teil aus dünnbankigen, dunkelgrauen, stark bituminösen Kalksteinen, dem „Zechsteinkalk“ (Ca1), und einen oberen Teil aus massigen, porösen, hellgrauweißen Kalk- oder gelblichen Dolomitsteinen, dem Randkarbonat („Schaumkalk“, A1Ca). An der Basis des Ca1 liegt der Kupferschiefer (T1), hier im Randbereich des Meeres als Mergel in den unteren Teil des Ca1 eingeschaltet. Wahrscheinlich entspricht die ansteigende Kurve des Gamma-Logs der Bg. 8 dem T1.

Eine scharfe Abgrenzung zwischen Ca1 und A1Ca ist kaum möglich, da besonders in den küstenferneren Bohrungen der petrographische Wechsel allmählich erfolgt.

#### Zechstein 2 (Staßfurt-Folge)

Der Braunrote Salzton (T2) beginnt in allen Bohrungen mit schwach sandigen, rotbraunen Schluff- und Tonsteinen sehr stark wechselnder Mächtigkeit. Die Abgrenzung der Sulfate im T2 erfolgte sicherer nach dem Gamma-Log als nach den Spülproben, in denen selbst bei einem geschlossenen Anhydritpaket Bröckchen von diesem manchmal kaum zu finden sind. Eine Zweiteilung des T2A (Taf. 12) (KULICK 1968: 79) zeigen besonders die Bgn. 4a + b, 6 und 7. Die küstenfernere Bg. 13 zeigt die Mächtigkeitszunahme des Sulfates nach NE und die Abnahme von Tonsteinlagen in diesem Schichtbereich.

Die Unterkante des Hauptdolomites (Ca2) ist in allen Bohrungen sowohl im Bohrgut wie im Gamma-Log zu erfassen, die Obergrenze erscheint durch eingelagerte Tonstein- und Gipslagen teilweise verwischt.

In der Korbacher Bucht ist die Mächtigkeit des Ca2 gering (Taf. 12), sie steigt mit zunehmender Beckennähe, z. T. wohl durch Sulfateinschaltungen bedingt (Bg. 13), an. Faziell geht die Fazies der groblöcherigen „Kavernösen Kalke“ (RICHTER-BERNBURG 1950: 153) von der Bg. 6 nach Norden zur Adorfer Bucht hin in porige dolomitische (Algen-) Kalke über (Bg. 11), ein Wechsel, der auch in den Übertageaufschlüssen am Rande des Schiefergebirges zwischen Korbach und Marsberg zu beobachten ist (KULICK 1968: 82). Nach NE schalten sich besonders an der Basis des Ca2 bituminöse Kalkbänke ein.

Im A2T, den Bunten Tonsteinen in Vertretung des Basalanhydrites (A2), deutet die nach oben ansteigende Kurve des Gamma-Logs auf eine Zunahme der Pelite und Abnahme von Karbonat- und Gipslagen. Im A2 der Bg. 13 sind die Kurvenschwankungen auf eingelagerte Tonsteinlagen zurückzuführen, ein Befund, wie ihn RICHTER-BERNBURG (1950: 151) schon für die südlicher liegende Bg. Twiste 1 beschreibt.

## Zechstein 3 (Leine-Folge)

Die sandige Basis (Sandfaserlage nach RICHTER-BERNEBURG 1950) des Grauen Salztones (T3) ist in den Bgn. 1–8 in Spülproben und im Gamma-Log gut erkennbar.

Im Plattendolomit (Ca3), dem konstantesten Zechsteinsediment der Bohrungen, machen sich mit zunehmender Küstennähe von der Bg. 4 bis zur Bg. 1 Ton- und Sandsteineinschaltungen bemerkbar. Kalk- und Dolomitsteinhorizonte wechseln in allen Bohrungen unregelmäßig ab. Eine Kalkvormacht, wie sie nach RICHTER-BERNEBURG (1950: 163) in der Bg. 13 als Anzeichen für tieferes Wasser zu erwarten wäre, liegt nicht eindeutig vor.

## Zechstein 4 (Aller-Folge)

Eine eindeutige Abgrenzung des T4 (s.o.) vom Bröckelschiefer ist nicht möglich (KULICK 1968: 45, 95). In den Bgn. 9–13 wird er entweder durch sandige Sedimente vertreten, oder fehlt bereits primär.

## 2.2. Unterer Buntsandstein (Taf. 13)

Innerhalb des Unteren Buntsandsteins sind die Grenzen der einzelnen Schichtglieder meist fließend. Ihre Ansprache in einem Meißelprobenprofil ist häufig nicht mit Sicherheit möglich. Auch wenn geophysikalische Bohrlochmessungen hinzugezogen werden, ist eine zweifelsfreie Grenzziehung sowohl zwischen der Waldeck- und Korbach-Folge als auch innerhalb dieser Folgen nicht immer möglich. Auch kann es vorkommen, daß eine nach der Bohrprobenansprache getroffene Abgrenzung der Schichtglieder mit einer aus dem Vergleich mehrerer Gamma-Logs abzuleitenden Grenzziehung nicht übereinstimmt. Die in Taf. 13 gegebenen Grenzziehungen sind daher mit gewissem Vorbehalt zu werten.

In Taf. 13 wurde im Bröckelschiefer mit einer Punktreihe die aus der Bohrprobenaufnahme entnommene Obergrenze des Auftretens mittel- bis grobkörniger Sandsteine eingetragen, also die Obergrenze der „Grenzsande“. Uns scheint jedoch die Obergrenze des Bröckelschiefers, also die Grenze Bröckelschiefer zu Korbacher Sandstein, höher zu liegen, sie wurde daher besonders dargestellt, weitgehend nur nach dem Vergleich der Gamma-Logs (s. auch KULICK 1966).

KULICK (1968: 98–100) gliedert für Bl. Korbach den Bröckelschiefer wie folgt (hier Bröckelschiefer noch als zs bezeichnet):

zs3:	3	–	9 m	„Bänderschiefer“ (Wechsel von cm-dicken Sand- und Tonsteinbänkchen);
zs2:	5	–	8 m	Sandsteine, z. T. konglomeratisch;
zs1:	5	–	12 m	schlecht geschichtete Ton-Schluff-Feinsandgemische mit groben Körnern.

KULICK & HORN (1969: 75–77) geben für Bl. Waldeck folgende Gliederung:

su B3	6 m	Sandstein, wechsellagernd mit Ton-Schluffsteinen;
su B2	1,5 – 8 m	Sandsteine, konglomeratisch;
su B1	0,05 – 2,5 m	tonige und sandige Schluffsteine.

In den Bohrungen Korbach-Marke (4a und 4b) bietet sich nach dem Gamma-Log gleichfalls eine Dreigliederung an:

su B3	12 m	Wechselfolge;
su B2	4 m	Sandstein;
su B1	8 m	Ton-Schluffstein, sandig.

Auch in Bg. 8 (Mengeringhausen-Trappenberg) kann die gleiche Dreigliederung sowohl in den Bohrproben als auch im Gamma-Log wiedererkannt werden, doch ist hier im Norden der su B3 mächtigere. Innerhalb des su B3 liegen hier nochmals 2 „Sandspitzen“.

Die Gliederung des Unteren Buntsandsteins oberhalb des Bröckelschiefers folgt KULICK (1961).

Für den Korbacher Sandstein ergeben sich Mächtigkeiten um 20 m. Die von KULICK gegebene Dreiteilung des Korbacher Sandsteins in eine Untere Werksteinzone, eine Wechselfolge und eine geringmächtige Obere Werksteinzone ist im Prinzip auch in den Gamma-Logs zu erkennen.

KULICK gibt die Mächtigkeit des Porensandsteins mit 20–25 m an, schränkt aber ein, daß die Obergrenze dieses Horizontes wegen des fließenden Überganges in die Bunten Flaserschichten nicht immer ganz eindeutig ist.

Möglicherweise ist in Taf. 13 die Grenze der Porensandsteine gegen die überlagernden Flaserschichten bei den südlichen Bohrungen (Mächtigkeit des Porensandsteins etwa 25 m) etwas höher gezogen als bei den Bgn. 8, 12 und 13. Bei den Bgn. 8 und 12 wurde durch einen Strich mit Fragezeichen die entsprechende Möglichkeit der höheren Grenzziehung angedeutet. Besondere Schwierigkeiten bietet auch die Grenze Korbach/Waldeck-Folge. Die in der Bg. Bad Wildungen (Untersuchungsbohrung III/68) eingetragene Grenze könnte evtl. auch etwa 10 m tiefer oder sogar 30 m tiefer gezogen werden. Wegen der großen Entfernung ist ein direkter Vergleich mit Bg. 8 (Mengeringhausen-Trappenberg) nicht möglich.

Die Bg. 7 (Twiste-Spulenfabrik) ist in Taf. 13 als Besonderheit mit dargestellt. Ihre starken Gamma-Strahlungsanomalien innerhalb der Korbach-Folge sind sicher nicht nur auf den Gehalt an Isotop K40 zurückzuführen, sondern auf die Anreicherung stärker strahlender Elemente (KULICK 1968: 124).

### 3. Hydrogeologische Ergebnisse

#### 3.1. Gliederung der unterirdischen Einzugsgebiete

Die oberirdische Wasserscheide fällt im Untersuchungsgebiet weitgehend mit dem Schiefergebirgsrand zusammen (Abb. 1). Da die unterkarbonischen Tonschiefer- und Grauwacken-Folgen im Schiefergebirge erfahrungsgemäß schlecht durchlässig, die Buntsandstein- und Zechstein-Folgen dagegen besser durchlässig sind, liegt die Vermutung nahe, daß die unterirdische Wasserscheide dem Schiefergebirgsrand folgt. Hydrochemisch (Abschn. 3.3) zeigt sich aber in den randnah erbohrten Brunnen ein deutlicher Einfluß der Schiefergebirgswässer; besonders die verkarsteten Kalksteine des Zechstein-Rand-(Schaum-)Kalkes (A1Ca) wirken als Drän für die von dort zutretenden Wässer. Deshalb ist anzunehmen, daß die unterirdische Wasserscheide weitgehend der oberirdischen folgt oder sogar noch weiter westlich verläuft.

Nach Verlauf des Schiefergebirgsrandes, dem geologisch-tektonischen Aufbau des Untersuchungsgebietes und hydrogeologischen Beobachtungen lassen sich mehrere Grundwassereinzugsgebiete unterscheiden:

a) Die Ense-Scholle, in der Umgebung der Ortschaften Nordenbeck/Ober-Ense, begrenzt südlich, westlich und nördlich durch das Schiefergebirge, östlich durch den Itter-Horst und seiner nördlichen Fortsetzung (KULICK 1968: 149), dessen Bedeutung als unterirdische Wasserscheide durch einen Sporentriftversuch (HÖLTING & MATTHESS 1963) belegt wurde.

b) Gebiet Korbach-Berndorf, südlich und westlich durch den Itter-Horst, nördlich durch den Schiefergebirgs-Vorsprung zwischen den Orten Berndorf und Vasbeck, östlich durch den Westheimer Abbruch begrenzt, der sich als markante tektonische Linie vom Itter-Horst bis Westheim a. d. Diemel erstreckt (KULICK 1968: 150). In diesem Gebiet sind 2 Teilgebiete zu unterscheiden, eine westliche Zechstein-Scholle und eine östliche Buntsandstein-Scholle.

c) Die Vasbecker Scholle, umrahmt von Schiefergebirgsschichten, östlich von einem Kulm-Aufbruch bis nahe an die Geländeoberkante.

d) Meininghausener Scholle und nördlich anschließendes Gebiet. Sie erstreckt sich vom östlichen Schiefergebirgsvorsprung im S nach N und wird westlich durch den Westheimer Abbruch, östlich durch den Mengeringhausener Graben begrenzt. Die eigentliche Meininghausener Scholle reicht von S her bis etwa in das

Tab. 1. Ruhespiegellagen von Wassergewinnungsanlagen im Zechstein (m über NN)

Gewinnungsanlage ( ) Nr. der Bohrung in Abb. 1	Gelände-Oberkante	Wasserspiegellage
1. Ense-Scholle		
Brunnen Ober-Ense (1)	348	335,2
Brunnen Nordenbeck (2)	357,6	329,4
2. Gebiet Korbach-Berndorf/Teichmühle		
Conti-Brunnen II Korbach	382	324
Brunnen Korbach-Eidinghausen	355	318
Brunnen Berndorf (3)	330	ca. 310,5
Quellfassung Berndorf-Teichmühle	311,6	311,6
3. Vasbecker Scholle		
Brunnen Flechtdorf b. Vasbeck	385	ca. 346/333
4. Meininghausener Scholle und nördlich anschließendes Gebiet		
Quellfassung Vöhl	316	316
Quellfassung Meininghausen	315	315
Brunnen Korbach-Marke (4)	375	289
Brunnen Ober-Waroldern (5)	296	290
Brunnen Gemeinde Twiste (6)	271	(ca. 294)
Spulenfabrik Twiste (7)	237	ca. 277
Brunnen Mengeringhausen-Trappenberg (8)	317	277
Brunnen Mengeringhausen-Glockenbrunnen (9)	315	275
Brunnen Massenhausen (10)	405	263
Brunnen Neudorf (12)	330	ca. 218
Meßstelle Neudorf (13)	265	224

Gebiet Twiste–Mengerlinghausen. Gegen die nördliche Fortsetzung bis zur Diemel hin ergibt sich jedoch keine klare hydrogeologische Abgrenzung, so daß das dort anschließende, östlich durch den Rhodener Graben (KULICK 1968: 151) flankierte Gebiet die Meininghausener Scholle ohne Unterbrechung nach N fortsetzt.

Die gegenseitigen Grenzen der unterirdischen Einzugsgebiete sind fließend. Das Grundwasser kann von der einen zur anderen Scholle übertreten, wie der schon erwähnte Sporentriftversuch erkennen ließ. Begünstigt werden diese Übertritte dadurch, daß die Oberfläche des Zechstein-Grundwasserleiters, der das leistungsstärkste Grundwasserstockwerk dieses Gebietes darstellt, nach N abfällt (Tab. 1). Wie die in den letzten Jahren durchgeführten Auswertungen von Pumpversuchen, Abflußmessungen und Spiegelgängen jedoch ergaben, sind die aufgezeigten Grenzen so wirksam, daß die Grundwasserübertritte quantitativ bei der Aufstellung von Grundwasserbilanzen zur Ermittlung der erschließbaren Grundwassermengen unberücksichtigt bleiben müssen. Die langfristig nutzbaren Grundwasserneubildungen betragen nach Auswertung von Abflußmessungen z. B. in der Ense-Scholle 108 l/s (9300 m<sup>3</sup>/Tag), in der Meininghausener Scholle bis Twiste rd. 180 l/s (15600 m<sup>3</sup>/Tag).

### 3.2. Ergiebigkeit der Grundwasserleiter

Die Ergebnisse der Pumpversuche sind in den Schichtenverzeichnissen der einzelnen Bohrungen im Anhang aufgeführt; eine Erörterung der einzelnen Ergebnisse würde den Rahmen einer zusammenfassenden Darstellung sprengen. Zur Übersicht sind deshalb in Tab. 2 die Leistungs-Absenkungs-Verhältnisse (l/s · m) angeführt. Wenn diese auch außer von den hydrogeologischen Eigenschaften der Grundwasserleiter von den speziellen technischen Daten jedes Brunnens abhängen, so ergeben sich doch brauchbare Hinweise für die wasserleitenden Eigenschaften des Untergrundes.

Die Schichten des Unteren Buntsandsteins sind schlecht wasserwegsam und unergiebig. Die Leistungs-Absenkungs-Verhältnisse liegen durchweg unter 0,1. Erst nach Erreichen der Zechstein-Folge stellen sich höhere Leistungen ein. Markantes Beispiel ist die Brunnenbohrung Bg. 10 (Massenhausen). Im ersten Pumpversuch, der vor Erreichen der Zechstein-Oberkante ausgeführt wurde, konnten selbst bei größerer Absenkung nur 2,7 l/s gefördert werden. Mit Erreichen der Zechstein-Oberkante fiel der Ruhespiegel plötzlich ab und die zu pumpende Menge nahm trotz geringerer Absenkung zu. Ähnlich niedrige Leistungen weisen auch andere Brunnen dieses Gebietes auf, die nur Schichten des Unteren Buntsandsteins erfaßten und die in dieser Untersuchung unberücksichtigt bleiben.

Für größere Wasserversorgungen wurden die Brunnenbohrungen durchweg bis nahe oder an die Sohle der Zechstein-Basis vorgetrieben, da in den meist verkarsteten Kalk- und Dolomitsteinen der Zechsteinabfolge in der Regel hohe Ergiebigkeiten zu erzielen sind. Innerhalb des Zechstein-Profiles erwies sich der Rand-(Schaum-)Kalk (A1Ca) am ergiebigsten und wurde deshalb bevorzugt erbohrt, zumal dort auch die günstigsten hydrochemischen Eigenschaften angetroffen werden (Abschn. 3.3.). Die ermittelten Leistungs-Absenkungs-Verhältnisse schwanken zwischen 0,7 und 13,8 l/s · m. Diese große Schwankungsbreite ist einmal auf die unterschiedliche tektonische

Tab. 2. Hydrogeologische Ergebnisse der Brunnenbohrungen

Nr.	Bohrung	Leistungs- Absenkungs- verhältnis (l/s · m)	Grundwasserleiter	T °C	Ca:Mg	(Ca+Mg): (Na+K)	HCO <sub>3</sub> : (Cl+SO <sub>4</sub> )	Cl:SO <sub>4</sub>	Summe mval
1	Ober-Ense	0,8	Z	14/9,5	0,7/1,4	1,1/3,0	0,8/2,2	0,14/0,38	12,8/7,3
2	Nordenbeck	0,7	Z/A1Ca	10,5/10,5	1,08/1,22	18,3/17,3	1,55/2,2	0,13/0,26	7,14/7,06
3	Berndorf	0,8	Z/A1Ca	13	0,43	3,95	3,3	0,29	8,30
4	Korbach- Päddemarke	13,8	su + Z/zs, Ca3, A1Ca	10,5/13,0	1,1/0,94	26,4/24,7	1,94/2,37	0,11/0,16	7,58/8,58
5	Ober-Waroldern	7,6	Z/überwiegend A1Ca	13,0/13,5	0,66/0,55	18,4/(64)	2,25/5,5	0,17/0,57	8,72/7,17
6	Twiste-Gemeinde		Z	11	1,04	40,5	1,08	0,07	11,73
7	Twiste-Spulenfabrik		Z/Ca3	13,0	0,87	24	0,95	0,07	10,81
8	Mengeringhausen- Trappenberg	1,4	Z/A1Ca	14	1,36	19,5	1,34	0,14	8,58
9	Mengeringhausen- Glockenbrunnental	0,2	su + Z/zs, Ca3, Ca2	n.b.	n.b.	n.b.	0,67	0,03	12,97
10	Massenhausen	0,4	Z/Ca3	11	1,07	n.b.	1,7	0,1	7,20
11	Vasbeck	8,0	Z/A1Ca	8,0	4,1	30,4	2,1	0,5	5,60
12	Neudorf-Gemeinde	3,3	Z/Ca3	9,5	1,87	9,3	2,3	0,43	6,37
13	Neudorf-Meßstelle	0,7	su + Z	15	2,4	23,4	0,31	0,03	20,73
10	Massenhausen	0,02	su	9,0	1,17	10,6	5,1	0,9	4,28
13	Massenhausen	0,07	su	9,0	1,6	7,9	1,08	0,22	7,46
14	UB III Bad Wildun- gen in Mandern	0,07—0,1	su	13	2,8	3,5	0,45	0,26	22,8

Beanspruchung und Verkarstung der Karbonatgesteine zurückzuführen. Obwohl z. B. die Brunnenbohrung Bg. 9 (Mengeringhausen-Glockenbrunnental) ein mächtiges Zechstein-Profil erfaßte, waren die erzielten Leistungen wegen geringer Klüftung und Verkarstung unerwartet gering. Zum andern zeigt sich aber auch eine Abhängigkeit von der Entfernung zum Schiefergebirgsrand, da sich randnäher gelegene Brunnen nur kleinere Einzugsgebiete tributär machen können [z. B. die Brunnen Bg. 1 (Ober-Ense), Bg. 2 (Nordenbeck) und Bg. 3 (Berndorf)]. Schließlich dürfte die geringere Verkarstungsfähigkeit dolomitischer Gesteine (wie z. B. des Plattendolomits Ca3) gegenüber den sehr dolomitarmen Kalksteinen des Schaumkalkes (A1Ca) eine Rolle spielen.

### 3.3. Hydrochemische Verhältnisse

Die in den Schichtenverzeichnissen aufgeführten Ergebnisse von Wasseruntersuchungen wurden in mval-Prozente umgerechnet und in Kationen- (Abb. 2) und Anionen-Dreiecksdiagrammen (Abb. 3) dargestellt. Außerdem wurden nach Äquivalentgewichten Ionen-Verhältnisse errechnet (Tab. 2).

Von Wässern des Unteren Buntsandsteins liegen nur 3 Analysen vor, von denen 2 typisch sind, während der Lösungsinhalt der Untersuchungsbohrung III (Bad Wildungen/Mandern) bereits deutliche Einflüsse Na – Cl – reicher Mineralwässer aus unterlagernden Zechsteinschichten erkennen läßt (Lösungsinhalt 1604 mg/l). Das zeigt sich bei den Kationen in einem höheren Na-Anteil, während sonst die su-Wässer Na-arm sind, und bei den Anionen im erhöhten Cl-Anteil. Die Sulfat- und Hydrogenkarbonat-Gehalte streuen stark, wie auch in Nachbargebieten, z. B. dem des näher untersuchten Bl. 4720 Waldeck (HÖLTING 1969: Tab. 13).

Die Zechstein-Wässer sind wegen des hohen Anteils lösungsfähiger Gesteine in der Zechstein-Folge (Kalksteine, Dolomitsteine, Anhydrit bzw. Gips) durchweg sehr hart. Die Lösungsinhalte wechseln in der Mehrzahl der Analysen zwischen 500 und 1000 mg/l (Summe mval der Anionen: 7–13), jedoch wurden nur in der Bg. 13 (Meßstelle Neudorf), vielleicht auch Bg. 9 (Mengeringhausen-Glockenbrunnental), mehr als 1000 mg/l (Bg. 13: 1426,7 mg/l; Summe mval: Anionen 20,73), also im balneologischen Sinn Mineralwässer erschlossen. Bemerkenswerterweise sind die Wässer aus dem im unteren Profilabschnitt gelegenen Schaumkalk (A1Ca) noch am weichen, wie sich bei den Brunnenbohrungen immer wieder ergab. Eindrucksvolles Beispiel war die Bg. 8 (Mengeringhausen-Trappenberg). Vor Erreichen des Schaumkalks stieg die Gesamthärte bis 67,4 °dH an (Probe 2 der im Schichtenverzeichnis aufgeführten Analysenergebnisse, Entnahme aus 280 m Tiefe). Nach Durchbohren des Schaumkalkes wurde in der Versuchsbohrung mit einem Sole-Heber aus 350 m Tiefe eine weitere Wasserprobe entnommen (Probe 3), deren Gesamthärte nur 18,0 °dH betrug. Daraufhin wurde nur der Profilabschnitt des Schaumkalks verfiltert und der darüberlagernde Teil der Bohrung abgedichtet. Im Pumpversuch nach Fertigstellung der Bohrung betrug die Gesamthärte (Probe 4) 22,8 °dH, was für Wässer aus diesen Schichten als verhältnismäßig weich angesehen werden muß. Die wenig nördlich gelegene Brunnenbohrung Bg. 9 (Mengeringhausen-Glockenbrunnental), die aus technischen Gründen im Braunroten Salzton (T2) eingestellt werden mußte und den Schaumkalk nicht erreichte, erbrachte ein Wasser mit einer Gesamthärte von 82,7 °dH,

hauptsächlich durch hohen Sulfat-Anteil (Nichtkarbonathärte 68,2 °dH) bedingt. Die Ursache für die geringere Härte der Wässer aus dem Schaumkalk ist vermutlich darin zu sehen, daß die grundwasserleitenden Gesteine aus ziemlich reinen Kalken bestehen und daher wesentlich schneller verkarsten als die darüber lagernden mehr dolomitischen und sulfatischen Schichtglieder. Sie sind daher besser durchlässig, haben ein hohes Hohlraumvolumen und nehmen das aus tektonischen Störungen zusitzende Wasser schneller auf und leiten es schneller weiter. Schon der erwähnte Sporentriftversuch bei Korbach (HÖLTING & MATTHESS 1963) hatte ja hohe Grundwasserabstandsgeschwindigkeiten ergeben. Infolge der daraus resultierenden geringeren Verweildauer ist die Zeit für die Lösungsvorgänge in den Schaumkalken geringer.

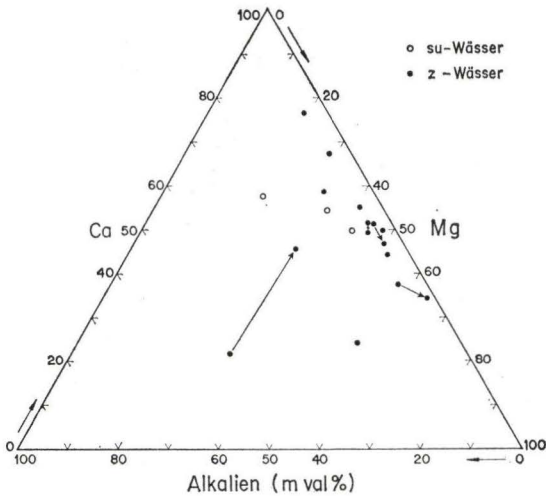


Abb. 2. Kationen-Dreiecksdiagramm der untersuchten Wässer.

Bei den Kationen (Abb. 2) herrschen in der Regel die Erdalkalien vor. Nur in der Nähe des Schiefergebirgsrandes, wo aus den Unterkarbon-Schichten Natrium-Sulfat-Wässer (HÖLTING 1972: 276) zusitzen, nimmt der Na-Anteil zu. Besonders deutlich wurden diese hydrochemischen Verhältnisse bei der Bohrung des Brunnens Bg. 1 (Ober-Ense) (HÖLTING 1972: 271). Auch im Brunnen Bg. 3 (Berndorf) wurden höhere  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -Gehalte ermittelt. Bei den Erdalkalien streuen die Anteile von Kalzium und Magnesium ziemlich. Das zeigt sich auch bei der Errechnung der Ionen-Verhältnisse (Tab. 2). Das Erdalkali-Verhältnis ( $\text{Ca}/\text{Mg}$ ) wechselt zwischen 0,55 (= Mg-Vormacht) und 4,1 (= höhere Ca-Vormacht), im Mittel aus 16 Analysen ergibt sich mit 1,7 eine leichte Ca-Vormacht. Für die große Schwankungsbreite der Erdalkali-Verhältnisse sind 2 Ursachen zu nennen: einmal der unterschiedliche Anteil aus Wässern, die dolomitische Grundwasserleiter durchflossen haben, zum andern aber der reduzierte Zustand einiger erschlossener Wässer, wodurch es zu einem relativ hohen Mg-Anteil (HÖLTING 1972: 275) kommt. Es handelt sich um die Brunnen Bg. 1 (Ober-Ense), Bg. 3 (Berndorf), Bg. 4 (Korbach-Päddemarke, 2. Probe), Bg. 5 (Ober-



Waroldern), Bg. 6 (Gemeinde Twiste), Bg. 7 (Spulenzfabrik Twiste). Eine eindeutige Erklärung für die Sauerstoff-Armut der Wässer dieser Brunnen konnte noch nicht gefunden werden. In den schiefergebirgsrandnahen Brunnen sind die aus den Unterkarbon-Schichten zuzitenden Wässer  $O_2$ -arm und erniedrigen den Gesamt- $O_2$ -Gehalt. In den anderen genannten Brunnen aber, die zudem hohe Leistungen aufweisen und z. T. artesisch dauernd oder zeitweilig überlaufen (Bg. 5, Bg. 6 und Bg. 7) und in denen der Mg-Gehalt z. T. sogar noch relativ zunahm (Bg. 5), konnte die Ursache bisher nicht gefunden werden. Überraschend ist die Tatsache, daß die nördlich Twiste erbohrten Zechsteinwässer einschließlich dem der tieferen Bg. 13 (Grundwassermeßstelle Neudorf) nicht sauerstoffarm sind.

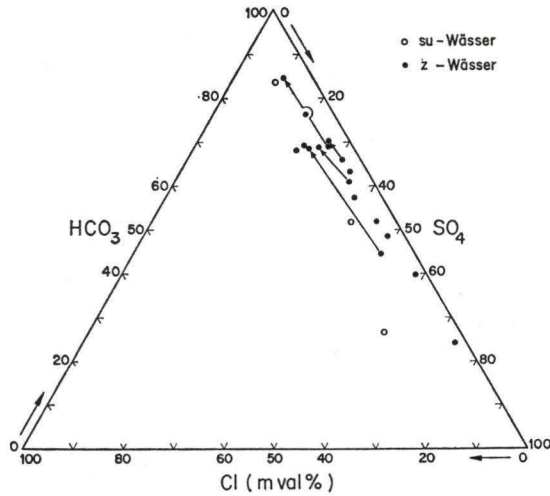


Abb. 3. Anionen-Dreiecksdiagramm der untersuchten Wässer.

In der Anionen-Verteilung (Abb. 3) ergibt sich eine ausgesprochene Cl-Armut, auch bei konzentrierteren Wässern mit Mineralwassercharakter [Bg. 13 (Grundwassermeßstelle Neudorf), Cl: 2,0 mval %]. Vorherrschend sind gleichermaßen Hydrogenkarbonate und Sulfate. Verschiebungen in der Anionen-Zusammensetzung im Laufe des Betriebes erfolgten immer in Richtung auf eine Zunahme der Hydrogenkarbonate unter Abnahme der Sulfate (Abb. 3). Die Ursache ist vermutlich in der geringeren Löslichkeit der Kalzium-Sulfate (aus Anhydrit oder Gips) zu suchen. Das den Brunnen zuströmende Grundwasser kann deshalb in der gleichen Zeiteinheit mehr Erdalkali-Hydrogenkarbonate als Erdalkali-Sulfate lösen. Örtlich ist aber wohl auch an die Neubildung von Hydrogenkarbonaten zu denken [s. Anmerkung im Schichtenverzeichnis der Bg. 4 (Korbach-Marke)]. Im Ionenverhältnis Hydrogenkarbonat zur Summe Chlorid + Sulfat (Tab. 2) errechnet sich mit einzelnen Ausnahmen (Bg. 1, Bg. 7, Bg. 9, Bg. 13) eine  $HCO_3$ -Vormacht (Mittel aus 17 Analysen: 1,9). In allen Proben herrschten im Verhältnis der Chloride zu den Sulfaten die Sulfate vor (Mittel aus 17 Analysen: 0,2).

In der regionalen Verteilung der Ionen-Verhältnisse ergeben sich einige Trends, die hier nur kurz gestreift werden sollen. Beim Ca/Mg-Verhältnis nimmt der Ca-Gehalt im Untersuchungsgebiet nach N bis NE, also zum Becken-Inneren des Zechsteins, zu; auf die höheren Mg-Anteile in reduzierten Zechstein-Wässern im Südteil des Untersuchungsgebietes wurde bereits hingewiesen. Das Verhältnis der Erdalkalien zu Alkalien ist indifferent, da sowohl am Schiefergebirgsrand ( $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -Wässer) als auch in einiger Entfernung von diesen (Na-Cl- oder Na- $\text{HCO}_3$ -Wässer) höhere Na-Gehalte auftreten können. In Schiefergebirgsnähe ist der Hydrogenkarbonat-Anteil durchweg höher als in entfernteren Gebieten; Ursachen dürften vor allem die abnehmenden Anhydrit- oder Gipsgehalte der Zechsteinschichten mit Annäherung an den Beckenrand sein. Im Cl/ $\text{SO}_4$ -Verhältnis ergeben sich am Schiefergebirgsrand durchweg höhere Werte, also relativ höhere Cl-Gehalte. Die Erklärung ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß der Cl-Anteil in den Grundwässern dieses Gebietes weitgehend aus Niederschlägen stammt und deshalb wegen der bereits erwähnten geologisch bedingten Abnahme des Sulfatgehalts am Schiefergebirgsrand der Cl-Gehalt relativ zunehmen muß. Die Konzentrationen (als Summe mval) nehmen erwartungsgemäß mit der Entfernung vom Schiefergebirgsrand (also zum Zechsteinbecken hin) zu.

### 3.4. Geothermische Tiefenstufe

Abschließend wird auf die Temperatur-Verhältnisse in den Wässern der untersuchten Bohrungen (Tab. 2) verwiesen. Auch die tiefer erschlossenen Grundwässer des Untersuchungsgebietes hatten verhältnismäßig niedrige Temperaturen. Für den Brunnen Bg. 8 (Mengerlinghausen-Trappenberg), der erwiesenermaßen nur Grundwasser aus einer Tiefe unterhalb 343 m unter Oberkante Gelände erschlossen hat, errechnet sich bei einer Jahresmitteltemperatur von 8 °C an der Erdoberfläche und einer Brunnenwassertemperatur von 14 °C die geothermische Tiefenstufe zu 57 m. In der hier nicht näher untersuchten Brunnenbohrung Freihagen (Bl. 4720 Waldeck, HÖLTING 1969: 175) ist die Tiefenstufe noch größer. Die 304 m tiefe Bohrung erschloß ab 230 m u. Gel. Grundwasser, dessen Temperatur seit Inbetriebnahme im Jahre 1961 9,8 °C nicht überstieg. Bei der dortigen mittleren Jahrestemperatur von 7 °C an der Erdoberfläche errechnet sich die geothermische Tiefenstufe zu 82 m. In den anderen Brunnen des Untersuchungsgebietes sind derartige Berechnungen nicht möglich, da der Grundwasserzulauf über einen größeren Profilschnitt erfolgt. Die durchweg niedrigen Wassertemperaturen scheinen aber zu bestätigen, daß im Untersuchungsgebiet die geothermische Tiefenstufe verhältnismäßig groß ist.

## 4. Schichtenverzeichnisse mit den Ergebnissen der Pumpversuche und chemischen Wasseruntersuchungen

### Bg. 1: Brunnenbohrung Ober-Ense

Lage: TK 25 Bl. 4719 Korbach; R 348930, H 567743; 348 m über NN  
 Auftraggeber: Wasserbeschaffungsverband Upland  
 Bohrverfahren: Saugbohrung, Juli–August 1967,  $\varnothing$  1000/620 mm  
 Bearbeiter: HÖLTING 1967

## Schichtenverzeichnis (gekürzt, KULICK 1968: 263)

0 — 15,50 m	Sandstein wechsellagernd mit Schluffstein, rötlichbraun		Korbacher Sandstein	Unterer
— 35,00 m	Wechselfolge von Sand- und Schluffsteinen sowie Schluff-Sandgemischen, an der Basis Zunahme von Geröllen, dunkelrötlich und grünlich		Grenzsande	Bunt-sandstein
— 47,00 m	Konglomerat, Gerölle bis 1 cm $\varnothing$ , kieselig verkittet, rötlich-rosa		„	
— 48,00 m	Schluffstein, rosa	T4	Roter Salzton	
— 72,50 m	Dolomit- und Kalkstein, rosa-grau bis gelblichgrau	Ca3	Plattendolomit	
— 75,80 m	Wechselfolge von Schluff- und Dolomitstein, grau und violett bis rötlichbraun	T3	Grauer Salzton	Zech-
— 83,00 m	Schluff- und Tonstein, rötlich-braun, mit einzelnen Kalksteinlagen	A2T	Stauffurter Ton	
— 90,00 m	Kalkstein, hellgraugelblich, zellig	Ca2	Hauptdolomit (Kavernöser Kalk)	stein
— 92,00 m	Anhydrit (Oberer Anhydrit)	T2A	Zwischensalinar	
— 95,50 m	Schluffstein, rötlich-violett		„	
— 98,00 m	Anhydrit (Unterer Anhydrit)		„	
— 118,00 m	Ton- und Schluffstein, z. T. schwach sandig, Anhydrit und Dolomitlagen	T2	Braunroter Salzton	
— 142,50 m	Kalkstein, grau, schaumig	A1Ca	Randkalk (Schaumkalk)	
— 152,00 m	Kalkstein, dunkelgrau, bituminös	Ca1	Stinkkalk	

## Ausbau:

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 1. Verrohrung NW 400 | 2. Hinterfüllung des Brunnenrohres |
| 0—113 m Aufsatzrohr  | 0— 48 m Ton                        |
| — 147,5 m Filterrohr | — 152,0 m Kies                     |
| — 150,0 m Sumpfrohr  |                                    |

Nach Ausbau erfolgt Grundwasserzulauf aus der gesamten Zechstein-Folge. Wegen des Zuflusses alkalisulfatreicher Wässer (s. Analyse unten vom 22. 8. 67; ferner HÖLTING 1972: 271) wurde das Filterrohr von der Brunnenunterkante bis 114,0 m u. Gel. mit Kies (Körnung 0,5—7,0 mm) gefüllt, um den Zufluß von der Sohle her zu mindern.

## Pumpversuch (nach Ausbau 16. 8.—22. 8. 1967):

Ruhe Spiegel 12,8 m u. Gel. (= 335,2 m über NN); Wasserspiegel bei 34,5 l/s (124 m<sup>3</sup>/h) auf 55,0 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 0,82 l/s · m.

## Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 22. 8. 1967 (3. 9. 1969)

T 14° C (9,5° C) pH 7,3 (7,3)

Gesamthärte 20,4° dH (18,1° dH); Karbonathärte 15,4° dH (13,0° dH); Nichtkarbonathärte 5,0° dH (5,1° dH).

	mg/l		mval	
Na	148	(Alkalien, als Na ber. 42,0)	6,45	(1,83)
K	4	(—)	0,1	(—)
Ca	60	(75,8)	3,0	(3,79)
Mg	51,6	(32,6)	4,3	(2,72)
Fe	Sp.	(n.n.)	—	(—)
Mn	n.n.	(n.n.)	—	(—)
Cl	30	(20,9)	0,85	(0,59)
SO <sub>4</sub>	297	(73,8)	6,2	(1,54)
HCO <sub>3</sub>	341	(283)	5,6	(4,65)
NO <sub>3</sub>	11	(34,4)	0,18	(0,55)
Gelöste feste Bestandteile	942,6	(462,5)	Anionensumme 12,83	(7,33)
Trockenrückstand	818	(421)		
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	(n.n.)		
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	4	(4,8)		
Freie Kohlensäure	30	(16,5) davon aggressiv 0 (0)		
Freier Sauerstoff	3,2	(9,5)		

## Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg]	0,7	(1,4)
EA-V [(Ca + Mg):(Na + K)]	1,1	(3,0)
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	0,8	(2,18)
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,14	(0,38)
CN-V [Cl:Na]	0,13	(~ 0,32)

Vermerk: Die Verschiebungen im Lösungsinhalt sind durch Abnahme des Zuflusses aus dem tieferen Teil des Grundwasserleiters und stärkere Beteiligung oberflächennäherer Grundwässer verursacht (HÖLTING 1972: 271).

## Bg. 2: Brunnenbohrung Nordenbeck

Lage: TK 25 Bl. 4719 Korbach; R 34 8946, H 56 7882: 357,6 m über NN

Auftraggeber: Wasserbeschaffungsverband Eisenberg

Bohrverfahren:

1. Versuchsbohrung (Dez. 1963, 86 m tief), Rotary-Spülbohrung,  $\varnothing$  160 mm

2. Hauptbohrung (Juni 1964); Saugbohrung  $\varnothing$  600/500 mm

Bearbeiter: HÖLTING 1964

Schichtenverzeichnis (gekürzt, HÖLTING & GRÖTICKE 1965: 49, KULICK 1968: 258)

0— 1,00 m	Lehm	q	
— 6,00 m	Sandstein, im unteren Teil etwas tonig	su, Ks	Korbach-Sandstein
— 44,00 m	Konglomerate und Sandsteine mit schluffig-tonigen Zwischenlagen, rotbraun gefärbt	sz	Grenzsande
— 46,00 m	Ton- und Schluffstein, rotbraun	T4	Roter Salzton
— 61,00 m	Kalkstein, dolomitisch, und Dolomitstein, gelblichgrau, z. T. rötlich geflammt, eingelagert einzelne Tonsteine und feinsandige Schluffsteinhorizonte	Ca3	Plattendolomit
— 73,00 m	Ton- und Schluffstein, rötlichbraun, mit einzelnen grüngrauen Lagen; zwischen 69 und 71 m: Kalksteine, gelblich-grünlich, stark porig (Pseudoolith)	T3 + A2T	Grauer Salzton und Staßfurt-Ton
— 78,00 m	Kalkstein und Dolomitstein, gelblichgrau, schwarz gefleckt	Ca2	Hauptdolomit (Kavernöser Kalk)

– 85,00 m	Anhydrit mit Gips	T2A	Zwischensalinar
– 98,00 m	Schluff- und Tonstein, im unteren Teil feinsandig mit Kalkknolleneinlagerungen	T2	Braunroter Salzton
– 128,00 m	Kalkstein, gelblich- bis grauweiß, schaumig	A1Ca	Randkalk (Schaumkalk)
– 140,00 m	Kalkstein, dunkelgrau, bituminös	Ca1	Stinkkalk
– 144,00 m	Kalkstein, weiß, z. T. gelblich-violett geflammt, bituminös, mit Zweischalerresten	Ca1	Productus-Kalk
– 144,70 m	Grauwacken und Tonschiefer, schwach grünlichgrau, kalkhaltig	cdIII $\beta$	Unterkarbon

## Ausbau:

1. Verrohrung NW 300	2. Hinterfüllung des Brunnenrohres
0–100,00 m Aufsatzrohr	– 50,0 m Ton
– 122,50 m Filterrohr	– 60,0 m Filterkies
– 130,55 m Aufsatzrohr	– 65,0 m Ton
– 140,55 m Filterrohr	– 90,0 m Filterkies
	– 97,0 m Ton
	– Sohle Filterkies

Nach Ausbau erfolgt der Grundwasserzulauf aus dem Schaumkalk. Im Bereich der Filterkiesstrecken im höheren Brunnenteil (50,0–60,0 m und 65,0 m–90,0 m) kann das Aufsatzrohr perforiert werden, falls im Bereich des Schaumkalkes nicht genügend Wasser zuläuft. Eine Perforation war aber bisher nicht notwendig.

## Pumpversuch (nach Ausbau 15. 12.–18. 12. 1964):

Ruhepegel 28,2 m u. Gel. (= 329,4 m über NN);  
 Wasserspiegel bei 5,6 l/s (20 m<sup>3</sup>/h) auf 38,9 m u. Gel.,  
 bei 11,1 l/s (40 m<sup>3</sup>/h) auf 43,7 m u. Gel. abgesenkt.  
 Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 0,72 l/s · m.

## Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 17. 12. 1964 (2. 2. 1971)

T 10,5° C (10,5° C) pH 7,2 (7,3)

Gesamthärte 18,7° dH (18,7° dH); Karbonathärte 11,6° dH (12,7° dH);

Nichtkarbonathärte 7,1 dH (6,0° dH)

	mg/l	mval
Alkalien (als Na ber.)	9,0 (8,1)	0,39 (0,35)
Ca	70,0 (73,0)	3,50 (3,64)
Mg	39,1 (36,8)	3,25 (3,07)
Fe	n.n. (n.n.)	– (–)
Mn	n.n. (n.n.)	– (–)
Cl	11 (14,9)	0,31 (0,42)
SO <sub>4</sub>	114 (78,9)	2,37 (1,64)
HCO <sub>3</sub>	252,5 (276)	4,15 (4,54)
NO <sub>3</sub>	19 (28,6)	0,31 (0,46)
Gelöste feste Bestandteile	514,6 (516,3)	Anionensumme 7,14 (7,06)
Trockenrückstand	419 (375)	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n. (n.n.)	
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	6 (3,2)	
Freie Kohlensäure	15 (13,2)	davon aggressiv 0 (0)
Freier Sauerstoff	8 (10,3)	

## Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg]	1,08	(1,22)
EA-V [(Ca+Mg):(Alkalien)]	18,3	(17,3)
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl+SO <sub>4</sub> )]	1,55	(2,2)
S-V [(Cl:SO <sub>4</sub> )]	0,13	(0,26)

Vermerk: Die Verschiebungen im Lösungsinhalt wurden durch zunehmende Oberflächeneinflüsse verursacht.

## Bg. 3: Brunnenbohrung Berndorf

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengerlinghausen; R 349214, H 568658; 330 m über NN

Auftraggeber: Gemeinde Berndorf

Bohrverfahren: Trocken-Meißelbohrung (Sept./Oktober 1961),  $\varnothing$  850/540 mm

Bearbeiter: HÖLTING 1961

## Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0 – 2,8 m Lehm, gelblich und rötlich, steinig	Ca3	Plattendolomit	Pleistozän
– 7,8 m Dolomit-/Kalkstein, gelb, körnig			
– 16,1 m Ton- und Schluffstein, rötlich bis rosa, dünne Kalksteinlagen	T3	Grauer Salzton	Zech-
– 26,5 m Kalkstein, dolomitisch, grau bis rosa	Ca2	Hauptdolomit	stein
– 45,5 m Ton- und Schluffstein, braun, schwach rötlich, bei 27 m kleine Karneolstücke	T2	Braunroter Salzton	
– 61,0 m Kalkstein, gelb bis bräunlich, porenreich	A1Ca	Schaumkalk	
– 66,0 m Kalkstein, schwarzbraun	Ca1	Stinkkalk	
– 74,0 m Tonschiefer, dunkelgrau			Unter-
			karbon

## Ausbau:

## 1. Verrohrung

0–46,0 m Aufsatzrohr	$\varnothing$ 521 mm
43,0–58,0 m Filterrohr	$\varnothing$ 300 mm
– 61,0 m Zwischenrohr	$\varnothing$ 300 mm
– 67,0 m Filterrohr	$\varnothing$ 300 mm
– 71,0 m Sumpfrohr	$\varnothing$ 300 mm

Grundwasserzulauf weitgehend aus dem Schaumkalk.

## 2. Hinterfüllung der Rohrtour

0–46,0 m Ton und Beton
– 71,0 m Filterkies

## Pumpversuch (6. 7. – 13. 7. 1962):

Ruhe Spiegel 19,50 m u. Gel. (ca. 310 m über NN);

Wasserspiegel bei 16,1 l/s (58 m<sup>3</sup>/h) auf 40,40 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelabsenkung: 0,77 l/s.m.

## Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 3. 9. 1969

T 13° C                      pH 7,3

Gesamthärte 21,6° dH; Karbonathärte 17,4° dH; Nichtkarbonathärte 4,2° dH.

	mg/l	mval
Alkalien (als Na ber.)	38,6	1,68
Ca	39,8	1,99
Mg	55,6	4,63
Fe	n.n.	—
Mn	n.n.	—
Cl	14,9	0,42
SO <sub>4</sub>	79,0	1,46
HCO <sub>3</sub>	379,0	6,22
NO <sub>3</sub>	12,1	0,20
Gelöste feste Bestandteile	619,0	Anionen-Summe 8,30
Trockenrückstand	426,0	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	3,6	
Freie Kohlensäure	24,2	davon aggressiv 0
Freier Sauerstoff	2,9	

## Ionenverhältnisse

E-V [Ca:Mg]	0,43
EA-V [Ca+Mg):(Alkalien)]	4,0
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl+SO <sub>4</sub> )]	3,3
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,29
CN-V [Cl:Na]	(0,25)

Vermerk: Wegen des verhältnismäßig hohen Alkali-Gehaltes, des reduzierten Zustandes und der damit zusammenhängenden Mg-Dominanz ist zu vermuten, daß ein höherer Anteil von Na<sub>2</sub>-SO<sub>4</sub>-Lösungen vorliegt (wie bei der Brunnenbohrung Oberense).

## Bg. 4: Brunnenbohrung Korbach-Marke (Päddemarke)

Lage: TK 25 Bl. 4719 Korbach; R 349560, H 568409; 375 m über NN

Auftraggeber: Stadt Korbach

Bohrverfahren: 1. Versuchsbohrung (Sept. — Dez. 1964) Rotary-Spülbohrung, ø 158 mm  
2. Hauptbohrung (Jan. — Febr. 1965) Saugbohrung, ø 600/500 mm

Bearbeiter: HÖLTING, KULICK 1965

## Schichtenverzeichnis (gekürzt, Kulick 1968: 259)

— 70,00 m Wechselfolge von Sandsteinbänken und Schluff-Sandgemischen, rosa-rötlich, z. T. grünschlierig	suK,st	Bunte Flaserschichten
— 96,00 m Schluffsteine und Sandsteine, feinkörnig, rötlich, z. T. grünlich-grau	suK,p	Porensandstein
— 129,50 m Sandsteine mit einzelnen Schlufflagen	suK,s	Korbacher Sandstein
— 138,00 m Schluffstein, tonig, sandig, mit einzelnen Geröllen, rötlich	suB+T4	Grenzsande
— 154,00 m Dolomitstein, untergeordnet Kalkstein, gelblichgrau, kaum tonig	Ca3	Plattendolomit
— 171,00 m Ton- und Schluffstein, rotbraun, mit grüngrauen Lagen im unteren Teil; zwischen 163 und 173 m: Gipsmergel und Fasergips sowie Kalkstein- und Dolomitsteinlagen	T3—A2T	Grauer Salzton, Staßfurter Ton und Wohlgeschichtete Gipsmergel

– 175,00 m	Kalk- und Dolomitstein, gelblich, etwas tonig	Ca2	Hauptdolomit
– 190,00 m	Anhydrit, grau (Oberer Anhydrit)	T2A	Zwischensalinar
– 194,00 m	Tonstein, rot und grüngrau		
– 200,00 m	Anhydrit, tonig, grau (Unterer Anhydrit)		
– 216,00 m	Ton- und Schluffstein, unten feinsandig mit Kalkstein- und Fasergipslagen	T2	Braunroter Salzton
– 247,00 m	Kalkstein, hell- bis dunkelgrau, bituminös	A1Ca	Randkalk (Schaumkalk)
– 264,50 m	Kalkstein, hell- bis dunkelgrau, bituminös	Ca1	Stinkkalk
– 265,50 m	Mergel, dunkelgrau, stark kalkig, mit Pflanzenresten	T1	Kupfermergel

Anmerkung: Nach dem Gamma-Log liegt die Basis des suk,s bei 117 m (s. Taf. 13).

#### Ausbau des Brunnens:

##### 1. Verrohrung

0–125 m	Vollwandrohr (NW 400)
– 155 m	Filterrohr (NW 400)
– 221 m	Vollwandrohr (NW 400)
– 245 m	Filterrohr (NW 400)
– 263,1 m	Filterrohr (NW 300)
– 265,5 m	Bodenstück

##### 2. Hinterfüllung des Brunnenrohres

0–125 m	Ton
– 155 m	Filterkies
– 221 m	Ton
– Sohle	Kies

Nach Ausbau Grundwasserzuläufe aus Grenzsanden, Plattendolomit und Schaumkalk (Zechstein).

#### Pumpversuch (nach Ausbau 10. 4. – 12. 4. 1965):

Ruhepegel 85,80 m u. Gel. (~ 289 m über NN);

Wasserspiegel bei 72 l/s (258 m<sup>3</sup>/h) auf 91,0 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 13,8 l/s · m.

#### Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 22. 2. 1965, 11.45 h (12.30 h)

T 10,5 °C (13,0 °C) pH 7,3 (7,3)

Gesamthärte 19,9 °dH (23,2 °dH); Karbonathärte 13,7 °dH (16,7 °dH); Nichtkarbonathärte 6,2 °dH (6,5 °dH).

	mg/l		mval	
Alkalien (als Na ber.)	6,2	(7,6)	0,27	(0,33)
Ca	75,8	(80,0)	3,79	(4,00)
Mg	40,0	(50,8)	3,34	(4,25)
Fe	n.n.	(Sp.)	–	(–)
Mn	n.n.	(n.n.)	–	(–)
Cl	9	(12)	0,25	(0,34)
SO <sub>4</sub>	109	(105)	2,27	(2,19)
HCO <sub>3</sub>	298	(370)	4,88	(5,97)
NO <sub>3</sub>	11	(5)	0,18	(0,08)
Gelöste feste Bestandteile	549	(630,4)	Anionen-Summe 7,58	(8,58)
Trockenrückstand	433	(428)		
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	(n.n.)		
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	5	(5)		
Freie Kohlensäure	15	(36), davon aggressiv 0	(0)	
Freier Sauerstoff	8	(2)		



## Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg]	1,1	(0,94)
EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)]	26,4	(24,7)
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	1,94	(2,37)
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,11	(0,16)

## Anmerkungen:

## a) Brunnenbohrung (4a)

Im Verlauf des Pumpversuches in der Brunnenbohrung (April 1965) nahm die Wassertemperatur etwas zu. Im Betrieb stiegen Wassertemperatur und Lösungsinhalt, insbesondere der Gehalt an Hydrogenkarbonaten an, während der Anteil an Freiem Sauerstoff abnahm. Diese Verschiebung der hydrochemischen Eigenschaften wird durch zunehmende Beteiligung sauerstoffarmer, reduzierter Grundwässer verursacht, worauf auch die Änderung des Ca/Mg-Verhältnisses (HÖLTING 1972: 75) und der mit dem reduzierten Zustand eines Grundwassers häufig einhergehende höhere HCO<sub>3</sub>-Anteil zurückzuführen ist. Der erhöhte Gehalt an Hydrogenkarbonaten kann damit erklärt werden, daß organogene Sedimente im Grundwasserleiter durch den O<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers oxidiert werden, wobei CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O entstehen. Die so gebildete Kohlensäure wirkt auf alkalihaltige Gesteine ein und führt zur Bildung von Alkali-Hydrogenkarbonaten. Wird eine derartige Genese unterstellt, wird der reduzierte Zustand des Wassers aus diesem Brunnen durch organogene Sedimente und nicht durch andere Stoffe, z. B. Metall-Sulfide, verursacht.

## b) Untersuchungsbohrung (4b)

In Taf. 12 sind 2 Bohrungen (4a und 4b) aufgeführt. Bei der Bohrung 4a handelt es sich um die mit dem obigen Schichtenverzeichnis beschriebene Brunnenbohrung aus dem Jahre 1965. Rund 275 m weiter westlich (bei R 349536, H 568400; ca. 367 m über NN) wurde später, in den Monaten Mai/Juni 1972 eine zweite Bohrung zur Untersuchung weiterer Erschließungsmöglichkeiten bis 296,5 m u. Gel. niedergebracht. Ein von 295,0 bis 296,5 m u. Gel. gezogener Kern erbrachte unterkarbonische Tonschiefer. Die Bohrung wurde provisorisch als Brunnen ausgebaut und wird genutzt.

## Ausbau:

1. Verrohrung	2. Hinterfüllung
0—136,0 m Aufsatzrohr (7")	0—20 m Ton
130—296,6 m Verlorene Rohrtour (4")	—Sohle Filterkies
—267,6 m Aufsatzrohr	
—296,6 m Filterrohr	

## Pumpversuch (6. 6.—7. 6. 1972, 30 h):

Ruhespiegel 66,2 m u. Gel. (ca. 301 m über NN),  
 Wasserspiegel bei 5 m<sup>3</sup>/h (1,4 l/s) auf 75,5 m u. Gel. abgesenkt.  
 Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 0,2 l/s · m.

## Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 7. 6. 1972, 9.15 h

T 11 °C pH 7,3

Gesamthärte 23,8 °dH; Karbonathärte 16,2 °dH; Nichtkarbonathärte 6,2 °dH.

	mg/l	mval
Alkalien (als Na ber.)	25,3	1,10
Ca	100,0	4,98
Mg	42,0	3,52
Fe	n.n.	—
Mn	n.n.	—

	mg/l	mval
Cl	21,3	0,60
SO <sub>4</sub>	131,8	2,74
HCO <sub>3</sub>	353,0	5,78
NO <sub>3</sub>	29,7	0,48
Gelöste feste Bestandteile	703,1	Anionen-Summe 9,60
Trockenrückstand	519,0	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	9,2	
Freie Kohlensäure	30,8, davon aggressiv 0	
Freier Sauerstoff	5,8	

## Ionenverhältnisse:

E-V	1,4
EA-V	7,7
HS-V	1,7
S-V	0,2

## Bg. 5: Brunnenbohrung Ober-Waroldern

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengerlinghausen; R 3498 74, H 5685 14; 296 m über NN

Auftraggeber: Wasserbeschaffungsverband Waroldern

 Bohrverfahren: 1. Versuchsbohrung (Sept. 1961), Rotary-Spülbohrung,  $\varnothing$  160 mm  
 2. Hauptbohrung (Okt. 1961) durch Erweiterung der Versuchsbohrung auf 490 mm

Bearbeiter: HÖLTING, KULICK, 1965

## Schichtenverzeichnis (gekürzt, HÖLTING &amp; GRÖTICKE 1965: 48)

0— 30 m	Wechselfolge Schluffstein/Sandstein	Flaserschichten	Unterer Bunt-sandstein
— 55 m	Sandstein, dickbankig, tonige Zwischenlagen	Porensandstein	
— 102 m	Sandstein, grobkörnig, tonige Zwischenlagen	Korbacher Sandstein und Grenzsande	Zechstein
— 115 m	Dolomit-/Kalkstein, dickbankig	Ca3 Plattendolomit	
— 126 m	Schluffstein, einzelne Kalkstein- und dünne Gipslagen	T3 Grauer + A2T Salzton	
— 136 m	Dolomit-/Kalkstein	Ca2 Hauptdolomit	
— 156 m	Tonstein und Anhydrit	T2A Zwischensalinar und Braunroter Salzton	
— 209 m	Kalkstein, z. T. dolomitisch	A1Ca Schaum- + Ca1 und Stinkkalk	
— 210 m	Grauwackenschiefer		Unter-karbon

Anmerkung: Nach Gamma-Log liegt die Grenze Korbacher Sandstein gegen Bröckelschiefer bei 79 m.

## Ausbau:

1. Verrohrung (NW 300)	2. Hinterfüllung des Brunnenrohres
0—155 m Aufsatzrohr	0—27 m Beton
—195 m Filterrohr	—69,2 m Ton
—200 m Sumpfrohr	—Sohle Filterkies

## Pumpversuch (14. 7. — 18. 7. 1962):

Ruhespiegel 5,90 m u. Gel. (ca. 290 m über NN);

Wasserspiegel bei 47,2 l/s (170 m<sup>3</sup>/h) auf 12,10 m u. Gel. abgesenkt;

Leistung pro Meter Spiegelabsenkung: 7,6 l/s · m.

## Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 18. 7. 1962 (29. 9. 1971)

T 13,0 °C (13,5 °C) pH 7,4 (7,4)

Gesamthärte 23,2 °dH (19,8 °dH); Karbonathärte 16,8 °dH (16,7 °dH); Nichtkarbonathärte 6,4 °dH (3,1 °dH)

	mg/l		mval	
Alkalien (auf Na ber.)	10,3	(2,5)	0,45	(0,11)
Ca	65,8	(48,7)	3,29	(2,44)
Mg	60,0	(55,3)	5,00	(4,62)
Fe	n.n.	(Sp.)	—	(—)
Mn	n.n.	(n.n.)	—	(—)
Cl	14	(13,8)	0,4	(0,39)
SO <sub>4</sub>	109	(33,2)	2,27	(0,69)
HCO <sub>3</sub>	366	(364)	6,0	(5,97)
NO <sub>3</sub>	3	(7,4)	0,05	(0,12)
Gelöste feste Bestandteile	628,1	(524,9)	Anionen-Summe 8,72 (7,17)	
Trockenrückstand	430	(364)		
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	(n.n.)		
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	4	(4,1)		
Freie Kohlensäure	18	(19,8)	davon aggressiv 0 (0)	
Freier Sauerstoff	6	(3,5)		

## Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg] 0,66 (0,55)

EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)] 18,4 (64)

HS-V [HCO<sub>3</sub>:(Cl + SO<sub>4</sub>)] 2,25 (5,5)S-V [Cl:SO<sub>4</sub>] 0,17 (0,57)

Vermerk: Während eines ersten Kurzpumpversuches wurde eine Wasserprobe am 26. 9. 1961 gezogen, deren Analysenergebnisse jedoch nicht vollständig waren. Der Sulfatgehalt betrug darin 378 mg/l und nahm danach ständig ab. Das Wasser ist im reduzierten Zustand, der Sauerstoff-Gehalt hat im Laufe des Betriebes abgenommen, parallel dazu die Mg-Dominanz zugenommen.

## Bg. 6: Brunnen der Gemeinde Twiste

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengerlinghausen; R 349688, H 568776; 271 m über NN

Auftraggeber: Reichsstelle für Bodenforschung, Berlin, als Untersuchungsbohrung auf Kupfererz in den Jahren 1940/41 niedergebracht; die Bohrung hatte artesischen Überlauf und wurde deshalb von der Gemeinde Twiste für die Wasserversorgung (seit 1955) übernommen

Bohrverfahren: bis 14,9 m Meißel-, dann Kernbohrung

Bearbeiter: G. RICHTER 1940/41

## Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0—129,3 m Sandstein, feinkörnig, und  
Schluffstein, dunkelrot und  
grünlichweiß

Unterer  
Bunt-  
sandstein

-144,1 m	Dolomit und Kalk, weiß- und bräunlich-grau, z. T. groblöcherig	Ca3	Plattendolomit	
-161,75 m	Ton- und Sandstein, rot, ab 157,4 m mit grauen Gipslagen und dolomitischen Mergeln	T3 +A2T	Grauer Salzton	
-183,3 m	Dolomit, gelblichgrau, feinkörnig, mit dm-starken Gipslagen	Ca2	Hauptdolomit	Zech-
-223,5 m	Anhydrit und Gips, grau, und roter Tonstein	T2A	Zwischensalinar und Braunroter Salzton	stein
-262,15 m	Kalkstein, gelblich, ab 259,7 m Mergelkalk, stinkend, bräunlich-schwarz	A1Ca +Ca1	Schaumkalk, Stinkkalk	
-277,5 m	Splitteriger Kalk, hellgrau, und Tonschiefer, oben ziegelrot, dann in graue Farben übergehend		? Unterkarbon oder Oberdevon	

Ausbau: Im Jahre 1955 bis 150,0 m mit einer Verrohrung versehen. Der Grundwasserzulauf erfolgt damit aus der gesamten Zechsteinfohle.

Pumpversuch: Ein Pumpversuch wurde nicht ausgeführt. Bei der Bohrung im Jahre 1940/41 stellte sich artesischer Überlauf bei Teufe 130 m ein, der nach Abschluß der Bohrarbeiten ca. 100 m<sup>3</sup>/h (27,8 l/s) betrug. Im Niveau der Geländeoberkante wurde im Jahre 1963 ein Druck von 2,3 atü gemessen; das entspricht einer Druckspiegellage von 294 m über NN. Der Überlauf war bis zu dieser Zeit auf 70 m<sup>3</sup>/h (19,5 l/s) zurückgegangen.

Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 7. 10. 1969

T 11 °C pH 7,2

Gesamthärte 31,6 °dH; Karbonathärte 16,9 °dH; Nichtkarbonathärte 14,7 °dH.

	mg/l	mval
Alkalien (als Na ber.)	6,5	0,28
Ca	116	5,8
Mg	66,8	5,56
Fe	0,24	0,09
Mn	n.n.	—
Cl	12,8	0,36
SO <sub>4</sub>	250,3	5,23
HCO <sub>3</sub>	369	6,04
NO <sub>3</sub>	6,2	0,1
Gelöste feste Bestandteile	827,8	Anionen-Summe 11,73
Trockenrückstand	666	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	3,2	
Freie Kohlensäure	31,9	davon aggressiv 0
Freier Sauerstoff	1,3	

Ionenverhältnisse	
E-V [Ca:Mg]	1,04
EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)]	40,5
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	1,08
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,07

## Bg. 7: Bohrung Spulenzfabrik Twiste

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengeringhausen; R 349924, H 568894; 237 m über NN  
 Auftraggeber: Reichsstelle für Bodenforschung, Berlin, als Untersuchungsbohrung  
 auf Kupfererz im Jahre 1941 niedergebracht; im Jahre 1965 verschlossen  
 Bohrverfahren: bis 30 m Meißel-, dann Kernbohrung  
 Bearbeiter: G. RICHTER, 1941

## Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0— 13 m	Kies und Sand			Pleistozän
— 44 m	Sandstein, violettrot, mit einzelnen Tonsteinlagen			Unterer Buntsandstein
— 84,8 m	Sandstein, sehr feinkörnig, tonig, grünlichweiß und ziegelrot			
— 101,5 m	Dolomit (kein Kerngewinn)	Ca3	Plattendolomit	
— 107,0 m	Dolomitische Letten und feinstsandige Letten	T3+ A2T	Grauer Salztun	Zechstein
— 116,2 m	Letten, rot zuletzt: massiger Kalk, weiß, schaumig-porös	Ca2		

Ausbau: Kein Ausbau, Bohr- $\varnothing$  203 mm, Bohrung wurde nicht als Brunnen genutzt.

## Pumpversuch:

Die Bohrung war bis 85 m trocken. Dann traten, bis 116,0 m schwach zunehmend, rd. 100 m<sup>3</sup>/h (27,8 l/s) zutage aus. Bei 116,2 m erfolgte ein starker Wasserausbruch, bei dem mit einem Druck von 4 atü (Druckspiegellage 277 m über NN) rd. 500 m<sup>3</sup>/h (139 l/s) Wasser aus dem Bohrloch flossen und in den ersten 2–3 Tagen 10 m<sup>3</sup> grobes Gesteinsmaterial mit faustgroßen Brocken herausgeworfen wurde. Eine Abdichtung des Bohrloches war damals technisch nicht möglich, sondern konnte erst am 13. 10. 1965 durch Einpressung mit Beton unter hohem Druck (45 t Zement mit einem Druck von 30 atü) ausgeführt werden. Nach einer Kalibermessung am 16. 11. 1964 vor der Abdichtung war das Bohrloch nur noch bis 100 m u. Gel. frei, die im Jahre 1941 bis 95 m u. Gel. gesetzte Rohrtour stark inkrustiert und korrodiert. Im Herbst 1959 wurde ein Überlauf von 150 m<sup>3</sup>/h (41,6 l/s), am 8. 11. 1963 von 133 m<sup>3</sup>/h (37 l/s) gemessen.

Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 24. 6. 1964

T 13,0 °C pH 7,4

Gesamthärte 28,7 °dH; Karbonathärte 14,7 °dH; Nichtkarbonathärte 14,0 °dH.

	mg/l	mval
Alkalien (als Na ber.)	9,9	0,43
Ca	96,6	4,83
Mg	66,6	5,55
Fe	n.n.	—
Mn	n.n.	—
Cl	12	0,34
SO <sub>4</sub>	249	5,19
HCO <sub>3</sub>	319	5,25
NO <sub>3</sub>	2	0,03

	mg/l	mval
Gelöste feste Bestandteile	755,1	Anionen-Summe 10,81
Trockenrückstand	632	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	
Freie Kohlensäure	40	davon aggressiv 0
Freier Sauerstoff	3	

## Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg]	0,87
EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)]	24
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	0,95
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,07

Anmerkung: Bei der Gamma-Messung wurden besonders große Strahlungsintensitäten in den Teufen 20–28 m und 45–57 m u. Gel. festgestellt. Das Maximum lag bei 47,5 m u. Gel. mit einer Strahlung von 53,5  $\mu$ gr Ra eq/ton.

## Bg. 8: Brunnenbohrung Mengerlinghausen–Trappenberg

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengerlinghausen; R 34 98 54, H 56 90 22; ca. 317 m über NN

Auftraggeber: Stadt Mengerlinghausen

Bohrverfahren: 1. Versuchsbohrung (April–Mai 1972), Rotary-Spülbohrung,  
 $\varnothing$  175 mm

2. Hauptbohrung (Juni–August 1972), Spülbohrung 700/200 mm

Bearbeiter: HÖLTING, KULICK, RAMBOW 1973

## Schichtenverzeichnis

0– 4,00 m	Hangschutt aus Buntsandsteinmaterial		Quartär
– 35,00 m	Sandstein, überwiegend sehr feinkörnig (< 0,1 mm), rosa (fleischfarben bis hellrotbraun), untergeordnet hellrosagrau, feinporig, manganpigmentiert, Schluffstein, rotbraun, selten grüngrau (wahrscheinlich Fleckung), teilweise glimmerstaubig	Waldeck-Folge, Poren-sandstein	Unterer Bunt-sandstein
– 45,00 m	Sandstein, feinkörnig, schwachrosagrau, untergeordnet hellrotbraun, teilweise porig, manganpigmentiert, Schluffstein, rotbraun, lagenweise hellgrüngrau, teilweise glimmerstaubig		bei 35 m Übergang 35–54 m Farbschnitt bei den Sandsteinen
– 54,00 m	Sandstein, feinkörnig, hellgrau, hellrosagrau und hellrotbraun, glimmerhaltig, untergeordnet Schluffstein, rotbraun, lagenweise auch hellgrüngrau		
– 75,00 m	Sandstein, feinkörnig, weißgrau, auch hellgrüngrau und hellrosagrau, glimmerhaltig, Schluffstein, dunkelrotbraun, selten hellgrüngrau, tonig-sandig, teilweise in Sandstein, schluffig-tonig, übergehend	Platten-sandstein	
– 82,00 m	Schluffstein, dunkelrotbraun, tonig-sandig (bis 0,5 mm $\varnothing$ ), teilweise in Sandstein, schluffig-tonig, übergehend, wenig Sandstein, weißgrau, auch hellgrüngrau, feinkörnig	Übergangsbereich	

– 90,00 m	Sandstein, weißgrau, auch hellgrüngrau und hellrosagrau, feinkörnig, wenig Schluffstein, dunkelrotbraun, tonig-sandig (86–88 m überwiegend Schluffstein)		
– 110,00 m	Sandstein, hellgrau, auch hellgrünlichgrau, selten rosagrau bis rotbraun, feinkörnig, Schluffstein, rotbraun und hellgrüngrau, lagenweise glimmerstaubig, teilweise sandig (bis 0,5 mm), teilweise in Sandstein, schluffig-tonig, übergehend	Korbach-Folge, Flaser-Schichten	
– 164,00 m	wie vor, jedoch höherer Schluffsteinanteil, rotbraun (häufig in Schluffstein übergehend)		
– 180,00 m	Sandstein, hellgrau, hellrosagrau, auch rotbraun, feinkörnig, Ton-Schluffstein, rotbraun	Poren-sandstein	
– 200,00 m	Sandstein, feinkörnig, hellgrau, rötlichgrau bis hellrotbraun, wenig Schluffstein, rotbraun, selten hellgrüngrau, nur vereinzelt glimmerstaubig	Korbacher Sandstein (Bau-sandstein)	
– 201,00 m	Sandstein, weißgrau-rötlich, feinkörnig, wenig Tonsteinlagen		
– 203,00 m	Wechselfolge, Sandstein wie vor, viel roter Tonstein		
– 204,00 m	Sandstein wie vor, vorwiegend weiß		
– 209,00 m	Sandstein wie vor, vorwiegend braunrot, feinkörnig (0,3 mm $\varnothing$ )		
– 210,50 m	Sandstein und Tonstein, Sandstein weiß und braunrot (bis 0,8 mm $\varnothing$ ); Tonstein rot und grüngrau, beide mit fahlvioletten Farbschleiern; nach unten zunehmend roter Tonstein	Wechselfolge suB3	
– 214,00 m	Sandstein, rotbraun, seltener weiß (– 1 mm $\varnothing$ ), oben viel braunroter Tonstein		
– 216,00 m	wie vor, Tonstein häufiger; Sandstein gröber (– 1,6 mm $\varnothing$ )		
– 220,50 m	Schluffstein, dunkel-rotbraun mit grünen Entfärbungsflecken, sandig (max. – 0,8 mm $\varnothing$ )		
– 221,00 m	Grobsandstein (– 1,6 mm $\varnothing$ ), rotbraun, viel Feldspat; mit Schluffsteinlagen	Sandstein-serie suB2	
– 222,00 m	Grobsandstein (– 3 mm $\varnothing$ ), weiß, seltener braunrot, viel Feldspat (Kaolin)		
– 226,00 m	Grobsandstein, weiß und rotbraun, mit Schluffsteinlagen, Korngrößen nach unten zunehmend, bei 225 m bis 4 mm $\varnothing$		
– 228,50 m	Schluffstein und Grobsandstein, absandend, rotbraun, Sandgehalt nach unten abnehmend (max. 1,5 mm $\varnothing$ ); nach unten zunehmend rote Tonsteine	Schluffstein-serie suB1	
– 230,50 m	Tonstein und Schluffstein, rotbraun-braunrot, Sandgehalt abnehmend, Reduktionsflecken; an der Basis violettrote Tonsteine	? Roter Salzton T4	Zechstein

- 237,00 m Kalkstein, beige-weiß-rötlichweiß (234 bis 236 m viel Tonstein, Nachfall?); vorwiegend Algenkalk (Porenkalk), Typ Ca <sub>2</sub> -Porenkalkriffe, Poren um 0,2 mm $\varnothing$ , lagig wechselnd mit dichteren, feinkristallinen Kalksteinen; nach unten allmählich übergehend in	Plattendolomit Ca <sub>3</sub>	ab 247 m in Poren Pyritkristalle und Kupferkieskristalle, < 3 mm, nach unten häufiger
- 238,50 m Kalkstein, grauweiß, grobkristallin, wenig Poren		
- 241,00 m „Röhrchenkalk“, Kalkstein aus kugeligen und stengeligen ( <i>Rubulites articulatus</i> BEIN) Kalkalgen; porös, grau; Styliolithen		
- 246,50 m Kalkstein, dunkelbeige-grauer als oben, lagenweise bituminös (nach unten zunehmend); bei 245–246,5 m gebänderter Kalkstein, beige-grau und dunkelgrau; bei ~ 244 m Grobalgenbank, Algen- $\varnothing$ bis 4 mm		
- 248,50 m Algenkalkstein mit kugeligen und Röhrchen-Algen, porös, grau, braungrau		
- 250,00 m Feinsandstein und Tonstein, grüngrau, violettgrau-rötlichviolett; Korn- $\varnothing$ < 0,1 mm; karbonatisch	Grauer Salzton T3	
- 250,50 m Sandstein, grauweiß-violettgrau, (< 0,5 mm $\varnothing$ ), in Poren häufig Pyritkristalle, selten Kupferkieskristalle, < 1,2 mm $\varnothing$	Sandfaserlage S3	
- 258,00 m Schluff- und Tonstein, vorwiegend braunrot, selten grüngrau; bei 252, 254, 257 m Karbonatbänkchen und Kalkschluffsteine; bei 258 m Spuren von Faser-gips	Tonstein im Bereich des Staßfurtsulfates A2T	
- 263,00 m Ton- und Schluffstein wie vor, häufiger grüne Lagen; zahlreiche Brocken rötlich-grauer Kalkschluffsteine und Kalksteine, feinkristallin, z. T. löcherig (z. T. ausgelaugte Gipskristalle); ab 262 m dicke Kalkschluffsteine, graurotgrau und grüngrau, mit Karbonatdrusen		
- 265,50 m Kalkschluffstein und bunter Tonstein, violett-rotgrau, schluffig, glimmerreich; Kalkstein löchrig zerfressen, lagenweise mit cm-dicken Porenkalklagen (Typ Ca <sub>2</sub> Nordenbeck), umkristallisiert	übergehend in Hauptdolomit Ca <sub>2</sub>	
- 271,50 m Kalk und Dolomitstein, feinkristallin (zuckerkörnig), umkristallisiert, mürbe; mit karbonatischen bunten Schluff- und Tonsteinlagen		
- 274,00 m Kalkstein wie vor, z. T. Rosettenkalk (ausgelaugte tafelige Gipskristalle, < 3 mm); nach unten übergehend in reinen Poren- (Algen-)Kalkstein	Hauptdolomit Ca <sub>2</sub>	Porenkalkfazies
- 275,00 m Kalk-Tonsteinwechselfolge		



– 277,00 m	vorwiegend Porenkalkstein wie vor, unten dichte Kalke, an der Basis ausgelaut		Kavernöse Kalkfazies
– 279,00 m	Ton- und Schluffstein mit porösem, löcherigem, grauem Dolomit- oder Kalkstein		
– 280,00 m	Kalkstein, grau, feinkristallin, löcherig, mit Dolomitdrusen und grauen Tonsteinlagen		
– 281,50 m	Ton- und Schluffstein, braunrot, weniger dunkelgrüngrau	Braunroter Salzton	T2 ? T2A
– 291,00 m	wie vor, rot-grünbunte Ton- und Schluffsteine mit grobkristallinem weißen Gips und Faser-gips; bei 284–286 m beigefarbener Kalkschluffstein (Nachfall ?); bei 288 m dickere, graue Kalkschluffsteine, dünnere bei 291 m; ab 288 m kleinere (< 1 cm), knorpelige Karbonatkonkretionen	Zwischen-salinar	
– 299,00 m	Ton- und Schluffstein, vorwiegend braunrot; von 292,5–294 m knorpelige, bis 5 cm $\varnothing$ , violett- bis grüngraue Dolomitkonkretionen, löcherig (Typgestein des T2, unterer Teil), ebenso bei 295 und 297 m; von 294–295 m viel Faser-gips und Gipsknoten; ab 296 m zunehmender Feinsandgehalt	T2	
– 307,00 m	Kalkstein, beigeweiß-grau, feinporig	Randkalk A1Ca	
	darunter totaler Spülungsverlust von 373,5–374,7 m Bohrkern: Ton-schiefer, dunkelgrau	Unterkarbon	

## Ausbau:

Verrohrung: 0	– 65,2 m	Hilfsverrohrung (nicht gezogen) $\varnothing$ 607 mm
	0	– 286,1 m Hilfsverrohrung (nicht gezogen) $\varnothing$ 350 mm
	225,5–343,1 m	Verlorenes Aufsatzrohr NW 150
		– 370,1 m Filterrohr NW 150
		– 375,0 m Sumpfrohr NW 150

Die verlorene Rohrtour ist durch Gummi-Manschetten bei 249,2 m und 229,5 m u. Gel. gegen die Hilfsverrohrung  $\varnothing$  350 mm und durch eine Zementation von 259,0–286,10 m abgedichtet. Ferner liegt bei etwa 340 m u. Gel. das Gebirge (quellende Tone) eng den verlorenen Aufsatzrohren NW 150 an, so daß das Grundwasser nur im Profilabschnitt der Filterrohrtour NW 150 (Randkalk) dem Brunnen zutreten kann, während höhere Grundwasserstockwerke mit überhartem Wasser abgesperrt sind. — Die Rohrtouren wurden nicht mit Filterkies hinterfüllt.

## Pumpversuch (nach Ausbau 25.–26. 8. 1972):

Ruhewasserspiegel 40,1 m u. Gel. (ca. 277 m über NN), Wasserspiegel bei 33,3 l/s (120 m<sup>3</sup>/h) auf 63,5 m u. Gel. abgesenkt. Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 1,43 l/s · m.

## Wasseruntersuchungen (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Probe 1: Bei Teufe 231 m, also vor Verrohrung (bis 250 m) in der Untersuchungsbohrung am 8. 5. 1972 entnommen.

Probe 2: Bei Teufe 280 m nach Verrohrung bis 250 m in der Untersuchungsbohrung am 9. 5. 1972 entnommen. Durch die Verrohrung wurde die Bohrstrecke von OK-Gelände bis 250 m wirksam abgedichtet, da vor Verrohrung totaler Spülungsverlust eingetreten war, nach Verrohrung die Spülung ohne Verluste wieder umlief. Spülungsverluste erfolgten erst wieder ab 301 m u. Gel.

Probe 3: Nach Fertigstellung der Untersuchungsbohrung mit Soleheber aus der Teufe 350 m am 23. 5. 1972 entnommen.

Probe 4: Nach Fertigstellung der Haupt-Bohrung zum Schluß eines 2. Pumpversuches am 8. 9. 1972 entnommen.

Probe Nr.	1	2	3	4
T °C	n.b.	n.b.	n.b.	14
pH	n.b.	n.b.	n.b.	7,3
Gesamthärte °dH	30,9	67,4	18,0	22,8
Karbonathärte °dH	9,7	6,8	8,8	13,1
Nichtkarbonathärte °dH	21,2	60,6	9,2	9,7
Alkalien (als Na ber.)	n.b.	n.b.	n.b.	9,7
Ca mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	94,0
Mg mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	42,0
Fe mg/l	n.n.	n.n.	n.n.	0
Mn mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	0
Cl mg/l	29,4	42,6	25,5	15,6
SO <sub>4</sub> mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	145,9
HCO <sub>3</sub> mg/l	212	148	181	286
NO <sub>3</sub> mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	25,4
Gelöste feste Bestandteile	—	—	—	618,6
Trockenrückstand	—	—	—	476
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	n.n.
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	4,1
Freie Kohlensäure mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	23,1 (aggress. 0)
Freier Sauerstoff mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	7,5

Angaben in mval (nur Probe 4)

Alkalien (als Na ber.)	0,42
Ca	4,70
Mg	3,46
Fe	—
Mn	—
Cl	0,44
SO <sub>4</sub>	3,05
HCO <sub>3</sub>	4,68
NO <sub>3</sub>	0,41

Anionen-Summe 8,58

Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg]	1,36
EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)]	19,5
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	1,34
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,14

## Bg. 9: Brunnenbohrung Mengerlinghausen-Glockenbrunnental

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengerlinghausen; R 359787, H 569174; 315 m über NN

Auftraggeber: Stadt Mengerlinghausen

Bohrverfahren: Schlagbohrung (1960/1962,  $\varnothing$  920/290 mm)

Bearbeiter: FINKENWIRTH 1962

## Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0—	2,60 m	Lehm, sandig, gelbbraun			Pleistozän
—	4,00 m	Sandstein (Körnung um 0,2 mm, auch bis 0,4 mm), rotbraun			Übergang zum Mittleren Bunt-sandstein
—	48,00 m	Sandstein (Körnung um 0,2 mm), rotbraun und gelbgrün, und Tonstein, braun			
—	82,00 m	sandig-toniges Bohrgut, rotbraun, z. T. (besonders Sandsteine) grünlich, Körnung der Sandsteine um 0,2 mm			
—	118,00 m	tonig-schluffiges Bohrgut, rotbraun und grau-grün, nur schwach sandig			Unterer
—	134,00 m	wie vor, etwas sandiger, auch z. T. gelbbraun			Bunt-
—	138,00 m	Sandstein (Körnung um 0,5 mm)			
—	246,80 m	Schluffig-sandiges Bohrgut, Sandsteine (Körnung um 0,2 mm), rotbraun			sandstein
—	255,80 m	Sandsteine (Körnung > 2 mm), rotbraun, mit Schluffsteinen		Grenzsande	
—	272,40 m	Dolomit- und Kalkstein, rosa, weiß, graugrün	Ca3	Plattendolomit	
—	284,20 m	Tonstein, rot, Kalkstein	T3	Grauer Salzton	Zechstein
—	301,50 m	Kalkstein, porös, vereinzelt mit Schluffstein, rot	Ca2	Kavernöser Kalk	
—	310,10 m	Schluffstein, rot bis grün, mit Kalksteinlagen	T2	Braunroter Salzton	

## Ausbau:

## 1. Verrohrung

- 0—214,25 m Aufsatzrohr  $\varnothing$  419 mm
- 205,38—287,28 m Filterrohr  $\varnothing$  323 mm
- 285,05—301,10 m Filterrohr  $\varnothing$  219 mm

## 2. Hinterfüllung der Rohrtour

- 0—18,0 m Beton
- Sohle Filterkies

## Pumpversuch (Januar 1962):

Ruhespiegel 45 m u. Gel. (= 275 m über NN), Wasserspiegel bei 12,6 l/s (45,3 m<sup>3</sup>/h) auf 119,5 m u. Gel. abgesenkt. Leistung pro Meter Spiegelsenkung 0,17 l/s · m.

Wasseruntersuchung (Landwirtschaftliches Untersuchungsamt Kassel-Harleshausen):

Entnahme: 31. 1. 1962 (144 Stunden nach Pumpversuchsbeginn)

T n.b. pH 6,8

Gesamthärte 82,7 °dH; Karbonathärte 14,5 °dH; Nichtkarbonathärte 68,2 °dH.  
Alkalien und Erdalkalien n.b.

	mg/l	mval
Cl	9,2	0,26
SO <sub>4</sub>	360,8	7,53
HCO <sub>3</sub>	316,0	5,18
NO <sub>3</sub>	0	—
		Anionen-Summe 12,97
Fe	0,54	
Mn	n.n.	
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	4,6	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	

Ionenverhältnisse:

HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	0,67
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,03

### Bg. 10: Brunnenbohrung Massenhausen

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengerlinghausen; R 3496 18, H 569444; 405 m über NN  
Auftraggeber: Gemeinde Massenhausen  
Bohrverfahren: Meißel-Trockenbohrung Ø 1000/240 mm, Mai 1965—Februar 1966  
Bearbeiter: HÖLTING 1966

Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0— 17 m	Wechselfolge Sandstein/Schluffstein, dunkel- und hellrötlich, vereinzelt graugrünlich		
— 63 m	Schluff- und Tonstein, rötlich, einzelne grünlich-graue Sandsteinlagen		Unterer
— 75 m	Schluffstein, rötlich, und Sandstein, grau bis gelblich, porig		Bunt-
— 120 m	Schluffstein, rötlich, schwach sandig		sandstein
— 143 m	Schluffstein, rötlich, und Sandstein, hellgraugrünlich und rötlich-braun		
— 170 m	Schluffstein, rötlich bis rosa-rötlich, z. T. grau-grünlich in etwas sandigeren Lagen		
— 190 m	Sandstein (bis 0,5 mm Körnung), rötlich und grünlich-grau; weniger Schluffstein, rötlich		
— 194 m	Schluffstein, rötlich, sandig		
— 206 m	Dolomitstein, grau gelb	Ca 3	Plattendolomit Zechstein

Ausbau:

- |                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Verrohrung — doppelter Ausbau | 2. Hinterfüllung des Brunnenrohres |
| 0— 26,0 m Aufsatzrohr Ø 323 mm   | 0— 19,0 m Beton                    |
| — 185,0 m Filterrohr Ø 323 mm    | — 185,0 m Filterkies               |

in diese Verrohrung eingesetzt:  
 0 — 192,0 m Aufsatzrohr  $\varnothing$  267 mm  
 180,0—206,0 m Verlorener Filter  $\varnothing$  160 mm

185,0—192,0 m Bohr  $\varnothing$  240 mm,  
 dadurch Abdichtung des unteren  
 Filterrohres ( $\varnothing$  160 mm) durch  
 das Gebirge (Sand- und Schluff-  
 steine)  
 192,0 m bis Sohle Filterkies

Durch diesen Ausbau erfolgt der Wasserzulauf derzeit nur aus dem Plattendolomit. Für den Fall, daß mehr Wasser gebraucht oder das Zechsteinwasser zu hart wird, kann das innere Aufsatzrohr ( $\varnothing$  267 mm) perforiert werden, so daß auch aus der Buntsandsteinfolge Grundwasser zutreten kann.

#### Pumpversuche:

1. Versuch bei Teufe 188 m u. Gel. (Zulauf ausschließlich aus der Buntsandstein-Folge),  
 6. 1.—13. 1. 66, Ruhespiegel 3,90 m u. Gel., Wasserspiegel bei 7,8 m<sup>3</sup>/h (2,17 l/s) auf 122 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 0,02 l/s · m.

2. Versuch (nach Ausbau, Zulauf ausschließlich aus Plattendolomit), 7. 3.—10. 3. 1966,  
 Ruhespiegel 142 m u. Gel. (= 263 m über NN), Wasserspiegel bei 18 m<sup>3</sup>/h (5,0 l/s) auf 156,5 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 0,35 l/s · m.

#### Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

1. Wasser aus Schichten des Unteren Buntsandsteins (1. Pumpversuch), Entnahme 10. 1. 1966

T 9,0 °C pH 7,3

Gesamthärte 11,1 °dH; Karbonathärte 9,4 °dH; Nichtkarbonathärte 1,7 °dH.

2. Wasser aus Schichten des Zechsteins (2. Pumpversuch), Entnahme 8. 3. 1966

T 11 °C pH 7,3

Gesamthärte 22,3 °dH; Karbonathärte 12,6 °dH; Nichtkarbonathärte 9,7 °dH.

	mg/l		mval	
	1. Probe (su)	2. Probe (z)	1. Probe (su)	2. Probe (z)
Alkalien (als Na ber.)	8,5	?	0,37	?
Ca	42,2	82,4	2,11	4,12
Mg	21,6	46,2	1,8	3,85
Fe	n.n.	0,08	—	—
Mn	n.n.	n.n.	—	—
Cl	11	9	0,31	0,25
SO <sub>4</sub>	17	114	0,35	2,37
HCO <sub>3</sub>	204	274	3,36	4,5
NO <sub>3</sub>	16	5	0,26	0,08
Gelöste feste Bestandteile	320,3	(531,4)	Anionen-Summe 4,28	7,20
Trockenrückstand	217	391		
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	n.n.		
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	3	4		
Freie Kohlensäure	13	14	davon aggressiv 2	0
Freier Sauerstoff	7,7	n.b.		
Ionenverhältnisse		Buntsandstein	Zechstein	
E-V [(Ca:Mg)]		1,17	1,07	
EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)]		10,6	—	
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]		5,1	1,7	
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]		0,9	0,1	

## Bg. 11: Brunnen Flechtdorf im Gemeindebezirk Vasbeck

Lage: TK 25 Bl. 4619 Mengerlinghausen; R 3491 50, H 5693 70; 385 m über NN

Auftraggeber: Gemeinde Flechtdorf

Bohrverfahren: 1. Versuchsbohrung (Dez. 1970; 101,5 m tief),  
Rotary-Spülbohrung,  $\varnothing$  244/216 mm2. Hauptbohrung (Februar—März 1971; 105,5 m tief),  
Rotary-Spülbohrung,  $\varnothing$  850/490 mm

Bearbeiter: HÖLTING 1971

## Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0—	4 m	Lehm			Pleistozän
—	19 m	Sandstein und Konglomerat (faustgroße Gerölle von Diabas- Mandelstein, Grauwacken, Stinkkalk)		Grenzsande	Unterer Bunt- sandstein
—	25 m	Dolomitstein, absandend, rosa- gelbweiß	Ca3	Plattendolomit	
—	31 m	Dolomitstein, schwarzgrau			
—	35 m	Schluffstein, rotbraun und schwarzgrau, mit dünnen Dolo- mitsteinlagen	T3	Grauer Salzton	
—	47 m	Dolomitstein, absandend, rot- braun und gelbbraun	Ca2	Hauptdolomit	Zech-
—	55 m	Dolomitstein wie vor, gelbbraun			
—	62 m	Anhydrit, schwarzgrau, violett- stichig	T2	Braunroter Salzton	
—	79 m	Schluffstein, z. T. sandig, rot- braun, mit Anhydrit, rosagelb- grau			stein
—	101,5 m	Kalkstein, dunkelgrau-gelblich, schwach rosa	AlCa +Ca1	Schaum- und Stinkkalk	
—	105,5 m	Kalkstein, dunkelgrau			

## Ausbau:

Versuchsbohrung:

Aufsatzrohr bis 75,6 m u. Gel.

Hauptbohrung:

1. Verrohrung

0— 74,9 m Aufsatzrohr  $\varnothing$  508 mm64,0—100,0 m Filterrohr  $\varnothing$  508 mm

2. Rohrhinterfüllung

0— 74,9 m Beton und Ton

— 105,5 m Filterkies

Der Grundwasserzulauf erfolgt im ausgebauten Brunnen aus dem Schaumkalk und Stinkkalk.

## Pumpversuch:

1. Versuchsbohrung (18. 12.—21. 12. 70; Pumpe bei 72,9 m u. Gel.):

Ruhespiegel 38,95 m u. Gel. (346 m über NN), Wasserspiegel bei 7,7 l/s (27,6 m<sup>3</sup>/h) auf 44,0 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelabsenkung 1,53 l/s · m.

2. Hauptbohrung (25. 3.—2. 4. 71):

Ruhespiegel 46,3 m u. Gel., Wasserspiegel bei 12,7 l/s (45,8 m<sup>3</sup>/h) auf 86 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelabsenkung 0,32 l/s · m.

## Anmerkung:

Die geringe Leistung der Hauptbohrung ist dadurch verursacht, daß der Brunnen wegen erhöhten Nitratgehaltes der Versuchsbohrung bis 74,9 m u. Gel. abgedichtet wurde, um nur den tieferen Teil des Grundwasserleiters zu nutzen. Ebenfalls wurde später das Bohrloch der Versuchsbohrung von OK-Gelände bis 72,0 m u. Gel. abgedichtet.

## Wasseruntersuchung (Hygiene-Institut Marburg):

Entnahme: 21. 12. 1970

T 8,0 °C pH 7,1

Gesamthärte 15,1 °dH; Karbonathärte 9,8 °dH; Nichtkarbonathärte 5,3 °dH.

	mg/l	mval
Na	5,3	0,23
K	1,8	0,05
Ca	88,6	4,43
Mg	12,1	1,08
Fe	0,07	—
Mn	n.n.	—
Cl	20,6	0,58
SO <sub>4</sub>	51,2	1,06
HCO <sub>3</sub>	213,5	3,50
NO <sub>3</sub>	28,8	0,46
<hr/>		
Gelöste feste Bestandteile	422,0	Anionen-Summe 5,60
Trockenrückstand	n.b.	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.b.	
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	1,2	
Freie Kohlensäure	14,3	
Freier Sauerstoff	10,6	

## Ionenverhältnisse

A-V [Na:K]	4,6
E-V [Ca:Mg]	4,1
EA-V [(Ca + Mg):(Na + K)]	30,4
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	2,1
S-V [(Cl:SO <sub>4</sub> )]	0,5
CN-V [Cl:Na]	2,5

## Anmerkung:

Der anfänglich erhöhte Nitratgehalt (50—80 mg/l) ging nach Abdichtung des Brunnens bis 74,9 m u. Gel. auf 8,3 mg/l (bei Inbetriebnahme am 9. 11. 1971) zurück. Auf höheren anthropogenen Anteil ist der relativ hohe Cl-Gehalt zurückzuführen. Das CN-Verhältnis gibt deshalb nicht die Verhältnisse im Grundwasserleiter wieder und ist nicht originär.

## Bg. 12: Brunnenbohrung Gemeinde Neudorf

Lage: TK 25 Bl. 4519 Marsberg; R 349585, H 570132; 330 m über NN

Auftraggeber: Gemeinde Neudorf

Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung (April—Sept. 1969), ø 350/160 mm

Bearbeiter: HÖLTING, KULICK 1971

Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0— 3 m	Lehm, braun			Pleistozän
— 19 m	Sandstein, rötlich-braun	Platten-Sandstein	Waldeck-Folge	
— 49 m	Vorwiegend Schluffstein, rotbraun	Bunte Flaser-schichten		
— 113 m	Wechselfolge Sandstein, feinkörnig, rotbraun, rötlich-grau und weißgrau, und Schluff-bis Tonstein, rotbraun			Bunt-
— 136 m	Sandstein, feinkörnig, rötlich-grau und weißgrau; untergeordnet Schluffstein, dunkelrot und grüngrau	Gelber Porensandstein und Unterer Bau-sandstein	Korbach-Folge	sandstein
— 148 m	Sandstein, feinkörnig, rotbraun			
— 173 m	Sandstein, rotbraun und weißgrau, feinkörnig, nach unten gröber werdend, und Schluffstein, rotbraun	Grenz-sande		
— 181 m	Grobsand (Körnung bis 2 mm), braun			
— 200 m	Kalkstein, dolomitisch, gelbgrau	Plattendolomit		Zechstein

Anmerkung: Nach Gamma-Log liegt die Grenze su/z bei 176 m.

Ausbau:

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. Verrohrung                                   | 2. Hinterfüllung der Rohrtour |
| 0 — 184,2 m Aufsatzrohr $\varnothing$ 178 mm    | 0 — 20,0 m Ton                |
| 179,1 — 200,0 m Filterrohr $\varnothing$ 114 mm | — Sohle Filterkies            |

Pumpversuch (20. 9. — 23. 9. 1969):

Vor Erreichen der Teufe 181 m (unterer Teil der Grenzsande) stand der Ruhespiegel bei 10—11 m u. Gel. und fiel mit Erreichen dieser Tiefe auf 112,40 m u. Gel. (ca. 218 m über NN); bei 5,1 l/s (18,4 m<sup>3</sup>/h) sank der Wasserspiegel auf 113,95 m u. Gel. ab. Leistung pro Meter Spiegelsenkung 3,3 l/s · m.

Bemerkungen: Alle Proben kalkhaltig. — Solange die Bohrung in den Schichten oberhalb des Grobsandes in den Grenzsanden (181 m) lief, stand der Ruhespiegel bei 10—11 m u. Gel. und fiel nach Erreichen dieser Grobsande ab. — Bemerkenswerterweise entspricht die Ruhespiegellage nach Fertigstellung der Bohrung (112,4 m u. Gel., ~ 218 m über NN) dem Niveau des 5,5 km weiter nördlich liegenden Diemeltales; in der näheren Umgebung ist kein Tal so tief eingeschnitten. Bis zum Diemeltal hin ergibt sich kein Grundwasser-oberflächengefälle oder der Vorfluter liegt noch weiter entfernt.

Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 23. 9. 1969

T 9,5 °C pH 7,4

Gesamthärte 16,0 °dH; Karbonathärte 11,3 °dH; Nichtkarbonathärte 4,7 °dH.



	mg/l	mval
Alkalien (als Na ber.)	14,2	0,62
Ca	74,9	3,75
Mg	24,0	2,0
Fe	n.n.	—
Mn	n.n.	—
Cl	19,1	0,54
SO <sub>4</sub>	59,6	1,24
HCO <sub>3</sub>	246	4,04
NO <sub>3</sub>	33,8	0,55

Gelöste feste Bestandteile	471,6	Anionen-Summe	6,37
Trockenrückstand	342		
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.		
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	5,7		
Freie Kohlensäure	12,1	davon aggressiv	0
Freier Sauerstoff	11,4		

## Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg]	1,87
EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)]	9,3
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	2,3
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,43

## Bg. 13: Grundwassermeßstelle Neudorf

Lage: TK 25 Bl. 4519 Marsberg; R 359802, H 570211; 265 m über NN

Auftraggeber: Hess. Landesamt für Gewässerkunde und wasserwirtschaftliche Planung, Wiesbaden

Bohrverfahren: bis 145 m Saugbohrung; darunter Rotary-Spülbohrung (Sept. 68—Juli 69),  $\varnothing$  920/120 mm

Bearbeiter: HÖLTING, KULICK, RAMBOW 1970/71

## Sichtenverzeichnis (gekürzt)

0 — 1 m	Hangschutt		Pleistozän
— 86 m	Sandstein, fein- bis sehr feinkörnig, hellrotbraun, auch hell- bis grünlichgrau, feinporig, und Tonstein, rotbraun und hellgrüngrau	Roter Poren-sandstein	Waldeck-Folge
— 108 m	Sandstein, hellrotbraun, hellgrauviolett bis hellgrüngrau, stellenweise glimmerführend, wenig Tonstein, bei 106 m Fasergips als Kluftfüllung	Weißer Platten-sandstein	Unterer
— 129 m	Sandstein, fein- bis sehr feinkörnig, dunkelrotbraun, hellgrau bis blaßviolettgrau, z.T. quarzitisch, glimmerstaubig, und Tonstein, rotbraun; Gipseinsprenglinge		Bunt-

– 191 m	keine Proben – (nach Gamma-Log Grenze su k,s/suB bei 185 m)		Korbach-
– 198,2 m	Sandstein, Körnung um 0,3 mm, z. T. bis 3,0 mm, hellrotbraun, hellgrüngraue Entfärbungsflecken; Ton- stein, rotbraun, Fasergips	Bröckel- schiefer	sandstein
– 201,5 m	Wechselfolge Sandstein, fein- bis grobkörnig, hellgrau bis rötlichrau, mit Ton-Schluff- stein, rotbraun (Typ „Bänder- schiefer“)		Folge
– 219 m	Sandstein, überwiegend grob- körnig, mit Feinkies, rot- braun, wenig schluffig, Faser- gips	Grenzsande	
– 236,0 m	Kalkstein, dolomitisch, hell- grau; Algenkalk, grobporig, grau; lagenweise stark löche- rig; Kalkstein z. T. dunkel- und mittelgrau gebändert	Platten- dolomit	Zechstein
– 236,4 m	Kalk-Schluffstein, fein ge- bändert	Übergangs- zone	
– 237,4 m	Schluff-Tonstein, grüngrau und blaßviolett, fein ge- schichtet	Grauer Salzton	
– 238,7 m	Ton-Schluffstein, rotbraun, mit dünnen Kalksteinbänken ( $< 4$ cm), schichtparallel Fasergipse	A2T	
– 259,9 m	Anhydrit, grau, wechsel- lagernd mit Ton-Schluffstei- nen, rotbraun, vereinzelt auch grau bis schwarzgrau	A2 (Basal- anhydrit)	
– 282 m	Dolomit- und Kalkstein, mit etwas rotem Tonstein, im unteren Teil mit Anhydrit	Haupt- dolomit Ca2	
– 309 m	Anhydrit, hellgrau, weniger rötlich, sehr untergeordnet rötlicher und schwarzgrauer Tonstein	„Zwischen- salinar“ T2A	
– 350 m	Kalkstein, gelblichgrauweiß, feinporig	Randkalk A1Ca	
– 380 m	Kalkstein, dunkel- bis mittel- grau, z. T. schwach rötlich, bituminös	Stinkkalk Ca1	

Ausbau: Die Bohrung wurde zur Beobachtung von Grundwasserstockwerken in 3 verschiedenen Teufenabschnitten ausgebaut.

I. Verrohrung: 0–230,0 m Aufsatzrohr  $\varnothing$  108 mm

–240,0 m Filterrohr  $\varnothing$  108 mm

Durch Abdichtung mit Ton bis 220 m u. Gel. wird nur der Profilschnitt der Filterverrohrung beobachtet, also von 230,0–240,0 m u. Gel.

2. Verrohrung in die erste als verlorene Rohrtour eingesetzt und bei 240 m u. Gel. durch einen Packer abgedichtet:  
 239,0–285,05 m Filterrohr  $\varnothing$  88,9 mm  
 ab 285,05 m Bohrloch unverrohrt.  
 Keine Rohr-Hinterfüllung.  
 Beobachtet wird der grundwassererfüllte Untergrund ab 240,0 m u. Gel.
3. Verrohrung steht neben der Rohrtour der 1. und 2. Verrohrung als gesonderte Rohrtour:  
 0–40,0 m Aufsatzrohr  $\varnothing$  108 mm  
 –50,0 m Filterrohr  $\varnothing$  108 mm  
 Hinterfüllung: 0–25,0 m Sand  
 –35,0 m Ton  
 darunter Filterkies.  
 Beobachtet wird der grundwassererfüllte Untergrund von 35,0 m u. Gel. (= Unterkante der oberen Tonabdichtung) bis 145,10 m u. Gel. (= Oberkante der Tonabdichtung der ersten Verrohrung; diese Tonabdichtung reicht bis 220 m u. Gel.).

## Pumpversuche:

1. Versuch (12. 12.–15. 12. 1968) Bohrtiefe 145 m u. Gel. (mittlerer Teil der Korbach-Folge): Ruhespiegel 11,70 m u. Gel. (ca. 253 m über NN); Wasserspiegel bei 3,34 l/s (12,0 m<sup>3</sup>/h) auf 27,0 m u. Gel., bei 5,72 l/s (20,6 m<sup>3</sup>/h) auf 90,0 m u. Gel. abgesenkt.  
 Leistung pro Meter Spiegelabsenkung 0,07 l/s · m.
2. Versuch (28. 5.–31. 5. 1969), Endteufe, jedoch nicht verrohrt: Ruhespiegel 41,1 m u. Gel. (ca. 224 m über NN); Wasserspiegel bei 19,3 l/s (69,5 m<sup>3</sup>/h) auf 68,0 m u. Gel. abgesenkt.  
 Leistung pro Meter Spiegelsenkung 0,72 l/s · m.

## Wasseruntersuchungen:

Anal.: Proben 1 und 3 Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel  
 Probe 2 Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden

Probe	1	2	3
Entnahme	12. 12. 68	7. 2. 69	30. 5. 69
Bohrtiefe u. Gel.	145,1 m	240 m	Endtiefe
Erschlossenes Profil	su	su+z (bis A2T)	su+z
T °C	9,8	n.b.	15
pH	7,5	7,65	7,2
Gesamthärte °dH	18,5	75,6	55,8
Karbonathärte °dH	10,7	12,3	13,8
Nichtkarbonathärte °dH	7,8	63,3	42,0
Na mg/l	19,3	n.b.	18,0
K mg/l			
Ca mg/l	81,4	n.b.	281,4
Mg mg/l	30,6	n.b.	71,4
Fe mg/l	Sp.	n.b.	n.n.
Mn mg/l	n.n.	n.b.	n.n.
Cl mg/l	22,8	136,2	14,9
SO <sub>4</sub> mg/l	139	1815,98	732,0
HCO <sub>3</sub> mg/l	234	268,4	301,0
NO <sub>3</sub> mg/l	5	n.b.	5,1

Gelöste feste Bestandteile	532,1	—	1426,7
Trockenrückstand	439	—	1274
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	n.b.	n.n.
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	2,2	n.b.	4,1
Freie Kohlensäure mg/l	23,1 (aggr. 4,9)	n.b.	29,7 (aggr. 0)
Freier Sauerstoff mg/l	11,1	n.b.	8,5

## Angaben in mval:

Probe	1	2	3
Na	0,84 (ber. als Na)		0,78
K			0,07
Ca	4,07		14,01
Mg	2,55		5,95
Cl	0,64	3,84	0,42
SO <sub>4</sub>	2,91	37,8	15,30
HCO <sub>3</sub>	3,83	4,4	4,93
NO <sub>3</sub>	0,08	n.b.	0,08

Anionen-Summe	7,46	46,0	20,73
---------------	------	------	-------

## Ionenverhältnisse

A-V [Na:K]	—	—	11
E-V [Ca:Mg]	1,6	—	2,4
EA-V [Ca + Mg):(Na + K)]	7,9	—	23,4
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	1,08	0,1	0,31
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,22	0,1	0,03
CN-V [Cl:Na]	(0,76)	—	0,54

### Untersuchungsbohrung III für die Stadt Bad Wildungen im Gemeindebezirk Mandern

Lage: TK 25 Bl. 4821 Fritzlar; R 35 13 60, H 56 63 40; etwa 258 m über NN

Auftraggeber: Stadt Bad Wildungen

Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung (Dez. 1968), Ø 160/120 mm

Bearbeiter: RAMBOW 1969

## Schichtenverzeichnis (gekürzt)

0— 6 m Sandstein, rotbraun, feinkörnig, stark glimmerführend	Unterer
— 9 m Sandstein, rotbraun, feinkörnig, vereinzelt Quarze bis 0,8 mm, glimmerführend	
— 18 m Sandstein, hellgrau und rotbraun, feinkörnig, Körner vereinzelt bis 1,0 mm, glimmerführend	Buntsandstein
— 24 m Sandstein, weiß, hellgrau, blaßrotbraun, feinkörnig, Körner sehr vereinzelt bis 0,8 mm	
— 60 m Sandstein, überwiegend weiß bis hellgrau, weniger rotbraun, feinkörnig, z. T. stark glimmerführend, vereinzelt Quarze bis 1,2 mm	
— 100 m Sandstein, rotbraun, untergeordnet hellrotbraun, rosaweiß und weiß, feinkörnig, vereinzelt Quarzkörner bis 1,0 mm, glimmerführend bis glimmerschichtig	
— 150 m Sandstein, rotbraun, untergeordnet hellrotbraun und weißgrau, feinkörnig, selten gröbere Körner, schwach glimmerstaubig	
— 200 m Sandstein, weißgrau, weniger blaßrot- bis rotbraun, wenig Tonstein	

– 250 m Sandstein, rotbraun, untergeordnet blaßrotbraun und hellgrau, feinkörnig, und Tonstein, rotbraun

Vermerk: Ab 146 m starke Spülungsverluste. Zur Gliederung des Buntsandsteins siehe Text S. 234 und Taf. 13.

Ausbau: kein Ausbau

Pumpversuch: 1. Versuch, 2. 12. 68; Bohrtiefe 135 m, 4 Stunden:

Ruhspiegel 8,10 m u. Gel. (etwa 250 m über NN);

Wasserspiegel bei 0,9 l/s (3,2 m<sup>3</sup>/h) auf 87,2 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelabsenkung: 0,01 l/s · m.

2. Versuch; 6. 12. 68, Bohrtiefe 250 m; 11 Stunden:

Ruhspiegel 16,70 m u. Gel. (etwa 241 m über NN);

Wasserspiegel bei 5–7 l/s (18–25 m<sup>3</sup>/h) auf 88 m u. Gel. abgesenkt.

Leistung pro Meter Spiegelsenkung: 0,07–0,1 l/s · m.

Wasseruntersuchung (Staatl. Chem. Untersuchungsamt Kassel):

Entnahme: 6. 12. 1968

T 13 °C pH n.b.

Gesamthärte 49,6 °dH; Karbonathärte 16,9 °dH; Nichtkarbonathärte 32,7 °dH.

	mg/l	mval
Alkalien (als Na ber.)	117	5,1
Ca	302	13,1
Mg	55,2	4,6
Fe	Sp.	—
Mn	n.n.	—
Cl	120	3,40
SO <sub>4</sub>	638	13,3
HCO <sub>3</sub>	368	6,0
NO <sub>3</sub>	4	0,06
Gelöste feste Bestandteile	1604	Anionen-Summe 22,8
Trockenrückstand	1404	
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Sulfide	n.n.	
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	3	
Freie Kohlensäure	n.b.	
Freier Sauerstoff	n.b.	

Ionenverhältnisse:

E-V [Ca:Mg]	2,8
EA-V [(Ca + Mg):(Alkalien)]	3,5
HS-V [HCO <sub>3</sub> :(Cl + SO <sub>4</sub> )]	0,45
S-V [Cl:SO <sub>4</sub> ]	0,26
CN-V [Cl:Na]	(0,66)

## 5. Zusammenfassung

Einen Überblick über die Fazies- und Mächtigkeitsschwankungen des Zechsteins gibt die Darstellung der Bohrprofile auf Taf. 12. Paläogeographisch stehen alle Profile im Randbereich des ehemaligen Zechsteinmeeres. In Bg. 13 (Neudorf) — die ein 160 m mächtiges Zechsteinprofil erschloß — deutet sich mit den höheren Sulfat- und Karbonatmächtigkeiten der Übergang zum Becken an. Die stratigraphische Gliederung

derung der Profile des Unteren Buntsandsteins ist nicht immer mit Sicherheit möglich; trotzdem vermittelt die auf Taf. 13 gegebene Deutung der Gamma-Logs ein Bild von den Mächtigkeiten der einzelnen Stufen des Unteren Buntsandsteins.

Es werden folgende hydrogeologische Teilgebiete unterschieden:

- Ense Scholle,
- Gebiet Korbach-Berndorf,
- Vasbecker-Scholle,
- Mengeringhausener-Scholle und nördlich anschließendes Gebiet.

Für den schlecht wasserwegsamem Unteren Buntsandstein errechnen sich Leistungen/Absenkungsverhältnisse unter  $0,1 \text{ l/s} \cdot \text{m}$ , für den Zechstein wechseln diese zwischen  $0,7$  und  $13,8 \text{ l/s} \cdot \text{m}$ .

Im Unteren Buntsandstein werden meist weiche, mineralarme Wässer angetroffen. Im Zechstein dagegen ist das Wasser stark aufgehärtet, die Wässer sind alle Cl-arm. Die Gesamtlösungsinhalte steigen mit der Entfernung vom Schiefergebirgsrand und der damit verbundenen zunehmenden Tiefe an.

Bemerkenswerterweise wurden in dem im tieferen Teil des Zechsteins gelegenen Schaumkalk (AlCa) meist weichere, insbesondere sulfatärmere Wässer angetroffen als in den höheren Profilschnitten des Zechsteins, ein Zeichen für einen stärkeren lateralen als vertikalen Grundwasserfluß in diesen Bereichen.

In allen Brunnen wurde eine auffallend geringe Zunahme der Wassertemperatur mit der Tiefe festgestellt.

## 6. Schriftenverzeichnis

- DIEDERICH, G. (1970): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in der südlichen Randfazies. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 81–92, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. & MATTHES, G. (1963): Ein Sporentritfversuch in Korbach/Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 237–255, 9 Abb., 5 Tab.; Wiesbaden.
- & GRÖTICKE, W. (1965): Erfahrungen bei Brunnenbohrungen im Rotary-Verfahren im Krs. Waldeck. — Bohrtechnik, Brunnenbau, Rohrleitungsbau, **16**: 47–51; Berlin.
- (1969): Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4720 Waldeck: 156 bis 181, 2 Abb., 9 Tab.; Wiesbaden.
- (1972): Ein in Wetter/Krs. Marburg (Hessen) erschlossenes  $\text{Na}_2\text{-SO}_4$ -haltiges Mineralwasser und die Genese solcher Wässer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **100**: 260–283, 1 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- HORN, M. & KULICK, J. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Bl. 4720 Waldeck. 227 S., 35 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- KULICK, J. (1961): Die Gliederung des Unteren Buntsandsteins und der Volpriehausen-Folge des Mittleren Buntsandsteins in Waldeck (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**: 276–309, 8 Abb., Taf. 17; Wiesbaden.
- (1966): Der Untere Buntsandstein am Südrande des Kellerwaldes (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 182–200, 1 Abb., Taf. 14–16; Wiesbaden.
- (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Bl. 4719 Korbach. 272 S., 32 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 8 Taf., 2 Beibl.; Wiesbaden.
- RICHTER-BERNBURG, G. (1950): Zwei Beiträge zur Fazies, Tektonik und Kupferführung des Zechsteins. I Waldeck, II Nordsudeten. — Geol. Jb. f. 1949, **65**: 145–212; Hannover.

# Geologische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen am Süd- und Südwesthang des Knüll-Gebirges (Hessen)

Von

BERNWARD HÖLTING und MANFRED LAEMMLEN, Wiesbaden\*

Mit 3 Abbildungen und 2 Tabellen

**Kurzfassung:** Vier am Süd- und Südwest-Hang des Knüll-Gebirges niedergebrachte Brunnenbohrungen werden ausgewertet. Nach Bohrproben und geophysikalischen Bohrlochmessungen (Gamma-Logs) wird ein Profil vom Unteren Buntsandstein (Gelnhausen-Folge) bis zum Mittleren Buntsandstein (Solling-Folge) beschrieben. Hydrogeologisch ergibt sich eine verhältnismäßig geringe Durchlässigkeit im Randgebiet des Knüll-Gebirges. Hydrochemisch wurden typische Buntsandstein-Wässer erschlossen.

**Abstract:** Four well borings sunk down at the southern and southwestern slope of the Knüll mountains (Hesse) are discussed. Based on core samples and gamma logs a geological section from the Lower Bunter (Gelnhausen-Folge) to the Middle Bunter (Solling-Folge) is described. A hydrogeological result is the relatively small permeability in the border region of the Knüll mountains. Concerning hydrochemistry, a typical groundwater of the Bunter was found.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	270
2. Geologische Ergebnisse . . . . .	271
2.1. Überblick . . . . .	271
2.2. Beschreibung der Bohrprofile . . . . .	272
2.2.1. Schichtenverzeichnisse . . . . .	273
2.2.2. Stratigraphische Gliederung der Bohrprofile . . . . .	284
3. Hydrogeologische Ergebnisse . . . . .	290
3.1. Grundwassergleichenkarte des Knüll-Gebirges . . . . .	290
3.2. Ergebnisse der Brunnenbohrungen . . . . .	292
4. Zusammenfassung . . . . .	293
5. Schriftenverzeichnis . . . . .	294

## 1. Einleitung

In der Zeit von 1965 – 1971 sind am Süd- und Südwest-Abhang des Knüll-Gebirges im Buntsandstein-Gebiet des Bl. 5122 Neukirchen einige wissenschaftlich bemerkenswerte Brunnenbohrungen niedergebracht worden. Die Auswahl der Ansatzpunkte

---

\* Dr. B. HÖLTING, Dr. M. LAEMMLEN, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

für diese Bohrungen war nach gutachtlicher Beratung durch das Hessische Landesamt für Bodenforschung erfolgt und geschah in erster Linie nach hydrogeologischen und praktischen Erwägungen. Andere Gesichtspunkte, wie z. B. die Klärung noch offener Fragen in Stratigraphie und Tektonik spielten nur eine untergeordnete Rolle. Neben hydrogeologischen Erkenntnissen hat die Bohrtätigkeit aber auch wichtige Ergebnisse über den stratigraphischen und tektonischen Bau des betrachteten Gebietes geliefert, so daß im folgenden vier dieser Bohrungen mit allen ihren Daten vorgelegt und bekanntgemacht werden sollen.

## 2. Geologische Ergebnisse

### 2.1. Überblick

Die systematische geologische Erforschung des Gebietes um das Knüll-Gebirge begann gegen Ende des letzten Jahrhunderts, als von der Preußischen Geologischen Landesanstalt die geologische Landesaufnahme im Maßstab 1:25000 in Angriff genommen worden war. K. OEBBEKE, der die Bl. Neukirchen und Niederaula aufnehmen sollte, begann 1885 mit der Kartierarbeit. Nach den Berichten (insbesondere OEBBEKE 1887) über seine Tätigkeit nahm er die Grenzziehung zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein schon damals nach den noch heute gültigen Kriterien vor und legte die Basis des Mittleren Buntsandsteins – in gleicher Weise wie dies auch heute noch (oder wieder) geschieht – an die Untergrenze des ersten Grobsandsteinhorizonts. Darüber hinaus hat OEBBEKE eine erste, auf gute Beobachtung fußende lithologische Beschreibung vom obersten Teil des Unteren Buntsandsteins und von der heutigen Solling-Folge gegeben. Mit dieser lithostratigraphischen Arbeitsgrundlage war es ihm damals möglich, wichtige Verwerfungslinien richtig zu erkennen und ein erstes Bild vom tektonischen Bau zu geben. Nach der Abschlußbegehung, die OEBBEKE zusammen mit LEPPLA durchgeführt hat, wurde dann aber eine Revision vorgenommen, bei der alle ursprünglich als Unterer Buntsandstein auskartierten Schichten dem Mittleren Buntsandstein zugeordnet wurden (OEBBEKE 1892).

Dieser entscheidende Rückschritt gegenüber den vorher gemachten Feststellungen blieb auch bei der späteren Überarbeitung des Blattes durch O. LANG (1907) und insbesondere durch M. BLANCKENHORN (1916) bestehen. So hat BLANCKENHORN (BLANCKENHORN, LANG & OEBBEKE 1918 und BLANCKENHORN 1919) den gesamten psammitisch entwickelten Buntsandstein auf Bl. Neukirchen dem Mittleren Buntsandstein zugeordnet und diesen in „Hauptbuntsandstein“ oder „Gervilleiensandstein“ (sm1) einerseits und „Bausandsteinzone“ (sm2) andererseits gegliedert. Weil er (BLANCKENHORN 1950) der Auffassung war, daß die andernorts den Mittleren Buntsandstein einleitenden, besonders grobkörnigen Sandsteine in Mittelhessen nicht immer entwickelt seien, sondern bei regelloser Verzahnung faziell durch *Avicula* führende Sandsteine vertreten würden, bediente er sich zur Stufenabgrenzung dieser Muschel („*Gervilleia Murchisoni*“ nunc: *Avicula murchisoni* GEIN.), die in feinkörnigen, plattigen und quarzitischen Sandsteinen vorkommt. Zum erstenmal trat dann GUNZERT (1954) in seinen Betrachtungen über die Grenzziehung zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein dieser sicherlich zu einem Teil auf Verwechslungen beruhenden Ansicht BLANCKENHORNS entgegen. Er machte darauf auf-



merksam, daß die Grenzziehung zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein nach der sog. „BLANCKENHORNSCHEN *Avicula*-Gliederung“ im Gebiet des Bl. Neukirchen uneinheitlich erfolgt und an vielen Stellen der rund 100 m mächtige obere Teil des Unteren Buntsandsteins zum Mittleren Buntsandstein gestellt worden ist. Freilich gibt GUNZERT zugleich für die Gesamtmächtigkeit des eigentlichen Mittleren Buntsandsteins 100 m zu wenig an. Dies mag daraus erklärt werden, daß die heute übliche rhythmische Gliederung des Mittleren Buntsandsteins damals noch unbekannt war und Verwechslungen zwischen der Basisgrobschüttung und höheren Grobsandsteinhorizonten (insbesondere dem späteren Rhön-Sandstein) unterlaufen sind. Ebenso erklärt sich wohl GUNZERTS Annahme, auch der höchste Teil des Unteren Buntsandsteins sei in *Avicula*-Fazies und fossilführend ausgebildet.

Licht in die verworrene Buntsandsteinstratigraphie des betrachteten Gebietes hat erst die in den fünfziger Jahren in Gang gekommene geologische Kartierung der benachbarten Blätter gebracht. Die Aufgliederung des Mittleren Buntsandsteins nach lithostratigraphischen Gesichtspunkten, insbesondere nach Schüttungsmerkmalen in drei rhythmisch aufgebaute Folgen war bereits bei der Aufnahme des Bl. Queck (LAEMMLEN 1961, 1963a u. b) gelungen und das dort aufgestellte Normalprofil ließ sich ohne Schwierigkeiten auf andere Blätter (z. B. Bl. Bad Hersfeld, LAEMMLEN 1965 u. 1967) übertragen. Einen wesentlichen Fortschritt für die Stratigraphie des Unteren Buntsandsteins erbrachte dann die Kartierung des im San Bl. Neukirchen angrenzenden Bl. Grebenau (LAEMMLEN 1968a u. b), nachdem dort durch DIEDERICH & LAEMMLEN (1966) ein detailliertes Profil vom oberen Teil des Unteren Buntsandsteins erarbeitet worden war. Mit der Fertigstellung dieses Blattes war der Beweis erbracht, daß Schichten des Unteren Buntsandsteins im Gebiet zwischen Vogelsberg und Knüll-Gebirge entgegen der bisherigen Auffassung (BEYSCHLAG 1922) beachtliche Flächen einnehmen und auch noch auf Bl. Neukirchen in größerer Verbreitung zutage treten.

Von dieser Erkenntnis ausgehend, wurde von LAEMMLEN eine Diplom-Kartierung angeregt<sup>1</sup>, die ihren Zweck, das Buntsandstein-Normalprofil im SW-Quadranten des Bl. Neukirchen nach den modernen Gliederungsschemata zu klären, im erwarteten Sinne und in vollkommener Weise erfüllt hat. Da eine amtliche Neukartierung des Blattes für die nächsten Jahre noch nicht vorgesehen ist, soll durch die vorliegende Arbeit das örtliche Buntsandstein-Normalprofil, soweit erschlossen, anhand der Profile einiger in den letzten Jahren niedergebrachter Brunnenbohrungen bekanntgemacht werden.

## 2.2. Beschreibung der Bohrprofile

Die im folgenden ausführlich beschriebenen Bohrprofile, die z. T. auch durch Gamma-Logs belegt sind, ergänzen sich gegenseitig derart, daß mit ihnen ein nahezu lückenloses Profil vom oberen Teil des Solling-Bausandsteins durch den gesamten

<sup>1</sup>) SPIES, O.: Die Geologie auf Blatt 5122 Neukirchen/Knüll (SW-Quadrant). Mit besonderer Berücksichtigung des Unteren Buntsandsteins und der tektonischen Verhältnisse. — Dipl.-Arbeit mit 1 geol. Kte. 1:10000, 1 Schichtlagerungskte. 1:10000, 1 Profil- taf. 1:10000, 37 Abb., 19 Diagr., 2 Tab., 3 Textprof., 155 S., Joh. Wölg. Goethe-Univ., Frankfurt/Main 1967.

übrigen Teil des Mittleren Buntsandstein hindurch bis in die oberen Schichten der Gelnhausen-Folge des Unteren Buntsandsteins vorliegt.

Die Anordnung der Schichtenverzeichnisse ist nach stratigraphischen Gesichtspunkten vorgenommen, so daß Bg. 1, ergänzt durch Bg. 2 die jüngsten, Bg. 3, ergänzt durch Bg. 4 die ältesten Schichten erschließt.

### 2.2.1. Schichtenverzeichnisse

#### Bohrung 1, Neukirchen

Lage: Gemarkung Neukirchen, 3450 m NE der Kirche von Neukirchen, im Forstdistrikt Sommerleid; R 35 26 62, H 56 39 53; ca. 438 m über NN

Zweck: Wassererschließung Zeit: April—Oktober 1971

Bohrverfahren: Rotary-Spül- und Trockenmeißel-Bohrung, Anfangs- $\varnothing$  920 mm, End- $\varnothing$  620 mm

Aufgenommen und gedeutet von M. LAEMMLEN (Abb. 1)

- |              |  |  |
|--------------|--|--|
| 1. — 2,00 m  | Sandstein, gelblichweiß, mittel- bis grobkörnig (0,4 bis 0,8, max. 2,0) <sup>2</sup> , kaolinig-kieselig; mit vereinzelt kleinen Quarzgeröllen und mit mm-großen, hellen Glimmerschuppen   | Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge |
| 2. — 4,00 m  | Sandstein, gelblichweiß bis bräunlichgelb, überwiegend grobkörnig (0,8—1,2), im tieferen Teil auch mittelkörnig ausgebildet (0,5—0,6), mit zahlreichen, z. T. bis über 3 cm großen, grauweißen Quarzgeröllen; Bindemittel tonig-ferritisch, Gestein z. T. kleinschütterig zerfressen | „                                      |
| 3. — 5,00 m  | Sandstein, blaßrotbraun und gelblichweiß, verschiedenkörnig, überwiegend mittelkörnig (0,4 bis 0,6), mit Fein- und Grobanteil, vereinzelte Quarzgerölle bis 8 mm, tonig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig-feinsandig   | „                                      |
| 4. — 7,00 m  | Sandstein, gelblichweiß und bräunlichweiß, überwiegend fein- bis mittelkörnig (0,2—0,6), untergeordnet auch grobkörnig (0,8), vereinzelte Quarzgerölle bis zu 8 mm, Bindemittel tonig-ferritisch; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig-feinsandig                        | „                                      |
| 5. — 8,00 m  | Sandstein, blaßrotbraun und graubraun, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,7), z. T. auch feinkörnig (0,1 bis 0,2), tonig, mürb; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig, glimmerig  | „                                      |
| 6. — 10,00 m | Sandstein, gelblichweiß bis bräunlichweiß, verschiedenkörnig, vorwiegend mittelkörnig (0,4—0,6), z. T. mit deutlichem Feinkornanteil (0,2) und auch mit zahlreichen groben Körnern (0,8—1,2; max. 2,0), kaolinig; Milchquarzgerölle bis 20 mm  | „                                      |
| 7. — 11,00 m | Sandstein, gelbgrau, mittel- bis grobkörnig (0,4 bis 0,7), kaolinig, einzelne Grobkörner und Kleingerölle aus Milchquarz; Sandstein, gelblichweiß, feinkörnig (0,1—0,2), tonig; Schluff- und Tonstein, gelbgrau und rötlichgrau, glimmerig-feinsandig                                | „                                      |

<sup>2</sup>) Die in Klammern gesetzten Zahlenangaben bezeichnen — sofern nicht ausdrücklich anders vermerkt — die mittlere Korngröße in Millimetern.

8. — 14,00 m	Sandstein, gelblichweiß und braungrau, verschieden- körnig, überwiegend mittel- bis feinkörnig (0,5—0,2), kieselig-kaolinig, Glimmerschuppen	Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge
9. — 15,00 m	Sandstein, weiß und gelblichweiß, fein- bis mittel- körnig (0,1—0,4), mürb, stark kaolinig; Tonstein, rotbraun und gelbbraun, feinsandig-glimmerig	„
10. — 17,00 m	Sandstein, gelblichweiß und grauweiß, verschieden- körnig, überwiegend mittel- bis grobkörnig (0,5 bis 0,8), kaolinig-kieselig, mit einzelnen kleinen, grau- weißen Quarzgeröllen	„
11. — 18,00 m	Ton- und Schluffstein, rotbraun und grau, glimme- rig-feinsandig; Sandstein, blaßbraun und graubraun, fein- bis mittelkörnig, vereinzelt auch grobkörnig, tonig	Verwerfungs- breccie
12. — 20,00 m	Sandstein, grauweiß und bräunlich, fein- bis grob- körnig, z. T. mit grauweißen Quarzgeröllen bis über 1 cm; wenig Schluff- und Tonstein, rötlichbraun und grau, feinsandig; zahlreiche Basaltbröckchen, dun- kelgrau, dicht	„
13. — 22,00 m	Sandstein, bräunlichgelb und grauweiß, verschieden- körnig, vorwiegend mittelkörnig (0,4—0,6), mit Fein- und Grobkornanteil, vereinzelte Milchquarz- gerölle bis 5 mm; wenig Schluff- und Tonstein, rot- braun und gelbgrau, feinsandig	„
14. — 24,00 m	Ton- und Schluffstein, rotbraun und grau, glimmerig- feinsandig; Sandstein, rötlichgrau und weiß, fein- bis grobkörnig, mit grauweißen Quarzgeröllen bis über 1 cm; wenig Basaltbröckchen, dunkelgrau, dicht	„
15. — 27,00 m	Sandstein, bräunlichweiß und gelblichweiß, ver- schiedenkörnig, überwiegend grob- bis mittelkörnig (1,2—0,6), kaolinig-kieselig, mit grauweißen Quarz- geröllen bis zu 1 cm; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun und grau, feinsandig	Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge
16. — 31,00 m	Sandstein, gelblichweiß und bräunlichweiß, ver- schiedenkörnig, überwiegend mittel- bis feinkörnig (0,5—0,2), mit wechselndem, insgesamt aber zurück- tretendem Grobkornanteil, kieselig-kaolinig	„
17. — 34,00 m	Sandstein, gelblichweiß bis bräunlichweiß, verschie- denkörnig, überwiegend grob- bis mittelkörnig (1,0 bis 0,6), untergeordnet auch feinkörnig, kieselig- kaolinig, mit kleinen Quarzgeröllen (bis 8 mm)	„
18. — 35,00 m	Sandstein, weiß, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,5), untergeordnet auch grobkörnig, tonig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
19. — 39,00 m	Sandstein, bräunlichweiß, überwiegend mittelkörnig (0,4—0,6), untergeordnet auch grob- und feinkörnig, kaolinig, einzelne Geröllbruchstücke	„
20. — 40,00 m	Sandstein, grauweiß, fein- bis mittelkörnig (0,2 bis 0,4), mit einzelnen groben Körnern, kaolinig	„
21. — 44,00 m	Sandstein, grauweiß bis bräunlichweiß, verschieden- körnig, überwiegend mittel- bis grobkörnig (0,5—0,8), mit wechselndem Feinkornanteil, tonig-ferritisch, zahlreiche Bruchstücke von grauweißen Milchquarz- und Quarzgeröllen, einzelne Gerölle bis zu 3 cm, viele helle Glimmerschuppen	„

- |               |  |  |
|---------------|--|--|
| 22. — 47,00 m | Sandstein, bräunlichweiß, verschiedenkörnig, überwiegend mittelkörnig (0,4—0,6), mit wechselndem Anteil an Grob- und Feinkorn, tonig-ferritisch, vereinzelte Geröllbruchstücke; Schluff- und Tonstein, blaßrotbraun und grau, feinsandig | Mittlerer<br>Buntsandstein,<br>Solling-Folge |
| 23. — 49,00 m | Sandstein, bräunlichgrau, grob- bis mittelkörnig (1,0—0,8) mit stark zurücktretendem Feinkornanteil, tonig-ferritisch, einzelne kleine Gerölle aus weißem Milchquarz   | „  |
| 24. — 50,00 m | Sandstein, bräunlichweiß, überwiegend feinkörnig (0,2—0,4), untergeordnet auch mittel- bis grobkörnig, kaolinig; wenig Schluff- und Tonstein, grau-braun   | „  |
| 25. — 54,00 m | Sandstein, grauweiß bis bräunlichweiß, mittel- bis grobkörnig (0,5—0,8), tonig-ferritisch, vereinzelte Bruchstücke von grauweißen Milchquarzgeröllen   | „  |
| 26. — 56,00 m | Sandstein, rotbraun, untergeordnet auch gelblichweiß, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,6), kaoling-kieselig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig  | Spessart-<br>Wechselfolge                    |
| 27. — 57,00 m | Sandstein, blaßrotbraun und gelblichweiß, mittel- bis grobkörnig (0,5—0,8) mit deutlichem Grobkornanteil, kieselig   | „  |
| 28. — 58,00 m | Ton- und Schluffstein, rotbraun, feinsandig; Sandstein, rotbraun, überwiegend fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), tonig  | „  |
| 29. — 60,00 m | Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch weiß, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,8); wenig Schluffstein, rotbraun, feinsandig, glimmerig  | „  |
| 30. — 61,00 m | Sandstein, blaßrot und weiß, feinkörnig (0,1—0,2), kieselig  | „  |
| 31. — 63,00 m | Sandstein, rotbraun, mittelkörnig, untergeordnet auch grobkörnig (0,4—0,6), tonig  | „  |
| 32. — 65,00 m | Sandstein, blaßrot und weiß, überwiegend fein- bis untergeordnet mittelkörnig (0,2—0,5), kieselig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig   | „  |
| 33. — 67,00 m | Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch weiß, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,8), untergeordnet auch feinkörnig, kaoling-kieselig; wenig Schluffstein, rotbraun, feinsandig  | „  |
| 34. — 68,00 m | Sandstein, blaßrot, feinkörnig (0,1—0,2), untergeordnet auch mittelkörnig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig, glimmerig  | „  |
| 35. — 70,00 m | Sandstein, blaßrot und weiß, mittelkörnig (0,4—0,6), mit deutlichem Grobanteil, kaoling-kieselig, rotbraun, feinsandig   | „  |
| 36. — 71,00 m | Sandstein, blaßbraun, feinkörnig (0,1—0,2), untergeordnet auch mittelkörnig, kieselig  | „  |
| 37. — 73,00 m | Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch weiß, mittel- bis grobkörnig (0,6—1,0), untergeordnet auch feinkörnig, kaoling-kieselig  | „  |
| 38. — 74,00 m | Sandstein, blaßbraun, feinkörnig (0,1—0,2) mit geringem Anteil an Mittelkorn, kieselig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig, feinsandig   | „  |

39. — 76,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch weiß, mittel- bis feinkörnig (0,6—0,2), untergeordnet auch grobkörnig, kaolinig-kieselig	Spessart-Wechselfolge
40. — 77,00 m	Sandstein, blaßbraun, feinkörnig (0,2), kieselig	„
41. — 80,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch weiß, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,6), kaolinig-kieselig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig, feinsandig	„
42. — 83,00 m	Sandstein, rötlichbraun, z. T. auch weiß, überwiegend mittelkörnig (0,5—0,7) mit deutlichem Grobkornanteil, kaolinig-kieselig	„
43. — 84,00 m	Sandstein, blaßbraun, feinkörnig (0,2), kieselig	„
44. — 89,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch weiß, vorwiegend mittelkörnig (0,5—0,7), untergeordnet grob- und feinkörnig, kaolinig-kieselig; im tiefsten Teil wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
45. — 90,00 m	Sandstein, rötlichbraun, fein- bis mittelkörnig (0,2 bis 0,6) mit deutlichem Grobkornanteil; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
46. — 92,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und bräunlichweiß, grob- bis mittelkörnig (0,8—0,5), mit zahlreichen, sehr gut gerundeten, z. T. braunrot gefärbten opaken Quarzkörnern bis über 2 mm	Spessart-Sandstein
47. — 93,00 m	Sandstein, blaßrot, mittelkörnig mit deutlichem Feinkornanteil und einzelnen groben Körnern (0,2 bis 0,6), kaolinig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
48. — 96,00 m	Sandstein, blaßrötlichbraun, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,8), mit zahlreichen gut gerundeten, groben Quarzkörnern wie bei 46., kaolinig	„
49. — 97,00 m	Sandstein, blaßrosa bis rötlichbraun, mittelkörnig (0,2—0,5) mit deutlichem Feinkornanteil und einzelnen groben Körnern; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig	„
50. — 101,00 m	Sandstein, blaßrosa und bräunlichweiß, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,8), mit zahlreichen, sehr gut gerundeten Quarzkörnern wie bei 46.	„
51. — 103,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, fein- bis mittelkörnig (0,1 bis 0,4), kieselig; Ton- und Schluffstein, rotbraun, glimmerig	Rhön-Wechselfolge
52. — 105,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, mittelkörnig (0,2—0,6), kieselig; wenig Ton- und Schluffstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig	„
53. — 109,00 m	Wechselfolge aus Sandstein, blaßrotbraun und weiß, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), kieselig, und Schluff- und Tonstein, rotbraun, z. T. feinsandig	„
54. — 113,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und weiß, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,5), einzelne grobe Quarzkörner bis 1,2 mm	„
55. — 114,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, feinkörnig (0,1—0,2), kieselig-tonig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig	„
56. — 116,00 m	Sandstein, blaßrot und weiß, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), kieselig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig	„

57. — 117,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und weiß, mittel- bis grobkörnig (0,6—1,0), kaolinig-kieselig	Rhön-Wechselfolge
58. — 119,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, verschiedenkörnig, überwiegend mittel- bis untergeordnet feinkörnig (0,6 bis 0,2), einzelne grobe Quarzkörner bis 1 mm	„
59. — 122,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und weiß, mittel- bis grobkörnig (0,5—0,8), kaolinig-kieselig	„
60. — 124,00 m	Sandstein, blaßbraun, feinkörnig (0,1—0,2), schluffig	„
61. — 125,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, fein- bis mittelkörnig (0,2 bis 0,4); Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig	„
62. — 128,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4); wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
63. — 130,00 m	Sandstein, blaßbraun, mittelkörnig (0,2—0,6), einzelne grobe Quarzkörner bis 1 mm	„
64. — 134,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), einzelne grobe Quarzkörner bis 0,8 mm; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
65. — 137,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und weiß, mittel- bis feinkörnig (0,4—0,2), kieselig-kaolinig	„
66. — 138,00 m	Tonstein und Schluffstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig; Sandstein, rotbraun und weiß, feinkörnig (0,1—0,2), tonig-schluffig	Verwerfungsbreccie
67. — 141,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und weiß, verschiedenkörnig, überwiegend mittel- bis feinkörnig, aber z. T. auch mit deutlichem Grobkornanteil; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig; Basaltbröckchen, dunkelgrau, dicht	„
68. — 142,00 m	Schluff- und Tonstein, rotbraun und grau, feinsandig-glimmerig; Sandstein, blaßrotbraun und weiß, feinkörnig (0,1), schluffig-tonig	„
69. — 143,00 m	Sandstein, hellbraunrot, z. T. weiß, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,5), untergeordnet auch grobkörnig (0,8), kieselig; Ton- und Schluffstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig	Eichsfeld-Wechselfolge
70. — 145,00 m	Sandstein, hellrot, z. T. weiß, mittel- bis feinkörnig (0,5—0,2), einzelne Quarzkörner bis 2 mm	„
71. — 146,00 m	Sandstein, hellbraunrot, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), kieselig, z. T. glimmerschichtig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig-feinsandig	„
72. — 147,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und weiß, mittelkörnig (0,3—0,5), vereinzelte Quarzkörner bis 0,8 mm	„
73. — 149,00 m	Wechselfolge aus Sandstein, hellrot bis blaßrot, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), und Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
74. — 150,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, feinkörnig (0,1—0,2), glimmerstaubig	„
75. — 154,00 m	Sandstein, hellbraunrot, mittelkörnig (0,5—0,2), mit deutlichem Grobkornanteil, einzelne Quarzkörner bis 1,2 mm	„
76. — 156,00 m	Wechselfolge aus Schluff- und Tonstein, rotbraun, z. T. feinsandig-glimmerig, und Sandstein, hellrot, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,3), quarzitisches, glimmerstaubig	„

77. — 160,00 m	Sandstein, blaßrot und weiß, überwiegend feinkörnig (0,1—0,2) und kieselig, glimmerstaubig, untergeordnet auch mittelkörnig (0,2—0,4) und tonig-ferritisch; Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig-feinsandig	Eichsfeld-Wechselfolge
78. — 161,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,4)	„
79. — 166,00 m	Sandstein, hellrot bis blaßrot, z. T. auch weiß, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,5), vereinzelte grobe Quarzkörner bis 0,8 mm, tonig bis kieselig, oft glimmerschichtig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig	„
80. — 169,00 m	Sandstein, hellbraunrot und weiß, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), quarzitisches; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
81. — 172,00 m	Wechselfolge aus Sandstein, rotbraun und hellrot, überwiegend fein- bis untergeordnet mittelkörnig (0,1—0,3), kieselig und tonig-ferritisch, z. T. glimmerschichtig, und Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig	„
82. — 176,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,8), einzelne gut gerundete Quarzkörner bis 1 mm, tonig-ferritisch	„
83. — 178,00 m	Sandstein, hellrot und weiß, fein- bis untergeordnet mittelkörnig (0,1—0,3), kieselig, glimmerstaubig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun	„
84. — 182,00 m	Wechselfolge aus Schluff- und Tonstein, rotbraun, z. T. feinsandig, und Sandstein, hellrot bis rotbraun, überwiegend fein- bis untergeordnet mittelkörnig (0,1—0,4), glimmerschichtig, tonig-schluffig	„
85. — 183,00 m	Sandstein, blaßrotbraun und weiß, feinkörnig (0,1—0,2)	„
86. — 185,00 m	Sandstein, hellrot, feinkörnig (0,2), tonig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
87. — 187,00 m	Sandstein, hellbraunrot und braunrot, z. T. auch weiß, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), kieselig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
88. — 189,00 m	Sandstein, braunrot, z. T. auch gelblichweiß, überwiegend feinkörnig (0,1—0,2), untergeordnet auch mittelkörnig (0,4), vereinzelte grobe Quarzkörner bis 0,8 mm, glimmerstaubig, kieselig	„
89. — 191,00 m	Sandstein, blaßrot, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,4), glimmerschichtig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig-feinsandig	„
90. — 193,00 m	Wechselfolge aus Sandstein, rotbraun und hellbraunrot, feinkörnig (0,1—0,2), und Schluff- und Tonstein, rotbraun	„
91. — 196,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch gelblichweiß, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,6), einzelne Quarzkörner bis 1,5 mm; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig	„
92. — 198,00 m	Sandstein, hellgrünlichgrau und rosafarben, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), kieselig; wenig Schluff- und Tonstein, graugrün und rotbraun	„
93. — 200,00 m	Sandstein, blaßrotbraun, mittel- bis feinkörnig (0,5—0,2), tonig-ferritisch	„

- |                 |   |                        |
|-----------------|---|------------------------|
| 94. — 202,00 m  | Wechselfolge aus Sandstein, rotbraun und hellgrünlichgrau, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), und Schluff- und Tonstein, rotbraun und graugrün, z. T. feinsandig   | Eichsfeld-Wechselfolge |
| 95. — 204,00 m  | Sandstein, blaßrotbraun, mittelkörnig (0,3—0,5) bis untergeordnet grobkörnig (0,6—0,8), tonig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, sandig  | „                      |
| 96. — 206,00 m  | Sandstein, hellrötlichbraun, violettstichig, z. T. auch weiß, mittel- bis grobkörnig (0,4—0,7), einzelne gut gerundete Quarzkörner bis 1,2 mm, tonig-ferritisch   | „                      |
| 97. — 207,00 m  | Sandstein, blaßrotbraun, mittelkörnig (0,3—0,6), mit einzelnen groben Körnern bis 0,8 mm, tonig-ferritisch; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig   | „                      |
| 98. — 209,00 m  | Sandstein, hellrötlichbraun, violettstichig, z. T. auch hellgrünlichgrau und rosafarben, mittel- bis feinkörnig (0,6—0,2), untergeordnet auch grobkörnig (0,6—0,8), einzelne gut gerundete Quarzkörner bis 1,5 mm, tonig-ferritisch           | „                      |
| 99. — 212,00 m  | Sandstein, blaßrotbraun, z. T. auch grünlichgrau, fein- bis mittelkörnig (0,2—0,5), z. T. auch grobkörnig (0,6—0,8), tonig; wenig Schluff- und Tonstein, rotbraun, meist feinsandig   | „                      |
| 100. — 214,00 m | Wechselfolge aus Sandstein, rotbraun, hellrot und rosafarben, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4), meist kieselig, und Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerig, feinsandig  | „                      |
| 101. — 216,00 m | Sandstein, blaßrotbraun, schwach violettstichig, mittel- bis grobkörnig (0,5—0,8), mit gut gerundeten Quarzkörnern bis 1,5 mm, tonig-ferritisch; wenig Tonstein, rotbraun, glimmerschichtig   | „                      |
| 102. — 217,00 m | Sandstein, blaßrot und rosafarben, überwiegend mittel- bis untergeordnet feinkörnig (0,4—0,2), vereinzelte grobe Quarzkörner bis 1,2 mm, kieselig-tonig; Schluff- und Tonstein, rotbraun, feinsandig-glimmerig                                | „                      |
| 103. — 218,00 m | Wechselfolge aus Sandstein, rotbraun, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,3), einzelne grobe Quarzkörner bis 1,0 mm, und Schluff- und Tonstein, rotbraun, glimmerschichtig, z. T. feinsandig  | „                      |
| 104. — 221,00 m | Sandstein, blaßrotbraun, grob- bis mittelkörnig (0,8—0,5), mit zahlreichen, gut gerundeten, hellen Quarzkörnern bis über 2 mm, tonig-ferritisch; wenig Tonstein, rotbraun, glimmerschichtig (Tongallen)                                       | Eichsfeld-Sandstein    |
| 105. — 222,00 m | Sandstein, blaßbraun und gelblichweiß, überwiegend mittel- bis untergeordnet grobkörnig (0,4—0,7), mit gut gerundeten, hellen Quarzkörnern bis 1,5 mm, tonig-ferritisch; wenig Tonstein, rotbraun und grau-grün, glimmerschichtig (Tongallen) | „                      |

(Endteufe)

### Bohrung 2, Christerode

Lage: Gemarkung Christerode, 1 km SE der Ortschaft, südlich der Straße nach Olberode; R 352862, H 563748; ca. 472 m über NN



Zweck: Wassererschließung  
 Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung, Anfangs- $\varnothing$  273 mm, End- $\varnothing$  216 mm  
 Aufgenommen und gedeutet von B. HÖLTING

Zeit: Okt.—Nov. 1970

1. — 2,00 m	Lehm, sandig, graubraun	Pleistozän
2. — 5,00 m	Sandstein (um 0,5 mm, z. T. 0,8 mm), braun-grau	Mittlerer Buntsandstein, Rhön-Wechselfolge
3. — 9,00 m	vorwiegend Schluffstein	„
4. — 19,00 m	Wechselfolge Schluff-/Sandstein (0,1—0,3 mm, z. T. bis 0,5 mm), rotbraun und braunrot	„
5. — 20,00 m	Schluff- bis Tonstein, rotbraun	„
6. — 22,50 m	Wechselfolge Schluff-/Sandstein (um 0,3 mm), braunrot	„
7. — 39,50 m	Sandstein (um 0,5 mm, z. T. bis 0,8 mm), braunrot, kleine zerbohrte Gerölle, von 34,0—39,5 m etwas mehr graufarben	Rhön-Sandstein
8. — 70,00 m	Wechselfolge Schluff-/Sandstein, braunrot	Eichsfeld-Wechselfolge, <i>Avicula</i> -Schichten
9. — 78,00 m	Sandstein (0,3—0,5 mm), braunrot	„
10. — 120,00 m	Wechselfolge Schluff-/Sandstein, braunrot; bis 103 m mehr schluffig, darunter mehr sandig, bei 109—110 m schluffarme Sandsteinbank, vermutlich ziemlich grobkörnig	Eichsfeld-Wechselfolge unterer Teil

(Endteufe)

### Bohrung 3, Schorbach

Lage: Gemarkung Schorbach, 1 km NW der Ortschaft, westlich des Fahrwegs zur Lenzmühle; R 35 27 97, H 56 34 15; 402,3 m über NN

Zweck: Wassererschließung  
 Bohrverfahren: Saugbohrung, End- $\varnothing$  800 mm  
 Aufgenommen und gedeutet von O. SPIES

Zeit: Juni—Juli 1965

1. — 0,20 m	Waldboden, Humus	Quartär, Holozän
2. — 1,50 m	Sandstein, verwittert, grauweiß, mürbe, mittelsandig	Mittl. Buntsandstein, Eichsfeld-Wechselfolge
3. — 3,00 m	Sandstein, mittelsandig, blaßgelb bis rötlich, kaum Bindemittel, mürbe, absandend, feldspathaltig	„
4. — 4,00 m	Sandstein, feinsandig bis mittelsandig, gelblichweiß bis bräunlich, schwach gebändert, feldspathaltig, mürbe, absandend	Eichsfeld-Sandstein
5. — 5,00 m	Sandstein, mittelsandig, fest, feldspathaltig, blaßrötlich	„
6. — 7,00 m	Schluffstein, rötlichweiß, wechsellagernd mit Sandstein, mittelsandig, gelblichweiß, gebändert, absandend	„
7. — 10,00 m	Sandstein, feinsandig bis mittelsandig, schwach absandend, weißgrau, sehr felfspatreich	„
8. — 13,00 m	Sandstein, feinsandig, rot, feingebändert, feldspatreich; untergeordnet Tonstein mit Glimmerplättchen, Tongallen auf Schichtflächen	„

9. — 15,00 m	Sandstein, mittelsandig bis feinsandig, grauweiß, feldspatreich, absandend	Eichsfeld-Sandstein
10. — 18,00 m	Sandstein, mittel- bis feinsandig, blaßrötlich, weißgrau entfärbt, feldspatreich, absandend	„
11. — 19,00 m	Sandstein, mittelsandig, rötlich, quarzitisch-kaolinig gebunden, fest	„
12. — 22,00 m	Sandstein, mittelsandig, hellgrau bis rötlich; Schluffsteinzwischenlagen	„
13. — 25,00 m	Sandstein, mittel- bis grobsandig, quarzitisch-kaolinig gebunden, blaßrötlich mit gelben Pünktchen	„
14. — 28,00 m	Sandstein, grob- bis mittelsandig, rot, kaum Bindemittel, mürb, absandend	„
15. — 31,00 m	Sandstein, grobsandig, rötlich, feldspatreich; untergeordnet Schluffstein und Tonstein, rot und gelbbraun	„
16. — 34,00 m	Ton- und Schluffstein, rot, gelbbraun	Unterer Buntsandstein, Salmünster-Folge, Rote sandig-tonige Schichten
17. — 37,00 m	Sandstein, feinsandig, dunkelrot, feldspathaltig; Schluffstein, rot	„
18. — 40,00 m	Schluffstein und Tonstein, dunkelrot bis braun, helle Flecken; Sandstein, feinsandig, gelblich, glimmerhaltig, schwach quarzitisch gebunden, fest	„
19. — 43,00 m	Schluff- und Tonstein, bunt; Sandstein, feinsandig, gelblich, feldspathaltig, fest	„
20. — 46,00 m	Sandstein, rötlich bis rot, feinsandig, feldspathaltig; Schluff- und Tonstein, dunkelrot bis braun, z. T. weißlich entfärbt	„
21. — 49,00 m	Sandstein, feinsandig, gelblich; Schluffstein, rot bis weiß	„
22. — 52,00 m	Sandstein, feinsandig, blaßrosa bis violett; Schluffstein, rot bis weißlich entfärbt	Weißrote sandige Schichten
23. — 55,00 m	Sandstein, feinsandig, blaßrötlich, feldspathaltig; untergeordnet Tonstein	„
24. — 58,00 m	Schluff- und Tonstein, rotbraun; Sandstein, feinsandig, rötlich bis gelblich, hoher Tonanteil	„
25. — 61,00 m	Ton- und Schluffstein, gelbbraun, glimmerhaltig; Sandstein, feinsandig, mit hohem Tonanteil	„
26. — 64,00 m	Ton- und Schluffstein, braun; untergeordnet Sandstein, feinsandig, gelbbraun, feldspathaltig	„
27. — 67,00 m	Ton- und Schluffstein, rot und weiß entfärbt, glimmerhaltig	„
28. — 70,00 m	Sandstein, feinsandig, weißgrau, feldspathaltig, Eisen- und Manganflecken	„
29. — 73,00 m	Sandstein, feinsandig, rotweiß gebändert, feldspathaltig; Schluffsteinzwischenlagen	„
30. — 76,00 m	Sandstein, feinsandig, blaßrosa bis weiß, feldspathaltig, mürb; Schluffstein, rot	„

31. — 79,00 m	Sandstein, feinsandig, gelbbraun bis weißlich entfärbt, glimmerhaltig, schwach quarzitisches gebunden	Weißrote sandige Schichten
32. — 82,00 m	Ton- und Schluffstein, braun, glimmerhaltig; Sandstein, feinsandig, rot, feingebändert, am Rand entfärbt	„
33. — 85,00 m	Sandstein, feinsandig, rötlich bis weißlich, glimmerhaltig, feldspathaltig	„
34. — 83,00 m	Schluffstein, blaßrötlich bis weißlich entfärbt	Rotbraune tonige Schichten
35. — 91,00 m	Schluffstein, rotbraun, hellgraue Entfärbungsflecke, glimmerhaltig; Tonstein, dunkelbraun; Sandstein, weiß-rötlich, feinsandig, glimmerhaltig	„
36. — 94,00 m	Sandstein, rot, feinsandig, fest, Eisenflecken, feldspathaltig; Schluffstein, glimmerhaltig	„
37. — 97,00 m	Schluffstein, gelblich-rot; Sandstein, feinsandig, weißgrau, glimmerhaltig	„
38. — 100,00 m	Sandstein, gelblich-braun, feinsandig, glimmerschichtig, graue Tongallen; Schluffstein, gelbbraun, glimmerhaltig	„
39. — 103,00 m	Sandstein, feinsandig, gelblichrötlich, schwach quarzitisches gebunden	Plattiger Sandsteinhorizont
40. — 106,00 m	Sandstein, weiß bis blaßrosa, feinsandig, mürb; untergeordnet Schluffstein	„
41. — 109,00 m	Schluffstein, weiß-gelblich, rötlich, schwach feinsandig	Gelnhausen-Folge, Dachtonsteinhorizont
42. — 112,00 m	Sandstein, feinsandig, weiß; Schluffstein, weißrötlich	Rauhe Sandsteinschichten
43. — 115,00 m	Sandstein, rötlich, feinsandig; Schluffstein, rot	„
44. — 117,00 m	Sandstein, feinsandig, rot, quarzitisches gebunden, fest, etwas mittelsandig	„
45. — 118,00 m	Sandstein, feinsandig, blaßrot, fest, feldspathaltig	„
46. — 121,00 m	Sandstein, rötlich, schwach quarzitisches gebunden, fest, feinsandig, feldspathaltig	„
47. — 124,00 m	Sandstein, dunkelrot, feinsandig, fest	„
48. — 127,00 m	Sandstein, weiß-gelblich, feinsandig, mürb; untergeordnet Schluffstein	„
49. — 130,00 m	Sandstein, feinsandig, weiß- bis gelblich, mürb, schwach schluffig	„
50. — 133,00 m	Sandstein, feinsandig, rosa, schwach quarzitisches gebunden; untergeordnet roter Schluffstein und Tonstein	Rosagelbe Wechselschichten, Rosagelbe Schichten
51. — 136,00 m	Schluffstein, rötlich-gelblich, schwach feinsandig, Glimmerbutzen, mürb	„
52. — 139,00 m	Sandstein, feinsandig, schwach schluffig, gelblich, untergeordnet weißlich bis rötlich, mürb	„
53. — 142,00 m	Sandstein, feinsandig, rot, quarzitisches tonig gebunden, feldspathaltig	„
54. — 145,00 m	Sandstein, feinsandig, rot-weiß, feingeschichtet; untergeordnet Schluffstein, rot	„
55. — 149,00 m	Sandstein, feinsandig, blaßrot, fest, geringer mittelsandiger Anteil; untergeordnet Ton- und Schluffstein, braun	„

56. — 150,00 m	Schluffstein, bunt (gelb, weiß, rot), mürb, schwach feinsandig; Sandstein, feinsandig, dunkelrot, fest, Tongallen, dunkelbraun, glimmerhaltig	Rosagelbe Wechselschichten, Rosagelbe Schichten
57. — 151,00 m	Schluffstein, gelb (bunt), schwach feinsandig, mürb; untergeordnet Sandstein, feinsandig, blaßrosa, fest	Rosagelbe Wechselschichten, Gelbe Schichten
58. — 154,00 m	Sandstein, feinsandig, blaßrosa, schwach quarzitisch, fest, gelbweiße Pünktchen (Feldspat)	„
59. — 157,00 m	Schluffstein, gelb bis rötlich (bunt), schwach feinsandig, mürb	„
60. — 158,00 m	Schluffstein, rötlich bis weißlich, fein gebändert, mürb	„

(Endteufe)

#### Bohrung 4, Machtlos

Lage: Gemarkung Machtlos, 300 m ESE der Ortschaft, unterhalb der Straße nach Breitenbach; R 35 3460, H 56 2986; ca. 360 m über NN

Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung,  $\varnothing$  195 mm

Aufgenommen von B. HÖLTING, gedeutet von M. LAEMMLEN

1. — 1,90 m	Lehm, rosaviolett, sandig, Sandstein-Gerölle	Quartär, Pleistozän
2. — 2,80 m	Schluffstein, rosaviolett	Unterer Buntsandstein, Salmünster-Folge, Rote sandig-tonige Schichten
3. — 3,80 m	wie vor, mit feinplattigen Sandsteinlagen (0,1 bis 0,2 mm)	„
4. — 5,50 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rötlichviolett	Weißrote sandige Schichten
5. — 6,10 m	Sandstein wie vor, im Wechsel mit Schluffsteinen, rötlichviolett	„
6. — 6,50 m	Schluffstein, rötlichviolett	„
7. — 6,90 m	Schluffstein, graurosa	„
8. — 7,10 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rosaviolett	„
9. — 9,20 m	Schluffstein, rötlichviolett	„
10. — 10,40 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rosaviolett	„
11. — 13,20 m	Schluffstein, rötlichviolett	„
12. — 14,10 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rötlichviolett	„
13. — 15,00 m	Schluffstein, rötlichviolett	„
14. — 15,70 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rötlichviolett	„
15. — 21,40 m	Schluffstein, rötlichviolett, mit einzelnen Sandsteinlagen	„
16. — 29,00 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rosaviolett, vereinzelt hellgraugrünlich	„
17. — 32,30 m	Schluffstein, rötlichviolett	„
18. — 36,20 m	Schluffstein wie vor, und Sandstein (0,1 bis 0,2 mm), rötlichviolett, feinplattig	„
19. — 40,30 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rötlichviolett, mit einzelnen Schluffsteinlagen	„
20. — 42,60 m	Schluffstein, rötlichviolett	Rotbraune tonige Schichten

21. — 45,20 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rötlichviolett, schluffig	Rotbraune tonige Schichten
22. — 46,70 m	Schluffstein, rötlichviolett	„
23. — 57,00 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rosaviolett, z. T. gelblich, feinplattig	„
24. — 67,50 m	Sandstein wie vor, im Wechsel mit Schluffstein, rötlichviolett	„
25. — 68,60 m	Schluffstein, rötlichviolett	„
26. — 70,00 m	Sandstein (0,1—0,2 mm), rosaviolett, vereinzelt grünlichgrau und gelblich, schluffig	Plattiger Sandsteinhorizont

(Endteufe)

### 2.2.2. Stratigraphische Gliederung der Bohrprofile

Die Bg. 1, Neukirchen, ist etwa 3,5 km im NE der Stadt auf der Höhe des Distrikts Sommerleid im Neukirchener Stadtwald in Gesteinen des Buntsandsteins angesetzt, die nach der Geologischen Karte (BLANCKENHORN, LANG & OEBBEKE 1918) der „Bausandsteinzone“ (sm2) angehören. Übersichtsbegehungen haben ergeben, daß es sich um Schichten der Solling-Folge handelt, die hier in einem antithetischen Staffbruch auftreten, der sich, nach SW absteigend, aus mehreren, steil herzynisch ausgerichteten, schmalen Einzelschollen zusammensetzt. Da der Ansatzpunkt nahe dem W-Rand einer solchen Bruchscholle liegt, hat die Bohrung ein gestörtes Profil ange-troffen. Wie Abb. 1 erkennen läßt, setzt es sich aus drei, jeweils einer anderen Scholle angehörenden Abschnitten zusammen.

Bis 5 m u. Gel. wurden zunächst gelblichweiße bis bräunlichweiße, grob- bis mittelkörnige, geröllführende Sandsteine angetroffen, die zum Oberen Geröllhorizont des Solling-Bausandsteins zu rechnen sind. Sie werden von einem 3 m mächtigen Paket aus fein- bis mittelkörnigen, tonigen Sandsteinen von gelblichweißer bis blaßrotbrauner Farbe unterlagert, die rotbraune, glimmerig-feinsandige Schluff- und Tonsteinlagen einschließen. Es bildet den höchsten Teil der Dickbankigen Sandsteinschichten des Solling-Bausandsteins und entspricht dem aus dem Gebiet des Bl. Neuhof im gleichen stratigraphischen Niveau bekannt gewordenen Violetten Horizont (LAEMMLEN 1970). Bis 17 m u. Gel. folgen dann die typischen, meist gelblichweiß gefärbten und vorwiegend mittelkörnigen Sandsteine der Dickbankigen Sandsteinschichten, die vereinzelt und meist kleine Gerölle führen.

Das unter diesen Schichten zwischen 17 und 24 m u. Gel. angetroffene Gestein, das sich aus Sandstein-, Schluffstein- und Tonstein- und z. T. auch aus zahlreichen Basaltbröckchen zusammensetzt, bildet die Verwerfungsbreccie der dicht westlich des Bohrpunktes verlaufenden Abschiebung.

Die Bohrung steht danach bis 40 m u. Gel. wieder in den Dickbankigen Sandsteinschichten, die jetzt aber der um ca. 13 m abgesenkten SW-Scholle angehören. Die bis 49 m u. Gel. folgenden verschiedenkörnigen und z. T. stark geröllführenden Sandsteine repräsentieren den Unteren oder Hauptgeröllhorizont, der hier in der Nähe der Tiefenrinne des Buntsandsteinbeckens (LAEMMLEN 1966/67) mit 9 m Mächtigkeit besonders gut entwickelt ist. Die folgenden 5 m des Bohrprofils, die sich aus bräunlichgrauen, mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen mit vereinzelt Geröllen und sporadischen Schluff- und Tonsteinzwischenlagen zusammensetzen, stellen die Basis-schichten des Solling-Bausandsteins dar.

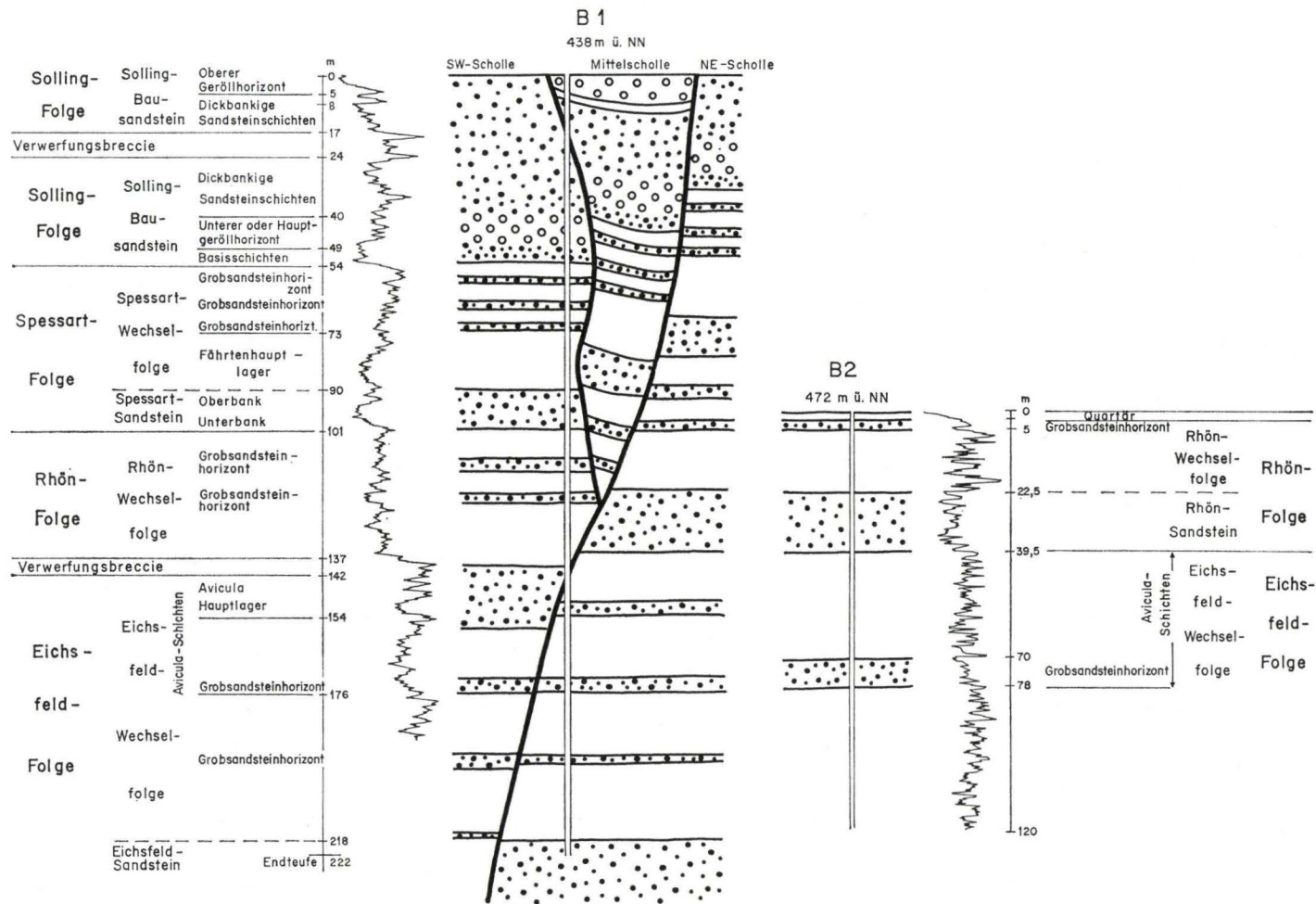


Abb. 1. Stratigraphische Interpretation der Bg. 1, Neukirchen, und der Bg. 2, Christerode.

Die Spessart-Wechselfolge, die zusammen mit dem Spessart-Sandstein in ungestörter Schichtenfolge angetroffen worden ist, liegt in einer Mächtigkeit von 36 m vor. Die Untergliederung dieser Schichtenfolge, die LAEMMLEN (1968 b) im Bereich des Bl. Grebenau anhand eingelagerter Grobsandsteinhorizonte vornehmen konnte, ist im Schichtenverzeichnis der Bg. 1 deutlich wiederzuerkennen. Auch hier folgt über einem unteren, dem Fährten-Hauptlager KUPFAHLS (1961) entsprechenden Teil mit überwiegend rotbraunen, mittelkörnigen Sandsteinen eine mehr sandig-tonig entwickelte Schichtenfolge. Sie wird von einem 2 m mächtigen, mittel- bis grobkörnigen Sandstein (Schicht 37) eingeleitet und schließt in gleicher stratigraphischer Höhenlage wie im Gebiet des Blattes Grebenau zwei weitere Grobsandsteinhorizonte (Schichten 33 und 29) ein.

Der Spessart-Sandstein, in einer Mächtigkeit von 11 m angetroffen, läßt in seinem Aufbau sehr deutlich die Aufteilung in die 2 m mächtige, grob- bis mittelkörnige Oberbank (Schicht 46), die 1 m mächtigen, als Wechselfolge ausgebildeten Zwischenschichten (Schicht 47) und die 8 m mächtige, mittel- bis grobkörnige Unterbank (Schichten 48–50) erkennen. Bemerkenswert ist die Beteiligung von sehr gut gerundeten, braunrot gefärbten, opaken Quarzkörnern, die sich besonders beim Spessart-Sandstein, aber auch bei der Spessart-Wechselfolge, im Bohrgut grobkörniger Lagen finden, ein typisches Merkmal für die Spessart-Folge, auf das bereits LAEMMLEN (in LAEMMLEN & PRINZ 1968) hingewiesen hat.

Etwa im mittleren Teil des Fährten-Hauptlagers trat bei 82 m u. Gel. während des Bohrvorgangs totaler Spülungsverlust ein. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß die antithetisch einfallende Verwerfung, die von der Bohrung zwischen 17 und 24 m u. Gel. durchörtert worden war, sich im Bereich um 82 m u. Gel. dem Bohrloch wieder stark nähert. In diesem Niveau ist nämlich innerhalb der Mittelscholle der Spessart-Sandstein zu erwarten (Abb. 1), der sich gegen tektonische Beanspruchung verhältnismäßig starr verhält. Weil er entsprechend den Lagerungsverhältnissen innerhalb des Staffelbruchs dazuhin vom Bohrloch weg gegen NE einfällt, dürfte er mit seiner guten Wasserwegsamkeit den Spülungsverlust herbeigeführt haben.

Von der Rhön-Folge hat die Bg. 1 – tektonisch bedingt – lediglich die Rhön-Wechselfolge und auch diese nicht in ihrem vollen Umfang erschlossen. Der tiefste Teil dieser Schichtenfolge wird nämlich von der Verwerfung abgeschnitten, die die Mittelscholle nach NE begrenzt. Dennoch bietet das Bohrprofil ein sehr gutes Bild vom lithostratigraphischen Aufbau der Rhön-Wechselfolge, deren Gesamtmächtigkeit nur wenig mehr als die durchteuften 36 m betragen dürfte. Nach dem Sandstein-Tonstein-Verhältnis lithofaziell mit der höheren Spessart-Wechselfolge zu vergleichen, schließt die Rhön-Wechselfolge, wie jene, zwei geschlossene mittel- bis grobkörnige Sandsteinhorizonte (Schichten 54 und 59) ein. Sie ermöglichen eine weitere Untergliederung und den Vergleich mit Profilen anderer Gegenden. Beide Horizonte finden sich im äquivalenten stratigraphischen Niveau, in vergleichbarer Mächtigkeit und in gleicher lithologischer Ausbildung z. B. auch im Bereich des Bl. Neuhof (LAEMMLEN 1970). Das im Bereich des Bl. Grebenau etwa 15–17 m über der Basis der Rhön-Wechselfolge vorhandene grobkörnige Sandsteinpaket (LAEMMLEN 1968 b) entspricht nach Höhenlage und Ausbildung dem tieferen dieser beiden Horizonte zusammen mit den Schichten 58 und 57, die auch in Bg. 1 durch einen gewissen Grob-

kornanteil ausgezeichnet sind. Der höchste Teil der Rhön-Wechselfolge, von dem ca. 4 m mächtigen, vorwiegend mittelkörnig ausgebildeten oberen Sandsteinhorizont eingeleitet, ist durch Schluff- und Tonsteinlagen größerer Mächtigkeit besonders charakterisiert.

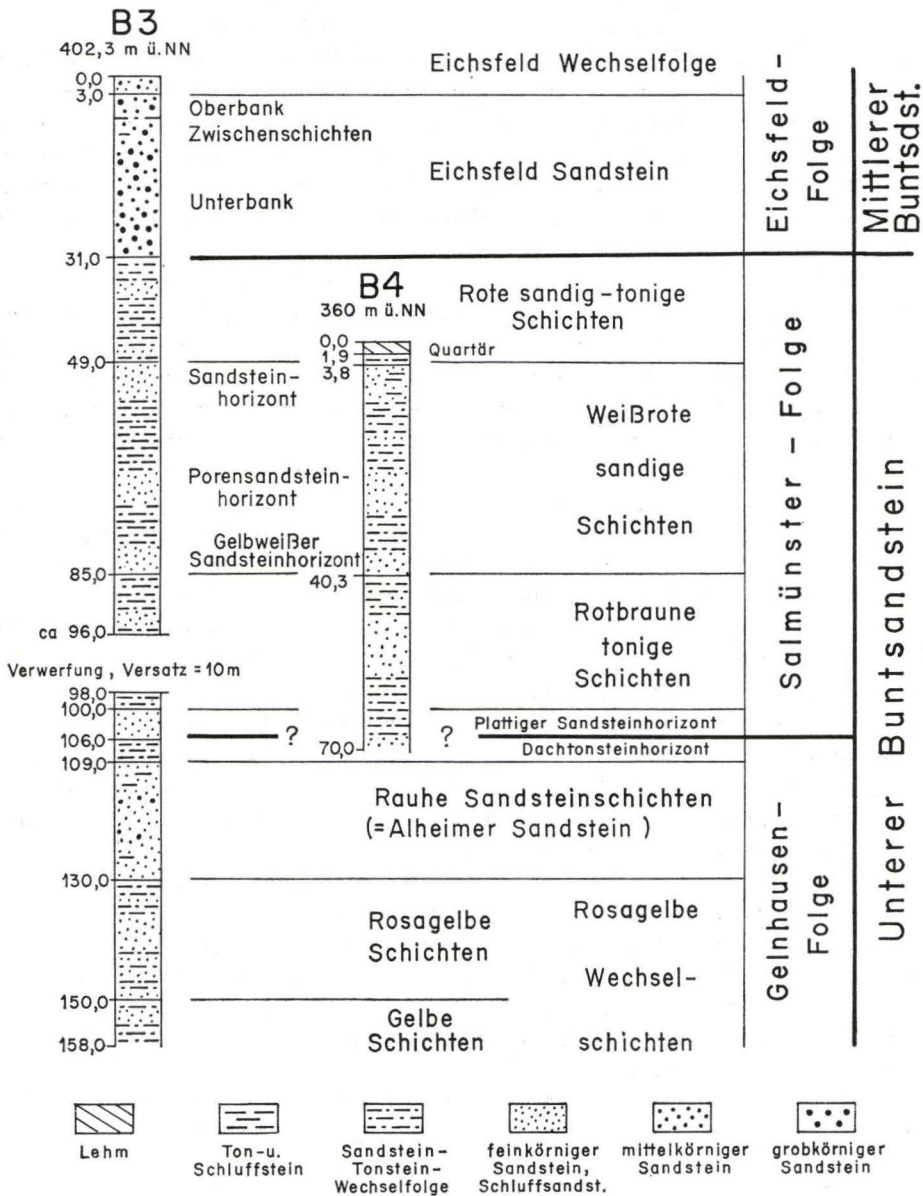


Abb. 2. Die Detailgliederung des Unteren Buntsandsteins in den Bg. 3, Schorbach, und Bg. 4, Machtlos.



Zwischen 137 und 142 m u. Gel. wurde eine Verwerfungsbreccie aus Ton- und Schluffstein, Sandstein und Basaltbröckchen durchteuft. Darunter hat die Bohrung, unter Ausfall des Rhön-Sandsteins, Schichten der höchsten Eichsfeld-Wechselfolge angetroffen.

Die tektonisch bedingte Lücke wird vom Profil der Bg. 2, Christerode, geschlossen, das sich ohne Schwierigkeiten in das Normalprofil einhängen läßt, weil diese Bohrung mit ihrem höchsten Teil noch den unteren der beiden innerhalb der Rhön-Wechselfolge vorhandenen Grobsandsteinhorizonte (Schicht 2) und mit ihrem tieferen Teil den Basissandstein der *Avicula*-Schichten (Schicht 9) erschlossen hat (Abb. 1). Der Rhön-Sandstein ist in diesem Profil als ein 17 m mächtiges Paket aus braunroten, im unteren Teil mehr grau gefärbten, mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen entwickelt, die ebenso wie im Bereich des Nachbarblattes Grebenau z. T. kleine Gerölle einschließen.

Die Schichten der rund 82 m mächtigen Eichsfeld-Wechselfolge zeichnen sich durch ihren relativ hohen Anteil an Ton- und Schluffsteinen nicht nur im Bohrgut, sondern besonders auch im Gamma-Log aus, indem der Verlauf der Meßkurve mit dem Eintritt in diese Schichtenfolge einen sehr deutlich ausgeprägten Sprung aufweist (Abb. 1). In gleicher Weise wie in anderen Bereichen (LAEMMLEN 1968 b, 1970) erfährt die Eichsfeld-Wechselfolge auch im Gebiet des Bl. Neukirchen durch drei eingelagerte Grobsandsteinhorizonte eine weitere Untergliederung. Sehr deutlich tritt stets der Mittlere Grobsandsteinhorizont (Schicht 82 in Bg. 1, Schicht 9 in Bg. 2) heraus, der mit seiner Basis ca. 40 m unter dem Rhön-Sandstein liegt und die *Avicula*-Schichten einleitet. Auch der etwa 20 m über diesem vorhandene Obere Grobsandsteinhorizont, der Basissandstein des *Avicula*-Hauptlagers, ist in Bg. 1 (Schicht 75) gut zu erkennen. Weiträumig zu verfolgen ist auch der Untere Grobsandsteinhorizont, der im unteren Teil der Eichsfeld-Wechselfolge in Bg. 1 als ein 3 m mächtiger, mittel- bis grobkörniger Sandstein (Schicht 91) erscheint. Überregionale stratigraphische Bedeutung kommt außerdem – zumindest als Orientierungshilfe – den grünlichgrau gefärbten Sandstein- und den graugrünen Schluffstein- und Tonstein-einlagerungen zu (Schichten 92, 94, 98 und 99 in Bg. 1), die im tieferen Teil der Eichsfeld-Wechselfolge auftreten und ebenso auch den violettstichigen, mittelkörnigen Sandsteinbänken, die sich nahe der Grenze zum Eichsfeld-Sandstein finden.

Der Eichsfeld-Sandstein, von Bg. 3, Schorbach, in einer Mächtigkeit von 28 m durchteuft, zeigt ebenso wie in der weiteren Umgebung die charakteristische Aufteilung in untere Hauptgrob-schüttung, Zwischenschichten und obere Grobschüttung.

Eine sehr gute Bestätigung für das Normalprofil, das DIEDERICH & LAEMMLEN (1966) vom Unteren Buntsandstein im Bereich des Bl. Grebenau anhand lithologischer Merkmale und der Morphologie erarbeitet haben, geben Bg. 3, Schorbach, und Bg. 4, Machtlos (Abb. 2). Dies gilt sowohl für die Salmünster-Folge, die in Bg. 3 zwar tektonisch geringfügig gestört ist, sich aber mit Hilfe des Profils der Bg. 4 ergänzen läßt, als auch für den von Bg. 3 erschlossenen höchsten Teil der Gelnhausen-Folge.

In der Salmünster-Folge lassen sich, besonders im Profil der Bg. 3, sämtliche Horizonte, die bei der Geländearbeit auf Bl. Grebenau benutzt worden sind, ohne Mühe wiedererkennen. Ein Mächtigkeitsvergleich zwischen Bl. Grebenau und dem korri-

gierten Profil der Bg. 3 auf Bl. Neukirchen läßt für die Salmünster-Folge eine Reduktion von 3–5 m auf rund 85 m erkennen, die wohl auf die Annäherung an die Hunsrück-Oberharz-Schwelle zurückzuführen ist.

Die tonsteinreichen Roten sandig-tonigen Schichten, die den höchsten Teil der Salmünster-Folge bilden, liegen mit 18 m in Bg. 3 in gleicher Mächtigkeit und auch in gleicher Ausbildung wie auf Bl. Grebenau vor. Gleiches gilt auch für die Bg. 4, die im Niveau des Unteren Buntsandsteins angesetzt ist: sie hat von diesen Schichten noch die unteren 6,6 m erschlossen; nach einer Übersichtsbegehung liegt die Grenze zum Eichsfeld-Sandstein aber knapp 12 m über dem Ansatzpunkt dieser Bohrung.

Auch die Weißbroten sandigen Schichten zeigen auf Bl. Neukirchen die gleiche lithostratigraphische Ausbildung wie auf Bl. Grebenau, erscheinen aber in ihrer Mächtigkeit gegenüber dem dort ermittelten Wert von 37–39 m geringfügig reduziert, indem sie in Bg. 3 36 m, in Bg. 4 36,5 m umfassen. Sehr deutlich ausgeprägt ist in beiden Bohrungen der lithostratigraphische Wechsel von rosavioletten bis weißlichen Sandsteinpaketen mit zwischengelagerten, tonig-schluffig-feinsandigen Wechselfolgen, der die Weißbroten sandigen Schichten auch im Geländeprofil (LAEMMLEN 1968 b, Abb. 4) charakterisiert. Nach oben wird die Schichtenfolge durch einen Sandsteinhorizont abgeschlossen, der in Bg. 3 (Schichten 22 u. 23) eine Mächtigkeit von 6 m, in Bg. 4 (Schichten 4–10) von 6,6 m erreicht. Darunter folgt eine in Bg. 3 12 m, in Bg. 4 11 m mächtige Wechselfolge aus meist rotbraunem, feinsandigem Ton- und Schluffstein, der z. T. weißgrau entfärbt sein kann, und mürbem, schluffreichem Feinsandstein. Als markantes Schichtglied erscheint der Porensandsteinhorizont, der, auf Bl. Grebenau rund 5 m mächtig, in Bg. 3 6 m (Schichten 28 u. 29) und in Bg. 4 7,6 m (Schicht 16) umfaßt. Unter dem Porensandsteinhorizont ist wieder eine Wechselfolge mit einer Mächtigkeit von 7 m in Bg. 3 bzw. von 7,2 m in Bg. 4 vorhanden. Sie wird vom Gelbweißen Sandsteinhorizont unterlagert, der die Weißbroten sandigen Schichten als basales Schichtglied einleitet. Seine Mächtigkeit, auf Bl. Grebenau mit 6 m ermittelt, beträgt in Bg. 3 ca. 5 m (Schicht 33 und 32 z. T.), in Bg. 4 4,1 m (Schicht 19).

Auch die Rotbraunen tonigen Schichten als nächsttiefere lithostratigraphische Einheit lassen den gleichen Aufbau wie im Bereich des Bl. Grebenau erkennen. Ihre Gesamtmächtigkeit, auf Bl. Grebenau 25 m, ist in Bg. 3 mit 15 m tektonisch um rund 10 m reduziert. Nach der von O. SPIES aufgenommenen geologischen Karte (s. Anmkg. 1 S. 272) verläuft nämlich wenig östlich des Bohrpunktes eine flachherzynisch streichende Verwerfung, an der die am NE angrenzende Scholle um ca. 10 m herausgehoben ist. Die Bohrstrecke wird, offenbar im Bereich der Schichten 37 und 38, von dieser Verwerfung geschnitten (Abb. 2), so daß sich das Profil in der stärker herausragenden Scholle fortsetzt. Im Profil der Bg. 4 erscheinen die Rotbraunen tonigen Schichten in einer Gesamtmächtigkeit von 28,3 m. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die Abgrenzung der Rotbraunen tonigen Schichten zum Plattigen Sandsteinhorizont, der auch auf Bl. Grebenau im höchsten Teil glimmerreiche Feinsandstein- und Schluffsteinlagen sowie dünne Tonsteinzwischenlagen einschließt, in diesem Profil nicht mit Sicherheit vorgenommen werden kann, weil der Anschluß zum Liegenden fehlt. Ebenso wie auf Bl. Grebenau werden die Rotbraunen tonigen Schichten auch im Bereich des Bl. Neukirchen von einem Sandsteinhorizont

(Schicht 36 in Bg. 3) in einen 15 m mächtigen unteren und einen 6 m (Bg. 3) bzw. 6,4 m (Bg. 4) mächtigen oberen, jeweils als Wechselfolge ausgebildeten Abschnitt unterteilt.

Der Plattige Sandsteinhorizont, der die Salmünster-Folge einleitet, zeigt in Bg. 3 mit seiner lithologischen Ausbildung das gleiche Bild wie im Bereich des Bl. Grebenau, erscheint aber mit einer Mächtigkeit von 6 m gegenüber dem auf Bl. Grebenau ermittelten Wert von 7–8 m merklich reduziert.

Von der Gelnhausen-Folge hat Bg. 3 den die Folge nach oben begrenzenden Dachsteinhorizont, die Rauhen Sandsteinschichten (= Alzheimer Sandstein) und den oberen Hauptteil der Rosagelben Wechselschichten (die Rosagelben Schichten vollständig und noch einen Teil der Gelben Schichten) erschlossen. Auch bei diesen lithostratigraphischen Einheiten ist die Übereinstimmung in Mächtigkeit und Ausbildung mit der Entwicklung der gleichen Schichten im Gebiet des Bl. Grebenau so vollkommen, daß auf eine detaillierte Beschreibung an dieser Stelle verzichtet werden kann.

### 3. Hydrogeologische Ergebnisse

#### 3.1. Grundwassergleichenkarte des Knüll-Gebirges

Das Knüll-Gebirge mit tertiären Basalten, Buntsandstein-Schollen und dazwischen eingesunkenen Muschelkalk-Gräben stellt geologisch eine kompliziert aufgebaute Hochscholle dar. Diese wird westlich und südwestlich von den südlichen Ausläufern der mit mächtigen tertiären Sedimenten erfüllten Niederhessischen Senke (RAMBOW 1969) flankiert, die bis zur Alsfeld-Brauerschwender Senke reicht. Ihre Entstehung ist wie die des Amöneburger Beckens bei Marburg im Zusammenhang mit dem tertiären Vulkanismus zu sehen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 17; RUTKOWSKI 1965: 82). Nach Auswertung der in den Bohrungen angetroffenen Schichten (Abschn. 2) sind die südlich anschließenden Buntsandsteingebiete wie das Knüll-Gebirge ebenfalls in Schollen zergliedert. Erst das östlich dem Knüll vorgelagerte Hessische Bergland besteht aus ruhiger gelagerten Buntsandstein-Flächen.

Um eine Übersicht über die hydrogeologischen Verhältnisse dieses Gebietes zu gewinnen, wurden die in Brunnenbohrungen festgestellten Ruhespiegellagen (bezogen auf NN) in einer Karte (Abb. 3) zusammengestellt und Grundwassergleichen gezogen, und zwar im Knüll-Gebirge im Abstand von 50 m, mit abnehmendem Grundwasseroberflächengefälle in der Niederhessischen Senke in geringerem Abstand. Wenn auch diese Spiegellagen zu verschiedenen Zeiten gemessen wurden und deshalb natürliche Grundwasserspiegelschwankungen sowie örtliche Beeinflussungen unberücksichtigt blieben, so genügen die Angaben doch zur Darstellung der Grundwasseroberfläche in dem gewählten Maßstab.

Die Grundwassergleichen folgen naturgemäß der Nord-Süd-Erstreckung des Knüll-Gebirges. Augenfällig ist jedoch die nach allen Seiten festzustellende Scharung der Gleichen und das daraus resultierende ziemlich steile Grundwasseroberflächen-Gefälle. Selbst im zentralen Teil des Knülls wurden in der Umgebung der Ortschaft Schwarzenborn in mehreren 75–100 m tiefen Brunnenbohrungen, niedergebracht in den dort anstehenden Buntsandstein-Folgen, erhebliche Spiegelniveau-Unterschiede

zwischen 425 m und 515 m über NN ermittelt. Der Abfall der Grundwasseroberfläche im Randgebiet des Gebirges erfolgt dann auf relativ kurze Erstreckung. Erst in der westlich anschließenden Tertiär-Senke verflacht das Gefälle; dort ist das Grundwasser in den Buntsandstein-Folgen unter den tertiären, vorwiegend tonigen Sedimenten gespannt und steigt in den Bohrungen artesisch an. Südöstlich und nordöstlich des Knüll-Gebirges verringert sich das Gefälle ebenfalls.

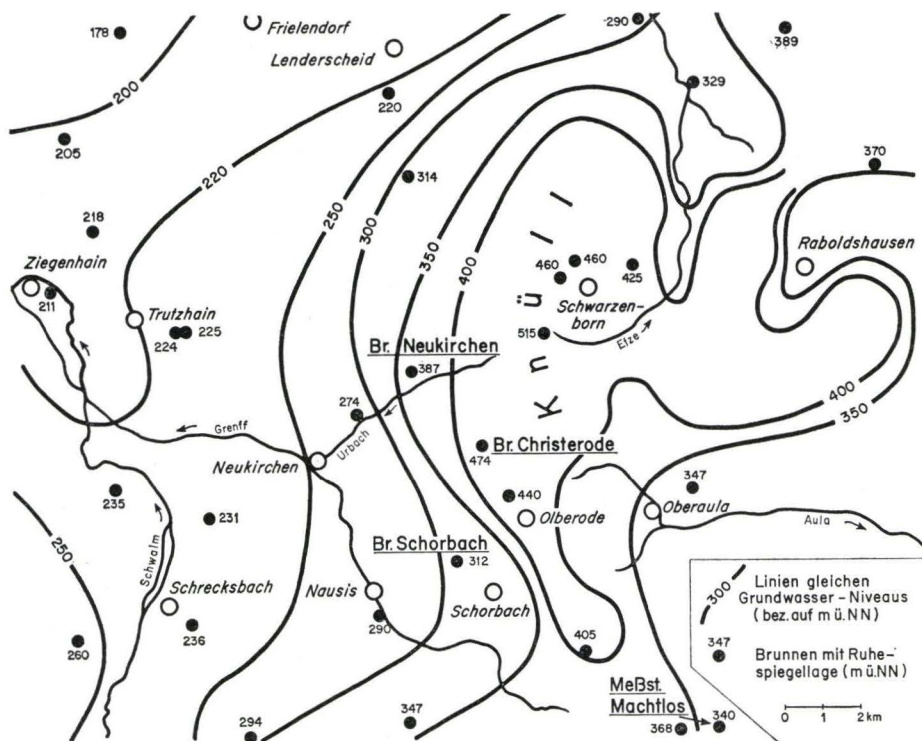


Abb. 3. Grundwassergleichenkarte des Knüll-Gebirges und seiner Umgebung.

Der verhältnismäßig steile Anstieg der Grundwasseroberfläche im Knüll-Gebirge aus der Umgebung läßt auf geringe Durchlässigkeiten der grundwasserleitenden Schichten schließen. Davon sind Buntsandstein-Folgen und Basalte gleichermaßen betroffen. Als Ursache für die geringen Durchlässigkeiten ist in erster Linie die starke Schollenzergliederung zu sehen. Infolge der tektonischen Bewegungen sind die grundwasserleitenden Schichten der einzelnen Schollen gegenseitig verschoben und in den begrenzenden Verwerfungen ist das Gesteinsmaterial durch die mechanische Beanspruchung während der Bewegung so feinkörnig zerrieben, daß die Schollenrandstörungen eher grundwasserstauend als grundwasserleitend wirken. Größere zusammenhängende Grundwassereinzugsgebiete konnten sich so nicht entwickeln.

Die Grundwassergleichenkarte des Knüll-Gebirges ist ein Beispiel dafür, wie aus der Analyse der hydrogeologischen Verhältnisse Schlüsse hinsichtlich des tektonischen Baus eines Gebietes gezogen werden können. Im Knüll liegt eine Pressungs-Tektonik vor, bei der die Klüfte im Bereich der Störungszonen nicht klaffen und deshalb schlecht durchlässig sind. Durch Zerrung wird im Gegensatz dazu nämlich eine gute Durchlässigkeit der grundwasserleitenden Gesteine bewirkt wie z. B. im Wohratal zwischen Kellerwald und Amöneburger Becken (ENGEL & HÖLTING 1970: 106, 108).

### 3.2. Ergebnisse der Brunnenbohrungen

Die im Abschn. 2 untersuchten Brunnenbohrungen liegen am Süd- bis Südwest-Hang des Knüll-Gebirges. Die Ergebnisse der Pumpversuche sind in Tab. 1 zusammengefaßt. Wie nach den Erörterungen der Grundwassergleichen im Knüll nicht anders zu erwarten, sind die erzielten Leistungen verhältnismäßig gering. Höhere Leistungen können nur durch größere Absenkungsbeträge und entsprechende Brunnentiefen erreicht werden. Wird zum Leistungsvergleich die Brunnenleistung (l/s) pro Meter Spiegelsenkung (m) gewählt, so errechnen sich Leistungs-Absenkungs-Verhältnisse zwischen 0,1 und 0,6 l/s · m; dabei zeichnen sich für die tonärmeren Folgen des Mittleren Buntsandsteins (Neukirchen und Christerode) noch etwas günstigere Ergebnisse als für die ton- und schluffreicheren Folgen des Unteren Buntsandsteins (Schorbach) ab. Insgesamt jedoch sind diese Leistungen für Buntsandstein-Gebiete verhältnismäßig schwach. Vergleichsweise wurden in der weiter westlich gelegenen Frankfurter Bucht, in der ebenfalls Buntsandstein-Folgen verbreitet sind, Leistungs-Absenkungs-Verhältnisse > 1,0 häufig, verschiedentlich sogar über 5,0 bis maximal 17,6 l/s · m ermittelt.

Tab. 1. Brunnenleistungen

Brunnen	Pump- versuch	Ruhe- spiegel m. u. Gel.	Leistung l/s	Absenkungs- betrag (m)	Leistung pro Meter Spiegel- senkung (l/s · m)
Neukirchen	22. — 29.10.71	50,6	28,1	95,1	0,3
Christerode	23. 11. bis 1.12. 70	2,1 m ü. Gel.	9,7	15,3	0,6
Schorbach	17. — 23. 7. 65	90,1	4,0	29,1	0,1
Machtlos (Meßstelle), ohne Pumpversuch					

Hydrochemisch (Tab. 2) handelt es sich um Wässer, wie sie in den Buntsandstein-Folgen Hessens häufig angetroffen werden und für diese typisch sind. Das Wasser ist sehr weich bis weich und durch erhöhte Gehalte an freier, infolge geringer Hydrogenkarbonat-Anteile nicht gebundener Kohlensäure aggressiv (pH-Wert < 7,0), es

muß deshalb in der Regel aufbereitet werden. Bei den Kationen überwiegen die Erdalkalien erheblich gegenüber den Alkalien. Bei den Anionen zeigen sich Unterschiede zwischen den Wässern des Unteren und Mittleren Buntsandsteins. Denn unter Zugrundelegung der Äquivalentgewichts-Verhältnisse der Hydrogenkarbonate zu den Summen von Chloriden und Sulfaten ergibt sich für die in Schichten des Mittleren Buntsandsteins erschlossenen Wässer (Neukirchen, Christerode) eine ausgeprägte Hydrogenkarbonat-Vormacht, für die aus dem Unteren Buntsandstein (Machtlos und Schorbach) eine deutliche Salinar-Vormacht. Es bedarf allerdings noch weiterer Untersuchungen, ehe allgemein gültige Grundwassertypisierungen möglich sind.

Tab. 2. Ergebnisse chemischer Wasseruntersuchungen

	Neu- kirchen <sup>1)</sup>	Christe- rode <sup>1)</sup>	Macht- los <sup>2)</sup>	Schor- bach <sup>3)</sup>
Datum	27.10.71	26.11.70	2.12.64	11.10.71
Temperatur °C	11	9,5	7,8	11
pH	6,0	6,1	6,4	5,8
Gesamthärte °dH	5,5	4,0	3,6	2,5
Karbonathärte °dH	4,6	3,8	1,7	0,9
Nichtkarbonathärte °dH	0,9	0,2	1,9	1,6
Freie Kohlensäure mg/l	37,4	46,2	19,8	46,2
Freier Sauerstoff mg/l	6,7	7,6	8,1	5,4
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch mg/l	4,1	3,8	7,1	2,1
Alkalien (ber. auf Na) mg/l	2,5	6,7	Na:8,0 K:3,1	5,3
Calcium (CaO) mg/l	34,8	14,0	30,2	11,2
Magnesium (MgO) mg/l	24,6	18,8	2,3	8,1
Eisen (Fe <sup>3+</sup> ) mg/l	Sp.	0	0,1	<0,1
Mangan (Mn <sup>2+</sup> ) mg/l	0	0	Sp.	0,02
Chlorid (Cl <sup>-</sup> ) mg/l	9,9	6,4	19,2	15,6
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> ) mg/l	2,9	2,1	21,8	7,9
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l	1,2	10,4	6,2	7
Hydrogenkarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l	134,8	82,9	35,6	19,6
Gelöste feste Bestandteile mg/l	191,0	129,8	117,0	58,2
Ionenverhältnis HCO <sub>3</sub> : (Cl + SO <sub>4</sub> )	6,5	6,2	0,6	0,5

<sup>1)</sup> Anal. Staatl. Chemisches Untersuchungsamt Kassel.

<sup>2)</sup> Anal. Hygiene-Institut der Universität Marburg.

<sup>3)</sup> Anal. Landwirtschaftl. Untersuchungsamt Kassel-Harleshausen.

#### 4. Zusammenfassung

Vier am Süd- und Südwest-Hang des Knüll-Gebirges (Hessen) im Bereich der TK 25 Bl. 5122 Neukirchen während der Jahre 1965 – 1971 niedergebrachte Brunnenbohrungen werden geologisch ausgewertet.

Stratigraphisch ergibt sich durch Kombination der Bohrprofile ein lückenloses Profil vom oberen Teil des Solling-Bausandsteins durch den gesamten übrigen Teil des Mittleren Buntsandsteins hindurch bis zu den Rosagelben Wechschichten,

dem höheren Teil der Gelnhausen-Folge des Unteren Buntsandsteins. Dieses Profil fügt sich vollkommen in die Normalprofile der südlichen und östlichen Umgebung des Blattes ein.

Tektonisch lassen die Bohrprofile eine starke Zerstückelung des Gebirges in Einzelschollen mit z. T. starker vertikaler Verstellung erkennen. Ähnlich wie auf dem südlich angrenzenden Nachbarblatt 5222 Grebenau werden dadurch auch auf Bl. Neukirchen (besonders in dessen südlichem Teil) im Gegensatz zur bisherigen Auffassung weite Teile der Oberfläche von zutage ausstreichenden Schichten des Unteren Buntsandsteins eingenommen.

Hydrogeologisch liegen die Brunnen im Randgebiet des Knüll-Gebirges, wo nach den Grundwassergleichen ein relativ steiles Grundwassergefälle besteht. Die daraus resultierenden geringen Durchlässigkeiten der grundwasserleitenden Buntsandstein-Schichten wurden durch die verhältnismäßig niedrigen Brunnenleistungen bestätigt. Hydrochemisch handelt es sich um typische Buntsandsteinwässer; sie sind weich und aggressiv, ihr Lösungsinhalt besteht im wesentlichen aus Erdalkali-Hydrogenkarbonaten.

#### 5. Schriftenverzeichnis

- BLANCKENHORN, M., LANG, O. & OEBBEKE, K. (1918): Geol. Kte. Preußen und benachb. Bundesst., Lfg. **198**, Bl. Neukirchen; Berlin.
- BLANCKENHORN, M. (1919): Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Lfg. **198**, Bl. Neukirchen, 72 S.; Berlin.
- (1950): Das Tertiär Niederhessens. Endergebnisse der geologischen Aufnahme in Niederhessen von 1911—1946. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **1**: 7—82, 9 Abb.; Wiesbaden.
- BEYSLAG, F. (1922): Geol. Übers.-Kte. Deutschland 1:200 000, Bl. 126 Fulda; Berlin.
- DIEDERICH, G. & LAEMMLEN, M. (1966): Der Untere Buntsandstein auf Bl. Grebenau in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 158—172, 1 Abb., 1 Tab., Taf. 13; Wiesbaden.
- ENGEL, FR. & HÖLTING, B. (1970): Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse und die Erschließung des Grundwassers der Wasserwerke Stadt Allendorf und Wohratal (Landkreis Marburg). — Wasser u. Boden, **22**, 5: 105—111, 8 Bilder; Hamburg.
- GUNZERT, G. (1954): Die Grenzziehung zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**: 138—151, 2 Abb., 3 Tab.; 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.
- KUPFAHL, H.-G. (1961): Der Buntsandstein auf Blatt Schlitz in Hessen mit besonderer Berücksichtigung des Fährten-Sandsteins. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**: 266—275, 1 Abb., Taf. 16; Wiesbaden.
- LAEMMLEN, M. (1961): Die Aufteilung der Hersfelder Gruppe des Mittleren Buntsandsteins. — Z. deutsch. geol. Ges., 1960, **112**, 3: 491—512, 3 Abb., 3 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- (1963a): Geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5223 Queck; Wiesbaden.
- (1963b): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5223 Queck. 327 S., 21 Abb., 7 Tab., 13 Diagr., 22 Textprof., 18 Taf.; Wiesbaden.
- (1965): Geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5124 Bad Hersfeld; Wiesbaden.
- (1966): In DIEDERICH, G. & LAEMMLEN, M.

- LAEMMLEN, M. (1966/67): Der Mittlere Buntsandstein und die Solling-Folge in Südhessen und in den südlich angrenzenden Nachbargebieten. — Z. deutsch. geol. Ges., **116**, 3: 908—949, 12 Abb., 4 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- (1967): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5124 Bad Hersfeld. 208 S., 16 Abb., 7 Diagr., 10 Tab., 31 Textprof., 4 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- (1968 a): Geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau; Wiesbaden.
- (1968 b): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau. 208 S., 11 Abb., 10 Diagr., 10 Tab., 15 Textprof., 3 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- (1970): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5523 Neuhof. 2. Aufl., 274 S., 30 Abb., 5 Tab., 3 Beibl.; Wiesbaden.
- & PRINZ, H. (1968): Der Heubacher Graben im westlichen Rhönvorland als Teilstück der Grabenzone Heubach–Thalau–Friesenhausen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 137—156, 1 Abb., Taf. 6—7; Wiesbaden.
- LANG, O. (1918): In BLANCKENHORN, M., LANG, O. & OEBBEKE, K.
- OEBBEKE, K. (1887): Über Aufnahme der Section Neukirchen. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst. u. Bergakad. f. 1886: LVI—LVIII; Berlin.
- (1892): Über den Abschluß der Aufnahme auf den Blättern Niederaula und Neukirchen. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst. u. Bergakad. f. 1889: LVII—LVIII; Berlin.
- (1918): In BLANCKENHORN, M., LANG, O. & OEBBEKE, K.
- RAMBOW, D. (1969): Die Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 226—228, 1 Taf.; Wiesbaden.
- RITZKOWSKI, S. (1965): Das marine Oligozän im nördlichen Hessen. Stratigraphie und Paläogeographie. — Maschinenvervielfältigte Diss., 194 S., 28 Abb. 4 Tab.; Marburg.

Manuskript eingegangen am 16. 10. 1973

**Anmerkung:**

Die Proben der auf den Seiten 273—279 beschriebenen Bg. 1 Neukirchen sind im Bohrkernlager Villmar–Aumenau des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung eingelagert und stehen, nach Rücksprache mit dem Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, zu weiterer Bearbeitung zur Verfügung.



## Chemismus und Kohlensäuregehalt von Quellwässern nach langen Trockenperioden (Winter 1971/72)

Von

ERNST SOBOTH, Frankenberg/Eder\*

Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle

**Kurzfassung:** Die hydrochemische Beobachtung zahlreicher Quellen in der Frankfurter Bucht während mehr als 20 Jahren ergab, daß der Wasserchemismus sich zwar recht ungleichmäßig ändern kann, daß aber am Ende langer Trockenperioden ungewöhnlich hohe Kohlensäuregehalte auftreten. Als Erklärung wird ein bei niedrigem Grundwasserstande vermehrter Kohlensäureaufstieg entlang Verwerfungen angenommen.

**Abstract:** The hydrochemical observation of many springs in the region of the Frankfurter Bucht, Hesse (Western Germany), during more than 20 years showed, that the chemism of the water may change often irregularly, but that at the end of long aridity periods unexpected high contents of carbonic acid are common. They are explained with an increasing ascent of carbonic acid at faults by low water conditions.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	296
2. Hydrochemische Änderungen . . . . .	298
3. Gesetzmäßigkeiten des Kohlensäuregehaltes und seine Ursachen . . . . .	301
4. Ergebnis . . . . .	303
5. Schriftenverzeichnis . . . . .	303

### 1. Einleitung

Die Auswertung einer Quellenuntersuchung in der Frankfurter Bucht, die über einen Zeitraum von 240 Beobachtungsmonaten durchgeführt wurde, ließ Zeitpunkt und Dauer des Auftretens hydrochemischer Extremwerte erkennen. Von 1948 – 1967 wurden Mittel- und Extremwerte von 63 Grundwasseraustritten, die in 16 Gruppen zusammengefaßt waren, ermittelt. Dabei wurden typische Eigenheiten der Quellengruppen, wie Schüttung, Temperatur, Chemismus und Einspeisung, ausgewertet.

Zur Vertiefung der Ergebnisse wurden 12 gut zugängliche Quellen auch in den Jahren nach 1968 beobachtet. Sie gehören unterschiedlichen Quellengruppen mit geologisch andersartigen Einzugsgebieten, wie den Listenbachhöhen mit Vorland, den Buntsandsteinflächen, dem Schiefergebirge oder Störungszonen an (Tab. I u. Abb. I).

---

\*) Dr. E. SOBOTH, 3558 Frankenberg/Eder, Wolfspfad 16.

Tab. 1. Kohlensäuregehalte (mg/l) einiger Quellen vom Februar bis Juni 1972

	Einzugebiet bestehend aus:	5. 18./19.		6. 18./22.		5. 20.		5. 20.		5. 20.		1968—1972 Mittelwert
		Februar		März		April		Mai		Juni		
a) Quellen mit landschaftlich genutztem oder bebautem Einzugsgebiet												
Birkenbringhausen	Buntsandstein	0	0	0	0	0	150	202	70	70	79	65
Louisendorf	Unterkarbon (Kulm)	158	169	150	150	141	158	211	194	88	97	130
Willersdorf	Buntsandstein	105	114	114	123	145	150	158	70	70	62	62
Wolfspfad	Zechstein	0	60	44	26	22	44	106	35	18	26	18
b) Quellen mit bewaldetem Einzugsgebiet												
Listenbach	Buntsandstein	—	53	—	70	—	62	—	—	—	26	33
Pausewiese	Buntsandstein	—	97	—	105	—	114	—	—	—	53	50
Schinnerborn	Buntsandstein	—	—	—	167	176	194	229	79	79	88	61
Totenborn	Zechstein	—	—	—	—	—	123	—	35	—	44	48
c) Quellen auf Zerrüttungszonen												
Lederquelle		0	0	0	0	0	0	0	18	18	18	15
Oschreuffe		0	0	0	0	0	0	0	18	22	26	17
Teichquelle (Estavelle)		0	44	35	0	0	44	53	0	0	18	13
d) Mineralquelle												
		90	79	114	79	97	70	132	79	48	53	67

—: nicht gemessen

0: trocken

Morphologisch verteilen sie sich ebenfalls auf mehrere landschaftliche Einheiten. Die Einzugsgebiete der Quellen werden z. T. von reinen Waldgebieten, z. T. auch von völlig waldfreien Flächen eingenommen (Tab. 1). Eine Quelle wurde täglich gemessen, acht zweimal im Monat.

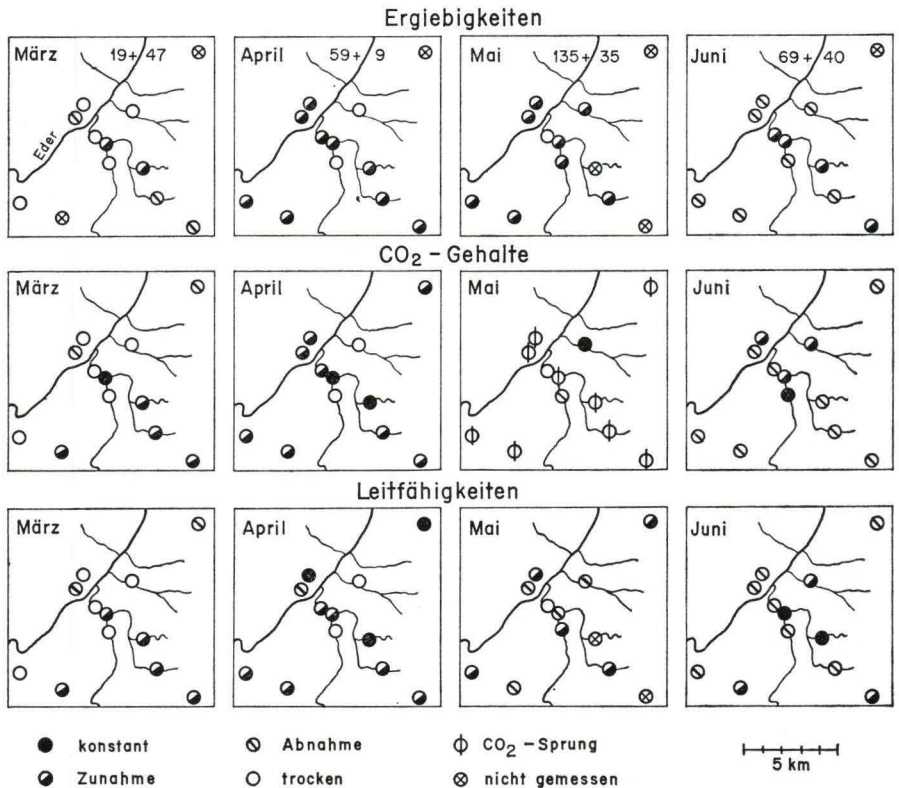


Abb. 1. Zu- und Abnahmen der Schüttung, des Kohlensäuregehaltes und der Leitfähigkeit von Quellwässern während der Monate März bis Juni 1972. Die beiden Zahlen verdeutlichen die Niederschläge jedes Monats vor und nach dem Meßtag. Meßstellen s. Abb. 2.

## 2. Hydrochemische Änderungen

Die Entwicklung von Extremwerten kann nur mit Messungen in geringem zeitlichem Abstand erfaßt werden. Da aber an einigen Quellen seit 1948 täglich Messungen durchgeführt wurden, lag für eine solche Auswertung genügend Beobachtungsmaterial vor. Besonders aufschlußreich waren die langen Meßreihen des Brunnens Wolfspfad. Sie zeigten, wie verschieden sich der Wasserchemismus bei Beendigung der Winterruhe des Bodens ändern kann: er kann gleichmäßig verlaufen oder auch kurzfristig stark schwanken.

Gegen Ende des Winters können Tage eintreten, in denen freie Kohlensäure völlig fehlt und das Brunnenwasser alkalisch reagiert. Perioden mit langsamer Kohlensäure-Zunahme und plötzlicher -Abnahme im Frühjahr können mit solchen wechseln, in denen der Gang umgekehrt ist.

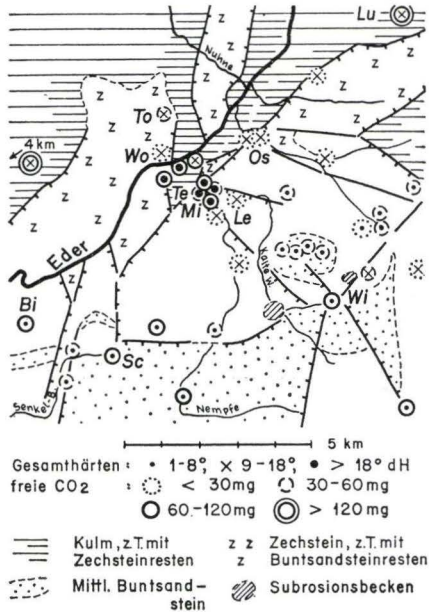


Abb. 2. Geologische Übersicht und Mittelwerte der Gesamthärte und des Kohlendioxidgehaltes der Quellen im Raum Frankenberg.

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| Bi: Quelle Birkenbringhausen | Pa: Quelle Pausewiese    |
| Le: Lederquelle              | Sc: Schinnerborn         |
| Li: Quelle Listenbach I      | Te: Teichquelle          |
| Quellgr. zwischen Wi u. Lu   | To: Totenborn            |
| Lu: Quelle Louisendorf       | Wi: Quelle Willersdorf   |
| Mi: Mineralquelle            | Wo: Brunnen Wolfspfad 16 |
| Os: Quelle Oschreuffe        |                          |

4 km: Edergoldquelle (268 mg CO<sub>2</sub> am 2. 9. 1930, Lage entspricht Louisendorf)

Eine einheitliche Tendenz zeigten allerdings die Kohlensäuregehalte der Quellwässer am Ende langer Trockenperioden. So folgten z. B. auf den ungemein trockenen Herbst 1971 überraschend hohe Kohlensäurewerte im Frühsommer 1972, und zwar kurz vor und nach dem Beginn der Niederschläge am 7. 5. 1972<sup>1</sup>. Wie Tab. 1 zeigt, stieg in Quellen, die gewöhnlich schon über 50 mg/l CO<sub>2</sub> aufwiesen, der Kohlensäuregehalt bis auf über 200 mg/l. Nur das kohlenensäurearme Wasser aus Zerrüttungszonen zeigte keine merklichen Veränderungen. Nicht nur die Quelle Louisendorf, die immer beachtliche Schwankungen im Verlauf des Jahres aufwies, auch in den anderen Quel-

<sup>1</sup>) In Frankenberg/Eder, Wolfspfad, fielen am 7./8. 5. 1972 71 mm Niederschlag!

len folgte auf ungewöhnlich hohe Niederschläge ein steiler Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes am Ende der Trockenperiode, dem sich dann allerdings meist ein plötzlicher Abfall auf die Normalwerte anschloß. Bis auf die Quelle Louisendorf, in der der Kohlensäuregehalt zunächst nur wenig abnahm und erst im Juni unterdurchschnittliche Werte erreicht wurden, fiel die starke Kohlensäureabnahme in die Mitte des Mai. Die Abb. 1 zeigt die Zu- und Abnahme des Kohlensäuregehaltes während der Monate März bis Juni 1972 in Verbindung mit dem Schüttungsgang und der Leitfähigkeit. Bei den Ergebenigkeiten wird die Verzögerung deutlich, die durch das Auffüllen der Speicherräume starker „Zerrüttungszonenquellen“ bedingt ist.

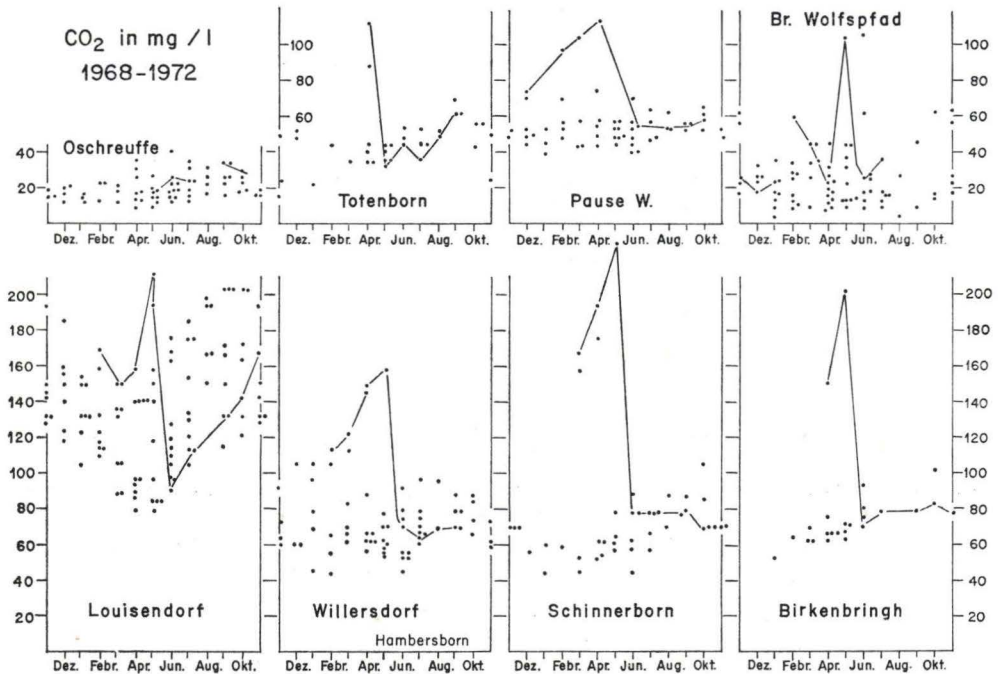


Abb. 3. Streuungsbreite des Kohlensäuregehaltes in Quellwässern während der Jahre 1968 bis 1972, die Werte im Jahre 1972 sind durch Linien verbunden.

Sehr ungleichmäßig erfolgten Änderungen in der Leitfähigkeit. Sie lassen sich wohl nur durch unterschiedliche Einflüsse, deren Größe auch noch in den verschiedenen Einzugsgebieten der Quellen wechselt, erklären. Die Beziehungen zum geologischen Bau läßt Abb. 2 erkennen. In ihr sind außer den in Tab. 1 genannten Quellen noch weitere eingetragen, auch sind die durchschnittliche Härte (1947 – 1972) und die  $\text{CO}_2$ -Führung angegeben.

Beim Vergleich der Kohlensäuregehalte im sehr trockenen Winter 1971/72 mit Werten der Jahre 1968 – 1972 brachte das Streuungsband (Abb. 3) die Überraschung, daß in der Quelle Louisendorf, die am längsten in kurzen Abständen gemessen wurde,

die Extremwerte vom Februar bis Juni 1972 im Bereich früherer Beobachtungen blieben, nur der plötzliche Abfall war ungewöhnlich. Das gleiche gilt auch für den über viele Jahre beobachteten Brunnen Wolfspfad. Während der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Zerrüttungszonenquellen Oschreuffe und Ledermühle anscheinend unbeeinflusst blieb – trotz 130 mm Niederschlag in 10 Tagen! – kommen bei den übrigen beobachteten Quellen die ungewöhnlichen Werte des Winters 1971/72 in den Streuungsbändern klar zur Geltung.

Die Beobachtungen an der Quelle Louisendorf wiesen auch auf Zusammenhänge zwischen der Kohlensäureführung und dem Wasserchemismus hin. Gelegentlich paßte sich der Gang der Leitfähigkeit dem des Kohlensäuregehaltes an. Der Chloridgehalt war allerdings weitgehend durch Streusalzeinflüsse bedingt, da eine Straße oberhalb der Quelle entlangführt. Härtemaxima können sowohl während Kohlensäure-Maxima wie -Minima auftreten. Der auffällige Abfall der Kohlensäureführung im Mai 1972 war aber mit einer deutlichen Abnahme der Karbonathärte verbunden. Dies wurde auch am Schinnerborn beobachtet. Beim Brunnen Wolfspfad ging, wie tägliche Messungen ergaben, die Härteabnahme (Rückgang der Karbonathärte auf  $\frac{1}{3}$ ) dem Kohlensäure-Abfall wenige Tage voraus. Zunächst stieg bei erhöhtem Grundwasserzufluß noch der  $\text{CO}_2$ -Gehalt, während die Leitfähigkeit kurz nach hohen Niederschlägen von  $750 \mu\text{S}$  auf  $300 \mu\text{S}$  abnahm.

Demnach können größere Änderungen des Grundwasserchemismus, soweit sie nicht durch menschliche Einwirkungen bedingt sind, örtlich und kurzfristig nach ungewöhnlichen Starkregen, sonst aber, wie die z. T. 20jährigen Meßreihen zeigten, nur nach mehrjährigen klimatisch bedingten Perioden auftreten.

### 3. Gesetzmäßigkeiten des Kohlensäuregehaltes und seine Ursachen

Als Ursache für ungewöhnliche Kohlensäuregehalte des Wassers können besondere Vegetationsverhältnisse ebenso wie Kohlensäureaufstieg aus der Tiefe in Betracht kommen. SCHOELLER (1962) nimmt bei biogener Herkunft in erster Linie Wald, dann gedüngtes Ackerland als Kohlensäurequellen an. Im Bereich des Senkelbaches zeigten Quellen mit bewaldetem Einzugsgebiet sehr verschiedene Kohlensäuregehalte. Deutlich ist eine Abnahme von NE nach SW hin festzustellen. Das weichste Wasser enthielt aber nicht die meiste Kohlensäure, doch waren im harten Quellwasser die Gehalte immer gering. Diese Beobachtungen lassen sich mit einer biogenen Herkunft der Kohlensäure nur schwer in Einklang bringen.

Demgegenüber spricht eine linienhafte Anordnung der Grundwasservorkommen mit hohem  $\text{CO}_2$ -Gehalt für einen Aufstieg der Kohlensäure aus größerer Tiefe längs Spalten. Auch im Senkelbachgebiet zieht nach der Geologischen Übersichtskarte von Hessen 1:300000 von Ernsthausen über Wiesenfeld eine tektonische Störung nach N. Weiterhin findet das Vorkommen von Louisendorf eine Fortsetzung im Edertal bei Frankenberg, was auf eine der Schiefergebirgsrandverwerfung gleichlaufende Spalte im Horstbereich zurückzuführen sein dürfte. Schließlich folgt die Linie Pausewiese-Willersdorf einer der Hauptzerrüttungszonen am Nordrand der Rosenthaler Aufsattelung. Wahrscheinlich ziehen dazu auch Querstörungen von der Pausewiese

über den Schinnerborn nach Birkenbringhausen. Lokal sind sie nachgewiesen. Insgesamt scheinen demnach zwischen Störungszonen bzw. Verwerfungen und dem Auftreten kohlensäurereicher Quellwässer enge Beziehungen zu bestehen.

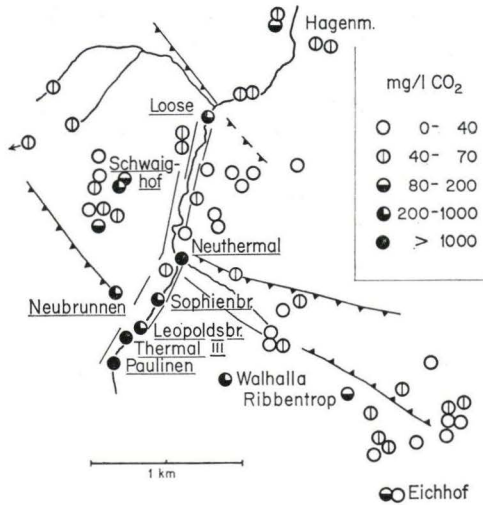


Abb. 4. Freie Kohlensäure in den Quellen der Umgebung von Bad Salzufen. (Tiefbohrungen unterstrichen)

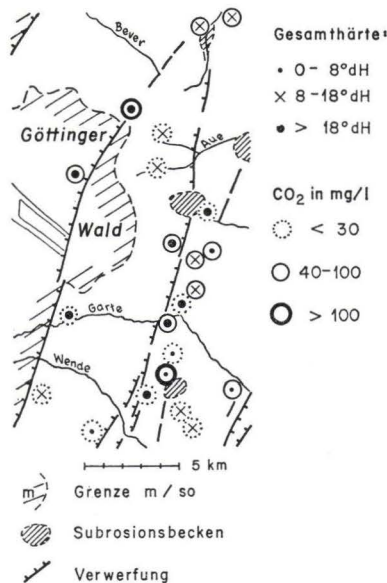


Abb. 5. Kohlensäuregehalte von Quellen an der Westharzrandverwerfung im Eichsfeld.

Zur Sicherung einer geogenen Deutung der Kohlensäureherkunft wurde zu Vergleichszwecken im November 1971 die Umgebung von Bad Sulzuften mit in die Untersuchungen einbezogen. Es ist bekannt, daß dort die Kohlensäure aus dem tieferen Untergrund an tektonischen Linien aufsteigt. Bei den Untersuchungen wurde senkrecht zur Hauptlieferspalte, die auch das Thermalwasser bringt, eine Anzahl Quellen mit über 100 mg/l Kohlensäure im Wasser gefunden (Abb. 4). Sie liegen in einem Streifen, der auch der Richtung von Verwerfungen entspricht. Ihre Einzugsgebiete werden sowohl landwirtschaftlich wie auch forstlich genutzt. Zwei Wässer entströmen Tiefbohrungen, wie z. B. am Schwaighof nördlich des Gebirgsrandes.

Ein anderes Beispiel für besonders deutliche Zusammenhänge zwischen der Tektonik und dem Kohlensäuregehalt von Quellwässern bietet das nordwestliche Eichsfeld, das im Herbst 1971 und 1972 erneut begangen wurde (Abb. 5). An der Westharzrandverwerfung (SOBOTHA 1923) zeigten von Brehmke nach N zu die Quellen CO<sub>2</sub>-Werte von über 70, ja 100 mg/l im unmittelbaren Bereich der durchziehenden Verwerfungen, ganz unabhängig von den Werten des Wasserchemismus wie der Lage in oder außerhalb des Waldes. Quellen seitlich wie auch zwischen den beiden Hauptverwerfungen waren dagegen kohlenstoffarm (Abb. 5).

#### 4. Ergebnis

Höhere Kohlensäurewerte in Quellwässern können zwar durch günstige Vegetationsverhältnisse bedingt sein, doch häufig ist als Ursache hierfür der Aufstieg der Kohlensäure aus dem tieferen Untergrund über Verwerfungen oder Störungszonen anzusehen. Besondere klimatische Bedingungen können insofern beim Auftreten extremer Kohlensäuregehalte mitwirken, als ein weitgehender Grundwasserabfluß in langen Trockenperioden einen Kohlensäureaufstieg begünstigen kann. Allerdings können ungewöhnliche Starkregen dann sofort abdämmend wirken. Aus diesem Grunde fiel auch im Mai 1972 der Kohlensäuregehalt der Quellwässer im Beobachtungsgebiet der Frankenberger Bucht sprunghaft ab.

#### 5. Schriftenverzeichnis

- RÖSING, F. (1973): Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300 000, 2. Aufl.; Wiesbaden.
- SCHOELLER, H. (1962): Les eaux souterraines. 642 S., 187 Abb.; Paris (Masson & Cie.).
- SOBOTHA, E. (1923): Versuch einer Entwicklungsgeschichte und Charakterisierung der Landschaften des Untereichsfeldes. Unveröff. Diss., 46 S., 16 Taf.; Göttingen (Auszüge in Z. deutsch. geol. Ges. u. Z. Geomorph.).
- (im Druck): Die Frankenberger Bucht als Beispiellandschaft (bassin représentatif) für unterirdisches Wasser. (80 S., 40 Abb., 18 Taf.)

Manuskript eingegangen am 19. 6. 1973



## Die Neutronensonde: Methodische Untersuchungen und praktische Anwendung auf Weinbergsböden im Rheingau\*

Von

LUDOLF SCHRADER, Wiesbaden\*\*

Mit 10 Abbildungen und 1 Tabelle

**Kurzfassung:** An 9 typischen Weinbaustandorten des Rheingaus wurden im Februar 1971 12 Meßstellen eingerichtet, um die Wasserhaushaltsdynamik mit Hilfe der Neutronensonde zu untersuchen. Methodische Untersuchungen zum Komplex: „Eichung der Neutronensonde“ werden kurz erläutert und Beziehungen zwischen Dichte und Vol.-%, Bodenfeuchte bzw. Gesamtporenvolumen und Substanzvolumen aus den Daten aller untersuchten Bodenprofile dargestellt.

**Abstract:** At 9 typical habitats of viticulture of the landscape „Rheingau“ 12 control points were installed to investigate the dynamic of water relationships in soils with the resource of the neutron probe. Methodical investigations to the “Gauge of the neutron probe” will be mentioned shortly and relationships between bulk density and soil moisture content respectively total porosity and volume of soil will be represented by datas of all investigated profiles of soil.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	305
2. Methodisches . . . . .	305
3. Bodenfeuchtemessungen . . . . .	306
3.1. Methodische Untersuchungen zum Komplex „Eichung der Neutronensonde“	306
3.2. Wasserhaushaltsdynamik der untersuchten Standorte . . . . .	314
4. Beziehung zwischen Dichte und Vol.-% Bodenfeuchte aller untersuchten Standorte . . . . .	317
5. Beziehung zwischen Dichte und Gesamtporenvolumen bzw. Substanzvolumen aller untersuchten Standorte . . . . .	319
6. Zusammenfassung . . . . .	320
7. Schriftenverzeichnis . . . . .	320

\*) Auszug aus Dissertation: Untersuchung über die Dynamik des Wasserhaushaltes von Weinbergsböden mit Hilfe der Neutronensonde. Bonn 1973.

\*\*) L. SCHRADER, Dipl.-Landwirt, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

## 1. Einleitung

Die Trockenheit der letzten Jahre mit ihrem beträchtlichen Wasserdefizit hat auch in Weinbergen und Rebschnittgärten zu Dürreschäden geführt. Besonders deutlich zeigte sich, daß der Anbau von Neuzüchtungen oder von verschiedenen Klonen einer Sorte auf die Dauer nur erfolgreich sein wird, wenn man deren spezifischen, oftmals weit voneinander abweichenden Ansprüchen an den Wasserhaushalt gerecht werden kann, zumal moderne Kulturmaßnahmen im Weinbau (maschinelle Bearbeitung, höhere Laubwanderingung, Begrünung, intensive Düngung) das Bodenwasser immer mehr zu einem ertragsbegrenzenden Faktor werden lassen (SIEVERS 1967, 1969, WEILING & SCHÖFFLING 1968, BECKER & ZAKOSEK 1969, HOFMANN 1972).

Voraussetzung für die Beurteilung der Wasserversorgung der Reben während einer Vegetationsperiode ist die Kenntnis der Wasserdynamik, insbesondere die Kenntnis der nutzbaren Feldkapazität der einzelnen Standorte bis in tiefere Schichten. Die meisten der bisher vorgenommenen Messungen der Bodenfeuchte im Weinbau beziehen sich nur auf eine Schicht von 0–60 cm. Hierbei bleibt unberücksichtigt, in welchem Ausmaße der Anschluß zwischen dem Bodenwasser des Rigolhorizontes und den tieferen Schichten und/oder dem Grundwasser hergestellt ist. Außerdem wird zu wenig beachtet, daß die Reben weit tiefer als 60 cm in den Boden einzudringen vermögen.

Der Bodenwasserhaushalt ist sehr komplexer Natur. MÜCKENHAUSEN (1958) unterscheidet 4 Faktorengruppen: klimatische und bodeneigene Faktoren, Vegetation und die Oberflächengestaltung, die für die Dynamik des Bodenwasserhaushaltes ausschlaggebend sind. Deshalb können die Ergebnisse nicht auf andere Standorte übertragen werden. Vielmehr kommt es darauf an, den Gesamtkomplex der Wasserhältnisse am Standort zu erfassen, was nur möglich sein wird, wenn durch fortlaufende Bodenfeuchtemessungen der Bodenwasserhaushalt *in situ* unter Berücksichtigung der oben genannten 4 Faktorengruppen untersucht wird.

## 2. Methodisches

Zur Durchführung der Untersuchungen wurden an 9 typischen Weinbaustandorten des Rheingaus in den Gemarkungen Geisenheim und Winkel Meßstellen eingerichtet. Die Untersuchungsflächen wurden im Maßstab 1:1000 kartiert (ZAKOSEK 1962, ZAKOSEK et al. 1967).

Folgende Böden wurden ausgewählt:

- Pararendzina-Rigosol aus Löß – Profil 1 –
- Parabraunerde-Rigosol aus Löß – Profil 2 –
- Rendzina-Rigosol aus Cyrenenmergel – Profils 3 –
- Braunerde aus tertiärem Meeressand – Profil 4 –
- Braunerde-Rigosol aus tertiärem Meeressand – Profil 5 –
- Rigosol aus Lößlehm über Rupelton – Profil 6 –
- Pseudogley-Rigosol aus Lößlehm, quarzitreichem, pleistozänem Solifluktionsschutt und tertiären Tonen – Profil 7 –

Pseudogley aus Lößlehm, quarzitreichem, pleistozänem Solifluktionsschutt und tertiären Tonen über devonischem Tonschiefer — Profil 8 —

Parabraunerde aus Löß unter Laubwald (Eichen- und Hainbuchenwald) — Profil 9 —.

Darüber hinaus wurden an einzelnen Standorten zusätzliche Meßstellen eingerichtet, um den Wasserhaushalt in Abhängigkeit von weinbautechnischen Maßnahmen (maschinelle Bearbeitung, Begrünung mit Weißklee und Weidelgras) bei unterschiedlicher Nutzung (Brachland mit natürlichem Unkrautbewuchs) und Vegetation (auf Grünland und in einem Laubwald) untersuchen zu können, so daß insgesamt 12 Meßstellen bedient wurden. Bei der Auswahl der Standorte war die Erkenntnis entscheidend, daß von den physikalischen Bodeneigenschaften der Wasserhaushalt für die Rebe die größte Bedeutung hat (BIRK & ZAKOSEK 1960). Die bodenphysikalischen Werte — Gesamtporenvolumen, Porengrößenverteilung und Wasserbindungsintensität — wurden an vertikal entnommenen, 100-cm<sup>3</sup>-Stechzylinderproben in fünf-facher Wiederholung aus den verschiedenen Bodenhorizonten aller untersuchten Profile im Laboratorium bestimmt. Die Bodenfeuchtemessungen erfolgten mit einer Neutronensonde von BERTOLD aus Wildbad. In der Zeit vom 5. 3. 1971 — 19. 9. 1972 wurde jede Woche auf allen zwölf Meßstellen bei vierfacher Wiederholung ab 20 cm unter der Oberfläche bis in eine Tiefe von 150 cm in Meßintervallen von 10 cm gemessen.

Die graphische Auswertung der in Impulsen erhaltenen Meßwerte erfolgte durch Linien gleicher Impulsstufen (Chronoisoplethen) mit jeweils drei Impulsen Unterschied. Diese stellen die im Rechenprogramm aus 4 Wiederholungen gemittelten Impulszahlen dar. Bereiche gleicher Impulse wurden mit einer Legende versehen und an Hand einer erstellten Eichkurve in die entsprechenden Bodenfeuchtegehalte von jeweils 2 Vol.-% Feuchteunterschied übertragen. Die mit der Neutronensonde gewonnenen Daten — insgesamt 50784 — wurden mit einem eigens hierfür in Fortran IV geschriebenen Programm berechnet. Dieses Programm enthält folgende statistischen Parameter:

Arithm. Mittelwert, Streuung, Variationskoeffizient und Fehlerprozent, die für jeden Meßtermin und für jede Meßtiefe errechnet wurden. Als Parameter für die Streuungsverhältnisse diente der Variationskoeffizient. Einmalig wurde auf allen untersuchten Standorten zum Ende der Meßperiode die Bodendichte in g/cm<sup>3</sup> mit der Gammastrahlensonde von BERTHOLD analog der Feuchtemessung von 0,10–1,50 m Tiefe gemessen.

### 3. Bodenfeuchtemessungen

#### 3.1. Methodische Untersuchungen zum Komplex „Eichung der Neutronensonde“

Aus der Literatur ist bekannt, daß eine Reihe von Faktoren, wie Kristallwasser-gehalt, Dichte, Ton- und Schluffgehalt, Gehalt an organischer Substanz, einige selten vorkommende Elemente wie Bor, Lithium, Chlor und Cadmium, Einfluß auf den Verlauf der Eichkurve nehmen sollen, die je nach Zusammensetzung der einzelnen Horizonte oder bei geologischem Schichtwechsel stärker wechseln. Der experimentelle Nachweis ihrer Wirkung auf den Eichkurvenverlauf steht bis heute noch aus; vielmehr haben die Untersuchungen hierüber in der Vergangenheit zu widerspruchsvol-

len Ergebnissen geführt (BUCHMANN 1969). Deshalb war es das Ziel, von jedem der untersuchten Böden unterschiedlicher Zusammensetzung und Herkunft eine getrennte Eichkurve zu erstellen, um zu prüfen, ob für jeden Boden eine besondere Eichkurve erforderlich oder diese für eine Gruppe von Böden zutreffend sei.

Für den Erfolg der Messungen mit der Neutronensonde ist die Eichung besonders wichtig, da von ihrer Genauigkeit die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse abhängt (HOFFMANN 1965).

Im übrigen wurden zum Komplex „Eichung der Neutronensonde“ folgende Gesichtspunkte berücksichtigt bzw. methodische Untersuchungen vorgenommen:

1. Technik der Probeentnahme
2. Ausschaltung der Meßfehler bei der Auswertung der Daten
3. Zahl der Stichproben und statistische Prüfung der Meßwerte auf Signifikanz (BRECHTEL 1970, 1972)
4. Eichung der Neutronensonde für verschiedene Bodentypen
5. Meßvergleich von Neutronensonden
6. Vergleichsmessungen mit unterschiedlichen Anzeigegeräten
7. Eichmessungen mit einem sogen. Reflektor zur Messung an der Bodenoberfläche
8. Meßfehler durch längeres Verbleiben der Rohre im Boden

Zu 1.: Die Eichung der Neutronensonde erfolgte im Felde im Vergleich mit der gravimetrischen Methode in 500-cm<sup>3</sup>-Stechzylindern. Sie wurde unabhängig von den zur Messung verwendeten Rohren an eigens hierzu in den Boden eingelassenen Rohren vorgenommen. Die gravimetrisch bestimmten Bodenproben in den Stechzylindern (10 cm Höhe) wurden parallel zur Meßanzeige alle 10 cm unmittelbar am Rohr von 0 – 150 cm Tiefe entnommen. Die Rohre sind dann für weitere Messungen unbrauchbar.

Zu 2.: Die Schwierigkeiten bei der räumlichen Zuordnung der Sondenwerte zur volumprozentigen Bodenfeuchte, wie sie durch Abnahme des Neutronenflusses mit dem Abstand von der Quelle entstehen, lassen sich durch Anwendung von Korrekturen ausschalten; und zwar durch räumliche Zuordnung der gefundenen Beziehung Impulse zu Vol.-%-Feuchte entsprechend des kugelförmig erfaßten Feuchtevolumens der Sonde. Eine zweite Korrektur besteht darin, daß man bei der Bestimmung der Bodenfeuchte in einem Profil die ermittelten Impulse und Vol.-%-Feuchte getrennt als Funktion der Tiefe im Koordinatennetz aufträgt und die beiden Kurven zur Deckung bringt. Verlaufen die Kurven gegeneinander nicht symmetrisch, so kann man durch eine Verschiebung der Kurven nach oben und unten eine bessere Übereinstimmung der Relationen erreichen. Man wird die Zuordnung der Wertepaare von derjenigen Tiefe aus vornehmen, die Symmetrie für die Gesamtkurve aufweist.

Ursache einer falschen Zuordnung der Impulse zur gravimetrisch bestimmten Bodenfeuchte beruht darauf, daß man den Meßpunkt mit der Sonde und den Punkt der Probeentnahme nicht exakt einhalten kann. Durch die geschilderte Methode läßt sich dieser Meßfehler weitgehend ausschalten.

Zu 3.: Bei der Eichung der Neutronensonde auf allen Standorten fielen insgesamt 534 Wertepaare an. Sie wurden im Koordinatennetz für jeden Bodentyp getrennt aufgetragen und anschließend mit dem Programm der Multiplen Regressionsanalyse

verrechnet. Eine Auswertung aller Wertepaare ergab die Notwendigkeit einer Trennung der Eichkurven nach Bodentypen und damit nach ihren unterschiedlichen Feuchtebereichen (Abb. 1).

Zu 4.: Im relevanten Meßbereich von ca. 14–35 Vol.-% Bodenfeuchte eines Pararendzina-Rigosols, eines Parabraunerde-Rigosols und einer Parabraunerde unter Wald [lineare Kurve (1) in Abb. 1] ließen sich die gefundenen Werte nach vorheriger Linearitätsprüfung besser einer linearen als einer quadratischen Funktion anpassen. Für diese „Bodengruppe“ mit unterschiedlichen bodenphysikalischen Daten erweist sich also eine einzige Eichkurve als zutreffend, ohne daß ihre verschiedenen Bodeneigenschaften eine Verschiebung der errechneten Geraden verursacht hätten. Diese aus 285 Stichproben erhaltene Eichkurve ist mit einem Korrelationskoeffizienten  $r = 0,977$  statistisch sehr gut gesichert.

Für die im relevanten Meßbereich von ca. 35–42 Vol.-% Bodenfeuchte liegende Bodengruppe – Rigosol aus Lößlehm über Rupelton, Rendzina-Rigosol aus Cyrenenmergel, Pseudogley aus pleistozänen Solifluktionsschutt – ließen sich die gefundenen Werte nach Linearitätsprüfung besser nach einem quadratischen als einem linearen Ansatz berechnen [quadratische Kurve (2) in Abb. 1]. Diese aus 145 Stichproben errechnete Eichkurve ist ebenfalls statistisch sehr gut gesichert.

Obwohl aufgrund der vorstehenden Ergebnisse auf verschiedenen Bodentypen eine Übereinstimmung der Eichkurven erzielt worden ist, so kann doch auf manchen Böden der funktionelle Zusammenhang zwischen Bodenfeuchtegehalt und Impulsrate infolge unbekannter Bodeneinflüsse im Anstieg und in der Lage vollkommen verschieden ausfallen. Dies zeigt ein Vergleich der Eichkurve mit eingezeichneten Beobachtungsdaten [lineare Kurve (3) in Abb. 1] aus der Braunerde bzw. Braunerde-Rigosol aus tertiärem Meeressand mit den übrigen Eichkurven. Sie unterscheidet sich in ihrem Anstieg und in ihrer Lage infolge unbekannter Bodeneinflüsse sehr wesentlich von Kurve (1) und (2) in Abb. 1.

Will man also Eichkurven für „Bodengruppen“ bilden (MARAIS & SMIT 1960, 1962, VAN BAVEL, NIELSEN & DAVIDSON 1961, HOFFMANN 1965, WEISE 1970), so ist es erforderlich, bei der Übernahme solcher Eichkurven einige Eichmessungen in definierten Feuchtebereichen durchzuführen, um zu prüfen, ob die Wertepaare auch für die Eichkurve zutreffend sind, welche für eine entsprechende Bodengruppe ermittelt wurde.

Auffallend erhöht war die Impulsanzeige bei Proben aus den Horizonten des Cyrenenmergels und dem IIC-Horizont des Rupeltones (Abb. 1). Hierfür scheint das im Kristallgitter und zwischen den Schichtpaketen der Tonminerale eingelagerte Wasser verantwortlich zu sein. Dieses Wasser wird durch die konventionelle Trocknung bei 105 °C in den Eichproben nicht erfaßt, während die Neutronensonde alle im Boden vorhandenen Wasserstoffkerne, unabhängig von ihrer Bindungsform, erfaßt (BOEKSTEGEN 1963). Daher zeigten Böden mit sehr hohen Tongehalten (45–64% Ton) und hoher Feldkapazität (33–45 Vol.-% H<sub>2</sub>O) bei der Eichung der Neutronensonde zwei für den Eichkurvenverlauf im oberen Feuchtebereich charakteristische Merkmale:

1. Eine höhere Abweichung der Impulswerte, vermutlich bedingt durch die hohe Wasserbindungsintensität der Tonfraktion.

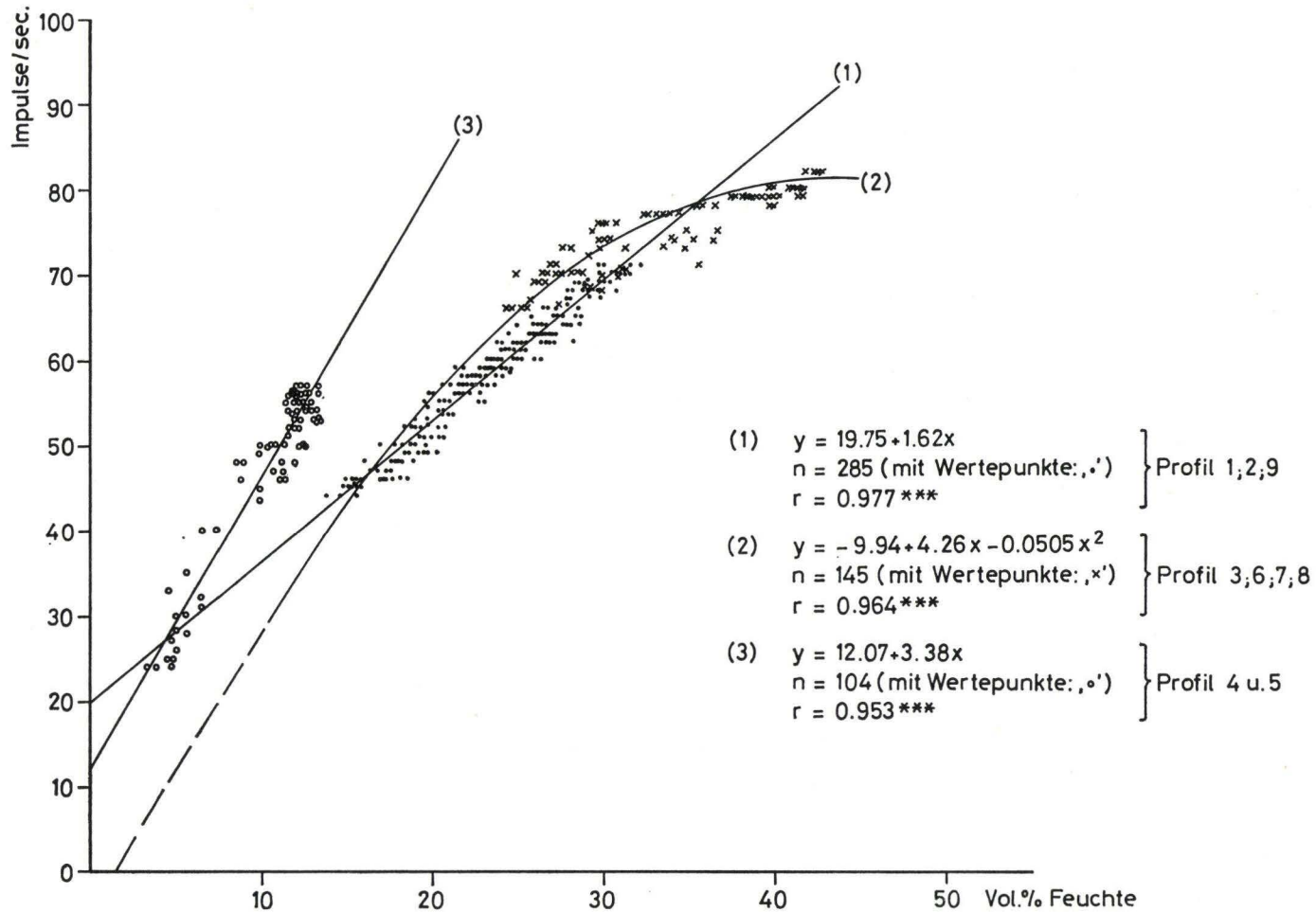


Abb. 1. Feuchte-Eichkurven, erstellt im Feld für unterschiedliche Bodentypen.

2. Eine Abflachung der Kurve im oberen Feuchtebereich, die aus der Bauart der Sonde zu begründen ist.

Zu 5.: Zur Frage, wie weit die gefundenen Ergebnisse aus der Eichung auch auf andere Böden als die der hier untersuchten zu übertragen seien, wurde in die Untersuchung noch eine Braunerde-Lockerbraunerde aus Flugsand mit Laacher Bimstuff über der Kelsterbacher Terrasse (Kiese und Gerölle) im Frankfurter Stadtwald mit einbezogen<sup>1</sup>. Auf Initiative von Dr. BRECHTEL<sup>2</sup> wurden Vergleichsmessungen zwischen der von ihm auf diesem Boden bereits geeichten Neutronensonde (Fabrikat BERTHOLD) und vom Autor benutzten BERTHOLD-Sonde unternommen. Diese Vergleichsmessungen verfolgten den Zweck, allein über eine Regression und Korrelation der von beiden Sonden ermittelten Impulswerte, eine Eichkurve für die auf diesem Boden noch nicht geeichten Sonde zu errechnen und diese Eichkurve mit der auf den Weinbergsböden erstellten Eichkurve zu vergleichen.

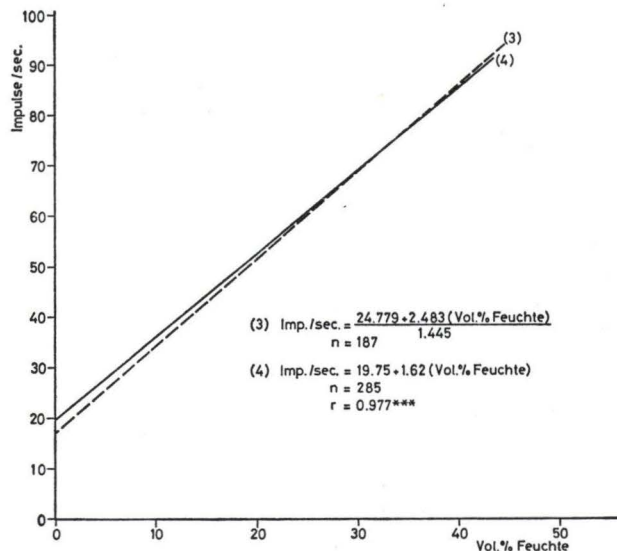


Abb. 2. Vergleich der Eichkurven.

Als Ergebnis kann festgehalten werden (Abb. 2):

Die durch den methodischen Vergleich der Sonden errechnete Eichkurve (3) zeigte in ihrem Anstieg und in ihrer Lage eine graphische Übereinstimmung mit der auf den Weinbergsböden erstellten Eichkurve (4). Daraus geht hervor:

Bei genau eingehaltenen Eichbedingungen weichen die unabhängig voneinander auf verschiedenen Bodentypen (Pararendzina-Rigosol Parabraunerde-Rigosol, Parabraunerde unter Wald und Braunerde unter Wald aus Flugsand über Kiesen und Ge-

<sup>1</sup>) Bodenbeschreibung Prof. Dr. PLASS, Geographisches Institut (Physische Geographie) der Johann-Wolfgang-Goethe Universität, Frankfurt a. M.

<sup>2</sup>) Die Bodenbeschreibung wurde freundlicherweise von Dr. BRECHTEL, Leiter des Institutes für Forsthydrologie, Hann.-Münden, zur Verfügung gestellt.

röllen der Kelsterbacher Terrasse) und im Feuchtebereich von ca. 10 bis ca. 35 Vol.-% ermittelten Eichkurven im unteren Verlauf nur deshalb um 0.8 Vol.-% voneinander ab, weil der Ursprung der Regressionsgeraden errechnet ist, d. h. für ihn liegen keine Beobachtungsdaten vor. Im relevanten Meßbereich nähern sich die Kurven dann stärker an, um bei ca. 25 Vol.-% zur Deckung zu kommen.

Der Vorteil eines Sondenvergleichs und der hieraus resultierenden Eichgeraden liegt also darin, daß eine erneute Feldeichung für eine Sonde überflüssig wird, wenn bereits eine Eichkurve von dem betreffenden Boden vorliegt, und ebenso lassen sich durch einen Sondenvergleich Eichkurven, die auf verschiedenen Bodentypen erstellt wurden, miteinander vergleichend bewerten. Ohne diesen Vergleich ist aber eine solche Bewertung nicht möglich, da für jede Sonde andere Ausgangsbedingungen (Standardeinstellung, Intensität der Strahlungsquelle, geräteeigene Spannungsschwankungen etc.) gelten. Eine Folgerung hieraus wäre:

Die Benutzer der Neutronensonden sollten ihre Sonden miteinander vergleichen. Dann ließen sich u. U. die einzelnen Ursachen (verschiedene Methodik bei der Eichung, Bodeneinflüsse etc.), die für den verschiedenartigen Verlauf der Kurve verantwortlich sind, besser erkennen.

Zu 6.: Vergleichsmessungen mit unterschiedlichen Anzeigeräten — einem Zählratenmesser LFS/C (Anzeige: Imp/sec) von BERTHOLD und einem digitalen Zählgerät (Anzeige: sec/10<sup>4</sup> Imp)<sup>3</sup> — ergaben, daß die digitale Anzeige keinen Unterschied in der Meßgenauigkeit gegenüber der integralen Anzeige erbringt, vielmehr hängt die Genauigkeit jeder indirekten Meßmethode von den Eichbedingungen ab. Zur Beweisführung diente der oben kurz angeführte Sondenvergleich, respektive der Vergleich zwischen den verschiedenen Anzeigeräten.

Zu 7.: Um auch an der Oberfläche die Bodenfeuchte und -dichte messen zu können, wurden Eichmessungen mit einem sog. Reflektor durchgeführt. Die Technik geht auf eine Arbeit von MOUTONNET (1967) zurück, der bei seinen Laborversuchen mit Hilfe des Neutronenreflektors (Halbkugel aus Polyamid, Höhe 6 cm,  $\varnothing$  22 cm), der während der Messung auf das Rohr aufgesetzt wird, die Bodenoberfläche gegen Austritt von Neutronen abschirmt. Die von MOUTONNET gefundenen Ergebnisse wurden im Freiland nachgeprüft, die Werte regressions- und korrelationsstatistisch mit Signifikanzprüfung berechnet. Die Ergebnisse der Messungen zeigt Abb. 3. Die mit Reflektor 10 cm unter der Oberfläche erhaltene Gerade ist mit der Eichgeraden aus dem homogenen Medium im Anstieg identisch, in der Lage weicht sie um 3 Vol.-% H<sub>2</sub>O von ihr ab. Die Prüfung auf Signifikanz ergab eine Grenzwahrscheinlichkeit zwischen 5 und 1%. Deshalb erweist es sich als notwendig, für Messungen an der Oberfläche mit einer Tiefensonde jeweils gesondert zu eichen. Durch zusätzliche Benutzung eines Abschirmbehälters aber wird der Verlust an schnellen Neutronen immer konstant gehalten.

Zu 8.: Die von DE LEENHEER et al. (1967) vertretene Auffassung, daß ein längeres Verbleiben der Meßrohre im Boden eine durch Quellung bzw. Schrumpfung verursachte Veränderung in der Meßanzeige hervorrufe, konnte nur auf dem Rendzinarigosol (max. 64% Ton!) bestätigt werden. Auf den Lößboden, die sich neben dem

<sup>3</sup>) Das digitale Zählgerät wurde freundlicherweise von Prof. Dr. AURAND, Bundesgesundheitsamt Berlin, zur Verfügung gestellt.



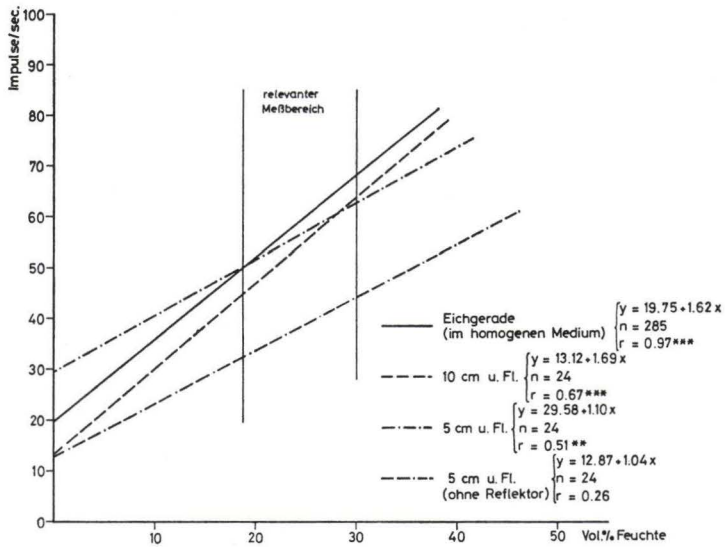


Abb. 3. Oberflächenmessungen mit Reflektor in den Profilen 1, 2, 7, 8, 9.

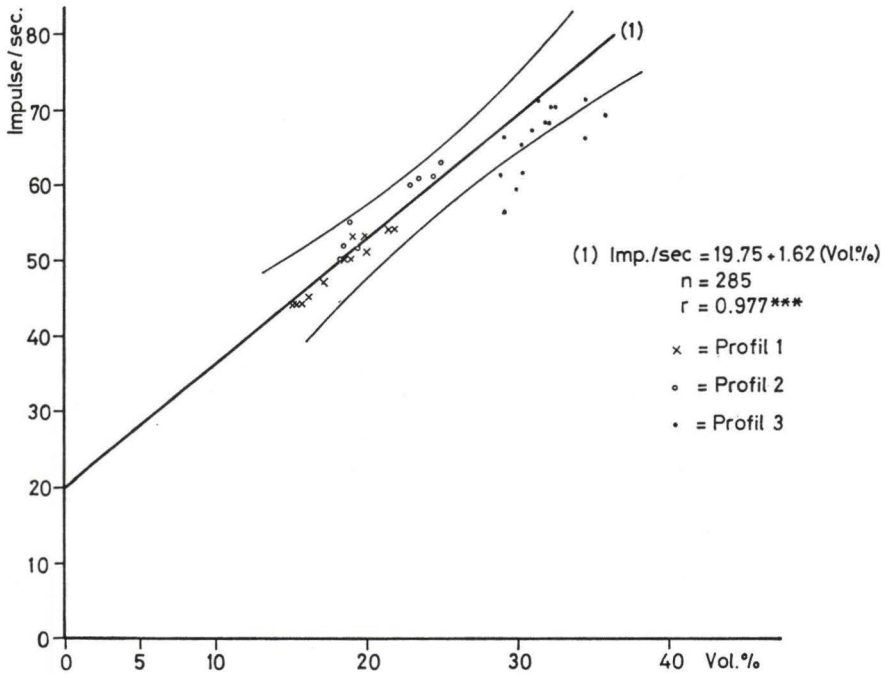


Abb. 4. Reproduzierbarkeit der Meßwerte nach 2 Jahren Meßbetrieb.

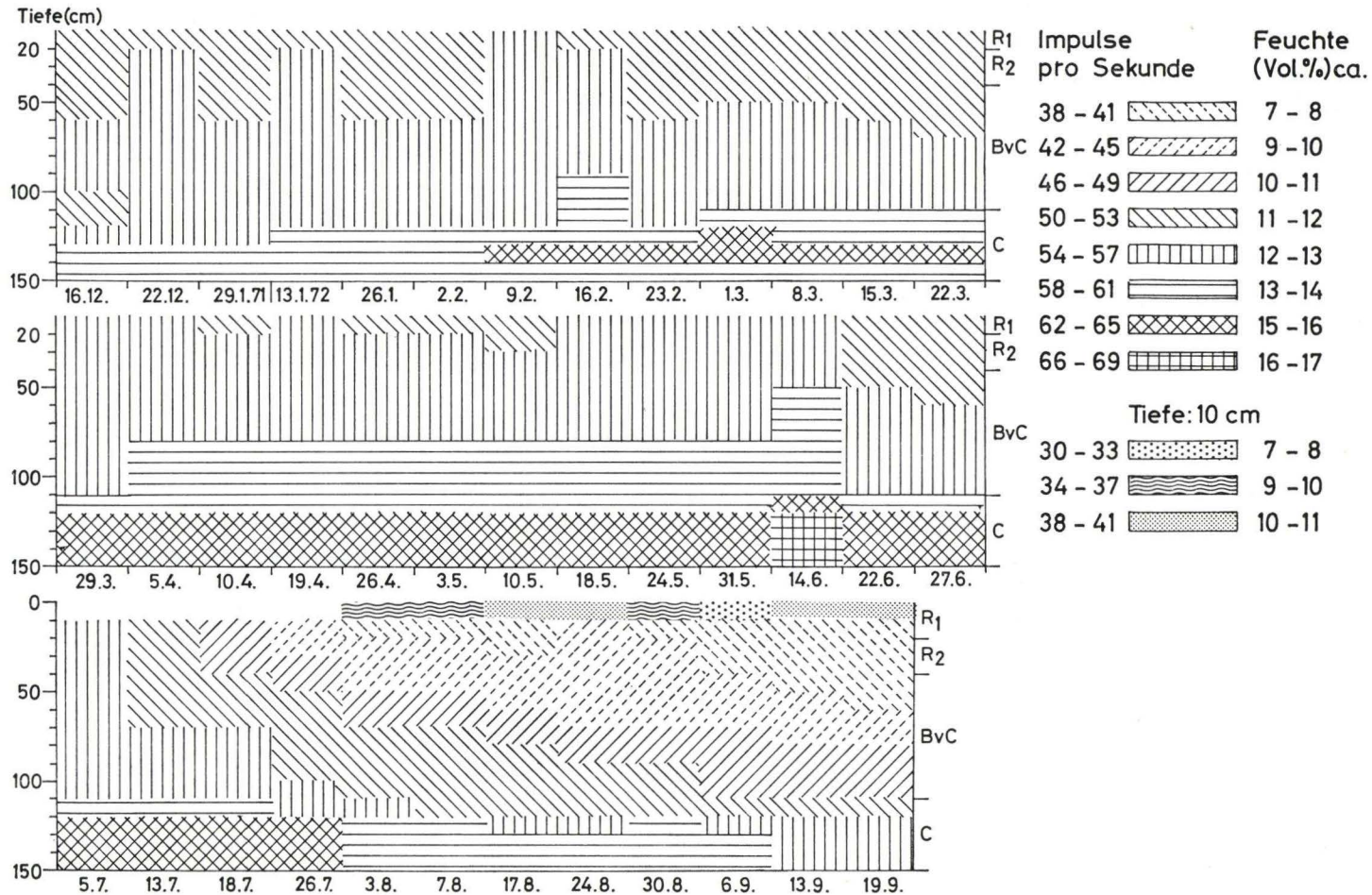


Abb. 5. Bodenfeuchte-Veränderungen in Profil 5.

Rendzina-Rigosol am ehesten durch die vorgenannten physikalischen Vorgänge auszeichnen, war eine solche Veränderung nicht eingetreten, wie die Ergebnisse nachfolgender Untersuchung beweisen (Abb. 4). Danach sind die Wertepunkte innerhalb der Konfidenzintervalle der Geraden (1) aus der Eichung derjenigen Meßrohre gewonnen, die zur Untersuchung der Wasserdynamik im Boden dienen.

Diese Rohre wurden auf eine mögliche Verfälschung der Meßergebnisse (z. B. durch bevorzugte Bildung von Abflußbahnen an der Rohraußenwand) erst nach Beendigung der Messungen geeicht. Es sollte geprüft werden, ob die gefundenen Werte sich noch im Streuungsbereich der zu Beginn der Untersuchungen erstellten Eichgeraden befanden. Das Ergebnis zeigt (Abb. 4), daß die Wertepaare der Lößböden sich dem Kurvenzug der Eichgeraden innerhalb des Vertrauensbandes gut anpassen und damit als statistisch signifikant gelten können. Die Wertepaare aus dem Oberboden des Tonmergels befinden sich dagegen nahe an der Grenze der statistischen Sicherung, die des Unterbodens liegen innerhalb des Zufallsbereiches, sie sind nicht mehr signifikant. Dies bedeutet, daß zu irgendeinem Zeitpunkt im Laufe der Untersuchungen im Unterboden des Rendzina-Rigosols eine Schrumpfung eingetreten war, die zu einer Kluftbildung des Bodens mit dem Meßrohr führte. Damit war eine Transformation der Meßdaten über die Eichkurve in Vol.-% Bodenfeuchte zumindest für den Untergrund des C<sub>2</sub>-Horizontes nicht mehr gegeben.

Die Ergebnisse lassen folgenden Schluß zu:

Eine mögliche Veränderung der Meßanzeige im Laufe einer längeren Untersuchungsperiode ist nicht von der Zeitdauer abhängig, während der die Meßrohre im Boden verbleiben, sondern von den während der Untersuchungsjahre herrschenden Witterungsverhältnissen, der Bodenart und der jeweiligen Methode, mit der man die Meßrohre in den Boden einbringt. Die Einflüsse dieser Faktoren sind nicht voneinander zu trennen, sie bedingen sich gegenseitig. Daraus folgt, daß die an einem bestimmten Standort erzielten Untersuchungsergebnisse über den Einfluß des Alters der Meßrohre auf die Reproduzierbarkeit der Meßwerte nicht allgemein auf alle Standorte übertragbar sind.

### 3.2. Wasserhaushaltsdynamik der untersuchten Standorte

Während die Witterungsfaktoren bei allen Profilen in der Tendenz übereinstimmende Bodenfeuchteveränderungen erbrachten, bewirkten bodeneigene Faktoren, Vegetation und Kulturmaßnahmen eine große Verschiedenheit der dynamischen Wasserverhältnisse in den einzelnen Profilen. Bei den bodeneigenen Faktoren gilt dies besonders hinsichtlich der Porengrößenverteilung. Dieser Faktor bewirkte in den einzelnen Bodenprofilen unabhängig von ihrem Gesamtwassergehalt eine unterschiedliche Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers. Vergleicht man z. B. den Parabraunerde-Rigosol mit dem Pararendzina-Rigosol in bezug auf das pflanzenverfügbare Wasser, so stand dem Pararendzina-Rigosol trotz einer höheren Abnahme des Gesamtwassergehaltes ein um ca. 10 Vol.-% höherer Wassergehalt für die Aufnahme durch die Pflanze zur Verfügung.

Dies ist eine Folge der unterschiedlichen Porengrößenverteilung in beiden Profilen. Im Parabraunerde-Rigosol überwiegt der Anteil an feinen Poren. Der hohen Feld-

kapazität im Rendzina-Rigosol entsprach nur ein relativ geringer Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser, entsprechend dem hohen Anteil an feinen Poren am Gesamtporenvolumen.

Im Gegensatz hierzu lag in einer Braunerde und in einem Braunerde-Rigosol der niedrige Gesamtwassergehalt (Abb. 5), dank der günstigen Porengrößenverteilung (Abb. 6), fast vollständig in pflanzenverfügbarer Form vor.

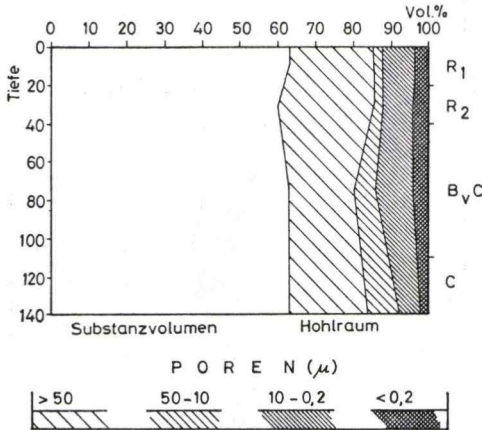


Abb. 6. Porengrößenverteilung in Profil 5.

Gemessen am Gesamt-Wassergehalt standen dem Rigosol über Rupelton nach Abzug des toten Wassers (Vol.-% H<sub>2</sub>O bei pF 4,2) nur geringe Mengen an pflanzenverfügbarem Wasser zur Verfügung. Im begrüneten Teilstück (natürlicher Unkrautbewuchs) war dagegen während der Hauptvegetationszeit in diesem Boden kein pflanzenverfügbares Wasser mehr enthalten. Die gleiche Tendenz ließ sich bei den begrüneten Teilstücken „Weißklee“ und „Weidelgras“ gegenüber dem bearbeiteten Teilstück des Parabraunerde-Rigosols feststellen.

In Abb. 7 ist die Schwankungsbreite des Bodenwassergehaltes, der höchste und niedrigste Wassergehalt während der gesamten Untersuchungszeit, abgebildet. Für die Parzellen „bearbeitet“, „Weißklee“ und „Weidelgras“ treten die durch die Vegetation bedingten Unterschiede in den Wasserverhältnissen aus der Lage und der Form dieser Flächen sehr deutlich hervor. Die Parzelle „Weidelgras“ zeigt gegenüber „Weißklee“ eine für das gesamte Solum einschließlich des Untergrundes größere Amplitude des Bodenwassergehaltes und damit zugleich die bis zu einer Tiefe von 1,50 m festgestellt stärkere Austrocknung des Bodens.

Abb. 8 zeigt die monatliche Bodenfeuchte-Entwicklung von 0,20–0,60 m Tiefe der untersuchten Bodentypen während des gesamten Untersuchungszeitraumes. Der Pseudogley unter Grünland zeigte während der niederschlagsarmen Zeit von März bis September 1971 die stärkste Austrocknung im A<sub>p</sub>- und S<sub>w</sub>-Horizont. Die höchste Wasserkapazität und die geringsten Feuchteschwankungen zeigte der Rendzina-Rigosol, gefolgt vom Rigosol aus Lößlehm über Rupelton. Die Lößböden (Parabraun-

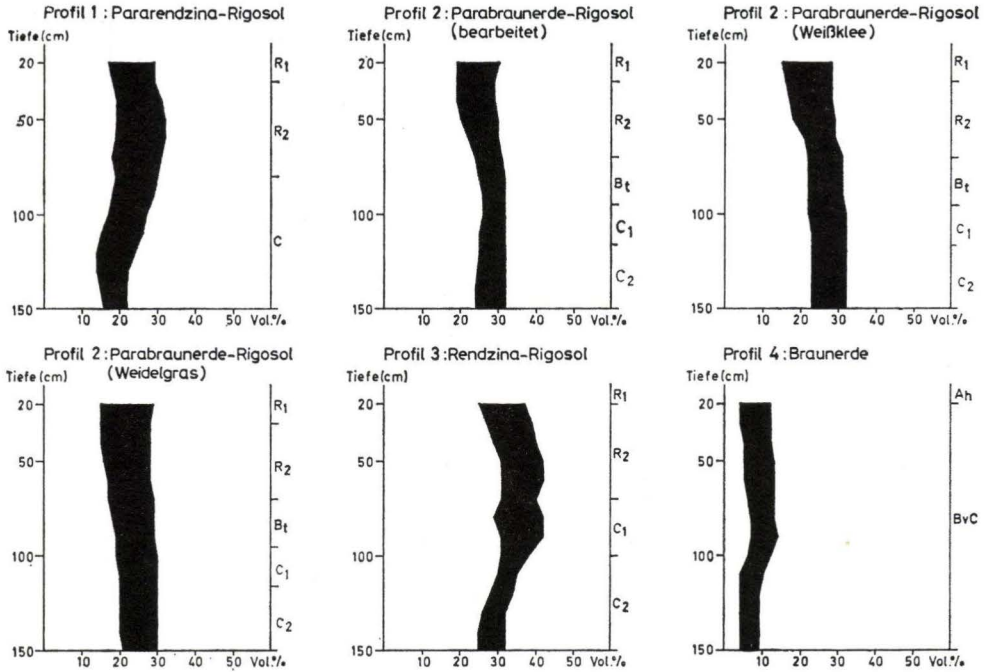


Abb. 7. Schwankungsbreite des Bodenwassergehaltes der einzelnen Bodentypen.

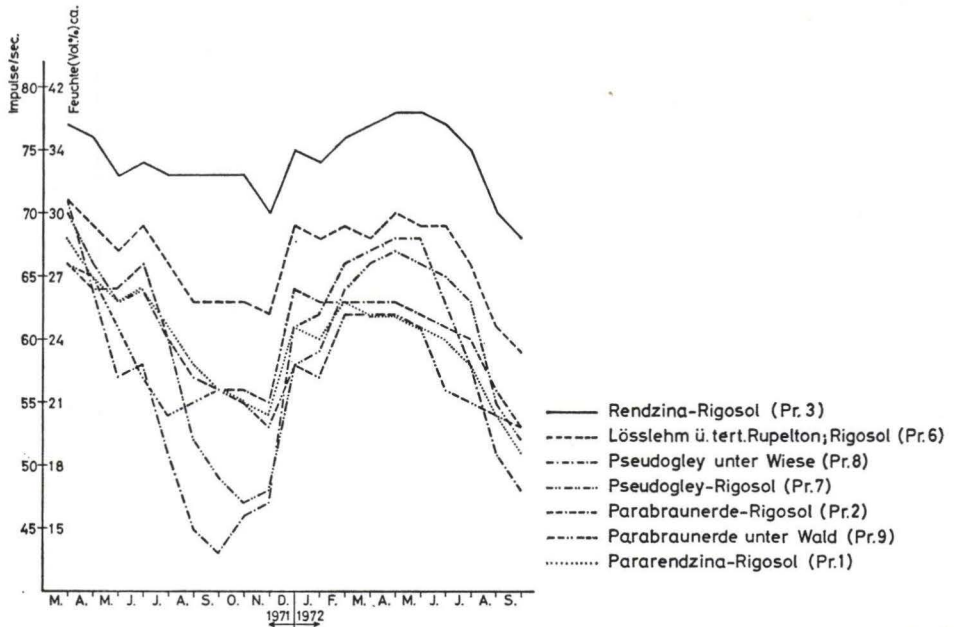


Abb. 8. Monatliche Bodenfeuchte-Entwicklung von 0,20—0,60 m Tiefe.

erde-Rigosol, Parabraunerde unter Wald, Pararendzina-Rigosol) nahmen zwischen dem Rendzina-Rigosol und Rigosol aus Lößlehm über Rupelton einerseits und dem Pseudogley bzw. -Rigosol andererseits, eine Mittelstellung ein.

### Bedeutung der Untersuchungen für die Weinbautechnik

Der unterschiedliche Vorrat an pflanzenverfügbarem Wasser in den einzelnen Standorten gibt Hinweise für die Auswahl geeigneter Unterlagen und Sorten bzw. Klone für den betreffenden Standort, denn innerhalb der einzelnen Sorten und Unterlagen gibt es Klone mit hohen und geringen Ansprüchen an den Wasserhaushalt. Mit Hilfe der Feuchtemessungen lassen sich im Zusammenhang mit bodenphysikalischen Untersuchungen weinbautechnische Maßnahmen (Melioration bei der Neuanlage, Begrünung) zur Sicherung der nutzbaren Wasservorräte mit größerer Erfolgssicherheit durchführen und insbesondere der Zeitpunkt und Menge der Beregnung im Boden festlegen (CZERATZKI 1964, 1968).

### 4. Beziehung zwischen Dichte und Vol.-% Bodenfeuchte aller untersuchten Standorte

In Abb. 9 ist die Beziehung zwischen der Dichte = Trockenraumgewicht (ermittelt mit der Gammastrahlensonde) und Vol.-% Feuchte (ermittelt mit der Neutronen-sonde) für jedes Profil einzeln aufgezeichnet.

Hervorzuheben ist, daß mit steigender Dichte die Bodenfeuchte unter Rebenvegetation zunimmt, während sie unter Waldvegetation abnimmt. Nur im Pararendzina-Rigosol ist die Beziehung zunächst ansteigend, um dann leicht abzufallen. Dies ist zu begründen mit dem Einfluß der Begrünung auf die Wasserdynamik in den Parzellen „Weidelgras“ und „Weißklee“.

Die gestrichelte Linie der Parabraunerde unter Wald als Gegensatz zu den durchgezogenen Linien dokumentiert den Einfluß der unterschiedlichen Kulturarten auf die Wasserverhältnisse im Boden. Die sich aus den Wertepaaren ergebende Parabel (nur mit Wertepunkten  $x$  eingezeichnet) ist im oberen Bereich nicht mehr als zutreffend anzusehen [Parabel (3) in Abb. 9].

Die Beziehung zwischen Dichte und Vol.-% Feuchte im Cyrenenmergel dürfte vielmehr einer linearen positiven Regression folgen. Da das Anzeigegerät der Neutronen-sonde aber infolge Schrumpfung des Bodens und des damit eingetretenen Kontaktverlustes zwischen Meßrohr und Boden eine zu geringe Impulsrate registrierte, war auch der über die Eichkurve abgelesene Wassergehalt zu niedrig. Dies führte dazu, daß hauptsächlich im Unterboden bei steigender Dichte die Bodenfeuchte scheinbar abnahm und die sonst linear verlaufene Beziehung die quadratische Form annahm.

Zu den Regressionsgleichungen (Tab. 1) der einzelnen Kurvenzüge ist das für das Punktediagramm jeder Regressionsgeraden gewählte Symbol mit angegeben. Hieraus ist die Streubreite der Wertepaare gut zu erkennen. Die ebenfalls aus den Gleichungen zu entnehmende, geforderte Sicherheitswahrscheinlichkeit von mindestens 95% erfüllen alle Beziehungen, mit Ausnahme derjenigen in Profil 1, deren Sicherheit nur wenig unter der geforderten Grenze liegt.

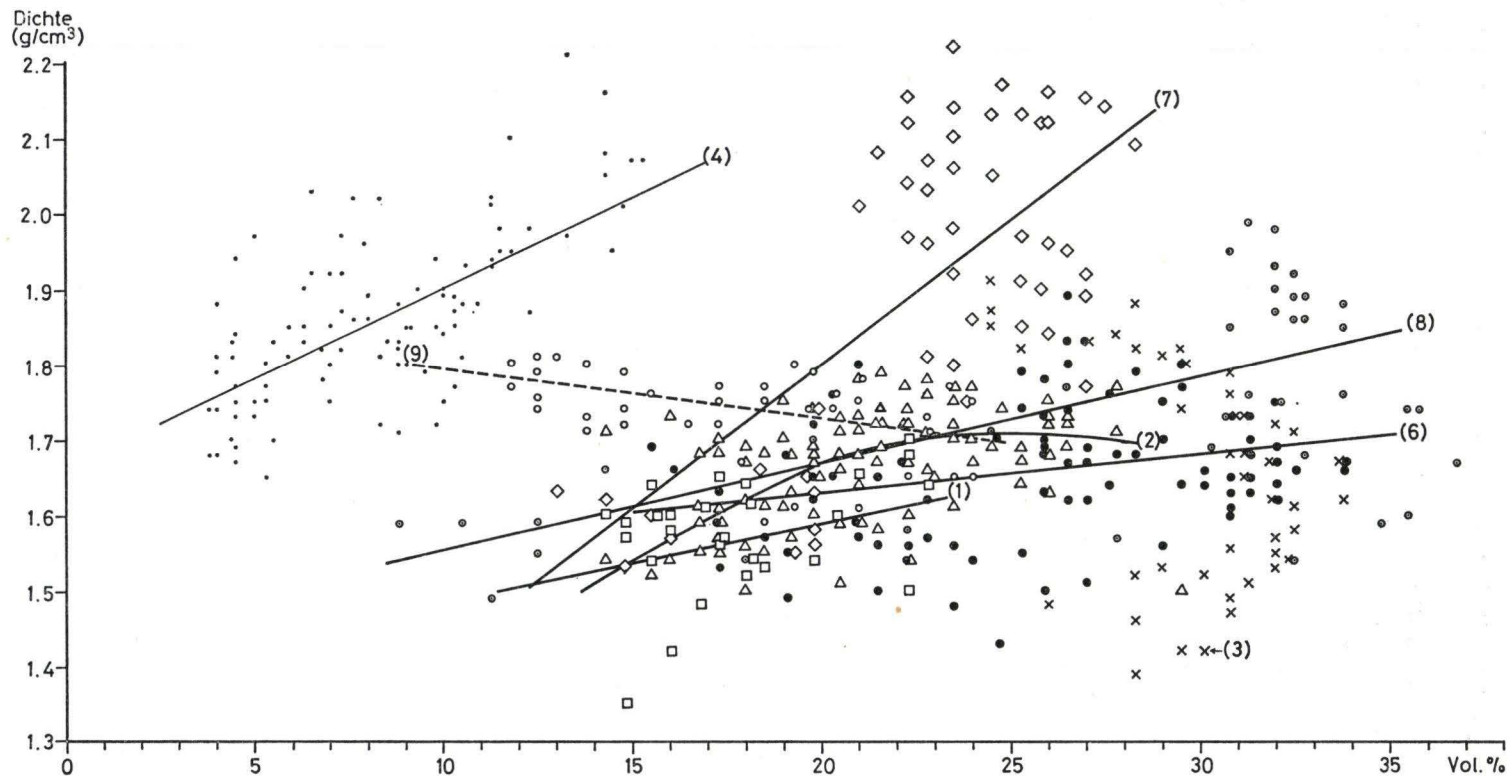


Abb. 9. Beziehung zwischen Dichte — g/cm<sup>3</sup> — (ermittelt mit der Gammastrahlensonde) und Vol.-% Feuchte (ermittelt mit der Neutronensonde) aller untersuchten Bodentypen.

Tab. 1. Regressionsgleichungen zu den Kurvenzügen in Abb. 9.

(1) Profil 1 (□)-Pararendzina-Rigosol- Dichte = $1.39 + 0.01032(\text{Vol.}\%)$ n = 28 r = 0.358	(2) Profil 2 [bearb., Weidelgras + Weißklee] (Δ)-Parabraunerde-Rigosol- Dichte = $0.843 + 0.0685(\text{Vol.}\%) - 0.001352(\text{Vol.}\%)^2$ n = 154 r = 0.537***
(3) Profil 3 (x)-Rendzina-Rigosol- Parabel *** n = 56	(4) Profil 4 und 5 (·)-Braunerde-Rigosol- Dichte = $1.66 + 0.0240(\text{Vol.}\%)$ n = 112 r = 0.643***
(6) Profil 6 (•) [bearbeitet + begrünt] -Rigosol über Rupelton- Dichte = $1.525 + 0.0051(\text{Vol.}\%)$ n = 98 r = 0.278**	(7) Profil 7 (◇)-Pseudogley-Rigosol- Dichte = $1.051 + 0.0377(\text{Vol.}\%)$ n = 56 r = 0.664***
(8) Profil 8 (○) -Pseudogley- Dichte = $1.453 + 0.01104(\text{Vol.}\%)$ n = 56 r = 0.58***	(9) Profil 9 (◊) -Parabraunerde unter Wald Dichte = $1.86 - 0.00686(\text{Vol.}\%)$ n = 56 r = 0.519***

### 5. Beziehung zwischen Dichte und Gesamtporenvolumen bzw. Substanzvolumen aller untersuchten Standorte

Die Beziehung zwischen Dichte ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) und Gesamtporenvolumen bzw. Substanzvolumen aller untersuchten Profile zeigt Abb. 10. Mit steigender Dichte nimmt das Gesamtporenvolumen ab bzw. das Substanzvolumen zu. Gesamtporen- und Substanzvolumen verhalten sich spiegelbildlich zueinander.

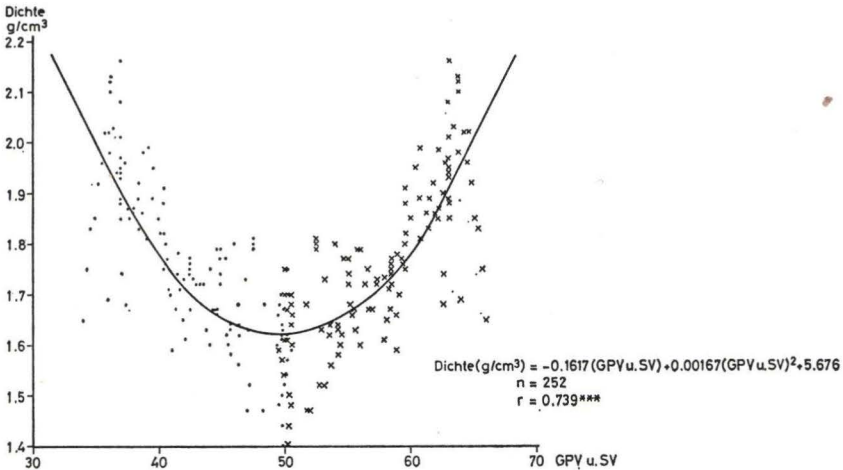


Abb. 10. Beziehung zwischen Dichte ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) und Gesamtporenvolumen bzw. Substanzvolumen (Vol.-%) aller untersuchten Profile.

Ihre Beziehung zur gemessenen Dichte (= Trockenraumgewicht) kann rechnerisch durch eine Parabel (Polynom zweiten Grades), aber auch durch eine Gerade (Polynom ersten Grades) wiedergegeben werden. Die Prüfung auf Signifikanz ergibt in beiden Fällen mit  $P = 1\%$  eine sehr gute Sicherung.



## 6. Zusammenfassung

An neun typischen Weinbaustandorten des Rheingaaues wurden 12 Meßstellen eingerichtet, um den Gesamtkomplex der Wasserhaushaltsdynamik mit Hilfe der Neutronensonde zu erfassen.

Vor Beginn der Feuchte- und Dichtemessungen wurden die Eichbedingungen festgelegt. Sie richteten sich vor allem auf die Technik der Probenentnahme, auf die Ausschaltung der Meßfehler bei der Auswertung der Daten und auf die Zahl der Stichproben. Die Ergebnisse der Eichungen auf verschiedenen Bodentypen wurden regressionsanalytisch ausgewertet.

Durch einen Meßvergleich von Neutronensonden wird eine erneute Feldeichung für eine Sonde überflüssig, wenn bereits eine Eichkurve von den betreffenden Böden vorliegt. Ein solcher Sondenvergleich ermöglicht weiterhin, Eichkurven von verschiedenen Standorten vergleichend zu bewerten. Die praktische Nutzanwendung aus dieser Untersuchung konnte an einem Meßvergleich zweier verschiedener Anzeigergeräte demonstriert werden.

Mit Hilfe eines sogenannten Neutronenreflektors wurden statistisch gesicherte Eichgeraden zur Messung der Bodenfeuchte und -dichte auch an der Bodenoberfläche erstellt.

Die Untersuchungsergebnisse über den Einfluß des Alters der Meßrohre auf die Reproduzierbarkeit der Meßwerte zeigen, daß eine mögliche Veränderung der Meßanzeige im Laufe einer längeren Untersuchungsperiode nicht von der Zeitdauer abhängig ist, während der die Meßrohre im Boden verbleiben, sondern von den während der Untersuchungsjahre herrschenden Witterungsverhältnissen, der Bodenart und jeweiligen Methode, mit der man die Meßrohre in den Boden einbringt.

Die Beziehung zwischen Dichte ( $\text{g/cm}^3$ ) = Trockenraumgewicht (ermittelt mit der Gammastrahlensonde) und Vol.-% Bodenfeuchte (ermittelt mit der Neutronensonde) aller untersuchten Standorte ist mit  $P = 5\%$  statistisch gesichert.

Die Beziehung zwischen Dichte und Gesamtporenvolumen bzw. Substanzvolumen aller untersuchten Profile folgt rechnerisch einer Parabel und ist mit  $P = 1\%$  statistisch sehr gut gesichert.

## 7. Schriftenverzeichnis

- BAVEL, C. H. M. VAN, NIELSEN, D. R. & DAVIDSON, J. M. (1961): Calibration and Characteristics of two neutron probes. — Proc. Soil Sci. Soc. America, **25**: 329—334; Baltimore.
- BECKER, H. & ZAKOSEK, H. (1969): Rebsorten und Böden in den Hessischen Weinbaugebieten. — Weinberg u. Keller, **3**: 135—141; Frankfurt a. M. u. Traben-Trarbach.
- BIRK, H. & ZAKOSEK, H. (1960): Die bodenangepaßten Unterlagssorten der hessischen Weinbaugebiete. — Weinberg u. Keller, **7**: 9—15; Frankfurt a. M.
- BOEKSTEGEN, P. (1963): Bodenfeuchte- und Bodendichteuntersuchungen mit radioaktiven Strahlen unter besonderer Berücksichtigung der Verwendungsmöglichkeiten der Oberflächensonden. — Z. Kulturtechn. u. Flurber., **4**: 337—360; Berlin + Hamburg.
- BRECHTEL, H. M. (1970): Wald und Retention. Einfache Methoden zur Bestimmung der lokalen Bedeutung des Waldes für die Hochwasserdämpfung. — Deutsch. Gewässerkdl. Mitt., **14** (4): 95; Koblenz.

- BRECHTEL, H. M. (1972): Einfluß von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen auf die Schneeansammlung und Schneeschmelze in den Hochlagen des westlichen Vogelsberges. — *Deutsch. Gewässerkd. Mitt.*, **16** (5): 123—124; Koblenz.
- BUCHMANN, J. (1969): Untersuchung der Dynamik des Wasserhaushaltes verschiedener Bodentypen insbesondere mit Hilfe der Neutronensonde. — Diss.; Bonn.
- CZERATZKI, W. (1964): Beregnung — ihr rechtzeitiger Einsatz nach Bodenfeuchte. — *KTL-Arbeitsbl. Landtechn.*, F-RE 1961, **29**, Frankfurt a. M.
- (1968): Mehrjährige Vergleichsuntersuchungen zwischen gravimetrischer Methode und Neutronenmessung zur Kontrolle der Bodenfeuchte bei einem Beregnungsversuch. — *Landwirtschaftl. Forsch.*, **21**: 292—305; Frankfurt a. M.
- HOFFMANN, B. (1965): Die Bodenfeuchtemessung unter Berücksichtigung der neuesten Ergebnisse mit Neutronensonden. — *Mitt. deutsch. bodenkdl. Ges.*, **2**: 47—55; Göttingen.
- HOFMANN, E. (1972): Beobachtungen und Ergebnisse einer mehr als 30jährigen Versuchsanlage mit 12 Geisenheimer Riesling-Klonen auf verschiedenen Klonen der Berlandieri x Riparia Kober 5BB. — *Wein-Wiss.*, **27** (9/10): 274; Wiesbaden.
- LEENHERR, L. DE, BOODT, M. DE & ROBBERECHTS, jr. E. (1967): Correlation between crop yields in a topsequence of the Belgian loessloam landscape and the soil water economy during the years 1964 and 1965. — *Mitt. deutsch. bodenkdl. Ges.*, **7**: 112 bis 129; Göttingen.
- MARAIS, P. G. & SMIT, W. B. (1960): Laboratory calibration of the neutron moisture meter. — *South Afric. J. Agr. Sci.* **3**: 581—601; Pretoria.
- (1962): Effect of bulk density and of hydrogen in others than free water on the calibration curve of the neutron moisture meter. — *South Afric. J. Agr. Sci.*, **5**: 225—238; Pretoria.
- MOUTONNET, P., BUSCARLET, L. A. & MARCESSE, J. (1967): Emploi d'un humidimètre à neutrons de profondeur associé à un réflecteur pour la mesure de la teneur en au des sols au voisinage de la surface. — *An. Inst. Techn. Bâtiment et Travaux publ.*, **233**: 602—606; Centre d'Études nucléaires de Cadarache.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1962): Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. — Frankfurt a. M. (DLG-Verlag).
- SIEVERS, E. (1967): Methoden der Klonen-Selektion. — *Deutsches Weinbaubuch*, **18**: 129—133; Waldkirch, Brsg.
- (1969): Die Geisenheimer Riesling-Klone und ihre Bedeutung für den deutschen Riesling-Anbau. — *Rebe u. Wein*, **22**: 294—299; Weinsberg, Württ.
- WEILING, F. & SCHÖFFLING, H. (1968): Über das Verhalten korrelativer Beziehungen zwischen Triebzahl, Ertrag, Mostgewicht und Gesamtsäure bei den Geisenheimer Riesling-Konen 64, 237, 239 und 198 in zwei verschiedenen Jahren. — *Weinberg u. Keller*, **15**; Frankfurt a. M.
- WEISE, K.: (1970): Über Erfahrungen mit der Neutronensonde bei Bodenfeuchtheitsmessungen sandiger Böden unter Feldbedingungen. — *Thaer-Arch.*, **14** (3): 233—244; Berlin.
- ZAKOSEK, H. (1962): Die Böden des Rheingaukreises. — In: *75 Jahre Rheingaukreis*: 136—143; Rüdesheim/Rhein.
- KREUTZ, W., BAUER, W., BECKER, H. & SCHRÖDER, E. (1967): Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **50**, 1 Atlas; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 7. 11. 1973

## Hessisches Geologisches Schrifttum 1973

mit Nachträgen aus den Jahren 1963—1972

Bearbeitet von

ANNELIES HERZBERG, Wiesbaden\*

### Nachtrag aus dem Jahre 1963

- BAUER, L.: Der Rhein im Jahre 1962. Eine intensive Flußuntersuchung. — Wasser, Luft u. Betrieb, **7**, 10, S. 561—565, Mainz 1963.
- FINCKENSTEIN, K., Graf: Naturpark Rhein-Westerwald. 39 S., Tab., Ktn., Bilder, Mainz (L.-Pl. Rheinland-Pfalz) 1963.
- FROHNHOLZER, J.: Systematik der Wasserkräfte der Bundesrepublik Deutschland, Stand 1962. 159 S., 63 Abb., 43 Anl., Tab., München (Selbstverl. Bayer. Wasserkraftwerke AG) 1963.
- MARTIN, G. R. P.: Die Homburger Mineralquellen. — Mitt. Ver. Gesch. u. Landesk. Bad Homburg v. d. H., **28**, S. 75—83, Bad Homburg v. d. H. 1963.
- Die Trinkwasserversorgung — ein geologisches Problem. — Mitt. Ver. Gesch. u. Landesk. Bad Homburg v. d. H., **28**, S. 90—93, Bad Homburg v. d. H. 1963. [Bad Homburg v. d. H. u. Oberursel]
- PICHL, K.: Die Anhebung des Hochwasserspiegels und die Veränderungen im Niedrigwasserbett des Rheins durch den Ausbau der Bundesstraßen B 9 und B 42 in seiner Gebirgsstrecke. — Deutsch. gewässerk. Mitt., **7**, 2, S. 40—44, 4 Abb., 3 Tab., Koblenz 1963.

### Nachtrag aus dem Jahre 1964

- KARRENBERG, H.: Hydrogeologische Kartierung in der Bundesrepublik Deutschland. — Versl. Meded. Commiss. Hydrol. Onderz. T.N.O., **11**, S. 27—50, 2 Abb., s'Gravenhage 1964.

### Nachtrag aus dem Jahre 1967

- REUSS, H.: Bürstadt in seiner Geschichte. 398 S., Abb., Tab., Ktn., Bilder, Mannheim (Südwestdeutsche Verl.-Anst.) 1967.
- WIESNER, E.: Das Miozän im östlichen Mainzer Becken unter besonderer Berücksichtigung der Mikrofauna. Diss., Frankfurt a. M. 1967.
- ZIMNOCH, E.: Zmetamorfizowane złoża rud żelaza w Sudetach na tle innych słóż tego typu (Gites métamorphisés des minerais de fer dans les Sudètes comparés au point de vue de

---

\*) Dr. A. HERZBERG, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.

structure aux autres gisements analogues). — *Geologia Sudetica*, **3**, S. 251–296, 37 Taf., Warszawa 1967. [Lahn-Dill-Gebiet]

## Nachtrag aus dem Jahre 1968

FRISCHEN, A.: Die Wandlungen in der Wirtschafts- und Sozialstruktur des Hohen Westerwaldes um die Mitte des 20. Jahrhunderts. — *Arb. rhein. Landeskd.*, **25**, 144 S., Tab., Ktn., Bilder, Bonn 1968.

## Nachtrag aus dem Jahre 1969

CARBONNEL, G. & RITZKOWSKI, S.: Ostracodes lacustres de l'Oligocène (Melanienton) de la Hesse (Allemagne). — *Arch. Sci. Genève*, **22**, 1, S. 55–82, 4 Abb., 2 Tab., 5 Taf., Genève 1969.

KNIESEL, J.: Über das Abgabevermögen der Grundwasserleiter des Mittleren Buntsandsteins in Thüringen. — *Z. angew. Geol.*, **15**, 1, S. 25–28, 1 Abb., Berlin 1969.

KREBS, W.: Early void-filling cementation in devonian fore-reef limestones (Germany). — *Sedimentology*, **12**, 3/4, S. 279–299, 8 Abb., 1 Tab., Amsterdam 1969.

SCHAEFER, A.: Wiesbaden. Von der Römersiedlung zur Landeshauptstadt. 211 S., Abb., Ktn., Frankfurt a. M. (Kramer) 1969.

UDLUFT, P.: Hydrogeologie und Hydrochemie der Südrhön. Unter besonderer Berücksichtigung der Mineralquellen im Brückenaauer Raum. 132 S., T.H., Fak. f. allgem. Wiss., München 1969.

Landformen im Kartenbild. Topographisch-Geomorphologische Kartenproben 1:25 000. Gruppe II: Mittelgebirge. Gefalteter Unterbau, stellenweise überlagert. Kartenprobe 3: Rheindurchbruch bei Abmannshausen. Hrsg. W. HOFMANN u. H. LOUIS, 12 S., 5 Abb., 9 Ktn., Braunschweig (Westermann) 1969.

Landformen im Kartenbild. Topographisch-Geomorphologische Kartenproben 1:25 000. Gruppe II: Mittelgebirge. Gefalteter Unterbau, stellenweise überlagert. Kartenprobe 4: Durchbruchstal der Nahe bei Bingen. Hrsg. W. HOFMANN u. H. LOUIS, 13 S., 4 Abb., 7 Ktn., Braunschweig (Westermann) 1969.

Landformen im Kartenbild. Topographisch-Geomorphologische Kartenproben 1:25 000. Gruppe II: Mittelgebirge. Gefalteter Unterbau, stellenweise überlagert. Kartenprobe 5: Bruchschollengebiet bei Eppstein im Taunus. Hrsg. W. HOFMANN u. H. LOUIS, 10 S., 2 Abb., 9 Ktn., 1 Anaglyphenbild, Braunschweig (Westermann) 1969.

## Nachtrag aus dem Jahre 1970

BLIND, H.: Die Niddatalperre. — *Wasserwirtsch.*, **60**, 6, S. 193–199, 7 Abb., Stuttgart 1970.

BOLBACH, L.: Aus der Erdgeschichte des Odenwaldes. — *Naturwiss. Ver. Darmstadt*, Bericht 1968/69, S. 11–36, Darmstadt 1970.

DAHM-ARENS, H.: Geologische Beobachtungen im Muschelkalk nordwestlich Karlshafen (Weser). — *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.*, **17**, S. 669–677, Abb., Taf., Ktn., Krefeld 1970.

DIEHL, H.: Über die geologischen Verhältnisse des Kreises Offenbach a. M. — *Stadt u. Kreis Offenbach a. M., Studien u. Forsch.*, NF **3**, S. 1–4, Offenbach a. M. 1970.

— Über die Artefakte von Dietzenbach, Kreis Offenbach. — *Odenwald*, **17**, 4, S. 120–124, 1 Abb., Michelstadt/Odw. 1970.

GEIGER, M.: Die pleistozäne Hangabtragung im Heidelberger Buntsandstein-Odenwald. Diss., Heidelberg 1970.

GLAVAČ, V. & BOHN, U.: Quantitative vegetationskundliche Untersuchungen zur Höhengliederung der Buchenwälder im Vogelsberg. — *Schr.-R. Vegetationsk.*, **5**, S. 135–185, Abb., Tab., Ktn., Bonn-Bad Godesberg 1970.

- HEIN, E.: Die Weschnitz-Senke. — Odenwald, **17**, 4, S. 106—117, 1 Abb., Michelstadt/Odw. 1970.
- JAHNE, H., OETTEL, S. & VOITEL, R.: Die feinstratigraphische Gliederung des Salinars im Zechstein 1 des Werra-Kaligebietes. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläontol., **15**, 4, S. 505—515, 7 Abb., Berlin 1970.
- KNAPP, R.: Beiträge zur Vegetationskunde von Hessen. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., **37**, S. 119—130, Tab., Gießen 1970.
- MAI, D. H.: Die tertiären Arten von *Trigonobalanus* FORMAN (Fagaceae) in Europa. — Jb. Geol., **3**, S. 381—409, 1 Abb., 4 Taf., Berlin 1970.
- Subtropische Elemente im europäischen Tertiär 1. Die Gattungen *Gironniera*, *Sarcococca*, *Illicium*, *Evodia*, *Ilex*, *Mastixia*, *Alangium*, *Symplocos* und *Rhedodendron*. — Paläontol. Abh., B, **3**, 3/4, S. 441—503, 17 Abb., 12 Taf., Berlin 1970.
- Neue Arten aus tertiären Lorbeerwäldern in Mitteleuropa. — Feddes Repert., **81**, 6—7, S. 347—370, 4 Abb., 4 Taf., Berlin 1970. [Wetterau]
- MASUCH, K.: Häufigkeit und Verteilung bodengefährdender sommerlicher Niederschläge in Westdeutschland nördlich des Mains zwischen Weser und Rhein. — Forsch. deutsch. Landesk., **181**, 23 S., 2 Abb., 2 Tab., 10 Ktn., Bonn-Bad Godesberg 1970.
- NEUBAUER, D.: Axinit, ein nicht alltäglicher Fund von Bensheim-Auerbach. — Aufschluß, **21**, 5, S. 169, Heidelberg 1970.
- POTONIÉ, R.: Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae VI. Teil. — Beih. geol. Jb., **94**, S. 3—18, 1 Abb., Hannover 1970.
- ROTH, P. H.: Oligocene Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy. — Eclog. geol. Helvet., **63**, 3, S. 799—881, 17 Abb., 14 Taf., Basel 1970.
- STIEHL, E.: Niederschlagsanalysen im Raum Marburg/Lahn unter besonderer Berücksichtigung der Witterungs- und Reliefeinflüsse. Diss., Marburg 1970.
- STURM, M.: Die eozäne Flora von Messel bei Darmstadt. Diss., Bonn 1970.
- WEYRAUCH, W.: Flug über Franken und Hessen. Städte, Flüsse, Wälder. 119 S., Abb., Braunschweig (Westermann) 1970.
- ZIEHEN, W.: Wald und Steppe in Rheinhessen. Ein Beitrag zur Geschichte der Naturlandschaft. — Forsch. deutsch. Landesk., **196**, 154 S., 2 Abb., 26 Tab., 2 Ktn., Bonn-Bad Godesberg 1970.
- Beiträge und Möglichkeiten zur Existenzsicherung der Landwirtschaft im Vogelsberg. Zwanzig Jahre Bodenverband Vogelsberg. — Schr.-R. Bodenverb. Vogelsberg, 5, 97 S., Tab., Gießen (Gahmig) 1970.

## Nachtrag aus dem Jahre 1971

- ANDRES, G. & MATTHESS, G.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Bayern 1 : 25000, Bl. 6020 Aschaffenburg, S. 217—230, 2 Abb., 1 Tab., 1 Beil., München 1971.
- BARTH, H.: Marmor und Kalksilikatfelse von Auerbach-Hochstädten (Neue Gesichtspunkte zur Metamorphose des altbekannten Mineralfundpunktes). — Oberrhein. geol. Abh., **20**, S. 43—58, Karlsruhe 1971.
- BERNATZKY, A.: Aufgaben und Probleme des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Regierungsbezirk Darmstadt. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, Beih. **21**, S. 1—13, Darmstadt 1971.
- BOCK, J.: Gewässerverunreinigung. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, **10**, 2, S. 27—38, 1 Abb., Darmstadt 1971. [Hessen]
- BOIGK, H.: Wo steht die Erdöl- und Erdgasexploration in der Bundesrepublik heute? — Erdöl u. Kohle, **24**, 5, S. 279—289, 13 Abb., Hamburg 1971.
- FECKER, E.: Tektonische Beobachtungen am Westrand des Rheingrabens bei Neustadt a. d. Weinstraße. — Oberrhein. geol. Abh., **20**, S. 15—20, 5 Abb., Karlsruhe 1971.
- FILIPP, K.: Hochmittelalterliche Landesplanung und geographischer Bedeutungswandel im Rhein-Main-Gebiet. — Ber. deutsch. Landesk., **45**, 2, S. 193—202, 3 Ktn., Bonn-Bad Godesberg 1971.

- FRICK, F. & PICKEL, H.-J.: Ein Färbeversuch im mittleren Muschelkalk bei Retterode (Nordhessen). — Bohrtechn., Brunnenbau, Rohrleitungsbau, **22**, 12, S. 435—438, 5 Abb., 2 Tab., Köln 1971.
- GAHL, H.: Über die Entwicklung der Rheden-Landschaft bei Obersuhl. — Oberhess. naturwiss. Z., **38**, S. 147—158, 1 Abb., Gießen 1971.
- HAENEL, R.: Heat Flow Measurements and a First Heat Flow Map of Germany. — Z. Geophys., **37**, S. 975—992, 4 Abb., 2 Tab., Würzburg 1971. [Oberrheingraben]
- HEINE, K.: Fossile Bodenbildungen auf quartären Flußschottern an der Mittellahn und ihre Bedeutung für die Terrassenstratigraphie. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **22**, S. 17—22, 2 Abb., Öhringen 1971.
- HOPPE, O.: Die Kies- und Sandbaggerei im hessischen Ried und ihr Einfluß auf das Landschaftsbild. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, Beih. **21**, S. 14—29, Darmstadt 1971.
- HUCKRIEDE, R.: Über jungholozäne, vorgeschichtliche Löß-Umlagerung in Hessen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **22**, S. 5—16, Öhringen 1971.
- JUNGBLUTH, J. H.: Zur Kenntnis der Gastropoden des Naturschutzparkes „Hoher Vogelsberg“. II. Die Gehäuseschnecken. — Oberhess. naturwiss. Z., **38**, S. 29—50, 4 Tab., Gießen 1971.
- KNAPP, R.: Beiträge zur Vegetationskunde in Hessen. — Oberhess. naturwiss. Z., **38**, S. 101—118, 15 Abb., 3 Tab., Gießen 1971.
- KNOBLICH, K. & LOIZIDES, G.: Über den Chemiesmus der Grundwässer im Ostteil der Lahnmulde. — Oberhess. naturwiss. Z., **38**, S. 19—27, 5 Abb., 2 Tab., Gießen 1971.
- KRUTZSCH, W.: Atlas der mittel- und jungtertiären dispersen Sporen- und Pollen- sowie der Mikroplanktonformen des nördlichen Mitteleuropas. Coniferenpollen. 234 S., 13 Abb., 13 Tab., 74 Taf., Jena (VEB Fischer) 1971.
- KUTSCHER, F.: Franz Michels † 1891—1970. — Geol. Jb., **89**, S. XXIII—XXXVII, 1 Bildnis, Hannover 1971.
- LAEMMLER, M.: Landschaft, Böden, Wasser. In: Der Landkreis Fulda, S. 11—26, 1 Kte., Stuttgart u. Aalen (Theiss) 1971.
- MÄCKEL, R.: Das Gießener Lahntal im Spät- und Postglazial. Tabellarische Übersicht seiner Entwicklung. — Oberhess. naturwiss. Z., **38**, S. 51, Gießen 1971.
- MARTINI, E. & MÜLLER, C.: Das marine Alttertiär in Deutschland und seine Einordnung in die Standard Nannoplankton Zonen. — Erdöl u. Kohle, **24**, 6, S. 381—384, 1 Taf., Hamburg 1971. [Mainzer Becken, Oberrheingraben]
- MOOS, B.: Taxonomische Bearbeitung der Ostracodengattung *Cytherura* und verwandter Gattungen. — Beih. geol. Jb., **106**, S. 53—108, 3 Tab., 8 Taf., Hannover 1971.
- MÜLLER, U.: Strontium-Thomsonit aus dem Roßbergbasalt von Roßdorf bei Darmstadt. — Aufschluß, **22**, S. 145—148, Heidelberg 1971.
- PUTZER, H.: Wilhelm Kegel † 1890—1971. — Geol. Jb., **89**, S. XIII—XXII, 1 Bildnis, Hannover 1971.
- RICHTER, D.: Sedimentstrukturen in klastischen Ablagerungen des Rheinischen Schiefergebirges. — Forsch. Ber. Nordrhein-Westfalen, **2203**, 124 S., 130 Abb., 1 Tab., Opladen 1971.
- SCHRÖDER, L.: Die Erdöl- und Erdgasexploration in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1970. — Erdöl u. Kohle, **24**, 7, S. 445—452, 6 Abb., 3 Taf., Hamburg 1971.
- STOLTDIS, I.: Ostrakoden aus dem Unterdevon des Bergischen Landes (Rheinisches Schiefergebirge). — Decheniana, **124**, 1, S. 1—38, 11 Abb., 5 Taf., Bonn 1971.
- STOPPEL, D. & ZSCHEKED, J. G.: Zur Biostratigraphie und Fazies des höheren Mitteldevons und Oberdevons im Westharz mit Hilfe der Conodonten- und Ostracodenchronologie. — Beih. geol. Jb., **108**, 84 S., 13 Abb., 8 Taf., Hannover 1971. [Hinweise auf Hessen]
- TRUSHEIM, F.: Zur Bildung der Salzlager im Rotliegenden und Mesozoikum Mitteleuropas. — Beih. geol. Jb., **112**, 51 S., 10 Abb., 2 Tab., 6 Taf., Hannover 1971.
- VIETEN, K.: Laumontit und Kalifeldspat-Pseudomorphosen nach Laumontit in Drusen des Spilits von Herbornoelbach (Lahn-Dill-Gebiet). — Aufschluß, **22**, S. 87—96, Heidelberg 1971.

- Arbeitsgemeinschaft für Dinant-Stratigraphie: Die stratigraphische Gliederung des Dinantiums und seiner Ablagerungen in Deutschland. — Newsl. Stratigr., **1**, 4, S. 7 bis 18, 1 Abb., 1 Taf., Leiden 1971.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Rheingebiet (einschließlich Anteile von Maas u. Vechte). Abflußjahr 1968. 263 S., 5 Ktn., Mainz (L.-Amt Gewässerk. Rheinland-Pfalz) 1971.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Rheingebiet. Abschnitt Main (mit einem Anhang: Bayer. Elbegebiet). Abflußjahr 1969. 103 S., 1 Kte., München (Bayer. L.-Stelle Gewässerk.) 1971.
- Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen. 102 S., 27 Abb., 23 Tab., 14 Ktn., Wiesbaden (Hess. L.-Anstalt Umwelt) 1971.
- Tätigkeitsbericht über die Gemeinschaftsaufgaben für die Haushaltsjahre 1969 und 1970. Hrsg. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 42 S., 8 Abb., Hannover 1971.

#### Nachtrag aus dem Jahre 1972

- AMTHAUER, H.: Untersuchungen zur Talgeschichte der Oberweser. — Göttinger geogr. Abh., **59**, 99 S., 16 Abb., 1 Tab., 3 Beil., Göttingen 1972.
- ANDERLE, H.-J., EHRENBERG, K.-H. & MEISL, S.: Metamorphe Zone und Unterdevon im Taunus. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **54**, S. 123–139, 2 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1972.
- ARMBRUSTER, J. & BIRKENBERGER, R.: Grundwassererkundungen in der badischen Oberreihebene. — Wasser u. Boden, **24**, 9, S. 270–274, 2 Abb., 1 Taf., Hamburg-Blankenese 1972.
- BADER, J.: Problematik der Müllbeseitigung im Planungsraum „Weilmünster“. — Natur u. Landsch., **47**, 2, S. 48–52, 5 Abb., Stuttgart 1972.
- BARDORFF, W.: Naturpark Bergstraße-Odenwald. 128 S., Abb., Karlsruhe (Braun) 1972.
- BARGON, E.: Genese und Mineralbestand verschieden alter Basaltböden in Oberhessen. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **21**, S. 59–64, 2 Tab., Krefeld 1972.
- BARTZ, J. & KÄSS, W.: Heizölversickerungsversuche in der Oberreihebene. Ausbreitung von Heizöl EL und seiner löslichen Stoffe über und im Grundwasser. — Abh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **7**, S. 1–65, 37 Abb., 4 Tab., Freiburg i. Br. 1972.
- BELLIN, G. & BRETSCHNEIDER, H.: Regulierung des Abflusses durch Rückhaltebecken und ihre Wirkung auf den Flußbau. — Wasser u. Boden, **24**, 3, S. 63–66, 3 Abb., 1 Taf., Hamburg-Blankenese 1972. [Niederschlagsgebiet der Schwalm]
- BENEDEK, P. N.: Phytoplanktonten aus dem Mittel- und Oberoligozän von Tönisberg (Niederrheingebiet). — Palaeontographica, Abt. B, **137**, S. 1–71, 28 Abb., 3 Tab., 16 Taf., Stuttgart 1972. [Vorkommen auch in Hessen]
- BEST, G. & MÜLLER, C.: Nannoplankton-Lagen im Unter-Miozän von Frankfurt am Main. — Senck. leth., **53**, 1/2, S. 103–117, 3 Taf., Frankfurt a. M. 1972.
- BROSCHKE, K.-U. & SCHULTZ, H.-D.: Probleme der Schichtstufenlandschaft. Schmitt-henners Theorie im Lichte neuerer Forschungen, insbesondere in Nord-Deutschland. — Geogr. Z., **60**, 3, S. 241–269, 7 Abb., 2 Fig., Wiesbaden 1972. [Beispiele auch aus Nordhessen]
- BRÜNING, H.: Das Rhein-Main-Gebiet in den quartäreiszeitlichen Periglazialbereichen. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **54**, S. 79–100, 14 Abb., Stuttgart 1972.
- BUGGISCH, W. & CLAUSEN, C.-D.: Conodonten- und Goniatiten-Faunen aus dem oberen Frasnium und unteren Famennium Marokkos (Tafilalt, AntiAtlas). — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **141**, 2, S. 137–167, 8 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1972. [Bezug auf hessische Funde]
- EINECKE, E. J.: Bergbau gestern, heute und morgen. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 1–13, 1 Tab., 1 Kte., Weilburg a. d. L. 1972. [Bergbau in Hessen]
- ELLENBERG, J.: Auslaugung und Sedimentation im Gebiet von Gerstungen. — Geologie, **21**, 3, S. 296–304, 3 Abb., Berlin 1972. [N-Teil des Werra-Kali-Gebietes]

- EULER, G. & SCHOPPE, J.: Entwicklung einer Abflußkurve für eine ausgebaute Meßstrecke. — Wasser u. Boden, **24**, 4, S. 102—104, 5 Abb., Hamburg-Blankenese 1972. [Nidda]
- EXLER, H.-J.: Ausbreitung und Reichweite von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom einer Mülldeponie. — Gas- u. Wasserf., **113**, 3, S. 101—112, 13 Abb., 4 Tab., München 1972. [Vergleich mit Untersuchungsergebnissen aus Südhessen]
- FELKEL, K.: Die Wechselbeziehung zwischen der Morphogenese und dem Ausbau des Oberrheins. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **54**, S. 23—44, 7 Abb., Stuttgart 1972.
- FREUND, B.: Entwicklungstendenzen stadtnaher Landwirtschaft nach Untersuchungen im Rhein-Main-Gebiet. — Ber. deutsch. Landeskn., **46**, S. 199—214, 5 Abb., 3 Ktn., Bonn-Bad Godesberg 1972.
- GOHL, D.: Strukturen und Skulpturen der Landschaft. Die Methodik der Darstellung am Beispiel einer Karte von Deutschland. — Forsch. deutsch. Landeskn., **184**, 62 S., 1 Kte., Bonn-Bad Godesberg 1972.
- GOLWER, A., KNOLL, K. H., MATTHESS, G., SCHNEIDER, W. & WALLHÄUSSER, K. H.: Mikroorganismen im Unterstrom eines Abfallplatzes. — Gesundheitsing., **93**, 5, S. 142—152, München 1972. [Abfall-Ablagerungsplatz bei Frankfurt a. M.]
- & MATTHESS, G.: Die Bedeutung des Gasaustausches in der Grundluft für die Selbstreinigungsvorgänge in verunreinigten Grundwässern. — Z. deutsch. geol. Ges., **123**, S. 29—38, 2 Abb., Hannover 1972. [Beispiele aus Hessen]
- & SCHNEIDER, W.: Contamination de l'eau souterraine par des dépôts de déchets et implications pour les méthodes d'évacuation des résidus. — Tribune du CEBEDEAU, **25**, 347, S. 428—433, 1 Abb., 1 Tab., Liège/Belgique 1972. [Analysen aus Hessen]
- HABERER, K.: Trinkwasser im Umweltschutz. I. Das Wasser und seine Bedrohung. — Gas- u. Wasserf., **113**, 10, S. 486—493, München 1972. [Rhein, Weser]
- HERMS, A.: Grundsätze für agrarstrukturelle Vorplanungen (Vorplanung zur Landentwicklung), dargestellt am Beispiel Rhön. — Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, **13**, S. 373—379, Berlin-Hamburg 1972.
- HESSE, K.-H.: Ein Beitrag zur Gebirgsklassifizierung und Vortriebssicherung bei Stollenbauten im Rheinischen Schiefergebirge. — Geol. Mitt., **12**, S. 9—18, 4 Abb., 2 Tab., Aachen 1972. [Pumpspeicherwerk Waldeck II bei Hemfurth/Edersee]
- HILLESHEIM-KIMMEL, U.: Gutachten über geschützte und schutzwürdige Gebiete im Regierungsbezirk Darmstadt. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, Beih. **23** (Jber. 1971), S. 28—120, Abb., Darmstadt 1972.
- HÖLTING, B. & ZAKOSEK, H.: Hydrogeologische und bodenkundliche Untersuchungen in der Lahn-Aue bei Wehrda nördlich Marburg/Lahn. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **21**, S. 371—388, 8 Abb., 3 Tab., Krefeld 1972.
- HOFFMANN, N.: Coccolithen aus der Kreide und dem Paläogen des nördlichen Mitteleuropas (Beitrag zur Taxonomie und Biostratigraphie des fossilen Nannoplanktons). — Geologie, **21**, Beih. 73, 121 S., 29 Abb., 1 Tab., 19 Taf., Berlin 1972. [Bezug auf Vorkommen in Hessen]
- HOFMANN, A.: Das Bergamt Weilburg. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 73—76, 1 Abb., Weilburg a. d. L. 1972.
- HUCKRIEDE, R.: Der Untergrund des Deutschen Hauses und weitere geologische und urgeschichtliche Befunde in Marburg an der Lahn. — Geologica et Palaeontologica, **6**, S. 177—193, 4 Abb., 4 Taf., Marburg 1972.
- & GOMM, K.: Verzahnt sich Cyrenenmergel mit Kasseler Meeressand? Ein bedeutendes Vorkommen im Amöneburger Becken (Hessen). — Geologica et Palaeontologica, **6**, S. 157—167, 1 Abb., Marburg 1972.
- JOHANNSEN, A., MATTHESS, G. & RICHTER, W.: Die Tätigkeit der staatlichen geologischen Dienste in der BR Deutschland auf dem Fachgebiet „Hydrogeologie“. — Geol. Jb., **C 3**, S. 3—13, Hannover 1972.
- KALWEIT, H.: Gewässerkundliche Veränderungen durch die Wirtschaftsentwicklung im Hessischen Ried. — Wasser u. Boden, **24**, 9, S. 274—278, 3 Abb., 3 Taf., Hamburg-Blankenese 1972.



- KARAFIAT, H.: Naturschutzarbeit auf Stadt- und Landesebene. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, Beih. **23** (Jber. 1971), S. 1—27, Abb., Darmstadt 1972. [Hessen]
- KLEMM, D. D. & WEBER-DIEFENBACH, K.: Ein Beitrag zur Geochemie basischer Gesteine des Bergsträßer Odenwaldes. — N. Jb. Mineral., Abh., **118**, 1, S. 43—73, 13 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1972.
- KUNZE, A.: Bericht über die Auswirkungen des Erdbebens vom 22. 1. 1970 in der Schwäbischen Alb auf den SW-Teil der DDR. — Geologie, **21**, 3, S. 270—287, 2 Abb., 1 Tab., Berlin 1972.
- LEPPER, J.: Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein zwischen Fulda und Neckar. — Geol. Jb., **90**, S. 463—500, 10 Abb., 2 Tab., 1 Taf., Hannover 1972.
- LILLICH, W. & LÜTTIG, G.: Der Gewässerschutz aus hydrogeologischer Sicht, insbesondere hydrogeologische Kriterien zur Festsetzung von Wasserschutzgebieten. — Gas- u. Wasserf., **113**, 10, S. 477—486, 5 Abb., München 1972.
- LINGEMANN, P.: Vergleichende und ergänzende Anwendung der Verfahren von Wundt und Natermann zur Darstellung des Wasserhaushalts und Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebots im Niddagebiet. — Wasser u. Boden, **24**, 12, S. 384—387, 4 Abb., 2 Taf., Hamburg-Blankenese 1972.
- MAASS, R.: Zur Beziehung zwischen Verwerfungen und Kluftsystemen im südlichen Oberrhein-Grabenengebiet. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **11**, S. 660—677, 3 Abb., Stuttgart 1972.
- MALZAHN, E.: Zur Kenntnis des Kopfskeletts von *Janassa bituminosa* (SCHLOTH.) aus dem hessischen Kupferschiefer. — Geol. Jb., **90**, S. 431—440, 2 Taf., Hannover 1972.
- MARTINI, E.: Die Gattung *Eosphaeroma* (Isopoda) im europäischen Alttertiär. — Senck. leth., **53**, 1/2, S. 65—79, 4 Abb., 2 Taf., Frankfurt a. M. 1972. [Fundpunkte auch im Oberrheingraben und in Nordhessen]
- MEYER, F.: Aus der Geschichte des Bergbaues um Weilmünster, insbesondere der Grube „Mehlbach“. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 39—70, 7 Abb., Weilburg a. d. L. 1972.
- NEGENDANK, J. F. W.: Turbidite aus dem Unterrotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes (Ein Beitrag zur Sedimentologie limnischer Ablagerungen). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **9**, S. 561—572, 6 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1972.
- NÖRING, F.: Geologischer Überblick über das Tagungs- und Exkursionsgebiet Taunus und Taunusvorland. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **54**, S. 73—77, Stuttgart 1972. — Hydrogeologische Gesichtspunkte bei der Festsetzung von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten. — Z. deutsch. geol. Ges., **123**, S. 105—109, Hannover 1972. — MATTHESS, G. & RAMBOW, D.: Probleme der Bestimmung des gewinnbaren Grundwasserdargebotes in Festgesteinen für wasserwirtschaftliche Rahmen- und Sonderpläne. — Z. deutsch. geol. Ges., **123**, S. 65—80, 2 Abb., Hannover 1972.
- OHSE, P.: Ein Gang durch das Bergbaumuseum. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 18—27, 6 Abb., Weilburg a. d. L. 1972.
- PRINZ, H.: Gebäudeschäden durch witterungsbedingte Austrocknung von Tonböden. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **54**, S. 57—59, Stuttgart 1972. [Betr. Tertiärgebiete von Frankfurt und Wiesbaden]
- PUTZER, H.: Kupferschiefer in Zambia und Mitteleuropa, ein paläogeographischer Vergleich. — Geol. Jb., **90**, S. 415—430, 3 Abb., 3 Tab., Hannover 1972. [Betr. auch hessische Vorkommen]
- RAMBOW, D.: Hydrogeologie und Trinkwassererschließung im Kreis Melsungen. — Jb. Kreis Melsungen f. 1973, **42**, S. 107—110, Melsungen 1972.
- REITMAYR, G.: Die bevorzugten Polarisationsrichtungen des natürlichen erdelektrischen Feldes im Gebiet des Oberrhein-Grabens. — Z. Geophys., **38**, 1, S. 103—119, 8 Abb., Würzburg 1972.
- REUL, K., SCHOTT, H. & WIRTH, H.: Periodische zeitenbedingte Grundwasserspiegelschwankungen im Vogelsberg. — Deutsch. gewässerk. Mitt., **16**, 4, S. 94—98, 1 Abb., Koblenz 1972.

- SCHEIBE, E. A.: Die Eisenerze des Lahn-Dill-Gebietes. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 28–38, 1 Abb., 2 Ktn., 3 Tab., Weilburg a. d. L. 1972.
- SCHENK, E. & KRAUSS, I.: Hydroseismische Beobachtungen an Grundwasserbeobachtungsbrunnen im Festgestein und ihre hydrogeologische Bedeutung. — Z. deutsch. geol. Ges., **123**, S. 15–27, 6 Abb., Hannover 1972. [Vogelsberg]
- — Hydroseismische Beobachtungen an Grundwasserbeobachtungsbrunnen im Felsgestein. — Gas- u. Wasserf., **113**, 12, S. 553–555, 3 Abb., München 1972.
- SCHICKHARDT, K. E.: Friedrich Nöring — 60 Jahre. — Gas- u. Wasserf., **113**, 10, S. 500, München 1972.
- SCHMIDT, F.: Wasserwirtschaftliche Planungen in Baden-Württemberg. — Gas- u. Wasserf., **113**, 10, S. 452–469, 26 Abb., München 1972. [Hinweise auf Hessen]
- SCHNEIDER, H.-E.: Ausbildung des Mittleren Quartärs und Sedimentationsablauf in der Auslaugungssenke Horschliitt. — Geologie, **21**, 3, S. 288–295, 3 Abb., Berlin 1972. [N-Rand des Werra-Kaligebietes]
- SCHNEIDER, W.: Zur Genese einiger Rotpelite in den devonischen Massenkalken des ost-rheinischen Schiefergebirges. — N. Jb. Geol. Paläontol., **7**, S. 415–426, 1 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1972.
- SEIBEL, H.: Unterbodenmelioration durch Tiefpflügen, dargestellt am Beispiel der Gemarkung Heppenheim. — Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, **13**, 6, S. 341–353, 9 Abb., Berlin-Hamburg 1972.
- SEMMEL, A.: Fragen der Quartärstratigraphie im Mittel- und Oberrhein-Gebiet. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **54**, S. 61–71, 2 Abb., Stuttgart 1972.
- SONTHEIMER, H.: Forschung im Wasserfach — Aufgaben und Ergebnisse. — Gas- u. Wasserf., **113**, 11, S. 513–518, 2 Abb., 4 Tab., München 1972. [Probenahme am Rhein, u. a. bei Mainz/Wiesbaden]
- STENDEL-RUTKOWSKI, W.: Bericht über die 93. Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins vom 4. April bis 8. April 1972 in Rüdesheim am Rhein. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF **54**, S. 5–15, Stuttgart 1972.
- STRUVE, W.: Beiträge zur Kenntnis der Phacopina (Trilobita), 8): *Phacops*-Arten aus dem Rheinischen Devon. 2. Untergattungs-Zuweisung. — Senck. leth., **53**, 5, S. 383–403, Frankfurt a. M. 1972.
- TEUSCHER, E. O. & WEINELT, W.: Die Metallogenese im Raume Spessart — Fichtelgebirge — Oberpfälzer Wald — Bayerischer Wald. — Geologica Bavarica, **65**, S. 5–73, 7 Abb., 2 Tab., 1 Kte., München 1972.
- TROPP, W. & NEFF, H. K.: Die Gründungsverhältnisse der Elisabethkirche in Marburg an der Lahn. — Geologica et Palaeontologica, **6**, S. 203–206, Marburg 1972.
- TZSCHUCKE, H. P.: Einige Gesichtspunkte für den Ausbau und die Kanalisierung eines Flusses, dargestellt am dem Rheinlauf zwischen Basel und Karlsruhe. — Wasser u. Boden, **24**, 3, S. 66–69, 4 Abb., Hamburg-Blankenese 1972.
- UDLUFT, P.: Bestimmung des entwässerbaren Kluftraumes mit Hilfe des Austrocknungskoeffizienten nach MAILLET, dargestellt am Einzugsgebiet der Lohr (Nordost-Spessart). — Z. deutsch. geol. Ges., **123**, S. 53–63, 5 Abb., 3 Tab., Hannover 1972.
- WEBER, H. H.: Zwischen unterem Mümlingtal und Main. — Odenwald, **19**, 2, S. 55–60, 1 Abb., Reinheim/Odw. 1972.
- WEHRUM, C.: Die Kruppsche Bergverwaltung in Weilburg. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 71–72, Weilburg a. d. L. 1972.
- Die Nassau-Catzenelnbogische Bergordnung aus dem Jahre 1711. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 77–80, 4 Abb., Weilburg a. d. L. 1972.
- WEISE, G.: Gneisgerölle in tiefoberdevonischen Konglomeraten des Vogtlands und ihre paläogeographische Bedeutung. — Geologie, **21**, 1, S. 69–83, 7 Abb., Berlin 1972. [Bezug auf Kellerwald-Großschwelle]
- WENTZEL, K. F.: Erfassung der Landschaftsschäden in Hessen. — Natur u. Landsch., **47**, 6, S. 170–174, 6 Abb., Stuttgart 1972.
- WEYER, D.: *Rozmanaria*, ein neues Rhynchonellida-Genus aus dem europäischen Ober-

- famenne (Brachiopoda, Oberdevon). — *Geologie*, **21**, 1, S. 84–99, 1 Tab., 4 Taf., Berlin 1972. [Vorkommen auch im Rheinischen Schiefergebirge]
- Trilobiten und Ammonoideen aus der *Entogonites nasutus*-Zone (Unterkarbon) des Büchenbergsattels (Elbingeröder Komplex, Harz). — *Geologie*, **21**, 3, S. 318–349, 6 Abb., Berlin 1972. [Betr. auch Rheinisches Schiefergebirge]
- WEYER, K. U.: Ermittlung der Grundwassermengen in den Festgesteinen der Mittelgebirge aus Messungen des Trockenwetterabflusses. — *Geol. Jb.*, **C 3**, S. 19–114, 40 Abb., 11 Tab., Hannover 1972. [Rheinisches Schiefergebirge]
- WOLTER, K. D.: Ein Bergbaumuseum entsteht. In: Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn, S. 15–18, Weilburg a. d. L. 1972.
- Bergbaumuseum Weilburg an der Lahn. 83 S., Abb., Tab., Ktn., Weilburg a. d. L. 1972. Die wasserwirtschaftliche Entwicklung in der BRD im Jahre 1971. — *Gas- u. Wasserf.*, **113**, 5, S. 243–245, 7 Tab., München 1972.
- Freizeit-Erholung-Fremdenverkehr. Am Beispiel des Flurneorderungsverfahrens Pfaffenhausen. In: Landentwicklung in Hessen, S. 49–56, 6 Abb., 1 Kte., Wiesbaden (Landeskulturverwaltung Hessen) 1972.
- Freizeitgestaltung am Wasser. Am Beispiel des Flurneorderungsverfahrens Klein-Krotzenburg. In: Landentwicklung in Hessen, S. 57–69, 10 Abb., Wiesbaden (Landeskulturverwaltung Hessen) 1972.
- Gegenüberstellung extrem verschiedener Landschaften Hessens im Hinblick auf ihre Erholungseignung. In: Landentwicklung in Hessen, S. 89–99, 4 Abb., Wiesbaden (Landeskulturverwaltung Hessen) 1972.
- Hessen. Jahresbericht der Wasserwirtschaft, Rechnungsjahr 1971. — *Wasser u. Boden*, **24**, 6/7, S. 186–191, 2 Abb., Hamburg-Blankenese 1972.
- Inbetriebnahme der Gruppenkläranlage des Abwasserverbandes Dorlar-Atzbach-Waldgirmes. — *Gas- u. Wasserf.*, **113**, 11, S. 548, München 1972.
- Landentwicklung in Hessen. 99 S., 74 Abb., 2 Ktn., Wiesbaden (Landeskulturverwaltung Hessen) 1972.
- Landwirtschaft und Erholung. Am Beispiel des Flurneorderungsverfahrens Gedern. In: Landentwicklung in Hessen, S. 79–87, 5 Abb., Wiesbaden (Landeskulturverwaltung Hessen) 1972.
- Symposium on Conodont Taxonomy (Hrsg. M. LINDSTRÖM u. W. ZIEGLER). — *Geologica et Palaeontologica*, **SB 1**, 158 S., 46 Abb., 14 Tab., 13 Taf., Marburg 1972.
- Verbesserung der allgemeinen Lebensbedingungen durch Erschließung und Ausbau der Landschaft für Erholung. Am Beispiel des Flurneorderungsverfahrens Breungeshain. In: Landentwicklung in Hessen, S. 71–78, 6 Abb., 1 Kte., Wiesbaden (Landeskulturverwaltung in Hessen) 1972.
- Wasserversorgung im südlichen Teil des Dillkreises und im westlichen Teil des Kreises Wetzlar. — *Gas- u. Wasserf.*, **113**, 11, S. 548–549, München 1972.
- Wasserversorgungsnotstände in Hessen. — *Gas- u. Wasserf.*, **113**, 6, S. 292–293, München 1972.

## 1973

- ASTHALTER, K.: Methodische und fachliche Grundlagen der forstlichen Standortserkundung in Hessen. — *Mitt. deutsch. bodenk. Ges.*, **17**, S. 98–106, Göttingen 1973.
- BADER, J.: Vorschlag eines biologischen Gewässerausbaues am Beispiel „Mümling“. — *Wasser u. Boden*, **25**, 3, S. 72–77, 6 Abb., 1 Taf., Hamburg-Blankenese 1973.
- BAUMGARTE, D.: Die Gattung *Astarte* SOWERBY im Oberen Muschelkalk am Südostrand des Eggegebirges. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **101**, S. 166–175, 6 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1973.
- BECK, H.: Steinheim am Main, überliefertes Denkmal — lebendige Stadt. — *Natur u. Mus.*, **103**, 11, S. 377–381, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1973.
- BERNHARD, H., RAMBOW, D., RITZKOWSKI, S. & RÖSING, F.: Die Subrosionssenke von Kassel-Waldau. — *Nachr. deutsch. geol. Ges.*, **7**, S. 36, Hannover 1973.

- BIBUS, E.: Ausbildung und Lagerungsverhältnisse quartärer Tuffvorkommen in der Wetterau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 346—361, 6 Abb., Wiesbaden 1973.
- Untersuchungen zur jungtertiären Flächenbildung, Verwitterung und Klimaentwicklung im südöstlichen Taunus und in der Wetterau. — Erdkunde, **27**, 1, S. 10—26, 3 Abb., Bonn 1973.
- BRENDOW, V. & KULICK, J.: Ur- und Frühgeschichte. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 228—232, 1 Tab., Wiesbaden 1973.
- BRÜNING, H.: Der Mainzer Raum und das nördliche Rheinhessen im Quartär. — Natur u. Mus., **103**, 8, S. 284—293, 14 Abb.; 10, S. 360—366, 7 Abb.; 11, S. 390—395, 6 Abb.; Frankfurt a. M. 1973.
- BUGGISCH, W.: Stratigraphie, Fazies und Geochemie der oberdevonischen und unterkarbonischen Sedimente in der mittleren Elssper Mulde. Mit einem Vergleich zur Dillmulde und zur Waldecker Hauptmulde (Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 99—149, 19 Abb., 9 Tab., 4 Taf., Wiesbaden 1973.
- BUSSE, E.: Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk bei Eberschütz und Manrode (Diemelgebiet, Bl. 4422 Trendelburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 176—187, 3 Abb., Wiesbaden 1973.
- DIEDERICH, G.: Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Hessen. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 46—47, Hannover 1973.
- Die Klüftung im Buntsandstein des Blattes 5721 Gelnhausen. Mit einem Ausblick auf Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 284—299, 5 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1973.
- & HICKETHIER, H.: Zur Tektonik des Schlüchterner Beckens und seiner Umrahmung. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 49—51, Hannover 1973.
- EHRENBERG, K. H. & KULICK, J.: Breccientuff (t,B,b). — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 178—182, 2 Abb., Wiesbaden 1973.
- GLAESSER, H.-G.: Alter und Genese der regelmäßigen Langstreifenfluren in den nördlichen Haßbergen. — Frankfurter geogr. H., **49**, 110 S., 11 Abb., 7 Tab., 3 Ktn., Frankfurt a. M. 1973.
- GNIOSDORSCH, L. G. & PABST, A.: Die zukünftige Abwasserreinigung im Einzugsgebiet Frankfurt am Main. — Wasser u. Boden, **25**, 5, S. 131—135, 4 Abb., Hamburg-Blankenese 1973.
- GRAUL, H.: Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mittleren Buntsandstein am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 39—40, Hannover 1973.
- GRONEMEIER, K. & MARTINI, E.: Fossil-Horizonte im Röt der hessischen Rhön. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 150—165, 2 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1973.
- GROOS-UFFENORDE, H. & JAHNKE, H.: Die Fauna der Kalkgerölle aus dem unterdevonischen Konglomerat bei Marburg (Dacryoconarida, Ostracoda, Trilobita, Brachiopoda, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 80—98, 4 Abb., 1 Tab., 5 Taf., Wiesbaden 1973.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G., HAUSSNER, W. & MOHR, K.: Über eine kleine Vermoorung im Odenwald, ihre Ablagerungen und ihre Entwicklung — auch im Zusammenhang mit der Entwicklung der umgebenden Kulturlandschaft. — Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, **14**, 3, S. 132—143, 2 Abb., 2 Tab., Berlin-Hamburg 1973.
- HARRACH, T.: Der Beitrag der Bodenkunde zur Landschaftsplanung im Rahmen der agrarstrukturellen Vorplanung am Beispiel des Nahbereichs Erda, Kreis Wetzlar. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 165—181, Göttingen 1973.
- HEIKE, H. & WIRTH, H.: Grundwassergewinnung und Entschädigungsfragen. — Wasser u. Boden, **25**, 3, S. 59—61, 1 Abb., Hamburg-Blankenese 1973. [Wasserverband Kinzig]
- HENNINGSEN, D.: Zusammensetzung und Herkunft der Unterkarbon-Grauwacken in der Dillmulde (Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 300—309, 1 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1973.

- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1972 mit Nachträgen aus den Jahren 1963—1971. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 403—414, Wiesbaden 1973.
- HÖLTING, B.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 270—306, 5 Abb., 10 Tab., 2 Beibl., Wiesbaden 1973.
- HOLTZ, S.: Das Quellmoor von Hausen am Meißner. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 51—52, Hannover 1973.
- HORN, M., KULICK, J. & MEISCHNER, D., mit Beitr. v. BRENDOW, V., EHRENBERG, K.-H., HÖLTING, B., KIRCHHEIMER, F., KUTSCHER, F., MEISL, S., RABIEN, A., SCHRICKE, W., SEMMEL, A., THIELICKE, G. & WENDLER, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 4820 Bad Wildungen. 386 S., 69 Abb., 20 Tab., 2 Taf., 3 Beibl., Wiesbaden 1973.
- JUNG, L.: Die Bodenerosion in den mittelhessischen Landschaften. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 63—72, Göttingen 1973.
- KIRCHHEIMER, F.: Das Edergold. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 264—266, 1 Abb., Wiesbaden 1973.
- KNAPP, R.: Die klimatisch bedingten Wuchs-Zonen der Vegetation in Hessen. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 73—80, 11 Abb., Göttingen 1973.
- KOWALCZYK, G. & WINTER, K.-P.: Postsedimentäre Strukturen in Flugsanden des Alzenauer Dünenfeldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 362—372, 5 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1973.
- KUSTER-WENDENBURG, E.: Die Gastropoden aus dem Meeressand (Rupelium) des Mainzer Tertiärbeckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **67**, 170 S., 8 Taf., Wiesbaden 1973.
- KÜTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 37. Zusammenstellung der Agnathen und Fische des Hunsrückschiefer-Meeres. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 46—79, 11 Abb., Wiesbaden 1973.
- Nivellement. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 314—317, 1 Abb., Wiesbaden 1973.
- OTTO JAEKEL, der Begründer der Hunsrückschiefer-Geologie und -Paläontologie (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 7). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 373—379, 1 Abb., Wiesbaden 1973.
- & SIEVERTS-DORECK, H.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 36. *Rhenocrinus lobatus* n. sp. aus dem Hunsrückschiefer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 7—15, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1973.
- LÜTTIG, G.: Umweltschutzaufgabe der Geologen: Hilfe statt Verbot. — Weser, **47**, 2, S. 26—28, 2 Abb., Bremen 1973. [Betr. auch Hessen]
- MALZ, H.: Ostracoden aus dem Sannois und jüngeren Schichten des Mainzer Beckens. 3. Ehemalige „*Cytheridea*“-Arten und -Verwandte. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 188—201, 4 Taf., Wiesbaden 1973.
- MEINECKE, G.: Zur Geochemie des Vanadiums. — Clausthaler H. Lagerstättenk. Geochem. mineral. Rohstoffe, **11**, 17 Abb., 38 Tab., Berlin-Stuttgart 1973. [Hinweise auf Stockstadt und Messel]
- MEVIUS, W. & WIRTH, H.: Grundwasseranreicherung im Frankfurter Stadtwald. — Wasser u. Boden, **25**, 3, S. 56—58, 2 Abb., 1 Taf., Hamburg-Blankenese 1973.
- MICHAELIS, H.: Zum Stand der Gebietsreform in Hessen. — Ber. deutsch. Landeskr., **47**, 1, S. 37—49, 4 Ktn., Bonn-Bad Godesberg 1973
- MITTMAYER, H.-G.: Die Hunsrückschiefer-Fauna des Wisper-Gebietes im Taunus. Ulmen-Gruppe, tiefes Unter-Ems, Rheinisches Schiefergebirge. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 16—45, 8 Abb., 5 Taf., Wiesbaden 1973.
- NAIRN, A. E. M. & NEGEDANK, J.: Palaeomagnetic Investigations of the Tertiary and Quaternary Igneous Rocks: VII The Tertiary Rocks of Southwest Germany. — Geol. Rdsch., **62**, 1, S. 126—137, 4 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1973.
- NEUFFER, F. O.: Die Bivalven des Unteren Meeressandes (Rupelium) im Mainzer Becken. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **68**, 113 S., 13 Taf., Wiesbaden 1973.

- NEUHAUS, O.: Die Waldgebiete Hessens. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 81—90, 2 Abb., Göttingen 1973.
- NICKEL, U. & MRASS, W.: Zum Entwicklungsstand der Naturparke in der BRD. — Natur u. Landschaft, **48**, 6, S. 163—172, 2 Abb., 6 Tab., Stuttgart 1973.
- NÖRING, F.: Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1972 (1. 1.—31. 12. 1972). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 383—402, Wiesbaden 1973.
- PLASS, W.: Pliozäne Latosole in Rheinhessen. 1. Teil. Allgemeiner Überblick. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 337—345, 3 Abb., Wiesbaden 1973.
- RAMBOW, D.: Profile durch den Mittleren Buntsandstein am West- und Ostrand der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 277—283, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1973.
- RAUMER, J. F. v.: Die mineralfazielle Stellung der Metapelite und Metagrauwacken zwischen Heppenheim und Reichelsheim (Odenwald). — N. Jb. Mineral., Abh., **118**, 3, S. 313—336, 13 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1973.
- REICHMANN, H.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5216 Oberschedl. 51 S., 9 Tab., 9 Prof., Wiesbaden 1973.
- REUL, K.: Anwendung der Luftbildgeologie bei der Grundwassererschließung. — Gas- u. Wasserf., **114**, 2, S. 53—58, 11 Abb., München 1973. [Beispiele aus Hessen]
- RITZKOWSKI, S.: Böden des Tertiärs im nördlichen Hessen. Bodenkundliche Exkursionen. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 119—122, 1 Abb., 1 Tab., Göttingen 1973.
- ROTHAUSEN, K.: Paläobiozönologie am Beispiel der fossilen Landbiozönose der Hydrobienschichten (Aquitanium; Mainzer Becken). — Nachr. deutsch. geol. Ges., **8**, S. 12—14, Hannover 1973.
- SCHÄFER, W.: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? — Natur u. Mus., **103**, 1, S. 1—29, 34 Abb., 2 Tab.; **3**, S. 73—81, 13 Abb., 5 Tab.; **4**, S. 110—123, 13 Abb.; **5**, S. 137—153, 19 Abb.; **6**, S. 177—192, 16 Abb., 1 Tab.; **9**, S. 312—319, 10 Abb.; Frankfurt a. M. 1973.
- SCHARPFF, H.-J.: Die Mineralwässer der Wetterau (Hessen). Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Niederschlagsgebiet der Nidda. Diss., Darmstadt 1973. — Die Mineralwässer der Wetterau (Hessen). Hydrogeologische und Hydrochemische Untersuchungen im Niederschlagsgebiet der Nidda. Diss. (Auszugsdruck), 4 S., Darmstadt 1973.
- SHELLMANN, T.: Erforschungsgeschichte und Probleme des Tertiärvorkommens südöstlich Ravalzhausen (Gemeinde Neuberg, Kreis Hanau) — zugleich ein Beitrag zur Frage der Abgrenzung von *Corbicula*- und Hydrobienschichten überhaupt. — Jber. wetterau. Ges. ges. Naturk., **123—124**, S. 121—157, 2 Abb., Hanau 1973.
- SCHNEIDER, W.: Einige Beobachtungen zur Diagenese in den devonischen Karbonatkomplexen des ostrheinischen Schiefergebirges unter besonderer Berücksichtigung der Quarzbildung. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **4**, S. 231—257, 16 Abb., 6 Tab., Stuttgart 1973.
- SCHÖNHALS, E.: Zur Landesnatur Mittelhessens. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 11—62, 3 Abb., Göttingen 1973.
- SCHRICKE, W.: Petrographie der Diabase, S. 72—83, 2 Tab.; Petrographie der Grauwacken und Tonschiefer des cd III, S. 120—123; Petrographie des Bröckelschiefers, S. 160—162, 1 Abb., 1 Tab.; Petrographie der Korbacher Flaserschichten, S. 166—167; Petrographie des Waldecker Plattensandsteins, S. 168—169; Petrographie des Waldecker Porensandsteins, S. 171—172; Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4820 Bad Wildungen, Wiesbaden 1973.
- SEMMEL, A.: Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 307 bis 313, Wiesbaden 1973.
- SPITZER, H.: Die Landwirtschaft in Hessen. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 107 bis 115, 5 Abb., Göttingen 1973.
- STÄHLIN, A., STÄHLIN, L. & SCHÄFER, K.: Zur Frage des Eingriffs in die Entwicklung der Pflanzenbestände auf aufgelassenem Kulturland. — Natur u. Landschaft, **48**, 3, S. 63—69, 7 Abb., Stuttgart 1973. [Beispiele auch aus Hessen]

- STECKHAN, W.: Die Braunkohlen des Westerwaldes. — Hess. Lagerstättenarchiv, **6**, 114 S., 47 Abb., 28 Tab., Wiesbaden 1973.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Geologische und hydrogeologische Ergebnisse von Bohrungen der letzten Jahre im Limburger Becken (Rheinisches Schiefergebirge). — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 48—49, Hannover 1973.
- STIBANE, F.: Zur Geologie des Exkursionsgebiets. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 1—10, 4 Abb., Göttingen 1973. [Mittelhessen]
- STRUVE, W.: Die ältesten Taunus-Fossilien. — Natur u. Mus., **103**, 10, S. 349—359, 21 Abb., Frankfurt a. M. 1973.
- Geologie des Mainzer Beckens. — Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **5**, 50 S., 4 Abb., 1 Tab., Frankfurt a. M. 1973.
- TOBIEN, H.: On the Evolution of Mastodonts (Proboscidea, Mammalia). Part 1: The bunodont trilophodont Groups. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 202 bis 276, 1 Tab., 4 Taf., Wiesbaden 1973. [Fundpunkte auch in Hessen]
- TUCKER, M. E.: Ferromanganese nodules from the Devonian of the Montagne Noire (S. France) and West Germany. — Geol. Rdsch., **62**, 1, S. 137—153, 12 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1973.
- VOSSMERBÄUMER, H.: Versuch einer kommentierten Bibliographie zum Germanischen Muschelkalk (Trias). Teil I: Arbeiten seit 1950. — Zbl. Geol. Paläontol., T. I, 9/10, S. 629—692, Stuttgart 1973.
- WENDLER, R.: Geophysik. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 318—330, 7 Abb., Wiesbaden 1973.
- WIRTH, H.: Aus der geologischen Geschichte des Vordertaunus. — Natur u. Mus., **103**, 10, S. 344—348, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1973.
- ZIMMERMANN, H.: Die wichtigsten forstlichen Baumarten und ihr Anbau in Hessen. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **17**, S. 91—97, Göttingen 1973.
- ZWINTZSCHER, K.: Die öffentliche Wasserversorgung — Strukturentwicklung 1960 bis 1970. — Gas- u. Wasserf., **114**, 8, S. 374—377, 2 Abb., 5 Tab., München 1973.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Weser- und Emsgebiet. Abflußjahr 1972. 191 S., 1 Kte., Hannover (L.-Stelle Gewässerk.) 1973.
- Hessen erprobt Modelle zur Pflege des Brachlandes. — Natur u. Landsch., **48**, 7/8, S. 200, Stuttgart 1973.
- Höchste Alarmstufe für Trinkwasser aus dem Rhein. — Gas- u. Wasserf., **114**, 7, S. 346, München 1973.
- Öffentliche Wasserversorgung und öffentliches Abwasserwesen 1969. — Beitr. Statist. Hessens, NF **50**, 52 S., Wiesbaden (Hess. statist. L.-Amt) 1973.
- Umweltbericht der Hessischen Landesregierung. Hrsg. Hess. Min. Landwirtsch. u. Umwelt. 53 S., 24 Anl., Wiesbaden 1973.

Manuskript eingegangen am 17. 1. 1974

## Tätigkeitsbericht

### des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1973 (1. 1. — 31. 12. 1973)

Der Haushalt des Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1973 (Haushaltsgesetz 1973/74 vom 18. 12. 1972, GVBl. 1972, S. 427–431) sah keine Veränderung der planmäßigen Stellenzahl (145), jedoch eine Erhöhung der Gesamtausgaben gegenüber dem Geschäftsjahr 1972 (Haushaltsgesetz 1971/72 vom 15. 6. 1971, GVBl. 1971, S. 149–153) um 25,4% vor.

Seit Mai 1973 wurden Vorschläge zur Neuordnung der Sonderverwaltungen, auch einer engeren Zusammenarbeit der Länder Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland auf dem Gebiet des geologischen Landesdienstes, unter den Ressortministern der genannten drei Länder erörtert.

Der Arbeitsausschuß für die Automation von Verwaltungsaufgaben des Landes Hessen hat im November 1973 ein Dienststellenverzeichnis zur Verwendung vorgeschlagen, wonach das Landesamt für Bodenforschung nicht „Behörde“, sondern „Einrichtung des Landes“ ist.

Im März 1973 wurde eine Arbeitsgruppe für eine funktionsbezogene Neugliederung des Landesamtes für Bodenforschung durch den vorgesetzten Minister für Wirtschaft und Technik berufen, für die als Arbeitsgrundlage ein Fragebogen durch jeden Bediensteten bis 30. 4. 1973 ausgefüllt werden konnte. Die Tätigkeit der Arbeitsgruppe ist noch nicht abgeschlossen.

### 1. Geologische Landesaufnahme

#### Geologische Karte 1:25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
4520 Warburg	Bearbeitung kurzfristig offener Baugruben (Jura)	
4521 Liebenau	Feldaufnahme durch einen Nicht-Amtsangehörigen	
4620 Arolsen	Beendigung der Feldaufnahme	13
4722 Kassel-Niederzwehren	Arbeit zur Herausgabe	
4723 Oberkaufungen	Arbeit am Erläuterungstext	
4820 Bad Wildungen	Herausgabe	
4821 Fritzlar	Feldaufnahme	13



Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
4822 Gudensberg	Feldaufnahme	
4823 Melsungen	Arbeit zur Herausgabe	
4925 Sontra	Feldaufnahme	1
5018 Wetter (Hessen-Nassau)	Feldaufnahme unterbrochen	
5024 Rotenburg a. d. Fulda	Arbeit zur Herausgabe	
5216 Oberscheld	Beendigung der Feldaufnahme	10
	Arbeit zur Herausgabe	
5225 Geisa	Arbeit zur Herausgabe	
5319 Londorf	Arbeit zur Herausgabe	
5320 Burg-Gemünden	Feldaufnahme unterbrochen	
5325 Spahl	Feldaufnahme	20
5326 Tann	Anschlußkartierung an Bl. 5325 Spahl	6
5425 Kleinsassen	Anschlußkartierung an Bl. 5325 Spahl	2
5620 Ortenberg	Feldaufnahme	32
5721 Gelnhausen	Arbeit zur Herausgabe	
6016 Groß-Gerau	Arbeit zur Herausgabe einer ergänzten Neuauflage	
6316 Worms	Feldaufnahme	53
	Arbeit zur Herausgabe	

Insgesamt wurden 153 km<sup>2</sup> neu kartiert.

Herausgegeben wurde das Blatt der Geologischen Karte 1:25 000 mit Erläuterungen

4820 Bad Wildungen

sowie die

Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300 000 (2. überarbeitete Auflage).

Der Klärung von geologischen Grundlagen für die Kartierung und der Erforschung des Landesgebietes dienten folgende Untersuchungen und Arbeiten:

Im Vogelsberg-Oberwald wurden zwei Forschungsbohrungen ausgeführt: Die als erste ausgeführte Bohrung II am Hasselborn im Gemeindebezirk Ilbeshausen, 1972 begonnen, ist am 19. Juli 1973 in einer Tiefe von 490,35 m beendet worden. Die Bohrung I an der Flösserschneise im Gemeindebezirk Sichenhausen wurde am 31. Juli 1973 begonnen und am 24. August 1973 bei einer Tiefe von 200,9 m eingestellt. Beide Bohrungen durchteuften eine Gesteinsfolge aus Tuffen, Basalten und Phonolithen. Das vorbasaltische Fundament wurde nicht erreicht.

Wissenschaftler des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung wurden zur Mitarbeit in den Subkommissionen Altpaläozoikum, Devonstratigraphie, Karbonstratigraphie und Perm- und Triasstratigraphie der stratigraphischen Kommission der Deutschen Union der geologischen Wissenschaften eingeladen.

Im Rahmen von Untersuchungen für die geologische Landesaufnahme wurden auf folgenden Blättern Geländearbeiten ausgeführt:

Blatt-Nr. und -Name	Arbeit
5225 Geisa	Bearbeitung von Straßenbau- und Untertageaufschlüssen (Perm, Trias)
5318 Allendorf a. d. Lumda	Bearbeitung von Straßenbauaufschlüssen (Devon, Trias)
5425 Kleinsassen	Bearbeitung von Straßenbauaufschlüssen (Trias)
5518 Butzbach	Bearbeitung von BAB-Trassen-Bohrungen (Tertiär, Basalt, Quartär)
5519 Hungen	Bearbeitung von BAB-Trassen-Bohrungen (Tertiär, Basalt, Quartär)
5520 Nidda	Bearbeitung von Aufschlußbohrungen (Trias, Basalt)
5618 Friedberg	Aufnahme kurzfristig offener Baugruben (Quartär, Tertiär)
5619 Staden	Bearbeitung von Aufschlußbohrungen (Trias, Basalt) und Straßenbauaufschlüssen (Perm, Tertiär, Quartär)
5817 Frankfurt a. M. West	Bearbeitung von Bohrungen für den U- und S-Bahnbau (Tertiär, Quartär)
5914 Eltville a. Rhein	Bearbeitung kurzfristig offener Baugruben (Tertiär)
5915 Wiesbaden	Bearbeitung kurzfristig offener Baugruben (Tertiär)
5916 Hochheim a. Main	Bearbeitung kurzfristig offener Baugruben (Tertiär)

### Biostratigraphie, Paläontologie

Im Rahmen der geologischen Landesaufnahme und bei der Untersuchung von wichtigen Neuaufschlüssen und Bohrprofilen wurden Makro- und Mikrofossilien zur biostratigraphischen Altersbestimmung von Gesteinshorizonten aufgesammelt. Dieses im Berichtsjahr aufgesammelte oder bearbeitete Material stammt

aus dem Paläozoikum (Devon, Zechstein) der Blätter 4820 Bad Wildungen und 5216 Oberschedl,

aus dem Känozoikum (Tertiär) der Blätter 5618 Friedberg, 5816 Königstein i. Ts., 5817 Frankfurt a. M. West, 5820 Langenselbold, 5914 Eltville a. Rhein und 5915 Wiesbaden.

### Geophysik

Geophysikalische Spezialkartierungen zur Unterstützung der geologischen Landesaufnahme wurden fortgesetzt und ergänzt auf den Blättern 4521 Liebenau, 4620 Arolsen, 4820 Bad Wildungen, 4822 Gudensberg, 5018 Wetter (Hessen-Nassau), 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 5225 Geisa, 5319 Londorf, 5620 Ortenberg und 6016 Groß-Gerau.

Regionale magnetische Messungen wurden ausgeführt in den Gebieten Mörfelden und Sontra.

Seit der Berufung am 16. 6. 1966 ist ein Angehöriger des Landesamtes für Bodenforschung im Kuratorium und Arbeitsausschuß der Forschungsgemeinschaft Seismik e. V., Hannover, tätig.

### Naturschutz

Es erfolgten Stellungnahmen zur Unterschutzstellung von geologisch bedeutsamen Aufschlüssen in den Kreisen Biedenkopf, Dillkreis und Obertaunuskreis.

**2. Bodenkunde**

## Bodenkarte 1:25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
4523 Münden	Feldaufnahme	20
4821 Fritzlar	Feldaufnahme	70
5216 Oberscheld	Herausgabe	
5619 Staden	Feldaufnahme	26
5716 Oberreifenberg	Feldaufnahme	56
5814 Bad Schwalbach	Feldaufnahme	5
5816 Königstein i. Ts.	Arbeit zur Herausgabe	
5817 Frankfurt a. M. West	Arbeit zur Herausgabe	
5818 Frankfurt a. M. Ost	Feldaufnahme	

Insgesamt wurden 177 km<sup>2</sup> bodenkundlich aufgenommen.

Herausgegeben wurde das Blatt der Bodenkarte 1:25000 mit Erläuterungen

5216 Oberscheld

Im Rahmen der bodenkundlichen Kartierung für Sonderkulturen wurden 4 Weinbauversuchsflächen untersucht.

Die bodenkundlichen Arbeiten für das Forschungsprogramm „Forsthydrologische Untersuchungen im Bereich des Forstamtes Krofdorf (Krs. Gießen)“ wurden fortgesetzt.

Zur Umweltüberwachung am Kernkraftwerk Biblis wurden 13 Testflächen kartiert.

1 Teilgutachten zu Fragen von Nutzungsbeeinträchtigungen durch Grundwasserstandsänderungen im Diemeltal und 1 Gutachten zur Trassenführung von Bundesautobahnen und Bundesstraßen im Gebiet Gießen–Marburg wurden erstattet.

**3. Lagerstätten**

## Eisen- und Manganerze

Für den Abschnitt Lagerstätten des z. Z. in Neuaufnahme befindlichen Blattes 5216 Oberscheld in der Dillmulde wurde die geologische Bearbeitung der Roteisenstein-Lagerstätte des „Lahn-Dill-Typs“ mit Untersuchung der bergmännischen Neuaufschlüsse, durch Probenahme und durch Farbfotos – gleichzeitig auch zur Dokumentation über den im Dill-Gebiet zur Einstellung kommenden Eisenerzbergbau – fortgesetzt. Die Arbeiten unterstützen und ergänzen daneben Untersuchungen im Rahmen eines an anderer Stelle laufenden Forschungsvorhabens über den Ablauf der Erzbildung und mögliche Wechselbeziehungen zwischen dem Erz, dem sedimentären und dem magmatischen Nebengestein. Außerdem ermöglichten es die

Bergbaufirmen auf den noch in Betrieb befindlichen Grubenanlagen mehrfach, in- und ausländischen Kollegen (teils Universitätsinstitute mit Studenten) die Erze im Verband zum Nebengestein im Blick auf die Entstehung der Lagerstätte vorzuführen. Diskussion und Erfahrungsaustausch bei diesen Gelegenheiten sind für die wissenschaftliche und für die auf die Prospektion angewandte Lagerstättenforschung bei in- und ausländischen, vergleichbaren oder verwandten Erzvorkommen von erheblichem Nutzen.

### Buntmetall-Erze

Die Versorgung mit heimischen Buntmetall-Erzen wird bei absehbarer Erschöpfung der Inlands-Lagerstätten schwierig. Auf Anregung der Konferenz der Direktoren der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Bodenforschung sowie der betroffenen Industrie wurden die im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Geochemie“ laufenden Arbeiten der einzelnen Landesämter zur Lagerstätten erkundung fortgesetzt. In diesem Zusammenhang wurde in Hessen mit einer geochemischen Übersichtsprospektion in der Lahnmulde zwischen dem Aar- und dem Weiltal sowie in der Dillmulde zwischen dem Dill- und dem Salzbödetal begonnen. Bei der Vorbereitung, Planung, Beratung und Auswertung dieser Arbeiten, die durch Meßtrupps des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung ausgeführt werden, ist das Hessische Landesamt für Bodenforschung maßgeblich mit eingeschaltet. Die Umgebung des Schwerspatvorkommens von Günterod (Bl. 5216 Oberscheld), das mit großer Wahrscheinlichkeit (nach inzwischen durchgeführten weiteren Spezialuntersuchungen) sedimentärer Entstehung ist, wird u. a. bei diesen noch laufenden Arbeiten erfaßt.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens („Mikrobielle Kupferschieferlaugung“) der Bundesanstalt für Bodenforschung wird versucht, durch das Verfahren der Laugung – einer in den USA schon länger verwandten Technologie – den Metallgehalt besser zu nutzen. Bei den Geländearbeiten zur Vorbereitung dieser Laboruntersuchung war das Landesamt mit eingeschaltet. Diese Arbeiten werden noch über einen längeren Zeitraum fortgesetzt.

### Uran

Im südlichen Odenwald bei Mackenheim (Bl. 6418 Weinheim) wurde bei der Erfassung neuerer Steinbruchsauflüsse ein kleines Vorkommen von Pechblende entdeckt und das Uranerz hinsichtlich seiner Paragenese untersucht. Dieser Befund kann ein wichtiger Hinweis sein für die von anderer Seite in diesem Gebiet laufende Uran-Prospektion.

### Braunkohle, Ölschiefer

Die laufende Archivierung geologisch wichtiger Unterlagen wurde wie früher durch Mitarbeiter anderer Abteilungen mit Unterstützung der nordhessischen Bergbau-Firmen fortgesetzt.

Gegen Jahresende gab die kritische Lage in der Energieversorgung Anlaß, die Umgebung des Ölschiefer-Tagebaus von Messel bei Darmstadt (Bl. 6018 Langen

und 6118 Darmstadt-Ost) auf das mögliche Vorhandensein weiterer Ölschiefer-Lagerstätten mit z. B. für die Energieerzeugung wirtschaftlich ausreichenden Vorräten zu überprüfen. In der Nachbarschaft von Grube Messel konnte für 2 Stellen eine Vermutung auf mögliches Auftreten von Ölschiefer – allerdings vorbehaltlich einer Untersuchung durch Bohrungen – ausgesprochen werden.

### Kali

Vom Landesamt aus wird im Bereich dieser Lagerstätten nicht gearbeitet. Dagegen besteht eine enge Arbeitsbeziehung des Landesamtes in hydrogeologischen Fragen, die für den Kali-Bergbau äußerst wichtig sind, zu der hier ansässigen Industrie.

### Erdöl, Erdgas

Für eine ausführliche Beurteilung einer u. U. möglichen Erdgasführung in Vorrotliegend-Gesteinen (Karbon) – möglicherweise in Verbindung mit Steinkohlenflözen – in Fortsetzung der Saar-Senke zwischen Rhein und Werra wurden umfangreiche Unterlagen zusammengestellt.

### Steine und Erden

Außer kleineren Beratungen wurden 7 Gutachten und 1 Stellungnahme erstattet über Kaolin-, Sand/Kies-, Sandstein-, Quarzit-, Gips- und Basaltvorkommen. Daneben wurden Ton-Lagerstätten bei Schlüchtern (Bl. 5623 Schlüchtern) und am nördlichen Odenwaldrand (Bl. 6018 Langen) untersucht und Unterlagen für eine ausführliche Beurteilung zusammengetragen. Aufgrund eines umfassenden Programms zur Untersuchung und Erfassung oberflächennaher Lagerstätten (meist Steine und Erden) in Hessen mit dem Ziel einer langfristigen Sicherung der Rohstoffversorgung begannen entsprechende Untersuchungen zunächst im Ballungsraum des Rhein-Main-Gebietes. Für die Bereiche der regionalen Planungsgemeinschaften Untermain und Starkenburg wurden 2 Karten der oberflächennahen Lagerstätten im Maßstab 1:100000 fertiggestellt und ein dazugehöriger Erläuterungstext entworfen. Eine Karte für die Planungsgemeinschaft Mittelhessen liegt bereits im Entwurf vor, während zu den Karten der Planungsgemeinschaften Nordhessen, Osthessen und Rhein-Main-Taunus die Unterlagen schon zusammengestellt sind.

## 4. Petrologie/Geochemie

Für die Erläuterungsbeiträge zur Petrologie der Sedimentgesteine und der Magmatite der Blätter 4823 Melsungen, 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 5216 Oberscheld, 5225 Geisa, 5319 Londorf, 5620 Ortenberg, 5721 Gelnhausen und 6016 Groß-Gerau wurden Proben im Gelände gesammelt, petrographisch untersucht und z. T. die Ergebnisse für die Erläuterungen niedergelegt. Außerdem wurden zahlreiche Gesteinsproben von Wasser- und Baugrundbohrungen in der Wetterau und im Vogelsberg auf den Blättern 5518 Butzbach, 5520 Nidda, 5521 Gedern, 5619 Staden,

5620 Ortenberg, 5621 Wenings und 5819 Hanau sowie von den beiden Forschungsbohrungen auf dem Hohen Vogelsberg (Bl. 5421 Ulrichstein) entnommen und mit der petrographischen Untersuchung begonnen. Die für die Taunus-Geologie wichtigen Aufschlüsse, die in einem längeren Straßenprofil bei dem Neubau der Umgehungsstraße in Bad Schlangenbad (Bl. 5814 Bad Schwalbach, Bl. 5914 Eltville a. Rhein) entstanden, wurden aufgenommen, zahlreiche Gesteinsproben entnommen und petrographisch untersucht. Tonsteine (Tone) von verschiedenen Fundstellen und zum Vergleich dazu auch außerhessische Proben wurden mittels Röntgen- und DTA-Geräten untersucht.

### Forschungsvorhaben

#### „Geochemische Untersuchungen im Taunus und Soonwald“

Die im Jahre 1971 begonnenen und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Untersuchungen konnten im Berichtsjahr für das Gebiet des Taunus abgeschlossen werden mit Spurenelementanalysen auf Barium, Cer, Lanthan und einige Buntmetalle an rund 120 Serizitgneisen und Grünschiefern.

Für diese Arbeiten wurde im Berichtsjahr aus Mitteln der DFG im Hause des Landesamtes Herr

Dipl.-Min. GERHARD STRECKER vom 1. 1. 1973 bis 31. 12. 1973

beschäftigt.

### 5. Chemisches Laboratorium

Als Beitrag zur bodenkundlichen Landesaufnahme wurden neben 118 Kornverteilungsanalysen und 32 Tontrennungen 76 Bodenanalysen mit 12–14 Komponenten, 27 Bodenanalysen mit 8 Komponenten sowie 13 Bodenanalysen mit 3 Komponenten angefertigt. Für die petrographischen Untersuchungen im Rahmen der geologischen Kartierung wurden 108 Gesteinsanalysen mit 7–15 Bestandteilen, 162 Gesteinsanalysen mit 4 Bestandteilen und 74 Gesteinsanalysen mit 1 Bestandteil durchgeführt. 129 Gesteinsproben wurden auf Cu-, Co- und Ni-Gehalte untersucht. Für mikropaläontologische Bestimmungen wurden 126 Kalksteinproben durch Behandlung mit Monochloressigsäure vorbereitet. An die Abteilung Hydrogeologie wurden 26 Wasservollanalysen mit 14–19 Komponenten, 49 Wasserteilanalysen mit 11–15 Komponenten und 153 Wasserteilanalysen mit 4 Bestandteilen sowie an die Abteilung Ingenieurgeologie 20 bauchemische Wasseranalysen mit 11–15 Komponenten abgegeben. Daneben wurden verbesserte Verfahren zur Erfassung von Cu-, Co-, Ni- und U-Spurengehalten, ferner zur titrimetrischen Bestimmung von Cr in Chromerzen erarbeitet.

### 6. Hydrogeologie

Die Gesamtzahl der erstatteten Gutachten und gutachtenartigen Schreiben blieb mit 446 im Geschäftsjahr 1973 geringfügig hinter der des Vorjahres mit 468 zurück.

Bei den Gutachten betrug die Abnahme 13 (297 im Jahre 1973 gegenüber 310 im Jahre 1972) und bei den Schreiben mit gutachtlichem Aussagewert 9 (149 im Jahre 1973 gegenüber 158 im Jahre 1972).

### Wissenschaftliche Tätigkeit

Die Blätter 4822 Gudensberg, 5325 Spahl, 5417 Wetzlar und 5722 Salmünster wurden hydrogeologisch kartiert und auf Bl. 4925 Sontra Wasserproben entnommen. Die Kapitel „Hydrogeologie“ für die Erläuterungen der Blätter 4823 Melsungen, 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 5225 Geisa und 5319 Londorf wurden fertiggestellt. Die Arbeit an den Reinblättern und hydrogeologischen Erläuterungsanteilen für die neu aufgenommenen Blätter wurde begonnen und die Bearbeitung der Anteile zu den Blättern 4521 Liebenau, 4620 Arolsen, 4925 Sontra und 5216 Oberscheld fortgeführt.

Aus Mineralwässern in Frankfurt/Main-Nied, Bad Nauheim, Bad Vilbel und Bad Soden bei Salmünster wurden Gasproben für Kohlenstoffisotopen-Untersuchungen entnommen.

Die Erkundung der Versalzungszone im Hessischen Ried wurde fortgesetzt. Bei forsthydrologischen Untersuchungen im Krofdorfer Forst wurde mitgewirkt.

Umfangreiche luftbildgeologische Auswertungen waren für Trinkwassererschließungsmaßnahmen im Vogelsberg und für beabsichtigte Mineralwassererschließungen in Bad Wildungen notwendig.

Die Geländeuntersuchungen für das Forschungsprogramm „Auswirkungen von Müll, insbesondere Industiemüll auf das Grundwasser“ sind abgeschlossen worden. Es wurden Wasserproben entnommen und an der Müllhalde im Frankfurter Stadtwald die Grundwasserfließrichtung und -fließgeschwindigkeit mit radioaktiven Tracern bestimmt.

Im Rahmen des Untersuchungsprogramms „Einfluß von Straßen auf das unterirdische Wasser“ wurden Sickerwasser-, Grundwasser- und Bodenproben entnommen und untersucht.

Am Forschungsprojekt des Ausschusses „Wasserversorgung und Uferfiltrat“ des Bundesministers des Innern „Wasserwerk Schierstein“ wurde mitgearbeitet.

Das hydrogeologische Gutachten für den „Sonderplan Wasserversorgung Rhein-Main, Teil II“ wurde abgeschlossen. Ebenso wurden die Arbeiten für den Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Modau mit der Fertigung der Gutachten „Abflussspenden bei Niedrigwasser“ und „Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte 1:100 000 des Modau-Gebietes“ beendet.

Eine enge Zusammenarbeit besteht mit den nachfolgend aufgeführten wissenschaftlichen Instituten auf den Sachgebieten:

Chemisches Laboratorium Fresenius in Wiesbaden  
 C<sup>14</sup>-Laboratorium des II. Physikalischen Instituts der Universität  
 Heidelberg  
 Dr. Wallhäuser, Mikrobiologisches Laboratorium der Farbwerke  
 Hoechst AG, Frankfurt a. M.-Höchst

Hydrochemie  
 Alter von  
 Grundwässern  
 Mikrobiologie  
 des Grundwassers

Hygiene-Institut und Institut für landwirtschaftliche Mikrobiologie der Universität Gießen  
 Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes in Berlin-Dahlem

Mikrobiologie des Grundwassers  
 Verhalten von Radionukliden im Untergrund

Zwei Angehörige des Landesamtes für Bodenforschung wurden in die neugeschaffene Arbeitsgruppe Geowissenschaftliche Umweltforschung der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung berufen.

Ein Angehöriger des Landesamtes für Bodenforschung wurde als Sachverständiger zur Anhörung des Bundesministers des Innern am 15. und 16. 11. 1973 zum Entwurf eines Abwasserabgabengesetzes herangezogen.

Schließlich wurde ein Angehöriger als Mitglied der Arbeitsgruppe der „Pollution Commission“ der Internationalen Assoziation für Wasserversorgung berufen.

### Praktische Tätigkeit

#### Gutachtliche Tätigkeit

Die sachliche und gebietliche Verteilung der Gutachten ist nachfolgend aufgeführt.

#### Sachliche Verteilung

	Gutachten
1. Wassererschließungen	
a) Zentrale Wasserversorgungen	58
b) Aus- und Neusiedler	1
c) Dienstgehöfte und Gewerbe	5
d) Luftschutz-, Militäranlagen, Bahn, Post	2
e) Sonstige	66
	<hr style="width: 100%;"/>
	66
2. Beurteilung vorhandener Wassergewinnungsanlagen	5
3. Wasserschutzgebiete	79
4. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in qualitativer Hinsicht	
a) durch Lagerflüssigkeiten	17
b) durch Müllablagerungen	29
c) anderer Art	32
	<hr style="width: 100%;"/>
	78
5. Abwasserversenkung, Gasspeicher	1
6. Erlaubnisse, Bewilligungen und Genehmigungen zum Bau oder Betrieb von Wassergewinnungsanlagen	6
7. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in quantitativer Hinsicht	4
8. Ursachen von Grundwasserstandsänderungen	1
9. Heil- und Mineralquellen	
a) Erschließungen	1
b) Schutzgebiete	1
	<hr style="width: 100%;"/>
	2



10. Ausnahmegenehmigungen in Schutzgebieten	
a) Heilquellen	15
b) Trinkwasser	6
	<hr/>
	21
11. Talsperren, Rückhaltebecken und Staustufen	2
12. Untersuchung größerer Gebiete, Rahmenpläne, Sonderpläne, Generalpläne	6
13. Landwirtschaftlicher Wasserbau, Dränung, Bewässerung	—
14. Bauwerkswasserfragen, Wasserhaltung, Vernässung	26
	<hr/>
	297

### Gebietliche Verteilung

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband u. dgl.
<hr/>		
Regierungsbezirk Darmstadt		
Überregionale Gebiete (mehrere Kreise)	8	
Bergstraße	15	Abtsteinach, Bensheim (3), Biblis, Fürth, Gras-Ellenbach, Lampertheim, Mörlenbach (2), Neckarsteinach, Rimbach (2), Wald-Michelbach, Wasserbeschaffungsverband Ried-Ost
Biedenkopf	5	Biedenkopf, Breidenbach, Endbach, Wallau/Lahn (2)
Darmstadt-Stadt	3	Darmstadt (2), Südhessische Gas- und Wasser-AG
Darmstadt-Land	6	Frankenhausen (2), Modautal, Ober-Ramstadt, Pfungstadt, Seeheim
Dieburg	2	Dieburg, Groß-Zimmern
Dill	7	Dillenburg (2), Eschenburg, Herborn, Langenaubach, Medenbach, Mittenaar
Frankfurt am Main	1	Frankfurt am Main
Gelnhausen	7	Bad Orb, Birstein, Brachtal, Gründau, Hailer, Jossatal, Wächtersbach
Gießen-Stadt	5	Gießen (5)
Gießen-Land	16	Bellersheim, Daubringen, Ettingshausen, Grünberg, Heuchelheim (2), Hungen, Inheiden, Laubach (2), Lauter, Lich (3), Pohlheim, Kreisgebiet
Groß-Gerau	6	Groß-Gerau, Kelsterbach, Leeheim, Raunheim (2), Wasserverband Gruppenwasserverk Ried
Hanau-Stadt	—	—
Hanau-Land	9	Bergen-Enkheim (2), Bruchköbel, Großauheim, Großkrotzenburg, Hammersbach, Hochstadt (2), Nidderau
Hochtaunus	11	Bad Homburg v. d. H. (3), Friedrichsdorf (2), Glashütten, Oberursel (2), Usingen, Wasserbeschaffungsverband Usingen, Weilrod
Limburg	7	Brechen, Elz, Eschhofen, Hünfelden, Limburg (2), Würges

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband u. dgl.
Main-Taunus	9	Auringen, Bad Soden a. Ts., Bremthal, Eschborn, Flörsheim, Hofheim, Niedernhausen, Rossert, Sulzbach
Oberlahn	9	Beselich, Löhnberg (2), Mengerskirchen, Selters, Weilburg (3), Weyer
Odenwald	13	Brensbach (2), Erbach (5), Höchst, Michelstadt, Reichelsheim (2), Sensbachtal, Kreisgebiet
Offenbach-Stadt	1	Offenbach am Main
Offenbach-Land	6	Heusenstamm, Langen (2), Neu-Isenburg, Zweckverband Wasserversorgung Stadt und Kreis Offenbach, Kreisgebiet
Rheingau	2	Oestrich-Winkel, Presberg
Schlüchtern	5	Bad Soden bei Salmünster, Hintersteinau, Jossa, Salmünster, Ulmbach
Untertaunus	6	Bechtheim, Hohenstein (3), Oberseelbach, Schlangenbad
Vogelsberg	36	Alsfeld (2), Antrifttal, Bannerod, Feldatal (3), Freiensteinau (3), Gemünden, Grebenhain, Herbstein (2), Homberg (2), Kirtorf, Lauterbach (4), Lautertal (2), Romrod, Schlitz (5), Schotten (3), Schwalmtal, Sickendorf, Ulrichstein (2)
Wetterau	27	Bad Nauheim, Bad Salzhausen, Bad Vilbel (5), Büdingen (3), Butzbach (2), Florstadt, Friedberg, Gedern (2), Karben (3), Nidda (2), Ober-Mörlen (2), Ranstadt, Kreisgebiet (3)
Wetzlar	10	Asslar, Hermannstein, Hohenahr, Leun, Münchholzhausen, Nauborn, Solms, Steindorf (2), Waldsolms
Wiesbaden	4	Wiesbaden (4)
Regierungsbezirk Kassel		
Eschwege	1	Wehretal
Frankenberg	5	Frankenberg, Gemünden/Wohra, Vöhl (2), Kreisgebiet
Fritzlar-Homberg	6	Borken, Fritzlar (3), Knüllwald, Wabern
Fulda-Stadt	1	Fulda
Fulda-Land	8	Flieden, Großelnöder (2), Hilders, Hosenfeld, Kalbach, Neuhof-Ellers, Zweckverband Gruppenwasserwerk Florenberg
Hersfeld-Rotenburg	4	Haunack, Hohenroda, Nentershausen, Rotenburg
Kassel-Stadt	—	—
Kassel-Land	11	Emstal, Fuldatal, Helsa, Immenhausen, Kaufungen, Lohfelden, Schauenburg, Söhrewald, Vellmar, Wasserverband Wilhelmsthal, Wolfhagen
Marburg-Stadt	1	Marburg
Marburg-Land	7	Allendorf (2), Cölbe, Kirchhain, Niederweimar, Rauschenberg, Treisbach

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband u. dgl.
Melsungen	1	Melsungen
Waldeck	15	Bad Wildungen (11), Edertal, Espenau, Kleintern, Korbach
Witzenhausen	1	Großalmerode
Ziegenhain	—	—
	Regierungsbezirk Darmstadt	236 Gutachten
	Regierungsbezirk Kassel	61 Gutachten
		<hr/> 297 Gutachten

Die geringfügige Abnahme der Gesamtzahl der Gutachten wurde durch einen deutlichen Rückgang auf dem Sachgebiet der Wassererschließung verursacht, auf dem mit 67 Gutachten (davon 1 für Mineralwasser) 29 weniger als im Vorjahr (96, davon 3 für Mineralwasser) erstattet wurden. Die Schreiben mit gutachtlichem Aussagewert hielten mit 27 den Vorjahresstand (29). Der Rückgang der Gutachten in diesem Sachbereich ist in erster Linie eine Auswirkung der Konzentrierung der Erschließungsarbeiten auf Großwasserwerke, wie sie in den letzten Jahren vor allem im Vogelsberg und im Buntsandsteinspessart begonnen wurden. Neue Möglichkeiten einer überörtlichen Wasserversorgung wurden für den hessischen Odenwald untersucht. Im Vogelsberg wurden Erschließungsversuche im Gebiet um Birstein, im Seemenbachtal und im Wetter/Ohm-Gebiet beraten. Außerdem wurden die Möglichkeiten zur Einrichtung neuer Wasserwerke im Ostteil der Landkreise Offenbach und Dieburg geprüft.

In 32 gutachtlich beratenen Wasserbohrungen wurden 366 l/s Grundwasser erschlossen (Vorjahr 870 l/s in 50 Bohrungen).

Die Gutachtengruppe „Schutz und Reinhaltung des Grundwassers und Untergrundes“ (Punkte 3, 4, 7 und 10 der sachlichen Verteilung) zeigt mit 182 Gutachten und der überwiegenden Zahl der gutachtenartigen Schreiben im Vergleich zum Vorjahr mit 176 Erstattungen eine leichte Zunahme. Eine ansteigende Tendenz innerhalb dieser Gutachtengruppe weisen mit 79 Erstattungen gegenüber 75 und mit 29 gegenüber 18 im Jahr 1972 vor allem die Sachgebiete „Einrichtung von Trinkwasserschutzgebieten“ und „Müllablagerung“ auf, sicherlich Ausdruck der ständig wachsenden Bedeutung von Problemen des Umweltschutzes im geowissenschaftlichen Bereich.

Die übrigen 48 Gutachten behandelten vor allem Bauwerkswasserfragen, wobei Gutachten zur Anlage oder Erweiterung von Friedhöfen mit 24 den Hauptteil ausmachen, weiterhin die Beurteilung bestehender Wassergewinnungsanlagen und grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in quantitativer Hinsicht, Erlaubnisse, Bewilligungen oder Genehmigungen zum Bau oder Betrieb von Wassergewinnungsanlagen und die Untersuchung größerer Gebiete, insbesondere in wasserwirtschaftlichen Rahmen- oder Sonderplänen.

Die Kaliabwasserversenkung im hessischen Werra-Kalirevier wurde einschließlich ihrer Auswirkungen auf das Grundwasser während des ganzen Jahres überwacht.

## Verfolg von Bohrungen

Im Berichtsjahr 1973 wurden 425 Bohrungen im Gebiet des Landes Hessen verfolgt. Die Bohrungen dienten vor allem der Grundwassererschließung, daneben der Einrichtung von Grundwasserstandsmeßstellen und der Untersuchung des Baugrundes oder von Braunkohlenlagern. Schichtenverzeichnisse von 424 Bohrungen wurden in das Archiv gegeben.

## 7. Ingenieurgeologie

Im Berichtszeitraum sind (in Klammern Vergleichszahlen der Jahre 1972/1971)

307 Gutachten (279/238)

94 Berichte und Stellungnahmen mit gutachtlichem Aussagewert (82/44) und  
460 Stellungnahmen zu Bauleitplänen nach dem BBauG (448/425)

erstattet worden.

Die Zahl der Gutachten verteilt sich wie folgt:

- 45 Behördenbauten (29/17)
- 12 Universitäts- und Hochschulbauvorhaben (6/17)
- 18 Bauvorhaben für die Bundeswehr (9/19)
- 7 Bauvorhaben nach dem RSG, FBG und der WVVO (6/10)
- 32 Kommunale Bauvorhaben, Schulen, Krankenhäuser (29/28)
- 39 Allgemeine Straßenbauvorhaben (4/22)
- 10 Gutachten für BAB-Teilstrecken (13/13)
- 112 Gutachten für Brückenbauwerke (98/50)
- 20 Gutachten für Talsperren und Rückhaltebecken (29/18)
- 1 Gutachten für Felsbauvorhaben unter und über Tage (3/3)
- 1 Rutschungen und Erdfälle (2/6)
- 8 Gutachten für Eignung von Industriegelände (52/29)
- 2 Sonstige Gutachten (0/7).

Für Baumaßnahmen der Straßenbauverwaltung sind 161 Gutachten erstattet worden, d. s. rd. 53% (41%/36%). Hinzu kommt die ständige ingenieurgeologische Betreuung folgender Neubaustrecken:

- BAB Kassel–Marburg, Abschnitt Holzhausen–Fritzlar
- A 74 Querverbindungen BAB-Kreuz Wetzlar und Abschnitt Rodheim-Bieber-Lahntal–B3–Daubringen
- A 13 Abschnitt Kinzigtal–Niddatal.

Von den 20 behandelten Talsperren und Rückhaltebecken seien folgende größere Objekte genannt:

- HRB Allendorf/Haigerbach, Dillkreis
- HRB Bischoffen/Aar, Krs. Biedenkopf
- HRB Marbach/Haune, Krs. Fulda
- HRB Osterbach, Krs. Bergstraße.

Soweit die gutachtliche Tätigkeit es zuließ, wurde die angewandte Forschung über bei der Gutachtentätigkeit anfallende Probleme intensiviert. Die Ergebnisse kommen in den Vorträgen und Veröffentlichungen der Mitarbeiter zum Ausdruck.

Besonders zu erwähnen sind im Berichtszeitraum die Untersuchungen über tiefen Salinarkarst, die z. T. im Zusammenhang mit der Planung von Talsperren und Rückhaltebecken in der Vorderrhön mit Zechsteinsalinar im tieferen Untergrund ausgeführt wurden.

### 8. Bibliothek

Der Zuwachs im Jahre 1973 beträgt 2512 Einheiten. Davon entfallen 2236 auf Bände und 276 auf Karten. Die Zahl der Tauschpartner, 558, hat sich im Jahre 1973 nicht verändert. Ausgeliehen wurden 5128 Bände und 410 Karten.

### 9. Vertriebsstelle

Aus der Vertriebsstelle wurden verkauft:

915 Geologische Karten 1:25 000  
 189 Bodenkarten 1:25 000  
 1287 Übersichtskarten  
 1013 sonstige Veröffentlichungen

### 10. Archive, Datendokumentation

Der Zuwachs betrug im Jahre 1973 9016 Stück (1178 Gutachten und ähnliche Schriftstücke, 2863 Schichtenverzeichnisse, 4753 Wasseranalysen, 11 Diplomarbeiten, 111 Dias, 100 Anordnungstexte zur Festsetzung von Wasserschutzgebieten). — Ausgeliehen und wieder vereinnahmt wurden 2068 Stück.

### 11. Schriftleitung und Kartendruck

Im Jahre 1973 sind folgende Schriften und Karten veröffentlicht worden:

Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden:

Band **101**, 426 S., 105 Abb., 29 Tab., 30 Taf., Wiesbaden 1973.

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung:

Heft **67**, KUSTER-WENDENBURG, E.: Die Gastropoden aus dem Meeressand (Rupelium) des Mainzer Tertiärbeckens. 170 S., 8 Taf., Wiesbaden 1973.

Heft **68**, NEUFFER, FR. O.: Die Bivalven des Unteren Meeressandes (Rupelium) im Mainzer Becken. 113 S., 13 Taf., Wiesbaden 1973.

Hessisches Lagerstättenarchiv:

Heft **6**, STECKHAN, W.: Die Braunkohlen des Westerwaldes. 114 S., 47 Abb., 28 Tab., Wiesbaden 1973.

Geologische Karte von Hessen 1:25 000:

Blatt 4820 Bad Wildungen, und Erläuterungen, 386 S., 69 Abb., 20 Tab., 2 Taf., 3 Beibl., Wiesbaden 1973.

Bodenkarte von Hessen 1:25 000:

Blatt 5216 Oberscheld, und Erläuterungen, 51 S., 9 Tab., 9 Prof., Wiesbaden 1973.

Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300 000, 2. überarbeitete Auflage, Wiesbaden 1973.

**Hochschultätigkeit**

- Regierungsdirektor Dr. BARGON  
als Lehrbeauftragter an der Technischen Hochschule Darmstadt  
(Bodenkunde).
- Oberregierungsrat Dr. BERNHARD  
als Lehrbeauftragter an der Gesamthochschule Kassel,  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
(Geologie für Bauingenieure).
- Regierungsdirektor Prof. Dr. LIPPERT  
als Honorarprofessor an der Justus-Liebig-Universität Gießen  
(Allgemeine und angewandte Geologie).
- Regierungsdirektor Prof. Dr. MATTHESS  
als Privatdozent, ab 23. 8. 1973 als Honorarprofessor,  
an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Hydrogeologie).
- Regierungsdirektor Prof. Dr. MEISL  
als Privatdozent, ab 9. 8. 1973 als Honorarprofessor,  
an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Gesteinsmetamorphose und spezielle Geochemie).
- Oberregierungsrat Dipl.-Ing. MÜLLER  
als Lehrbeauftragter ab Sommersemester 1973  
an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Baugrundgeologie).
- Direktor des Landesamtes für Bodenforschung Prof. Dr. NÖRING  
als Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Darmstadt  
(Hydrogeologie).
- Oberregierungsrat Dr. PAULY  
als Lehrbeauftragter an der University of Maryland, European Division,  
Heidelberg-Wiesbaden  
(Allgemeine und historische Geologie)
- Regierungsdirektor Prof. Dr. PRINZ  
als Lehrbeauftragter, ab 7. 5. 1973 als Honorarprofessor,  
an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn  
(Ingenieurgeologie)
- Regierungsdirektor Dr. RÖSING  
als Lehrbeauftragter ab Sommersemester 1973  
an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Germanische Trias, mit Übungen und Exkursionen).
- Regierungsdirektor Dr. THEWS  
als Lehrbeauftragter an der University of Maryland, European Division, Heidelberg-  
Wiesbaden  
(Physical Geology, Earth History)
- Regierungsdirektor Prof. Dr. ZAKOSEK  
als apl. Professor an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz  
(Geologie und Bodenkunde)

**Veröffentlichungen****von Angehörigen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung**

- BARGON, E. (1972): Genese und Mineralbestand verschieden alter Basaltböden in Oberhessen. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **21**, S. 59–64, 2 Tab., Krefeld.
- BERNHARD, H., RAMBOW, D., RITZKOWSKI, S. & RÖSING, F. (1973): Die Subrosionssenke von Kassel-Waldau. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 36, Hannover.

- DIEDERICH, G. (1973): Die Klüftung im Buntsandstein des Blattes 5721 Gelnhausen. Mit einem Ausblick auf Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 284—299, 5 Abb., 1 Tab., Wiesbaden.
- (1973): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Hessen. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 46—47, Hannover.
- DIEDERICH, G. & HICKETHIER, H. (1973): Zur Tektonik des Schlichterner Beckens und seiner Umrahmung. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 49—51, Hannover.
- GOLWER, A. & SCHNEIDER, W. (1973): Belastung des Bodens und des unterirdischen Wassers durch Straßenverkehr. — GWF, **114** (4), S. 154—165, 8 Abb., 7 Tab., München.
- HENTSCHEL, G. (1973): Begleitminerale des Basaltes vom Arensberg bei Zilsdorf/Eifel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 310—316, 3 Abb., Wiesbaden.
- (1973): Skelettkristalle von Perowskit aus der Eifel. — N. Jb. Miner., Mh., 1973, S. 97—100, 3 Abb., Stuttgart.
- (1973): Frei gewachsene Perowskit-Kristalle in basaltischen Laven der Eifel. — Aufschluß, **24**, S. 373—377, 6 Abb., Heidelberg.
- HERZBERG, A. (1973): Hessisches Geologisches Schrifttum 1972 mit Nachträgen aus den Jahren 1963—1971. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 403—414, Wiesbaden.
- HICKETHIER, H. (1973): s. DIEDERICH, G. & HICKETHIER, H., Wiesbaden.
- HÖLTING, B. (1973): Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 270—306, 5 Abb., 10 Tab., Wiesbaden.
- HÖLTING, B. & ZAKOSEK, H. (1972): Hydrogeologische und bodenkundliche Untersuchungen in der Lahnaue bei Wehrda nördlich Marburg/Lahn. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **21**, MÜCKENHAUSEN-Festband, S. 371—388, 8 Abb., 3 Tab., Krefeld.
- HOLTZ, S. (1973): Das Quellmoor von Hausen am Meißner. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **7**, S. 51—52, Hannover.
- in AMEELY, L., HOLTZ, S. & PRINZ, H. (1973): Seismische Messungen an Korrosions-senken im Mittleren Buntsandstein über tiefem Salinarkarst (Osthessen, BRD). — Proc. Symp. Erdfälle und Bodensenkungen, Hannover.
- HORN, M., KULICK, J. & MEISCHNER, D. (1973a): Geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt Bad Wildungen, Wiesbaden.
- HORN, M., KULICK, J. & MEISCHNER, D., mit Beitr. von BRENDOW, V., EHRENBERG, K.-H., HÖLTING, B., KIRCHHEIMER, F., KUTSCHER, F., MEISL, S., RABIEN, A., SCHRICKE, W., SEMMEL, A., THIELICKE, G., WENDLER, R. (1973b): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 4820 Bad Wildungen, 386 S., 69 Abb., 20 Tab., 2 Taf., 3 Beibl., Wiesbaden.
- KULICK, M. (1973a): s. HORN, M., KULICK, J. & MEISCHNER, D., Wiesbaden.
- (1973b): s. HORN, M., KULICK, J. & MEISCHNER, D., Wiesbaden.
- in BOSINSKI, G. & KULICK, J. (1973): Der mittelpaläolithische Fundplatz Buhlen, Kr. Waldeck. Vorbericht über die Grabungen 1966—1969. — Germania, **51**, 1. Halbbd., S. 1—40, 25 Abb., 2 Beil., Berlin.
- MATTHES, G. in JOHANNSEN, A., MATTHES, G. & RICHTER, W. (1972): Die Tätigkeit der staatlichen geologischen Dienste in der BR Deutschland auf dem Fachgebiet „Hydrogeologie“. — Geol. Jb., **C 3**, S. 3—13, Hannover.
- (1973): Die Beschaffenheit des Grundwassers. XII + 324 S., Lehrbuch der Hydrogeologie, **2**, Berlin und Stuttgart (Borntraeger).
- MÜLLER, K.-H. (1973): Erddruckmessungen an einem hohen Brückenwiderlager. — Baumaschine u. Bautechnik, **20** (5), S. 169—173.
- NÖRING, F. (1973): Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1972 (1. 1.—31. 12. 1972). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**, S. 383—402, Wiesbaden.
- (1973): Trinkwasserschutzgebiete in Hessen. — Sonderdruck des Vortrages anlässlich der Jahrestagung 1973 der DVGW- und VGW-Landesgruppe Hessen am 22. 5. 1973 in Kassel. Hrsg. DVGW Frankfurt a. M., Landesgruppe Hessen.

- NÖRING, F. (1973): Auswirkung chemischer und bakterieller Erzlösungsverfahren unter Tage auf das Grundwasser. — *Erzmetall*, **26** (5), S. 220—222, Stuttgart.
- PAULY, E. (1973): Eisen-Mangan-Lagerstätten Angolas. — *Nachr. deutsch. geol. Ges.*, **7**, S. 52—53, Hannover.
- PRINZ, H. (1973): Zur Entstehung von Einbruchsschlotten und Korrosionskesseln über tiefem Salinarkarst. — *Proc. Symp. Erdfälle und Bodensenkungen*, Hannover.
- (1973): Gründung eines Bauwerkes in einer Korrosionssenke im Zechsteinsulfat. — *Proc. Symp. Erdfälle und Bodensenkungen*, Hannover.
- in AMEELY, L., HOLTZ, S. & PRINZ, H. (1973): Seismische Messungen an Korrosionssenken im Mittleren Buntsandstein über tiefem Salinarkarst (Osthessen, BRD). — *Proc. Symp. Erdfälle und Bodensenkungen*, Hannover.
- in HILDEBRAND, G. & PRINZ, H. (1973): Fallgewichtsseismische und ingenieurgeologische Untersuchungen für Straßenbauten über Zechsteinsulfat. — *Proc. Symp. Erdfälle und Bodensenkungen*, Hannover.
- PRINZ, H. et al. (1973): Verbreitung von Erdfällen in der Bundesrepublik Deutschland mit einer Übersichtskarte 1:1000000. — *Symp. Erdfälle und Bodensenkungen*, Hannover. (Vorläufige Ausgabe.)
- RAMBOW, D. (1973): Profile durch den Mittleren Buntsandstein am West- und Ostrand der Niederhessischen Senke. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **101**, S. 277—283, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden.
- (1973): s. BERNHARD, H., RAMBOW, D., RITZKOWSKI, S. & RÖSING, F., Hannover.
- REUL, K. (1973): Anwendung der Luftbildgeologie bei der Grundwassererschließung. — *GWF, Wasser/Abwasser*, **114** (2), S. 53—58, 11 Abb., München.
- REICHMANN, H. (1973): Bodenkarte von Hessen, Blatt 5216 Oberscheld, mit Erläuterungen, 51 S., 9 Tab., 9 Prof., Wiesbaden.
- RÖSING, F. (1973): Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300000, 2. Auflage, Wiesbaden.
- (1973): s. BERNHARD, H., RAMBOW, D., RITZKOWSKI, S. & RÖSING, F., Hannover.
- SCHARPFF, H.-J. (1973): Die Mineralwässer der Wetterau (Hessen). Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Niederschlagsgebiet der Nidda. — 256 S., 32 Abb., 18 Tab., 1 Überskte., Darmstadt (maschinenschriftl. Diss.).
- (1973): Die Mineralwässer der Wetterau (Hessen). Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Niederschlagsgebiet der Nidda. — 4 S., Darmstadt (Diss., Auszugsdruck).
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1973): Geologische und hydrogeologische Ergebnisse von Bohrungen der letzten Jahre im Limburger Becken (Rheinisches Schiefergebirge). — *Nachr. deutsch. geol. Ges.*, **7**, S. 48—49, Hannover.
- (1973): Die anthropogene Umweltkatastrophe — Aspekte und Aussichten. — *Wirklichkeit u. Wahrheit, Vierteljahrsz. Forsch., Kult. u. Bildung*, **3**, S. 156—165, Osna-brück (Freie Akademie).
- STRECKER, G. (1973): Ein FORTRAN IV-Programm zur Berechnung der Niggllischen Äquivalentnorm. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **101**, S. 317—326, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden.
- VÖLK, H.-R. (1973): Fanglomeratische Einschaltungen in marinen Schichten als klimamorphologische Zeugen kontinentaler Zwischenphasen mit semiarider Flächenbildung. Dargestellt an einem Beispiel aus der Neogen-Molasse SE-Spaniens. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **101**, S. 327—336, 2 Abb., 2 Tab., Taf. 27—28, Wiesbaden.
- WENDLER, R. (1971): Regionale geophysikalische Untersuchungen. — *Erl. geol. Kte. Bayern* 1:25000, Bl. 6020 Aschaffenburg, S. 211—216, 3 Abb., München.
- (1973): Geophysik. — *Erl. geol. Kte. Hessen* 1:25000, Bl. 4820 Bad Wildungen, S. 318—330, 8 Abb., Wiesbaden.
- ZAKOSEK, H. (1973): Klima und Boden. — In: *Rheingau-Weinkreis*, S. 28—30, Mannheim.
- (1972) in HÖLTING B. & ZAKOSEK, H., Krefeld.



ZAKOSEK, H. in BREBURDA, F., HEIDE, G. & ZAKOSEK, H. (1972): Die wichtigsten Böden der europäischen Sowjetunion. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **21**, MÜCKENHAUSEN-Festband, S. 109–132, 3 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Krefeld.

### Wissenschaftliche Vorträge von Angehörigen des Landesamtes

- ANDERLE, H.-J.: Neue Erkenntnisse über den Bau des variszischen Orogens im Südtanus (Rheinisches Schiefergebirge). — Geowissenschaftl. Tagung in Frankfurt a. M., 5. 10. 1973.
- BEURER, M.: Baugrunduntersuchungen und deren Auswertung für die Praxis. — Seminar für Straßenbauingenieure (VSVI Hessen) in Fellinghausen, 14. 11. u. 26. 11. 1973.
- FRIEDRICH, K.: Geologie und Baugrund in Hessen. — Seminar für Straßenbauingenieure (VSVI Hessen) in Fellinghausen, 14. 11. u. 26. 11. 1973.
- GOLWER, A.: Beeinflussung des Grundwassers durch Straßen. — Symposium „Grundwasser und Umwelt“ der DGG und der Sektion Bundesrepublik Deutschland der International Association of Hydrogeologists (IAH) in Essen, 3. 5. 1973.
- HÖLTING, B.: Untersuchungen über die nutzbaren Grundwasservorräte im nordwestlichen und nördlichen Hessen. — Geol.-Miner. Inst. Univ. Gießen, 11. 12. 1973.
- HORN, M.: Zusammenhänge zwischen Paläogeographie und Tektonik in der Hessischen Senke. — Monatsversammlung der DGG in Wiesbaden, 22. 2. 1973.
- LIPPERT, H.-J.: Erz- und Salzlagerstätten in Hessen. — Nass. Ver. Naturk. in Wiesbaden, 2. 1. 1973.
- MATHESS, G.: Hydrogeologische Gesichtspunkte bei der Standortwahl grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen. — Monatsversammlung der DGG in Wiesbaden, 30. 11. 1972.
- Hydrogeologische Gesichtspunkte bei der Standortwahl von Abfalldeponien. — 2. Kolloquium über Abfallbeseitigung in Gießen, 13. 4. 1973.
- MEISL, S.: Mineralfazielle Stellung der Metamorphite am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges. — Miner. Inst. Univ. Kiel, 24. 5. 1973.
- Die Petrogenese melanokrater Ganggesteine und das Lamprophyrrproblem. — Fakultät Bio- u. Geowissenschaften Univ. Karlsruhe, 2. 2. 1973.
- NÖRING, F.: Verdichtungsmöglichkeiten. — 8. Arbeitssitzung des Fachausschusses des Bundesministers des Innern „Wasserversorgung und Uferfiltrat“ in Berlin, 8. 2. 1973.
- Die neuen Richtlinien für die Festsetzung von Grundwasserschutzgebieten. — Symposium „Grundwasser und Umwelt“ der Fachsektion Hydrogeologie (FH) der DGG und der Sektion Bundesrepublik Deutschland der International Association of Hydrogeologists (IAH), gemeinsam mit Haus der Technik e. V., Essen, Außeninstitut der Technischen Hochschule Aachen, in Essen, 3. 5. 1973.
  - Trinkwasserschutzgebiete in Hessen. — Jahrestagung der DVGW/VGW-Landesgruppen Hessen in Kassel, 22. 5. 1973.
  - Die Mineral- und Heilquellen von Bad Soden/Taunus. — Frühjahrstagung der Arbeitsgemeinschaft für naturwissenschaftliche und technische Grundlagen der Balneologie der Vereinigung für Bäder- und Klimakunde e. V., Abteilung C des Deutschen Bäderverbandes e. V., Bad Nauheim, Besichtigungsfahrt nach Bad Soden/Taunus am 22. 6. 1973.
  - Die hydrogeologischen Verhältnisse am Wasserwerk Wiesbaden-Schierstein. — 9. Arbeitssitzung des BMI-Fachausschusses „Wasserversorgung und Uferfiltrat“ in Karlsruhe, 6. 7. 1973.
  - Behandlung der Einleitungen von Abwasser in das Grundwasser. — Anhörung von Sachverständigen des Bundesministers des Innern zu einzelnen Problemen eines Abwasserabgabengesetzes in Bonn, 15. 11. 1973.
  - Die geowissenschaftliche Mitwirkung bei der Festsetzung von Wasserschutzgebieten. — Kolloquium für physikalische und chemische Arbeitsmethoden in der Hydrologie des Instituts für Radiohydrometrie der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH., München, in München, 27. 11. 1973.

- PAULY, E.: Geologie und Bauwerk. — Nass. Ver. Naturk. in Wiesbaden, 30. 1. 1973.  
 — Die geologische Schausammlung des Museums. — Nass. Ver. Naturk. in Wiesbaden, 18. 3. 1973.  
 — Felsböschungen, ihre Auslegung, Herstellung und Sicherung. — Hess. Straßenbauamt Wiesbaden, 4. 4. 1973.  
 — Felsrutsche im Taunus, ihre geologischen und technischen Ursachen. — Monatsversammlung der DGG in Wiesbaden, 12. 4. 1973.
- RAMBOW, D.: Hydrogeologie und Trinkwassererschließung in Nordhessen. — Geol. Inst. Techn. Univ. Clausthal, 5. 12. 1973.
- REUL, K.: Die Methodik der luftbildgeologischen Strukturanalyse. — Bundesanstalt f. Bodenforschung, Hannover, 22. 3. 1973.  
 — Sur l'implantation des grands captages d'eau souterraine à l'aide de l'analyse photographique de la tectonique. — IAH-Tagung Sulle acque sotteranee in Palermo, 29. 4. 1973.  
 — Grundwassererschließung mit Hilfe der Luftbildgeologie mit Beispielen aus dem Kinzig-Gebiet. — Jahrestagung der Wasser- und Kulturbauingenieure in Hanau, 17. 5. 1973.
- RÖSING, F.: Die Fixierung einiger Auslaugungssenken bei Kassel. — Monatsversammlung der DGG in Wiesbaden, 29. 3. 1973.
- SCHRADER, L.: Untersuchungen der Dynamik des Wasserhaushaltes von Weinbergböden mit Hilfe der Neutronensonde. — Kolloquium d. Hess. Forschungsanstalt Geisenheim, 29. 11. 1973.  
 — Untersuchung der Wasserhaushaltsdynamik von Weinbergböden, insbesondere mit Hilfe der Neutronensonde. — Jahreshauptversammlung der DBG in Gießen, 6. 9. 1973.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Geologische und hydrogeologische Grundlagen der Gewinnung und des Schutzes des Grundwassers. — Lehrgang der Akad. f. Staatsmedizin in Düsseldorf an dem Hygieneinstitut d. Justus-Liebig-Univ. Gießen, 13. 11. 1973.
- VÖLK, H.: Pleistozäne Paläoböden in der Halbwüste Südostspaniens. — Monatsversammlung der DGG in Wiesbaden, 25. 1. 1973.
- ZAKOSEK, H.: Neue Ergebnisse der Standortkartierung im hessischen Weinbau. — Monatsversammlung der DGG in Wiesbaden, 12. 4. 1973.  
 — Bericht über die Weinbaustandortkarte Rheingau, Blatt Gottesthal. — Jahresversammlung Forschungsring Weinbau der DLG in Bernkastel-Kues, 9. 5. 1973.  
 — Die Smonitza und ihre Bedeutung für die Kartierung. — Arge. Bodenkunde in Hardehausen, 5. 6. 1973.  
 — Neuere Ergebnisse der Standortkartierung im Weinbau. — Jahreshauptversammlung der DBG in Gießen, 6. 9. 1973.

### Personalbestand 31. Dezember 1973

Leiter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. FRIEDRICH NÖRING, Direktor des Landesamtes für Bodenforschung

#### Regierungsdirektoren:

Dipl.-Landw. Dr. agr. ERNST BARGON  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ALFRED FINKENWIRTH  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS KULICK  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED LÄMMLER  
 Dipl.-Geol. Prof. Dr. phil. nat. HANS-JOACHIM LIPPERT  
 Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. STEFAN MEISL

Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. HELMUT PRINZ  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARNOLD RABEN  
 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. phil. nat. GIBBERT DIEDERICH  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WALTER FICKEL  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARTHUR GOLWER  
 Dipl.-Geogr. Dr. phil. nat. ANNELLES HERZBERG  
 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. EBERHARD KÜMMERLE  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS-GÜNTHER KUPFAHL  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. RENE MOTZKA  
 Dipl.-Ing. KARL-HANS MÜLLER  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. ERNST PAULY  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH RAMBOW  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. KONRAD REUL  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. WITGO STENGEL-RUTKOWSKI  
 Dipl.-Chem. GÜNTER THIELICKE  
 Dipl.-Geol. RALPH WENDLER

## Regierungsräte:

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* Dipl.-Geol. HANS-JÜRGEN ANDERLE</li> <li>* Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MARTIN BEURER</li> <li>Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KARL-HEINZ EHRENBERG</li> <li>Dr. rer. nat. KUNIBERT FRIEDRICH</li> <li>Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. PETER HELBIG</li> <li>* Dr. rer. nat. GERHARD HENTSCHEL</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT REICHMANN</li> <li>Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS-JÜRGEN SCHARPFF</li> <li>Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WILLI SCHRICKER</li> <li>Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS WESTRUP</li> <li>Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KLAUS WIEGAND</li> </ul> |
|---|--|
- \* Regierungsrat z. A.

## Wissenschaftliche Angestellte:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Dipl.-Ing. agr. CHRISTOF HAUPENTHAL | Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS TANGERMANN |
| Dipl.-Landw. LUDOLF SCHRADER        | Dipl.-Geol. CARL-PETER ZIEHLKE            |

## Bibliothek und Vertriebsstelle:

Bibliothekarin: JOHANNA SCHADWINKEL

- |                   |                      |                    |
|-------------------|----------------------|--------------------|
| ILSE FRÖLICH      | RUTH HEISER-SALZBURG | LIESELOTTE SCHULTE |
| GERTRUD GROSSMANN | CHRISTINE KINDSVOGEL |                    |

## Technische Bedienstete:

- |                               |                                 |                                |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| PAUL ANDOR                    | Ing. (grad.) GERNOT HÜHNER      | Ing. (grad.) NORBERT SCHOLZ    |
| LIENHARD BARNETT              | GERHARD KNAB                    | ECKHARD SCHULZ                 |
| OTTO BEINSTEIN                | HEINZ LEICK                     | MONIKA SCHULZ                  |
| Ing. (grad.) NORBERT BLECK    | HELMMA MÜNCH                    | Ing. (grad.) ALOIS SEDLATSCHER |
| EDMUND BREMSER                | ILSE POSUR, geb. JACKWERTH      | OTTO SOHN                      |
| RICHARD BUSCHNER              | NORBERT PREISNER                | WILHELM STICH                  |
| Ing. EWALD CLOEREN            | WILHELM RICHTER                 | Ing. (grad.) OTTO STIEGLER     |
| PETER DIEZ                    | Ing. (grad.) ALBERT ROMSCHINSKI | ERICH STRAUCH                  |
| GEORG DOMES                   | Ing. (grad.) WINFRIED ROSEN-    | WILHELM TERME                  |
| ROLF ETZ                      | BERGER                          | Ing. (grad.) ERWIN THIEL       |
| KARL FINK                     | SUSANNE SALCHER                 | Ing. (grad.) ROLAND WIEDERER   |
| ANTON GLASER                  | Ing. (grad.) HANS-HEINRICH      | GERHARD WÖLKE                  |
| Ing. (grad.) LUDWIG GRÜBER    | SCHMIDT                         | URSULA ZÖLLER                  |
| Ing. (grad.) WERNFRIED HÜBLER | RUDI SCHNEIDER                  |                                |

## Landkartentechnisches Büro:

Leitung: Techn. Amtsrat JOHANNES MATHEIS

- |                         |                |                  |
|-------------------------|----------------|------------------|
| JOSEF BÄUERLEIN         | ADELHEID FUSS  | ERIKA LIESKE     |
| JÜRGEN BARTHOLOMAY      | IRENE HEUSER   | WILLI SCHIMANSKI |
| INGEBORG BRANDT         | RUDOLF HEUSER  | KARIN STOLL      |
| HERMANN BRENNER         | KARL HIELSCHER | PAUL UHL         |
| JUTTA VON DZIEGIELEWSKI | ANTONIE HOCH   |                  |

## Verwaltung:

Leitung: Oberamtsrat HUBERTUS CHRISTIAN

- |                  |                |                    |
|------------------|----------------|--------------------|
| HUBERT GROSSMANN | CHRISTA MÜLLER | GERTRUD SCHUMACHER |
| URSULA MICHNA    | GILDE RÖSSLER  |                    |

## Schreibbüro:

- |                          |                |                     |
|--------------------------|----------------|---------------------|
| ANGELA BÜSSER-WESTERHOFF | URSULA KOPP    | ILSE SCHMITZ        |
| KÄTE FLOR                | CHRISTEL KRUTZ | URSULA STOBER       |
| HEIDRUN GEBAUER          | URSULA ROTH    | INGEBORG STRANGFELD |
| BRIGITTE HOYER           | DORIS SCHIML   | EDELTRAUD ZIERZ     |

## Archiv, Registratur, Schriftleitung, Pfortner und Telefon:

- |               |                 |                   |
|---------------|-----------------|-------------------|
| EMIL COURTIAL | HARALD GEIST    | ROSEMARIE REUBOLD |
| ROSEL FISCHER | ALBERT KARSCHNY | SIEGFRIED STEIN   |

## Lohnempfänger:

- |                         |                              |                          |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Fahrer FERDINAND FLIESS | Bohrgehilfe SIEGFRIED BIER-  | Bohrgehilfe KLAUS-DIETER |
| Fahrer NORBERT HÖPFNER  | BRÄUER                       | GEIS                     |
| Fahrer FRIEDRICH LUDWIG | Bohrgehilfe GÜNTER DZUBA     | Bohrgehilfe KONRAD KOZOK |
| Fahrer FRITZ MEILINGER  | Bohrkernlagerverwalter WILLI | Bohrgehilfe FRITZ KRÜGER |
| Fahrer SIEGFRIED WENZKE | EBEL                         | Hausmeister HORST HÖHLER |

## Freiwillige Mitarbeiter:

Prof. Dr. OTTO BURRE, Oberregierungsgeologe a. D., Darmstadt, Dieburger Straße 199  
Dr. h. c. ERWIN BUSSE, Verwaltungsoberinspektor i. R., Kassel-Ki., Mittelbinger 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 a. M.,  
Senckenberg-Anlage 36  
Dr. MAX TEIKE, Oberregierungsgeologe a. D., Wiesbaden, Drususstraße 29  
Prof. Dr. HEINZ TOBIEN, Paläontologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz, Saarstraße 21

## Ausgeschieden bis 31. 12. 1973:

LUDWIG BÖTTIGER †  
HANS EWALD  
LIESEL FALTER  
JOSEF FISCHER

Prof. Dr. GEORG MATTHES  
ANNELESE PREISNER  
KARL ROMPEL

GERTRUD SCHUMACHER  
Dipl.-Geol. Dr. HELLMUT VÖLK  
PETER WENZKE

FRIEDRICH NÖRING

Tafel 1

## Tafel 1

Fig. 1. Anschnitt des Tuffit-Konglomerats – Maßstab 1 cm;  
grobkonglomeratischer Bereich.

Fig. 2. Anschnitt des Tuffit-Konglomerats – Maßstab 1 cm;  
feinkonglomeratischer Bereich.

Fig. 3. Dünnschliff (nicht polarisiertes Licht) – Maßstab 1 mm.

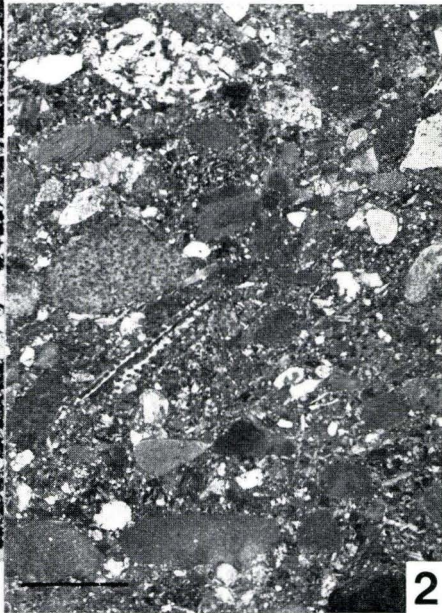
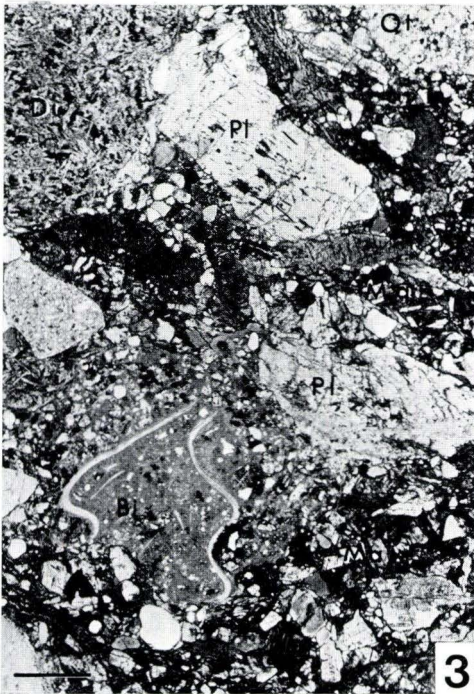
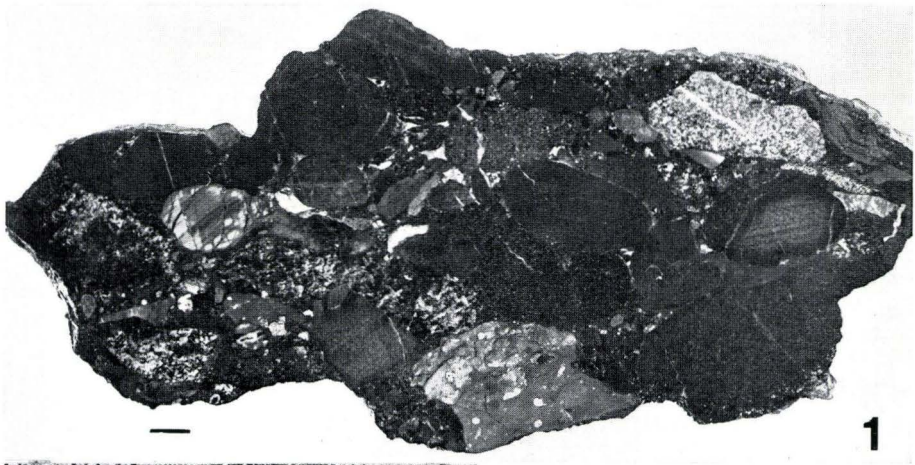
Di = feinkörniges Diabas-Geröll

Pl = albitsreicher Plagioklas

Ql = Quarzit

Ma = Matrix mit abgerollten Quarzkörnern (Qz) und vielen isolierten kleineren Plagioklasen

Bi = Schalendetritus, Spiriferen-Schale mit Calzit und feinkörniger Matrix gefüllt

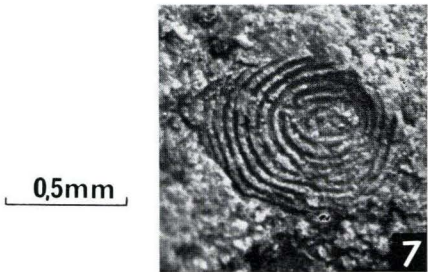
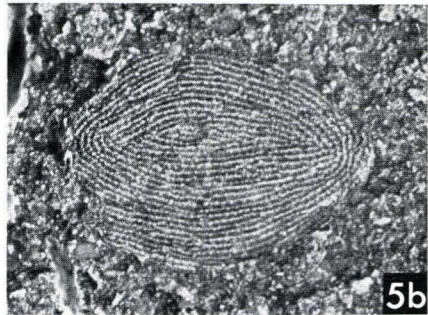
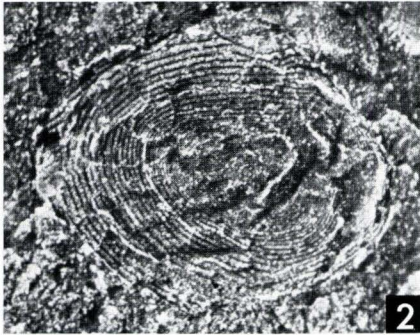
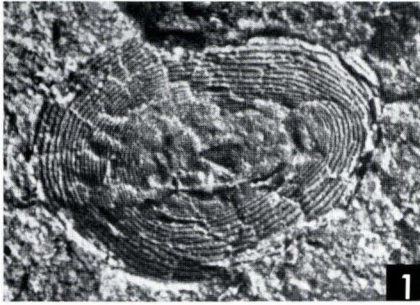


**Tafel 2**



Tafel 2

- Fig. 1–3. *Maternella schindewolfi* (KUMMEROW 1939)  
Stockum.  
1. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-919-2)  
2. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-919-17)  
3. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-919-6)
- Fig. 4. *Maternella pfaffenbergensis* GRÜNDEL 1961  
Stockum.  
Abdr. (Orig.-Nr. 1008-921-29).
- Fig. 5. *Maternella* cf. *arcuata* GRÜNDEL 1961  
Stockum.  
(Orig.-Nr. 1008-919-21).  
a. Abdr.; b. Stk.
- Fig. 6. *Bertillonella* (*Waldeckella*) n. sp. 1  
Stockum.  
Abdr. (Orig.-Nr. 1008-916-17).
- Fig. 7. *Maternella* sp. 4  
Stockum.  
Abdr. (Orig.-Nr. 1008-923-6a).

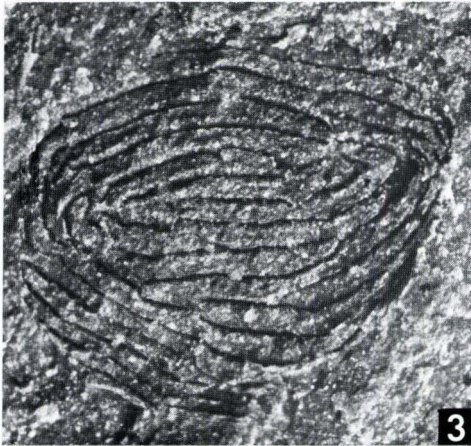
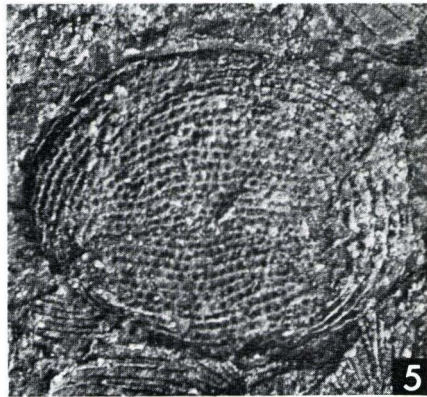
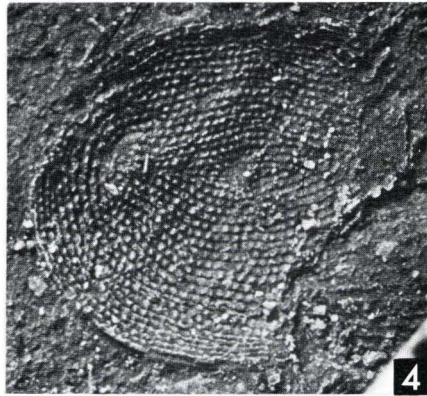


0,5mm

**Tafel 3**

Tafel 3

- Fig. 1. *Maternella clathrata* (KUMMEROW)  
Holotypus, Stk. (ZGI Berlin), Dresberg.
- Fig. 2, 6. *Maternella clathrata* (KUMMEROW 1939)  
Stockum.  
2. Stk. (Orig.-Nr. 1008-916-13).  
6. Stk. (Orig.-Nr. 1008-925-14).
- Fig. 3. *Maternella* sp. 5  
Stockum.  
Abdr. (Orig.-Nr. 1008-916-10).
- Fig. 4–5. *Maternella exornata* (MATERN 1929)  
Küstelberg, unt. Dasberg-Stufe, Material RABIEN 1954  
4. Abdr., GPI Gö., Rb 1379.  
5. Stk., GPI Gö., Rb 1384.

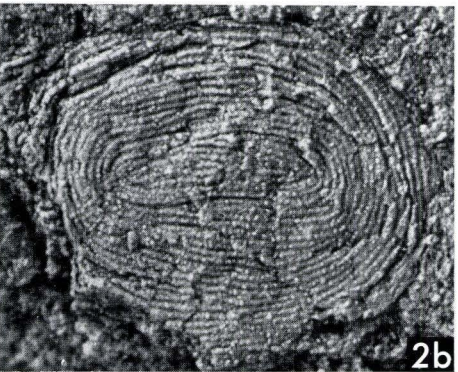
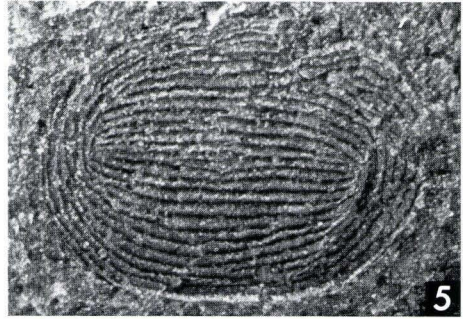


1 mm

**Tafel 4**

Tafel 4

- Fig. 1–2. *Maternella* n. sp. 3  
Stockum.  
1. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-919-16).  
2a. Abdr.; 2b. Stk. (Orig.-Nr. 1008-919-22).
- Fig. 3. *Maternella* n. sp. 3?  
Stockum.  
Stk. (Orig.-Nr. 1008-922-3a).
- Fig. 4. *Maternella* n. sp. 3  
Oese, Material Eickhoff (Clausthal).
- Fig. 5. *Richterina (Richterina) latior* RABIEN 1960  
Stockum.  
Abdr. (Orig.-Nr. 1008-925-18a)
- Fig. 6. *Maternella* sp. 4  
Stockum.  
6a. Abdr.; 6b. Stk. (Orig.-Nr. 1008-888-3).



1mm

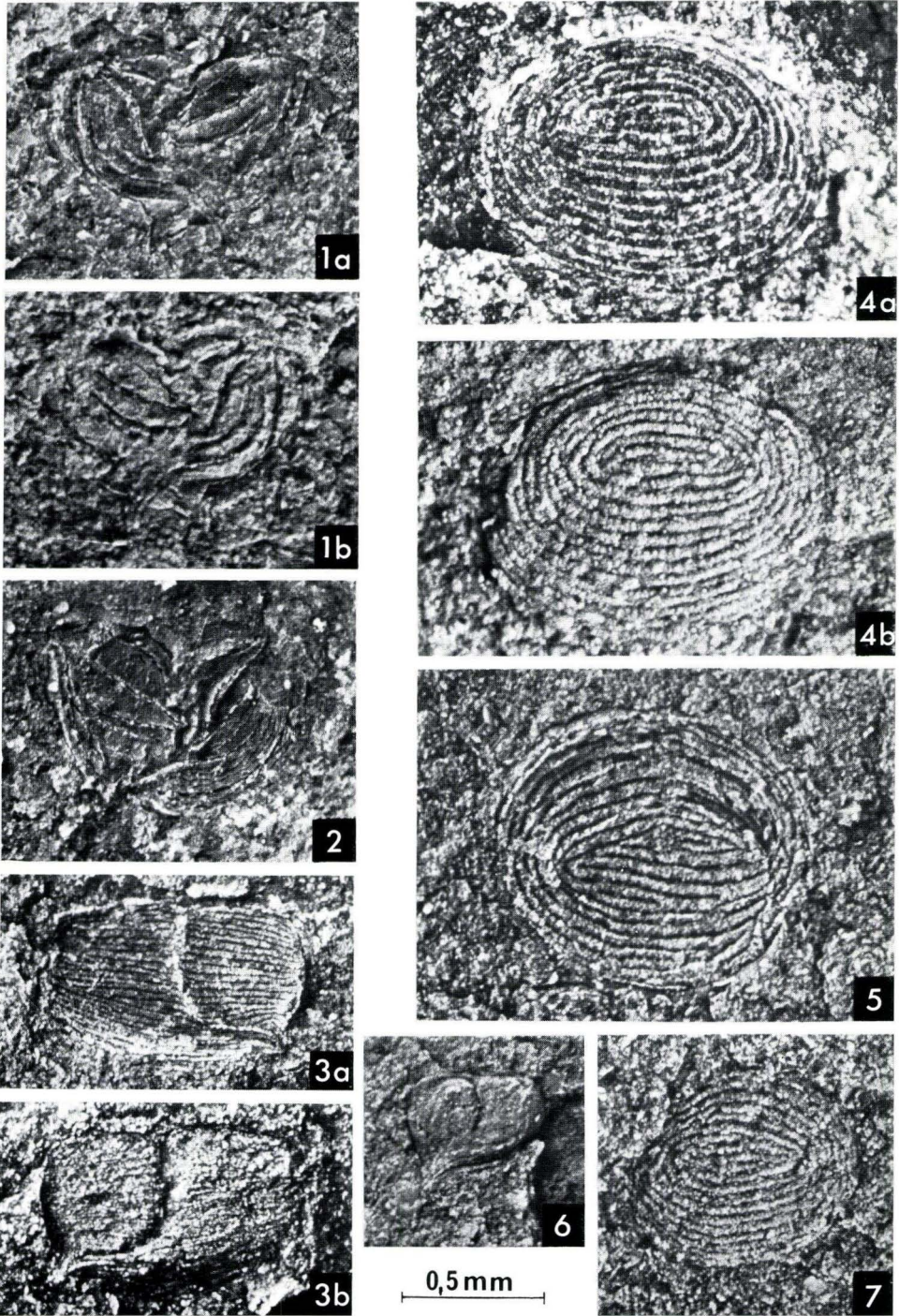




**Tafel 5**

Tafel 5

- Fig. 1–2. *Ungerella stockumensis* n. sp.  
Stockum.
1. Holotypus (Orig.-Nr. 1008-917-22) a. Abdr.; b. Stk.
  2. Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-21)
- Fig. 3. *Ungerella postmulticostata* n. sp.  
Stockum.  
Holotypus 3a. Abdr.; 3b. Stk. (Orig.-Nr. 1008-927-8).
- Fig. 4, 7. *Maternella* sp., aff. *circumcostata* RABIEN 1960  
Stockum.
4. a. Abdr.; b. Stk. (Orig.-Nr. 1008-927-3).
  7. Stk. (Orig.-Nr. 1008-925-20).
- Fig. 5. *Maternella circumcostata* RABIEN 1960  
Stockum.  
Abdr. (Orig.-Nr. 1008-917-9).
- Fig. 6. *Ungerella* cf. *mempeli* (KUMMEROW 1939)  
Hasselbachtal.  
Stk. (Orig.-Nr. 718-949-3)



**Tafel 6**

Tafel 6

Massenvorkommen von Maternellen (*Maternella clathrata* und *Maternella* sp. 5) auf einem Schieferstückchen der Probe 924 aus dem Profil Stockum.



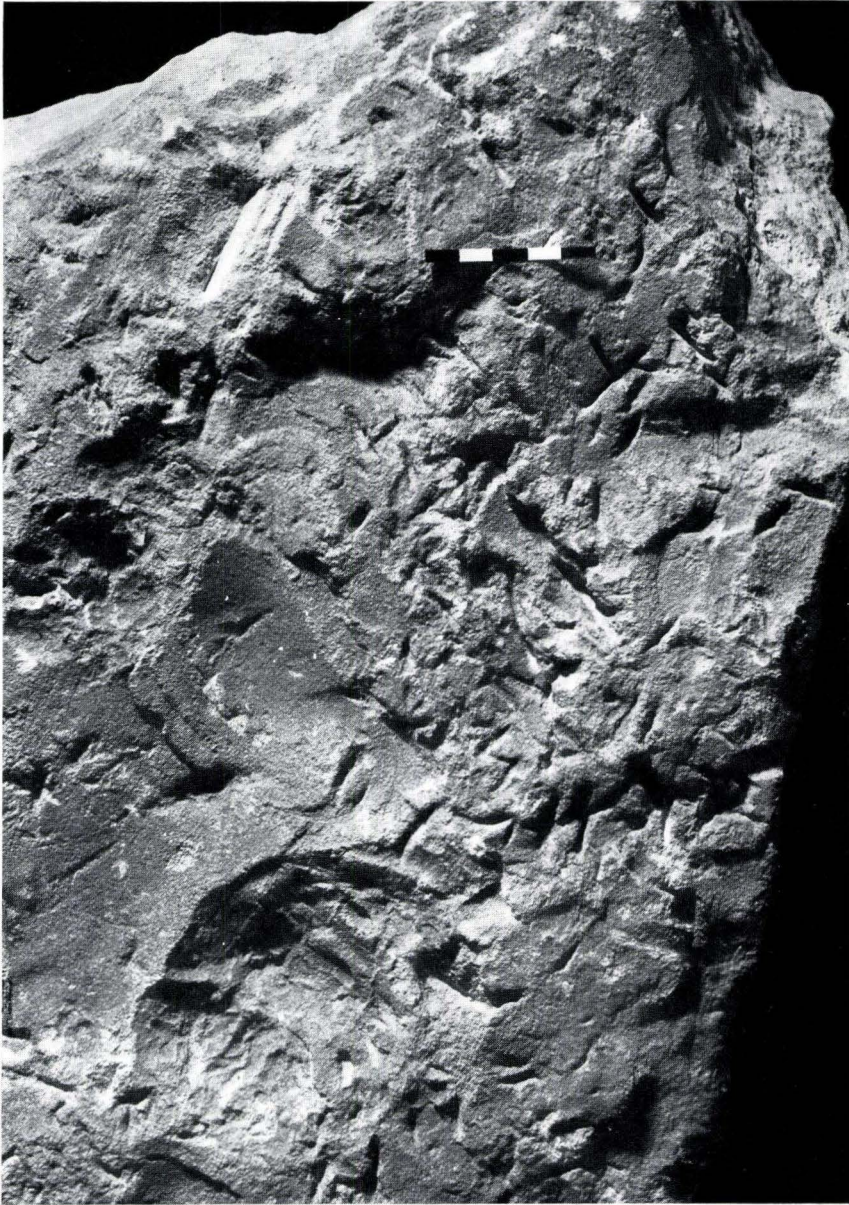
2 mm

**Tafel 7**

Tafel 7

Das Spurenfossil *Corophioides luniformis* BLANCKENHORN aus der Eichsfeld-Wechsel-  
folge (?) im Steinbruch am Bleichtalhof bei Bergheim (Blatt 5620 Ortenberg).  
Maßstab = 5 cm. Aufnahme H. FUNK.



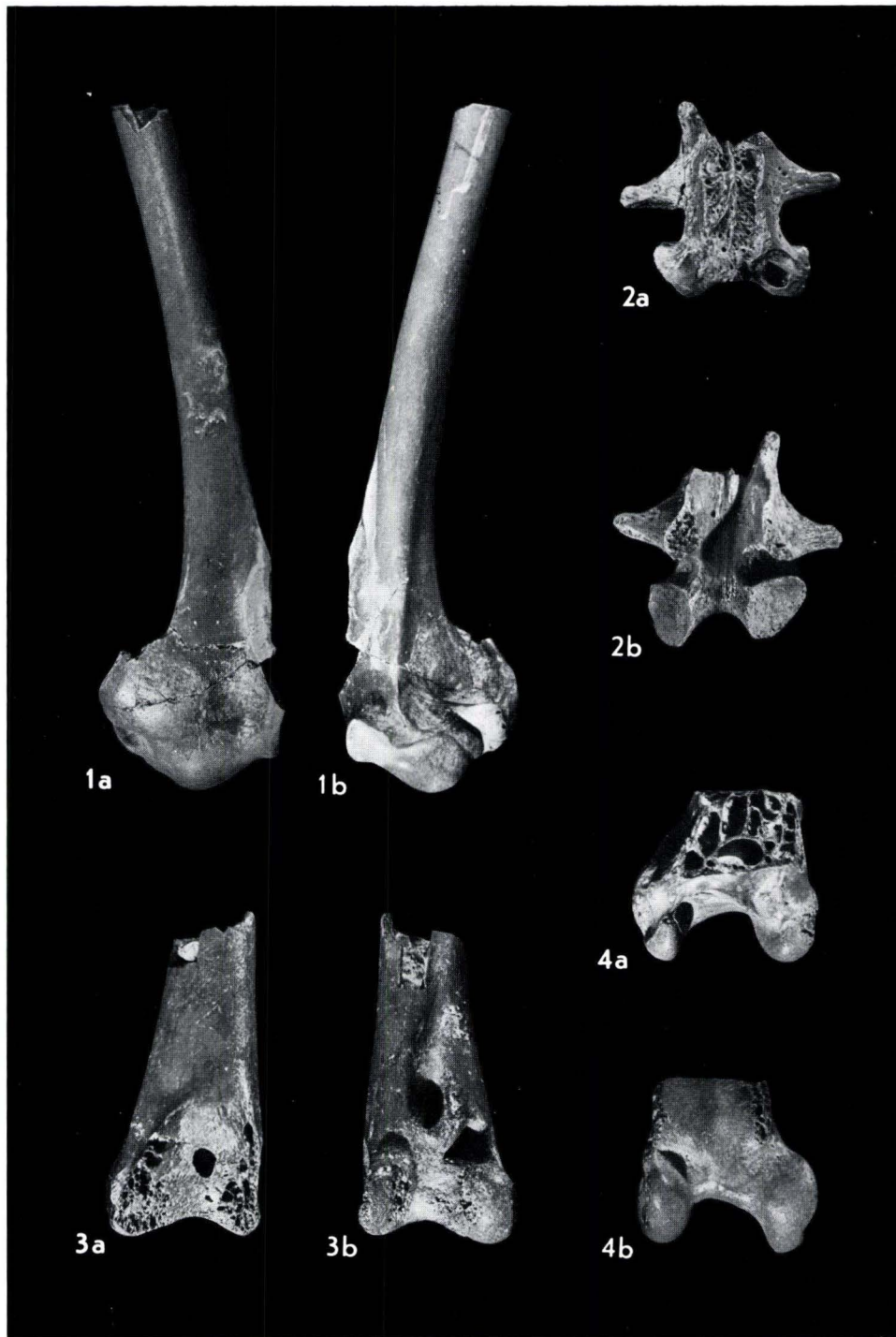


**Tafel 8**

Tafel 8

Vergößerung einheitlich  $\times 1,5$

- Fig. 1. *Anas blanchardi* MILNE-EDWARDS 1868.  
Rechter Humerus, Teil des Schaftes und proximales Ende. a. von oben, b. von unten. Slg. SCHELLMANN: A 1.
- Fig. 2. Unbestimmbarer und unvollständiger Wirbel der vorderen Rückenregion.  
a. von oben, b. von unten. Slg. SCHELLMANN: A 7.
- Fig. 3. *Aquilavus* cf. *A. priscus* (MILNE-EDWARDS) LAMBRECHT 1933.  
Rechter Tibiotarsus, distales Ende.  
a. von hinten, b. von vorn. Slg. SCHELLMANN: A 8.
- Fig. 4. *Palaelodus crassipes* MILNE-EDWARDS 1871.  
Linker Tibiotarsus, distales Ende.  
a. von oben, b. von unten. Slg. SCHELLMANN: A 9.



**Tafel 9**

Tafel 9

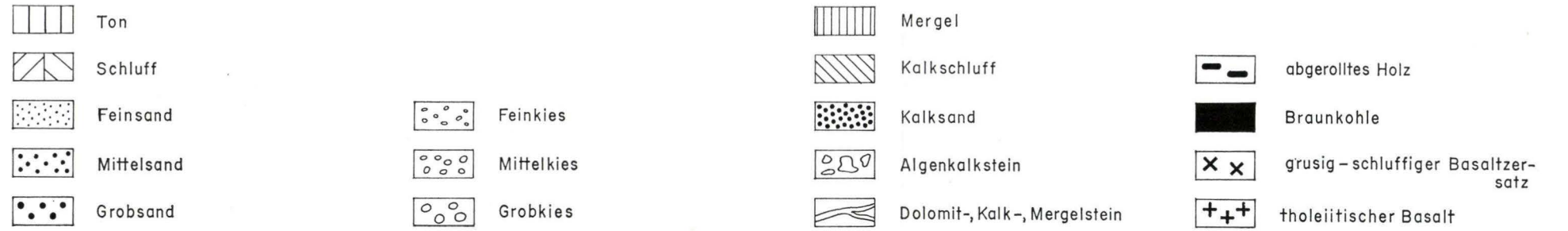
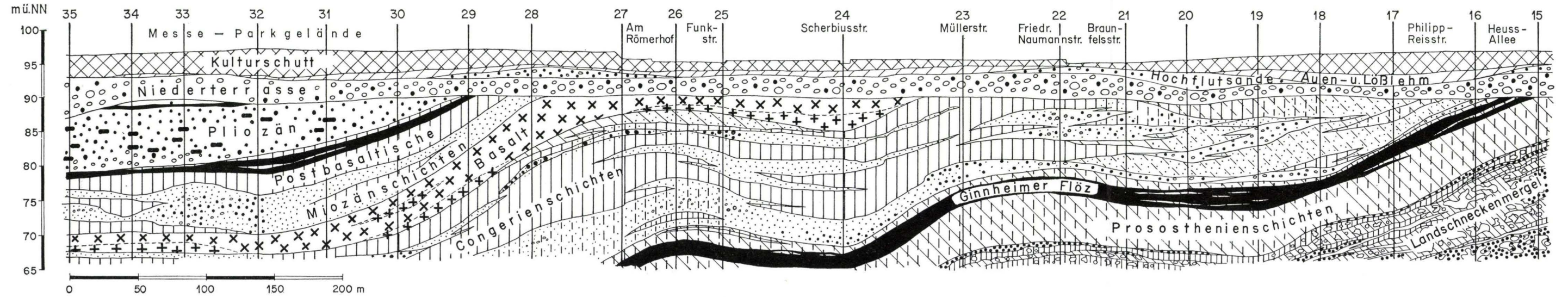
Vergrößerung einheitlich  $\times 1,5$

- Fig. 5. *Anas blanchardi* MILNE-EDWARDS 1868.  
Rechtes Os metacarpi. Helle Stellen in Schaftmitte ersetzt.  
a) von innen, b) von außen. Slg. Museum Darmstadt: Ra 66.
- Fig. 6. *Phoenicopterus croizeti* GERVAIS 1852,  
Rechtes Os metacarpi, Fragment, proximales Ende.  
a) von innen, b) von außen. Slg. SCHELLMANN: A3.
- Fig. 7. *Anas blanchardi* MILNE-EDWARDS 1868.  
Linkes Os metacarpi.  
a) von außen, b) von innen. Slg. SCHELLMANN: A5.
- Fig. 8. *Oligocorax littoralis* (MILNE-EDWARDS) LAMBRECHT 1933.  
Rechtes Coracoid.  
a) von vorn (außen), b) von hinten (innen). Slg. SCHELLMANN: A4.
- Fig. 9. *Palaelodus ambiguus* MILNE-EDWARDS 1871.  
Rechter Tarsometatarsus, distales Ende.  
a) von vorn, b) von hinten. Slg. SCHELLMANN: A6.
- Fig. 10. *Tringa* sp.  
Rechter Tarsometatarsus, distales Ende.  
a) von vorn, b) von hinten. Slg. Museum Darmstadt: Ra 67.



WSW

ENE



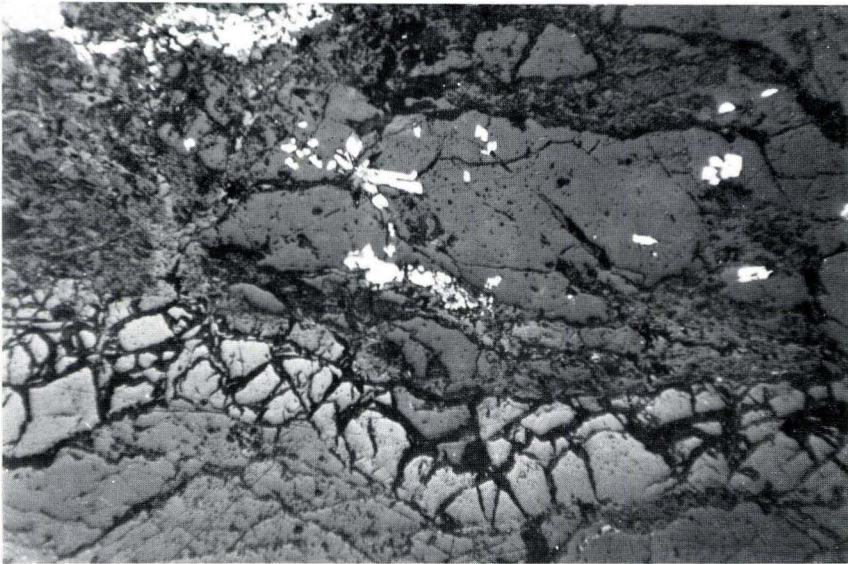
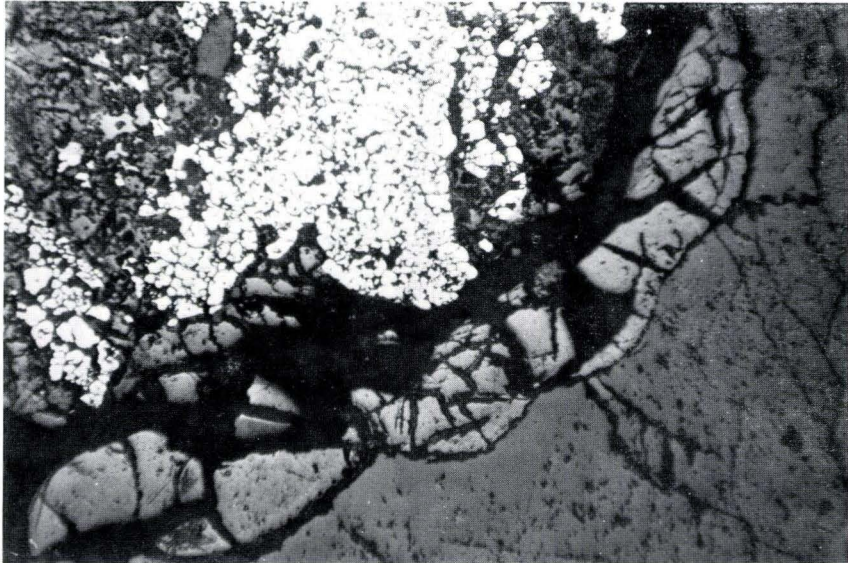
Geologisches Profil zwischen Parkgelände am Rebstock und Theodor-Heuss-Allee in Frankfurt a. M.

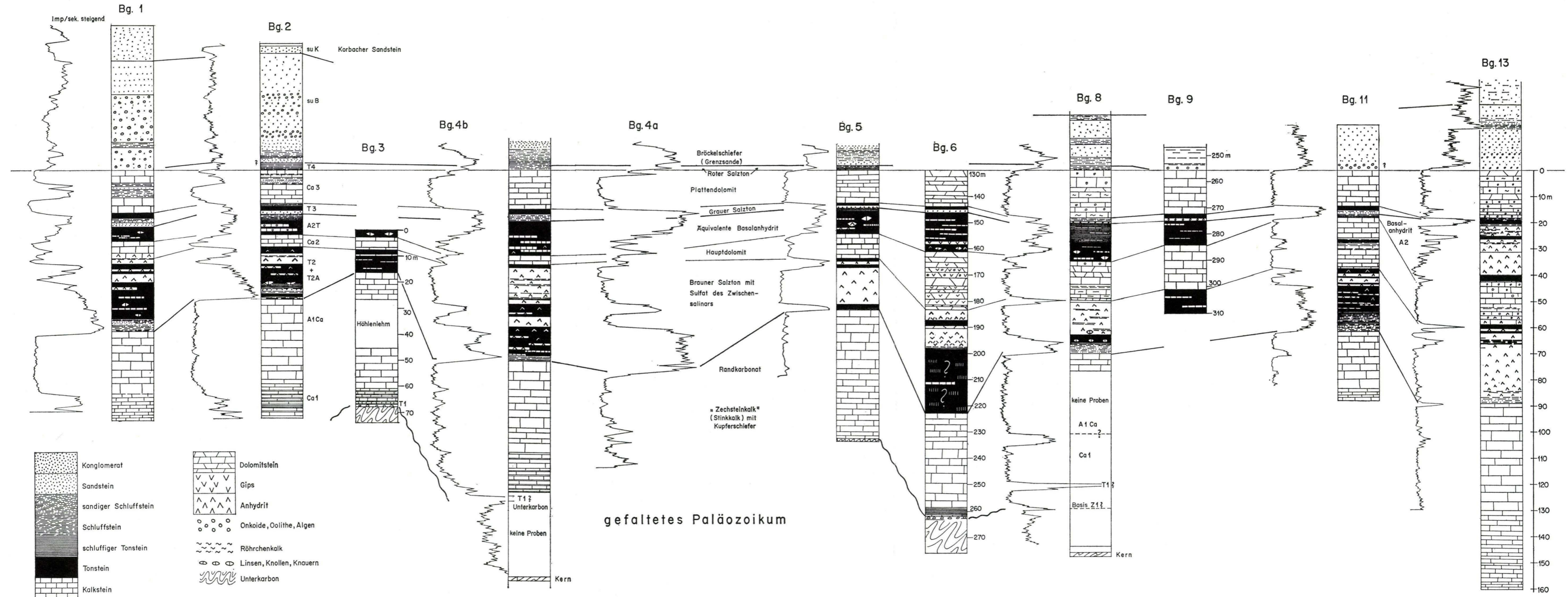


**Tafel 11**

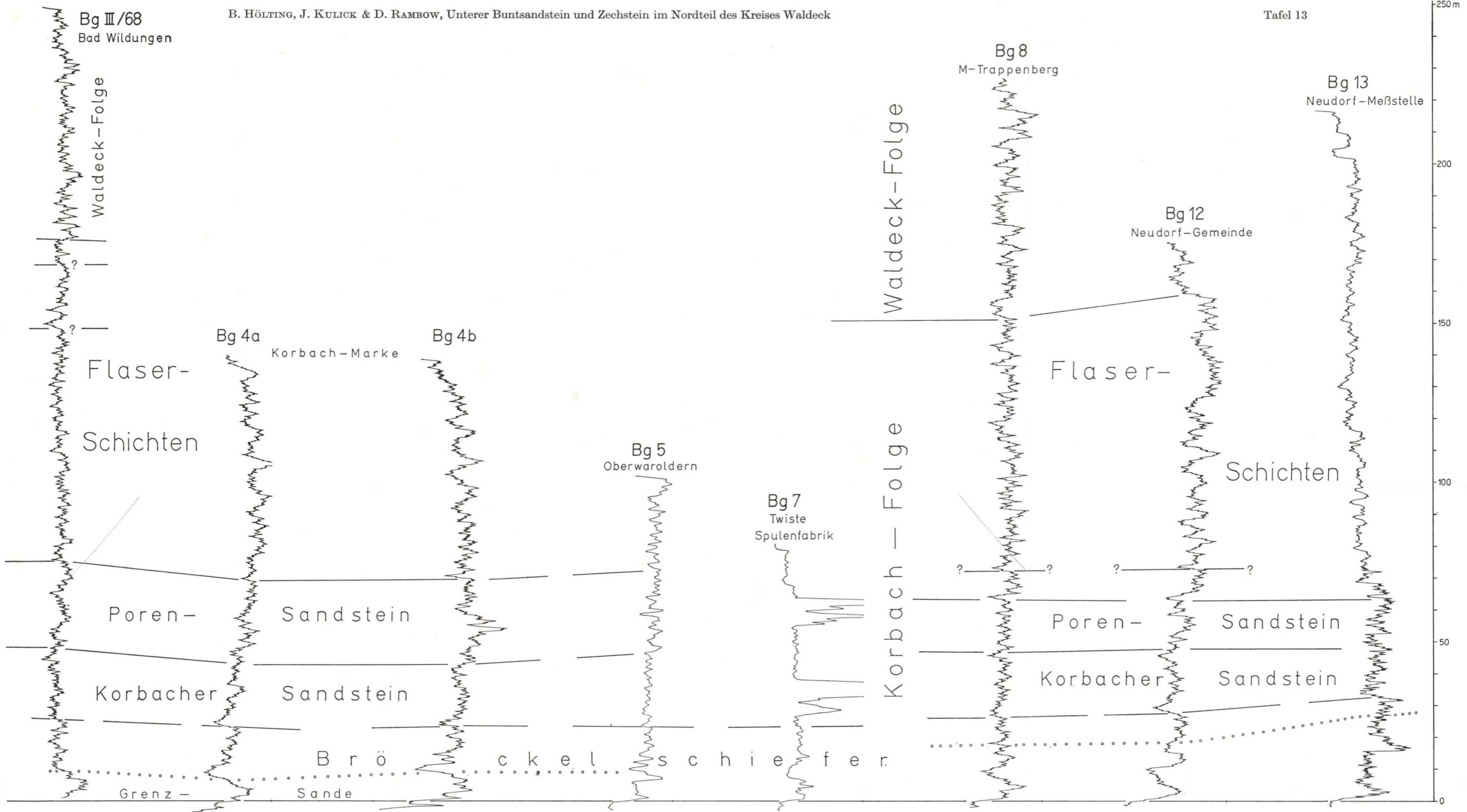
## Tafel 11

- Fig. 1. Pechblende (grau, kolloidal), körniger Pyrit (weiß) und Calcit (dunkler grau) Risse (schwarz), Probe 11088a aus der Gangbrekzie im Stbr. am Mackenheimer Viadukt, Bl. 6418 Weinheim, R 3484375, H 5492750. Ohne Nic., Vegr.: 80 ×.
- Fig. 2. Pechblende (grau, kolloidal), umgeben von Calcit (dunkelgrau), etwas Quarz (dunkler grau). Kleine Fünkchen von Arsenkies im Quarz (weiß, idiomorph) und von Pyrit (weiß); Probe und Fundort wie Fig. 1. Ohne Nic., Vegr.: 80 ×.





Zechstein-Profile mit den Gamma-Logs aus den untersuchten Bohrungen



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
Band 100, 1972: 332 S., 53 Abb., 38 Tab., 14 Taf. . . . .	40,— DM
Band 101, 1973: 426 S., 105 Abb., 29 Tab., 30 Taf. . . . .	40,— DM