

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

Band 98

Mit 59 Abbildungen, 18 Tabellen, 19 Tafeln und 2 Bildern

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1970

# Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden

Band 98

Mit 59 Abbildungen, 18 Tabellen, 19 Tafeln und 2 Bildern

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1970

Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.	98	348 S.	59 Abb.	18 Tab.	19 Taf.	2 Bilder	Wiesbaden 1970
------------------------------------	----	--------	---------	---------	---------	----------	----------------

## Inhaltsverzeichnis

### A. Wissenschaftlicher Teil:

#### RAGNAR K. KINZELBACH:

- Wanzen aus dem eoänen Ölschiefer von Messel (Insecta: Heteroptera). Mit 4 Abbildungen und den Tafeln 1—2 . . . . . 9

#### FRITZ KUTSCHER:

- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 27. *Palaeopantopus maucheri* BROILI und *Palaeoisopus problematicus* BROILI. Mit 3 Abbildungen und Tafel 3 . . . . . 19

#### SIEGFRIED RIETSCHEL:

- Retifungus rudens* n. g., n. sp., ein dictyospongiider Kieselchwamm aus dem Hunsrückschiefer. Mit 2 Abbildungen und Tafel 4 . . . . . 30

#### HANS-GÜNTHER KUPFAHL:

- Die Bornicher Schichten des Hunsrückschiefers im Forstbachtal bei St. Goarshausen (Mittelrhein). Mit 1 Abbildung . . . . . 36

#### FRITZ KUTSCHER & HANS-GEORG MITTMEYER:

- Unterems-Faunen (Unter-Emsium, Unter-Devon) bei der Loch-Mühle nordwestlich Gemünden (Taunus, Bl. 5616 Grävenwiesbach). Mit 2 Abbildungen und Tafel 5 . . . . . 42

#### GERHARD SOLLE:

- Die Hunsrück-Insel im oberen Unterdevon. Mit 1 Abbildung und Tafel 6 . . . 50

#### GISBERT DIEDERICH:

- Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in der südlichen Randfazies. Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle . . . . . 81

#### HEINRICH GRAUL:

- Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mittleren Buntsandstein am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. Mit 8 Abbildungen 93

#### ERWIN BUSSE:

- Ceratiten und Ceratiten-Stratigraphie. Mit 2 Tabellen . . . . . 112

#### ERWIN BUSSE, DIETRICH RAMBOW & FRANZ RÖSING:

- Ein Profil durch den Nordteil des Kasseler Grabens bei Burghasungen, Nordhessen (Blatt 4621 Wolfhagen). Mit 1 Abbildung und Tafel 7 . . . . . 146

#### MATTHIAS KAEVER & PETER MEIBURG:

- Die Tertiär-Relikte am Nordrand der Niederhessischen Senke. Mit 5 Abbildungen 151

#### WOLFGANG PLASS:

- Das Tertiär des Eisenberger Beckens und Grünstadter Bergs (Nordpfalz). Mit 1 Tabelle . . . . . 167

#### HEINZ BOTCKE:

- Der Zusammenhang von Karsthohlformen mit der Lithofazies und dem tektonischen Flächengefüge der devonischen Dolomite in der Waldalgesheimer Mulde bei Bingen/Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). Mit 8 Abbildungen, 2 Tabellen und Tafel 8 . . . . . 173

<b>GISBERT DIEDERICH &amp; HELMUT HICKETHIER:</b>	
Zur Tektonik des Schlüchterner Beckens und seiner Umrahmung. Mit 5 Abbildungen und den Tafeln 9—10 . . . . .	187
<b>KLAUS HEINE:</b>	
Die Bleichung der Sandsteine bei Marburg/Lahn — eine hydrothermale Bildung. Mit 1 Abbildung und den Tafeln 11—12 . . . . .	198
<b>GEORG AGIORGITIS:</b>	
Der Bentonit vom Roßberg bei Darmstadt. Mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen	206
<b>ALFRED FINKENWIRTH:</b>	
Hydrogeologische Neuerkenntnisse in Nordhessen. Mit 1 Abbildung, 8 Tabellen und den Tafeln 13—14 . . . . .	212
<b>KARL ERNST HEYL:</b>	
Weitere Vorkommen von Sulfatwässern in der Wittlicher Rotliegend-Senke (Südwesteifel). Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle . . . . .	234
<b>KARL ERNST HEYL, HEIMO NIELSEN &amp; DIETRICH RAMBOW:</b>	
Zur S-Isotopenverteilung im Sulfatschwefel von Mineralwässern aus dem Moselgebiet, dem Mainzer Becken, dem westlichen Oberrheingraben und dem Nahegebiet. Mit Tafel 15 . . . . .	249
Nachrichten und Mitteilungen aus dem Hessischen Landesamt für Bodenforschung	
<b>FRITZ KUTSCHER:</b>	
ERICH HAARMANN und das Hunsrückschiefer-See. Mit 1 Abbildung und Tafel 16 . . . . .	257
<b>FRITZ KUTSCHER:</b>	
Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 29. Beispiel einer Fossilfalle im Hunsrückschiefer. Mit Tafel 17 . . . . .	261
<b>WOLFGANG PLASS:</b>	
Über den geologischen Bau des Domhügels zu Frankfurt a. M. und über das Alter seines oberflächennahen Bodens. Mit 1 Tabelle . . . . .	264
<b>ERNST BARGON &amp; HANS ULRICH NUBER:</b>	
Bodenaufschlüsse und paläolithische Funde aus dem Bereich des römischen Steinkastells Hofheim (Maintaunuskreis). Mit 3 Abbildungen und den Tafeln 18—19	270
<b>HELMUT REICHMANN:</b>	
Das Vorkommen von Lockerbraunerde im Gladenbacher Bergland (Bl. 5216 Oberschedl). Mit 1 Abbildung . . . . .	274
<b>ERNST SOBOTH:</b>	
Vereinfachte CO <sub>2</sub> -Bestimmungen in Quellen. Mit 3 Abbildungen . . . . .	278
<b>KARL ERNST HEYL:</b>	
Eine modifizierte Darstellung von Wasseranalysen im Osannschen Dreieck. Mit 2 Abbildungen . . . . .	281

## B. Amtlicher Teil

## FRIEDRICH NÖRING:

FRANZ MICHELS †. Mit 2 Bildern . . . . . 287

## FRIEDRICH NÖRING:

Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das  
Geschäftsjahr 1969 (1. 1. bis 31. 12. 1969) . . . . . 298

## ANNELIES HERZBERG:

Hessisches Geologisches Schrifttum 1969 mit Nachträgen aus den Jahren  
1958—1968 . . . . . 320

## Schriftleitung:

Autorenregister, Sach- und Ortsregister, Fossilregister . . . . . 335

Verzeichnis der Autoren dieses Bandes . . . . . 347

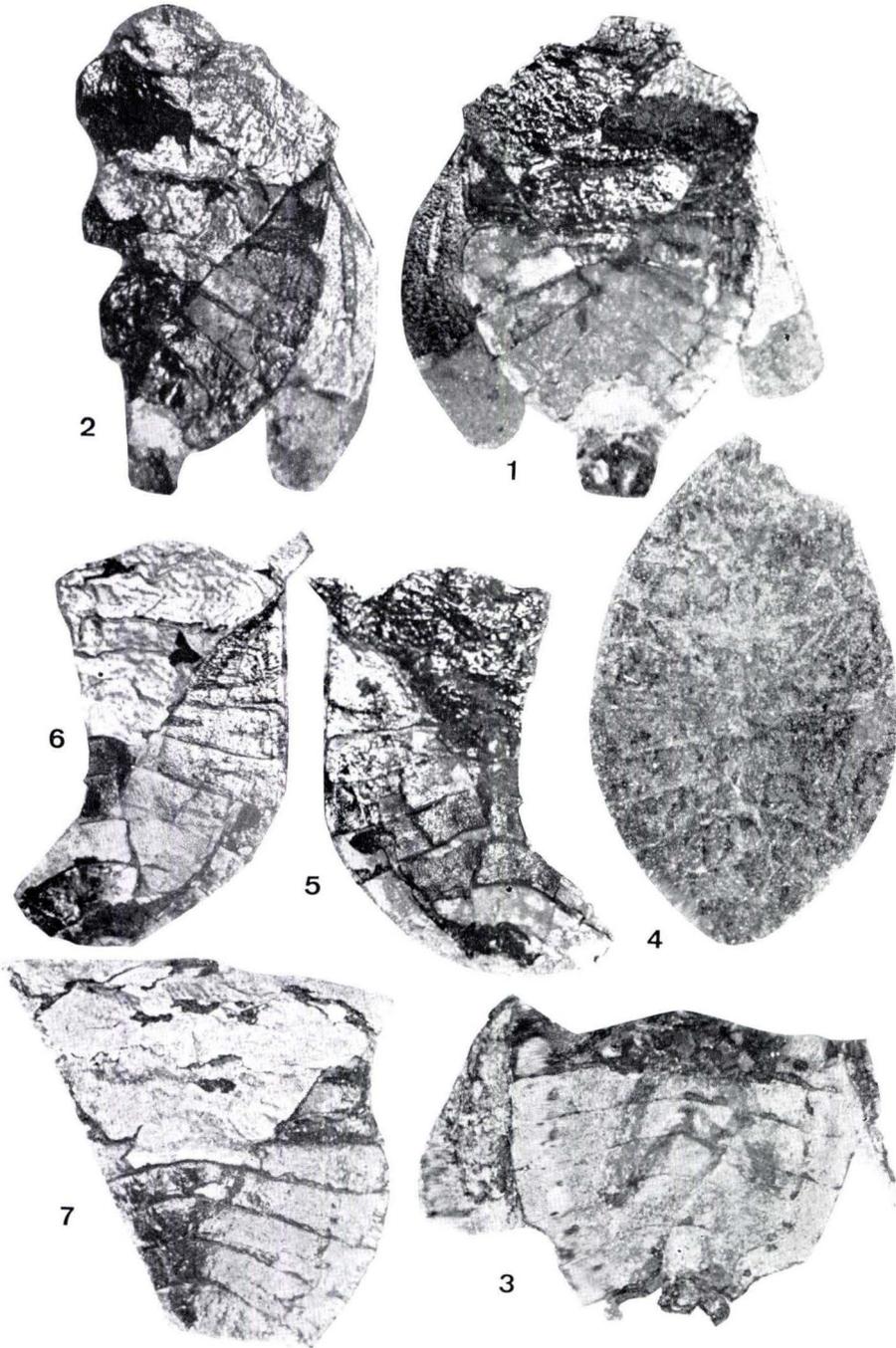
A.

**Wissenschaftlicher Teil**

**Tafel 1**

Tafel I

- Fig. 1. *Cydnopsis meunieri* n. sp., Holotypus, Platte, Me 7416.  
Fig. 2. *Cydnopsis meunieri* n. sp., Holotypus, Gegenplatte, Me 7416.  
Fig. 3. *Cydnopsis meunieri* n. sp., Me 1001.  
Fig. 4. *Cydnopsis meunieri* n. sp., Me 818.  
Fig. 5. *Cydnopsis meunieri* n. sp., Me 7418.  
Fig. 6. *Cydnopsis meunieri* n. sp., Me 7409, Gegenplatte zu Me 7418.  
Fig. 7. *Cydnopsis meunieri* n. sp., Me 7417.



**Tafel 2**

Tafel 2

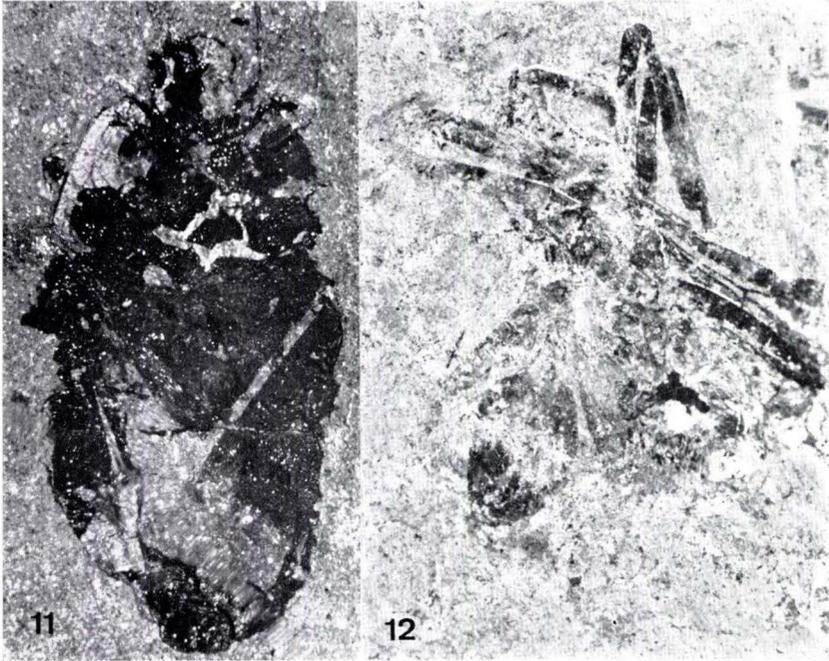
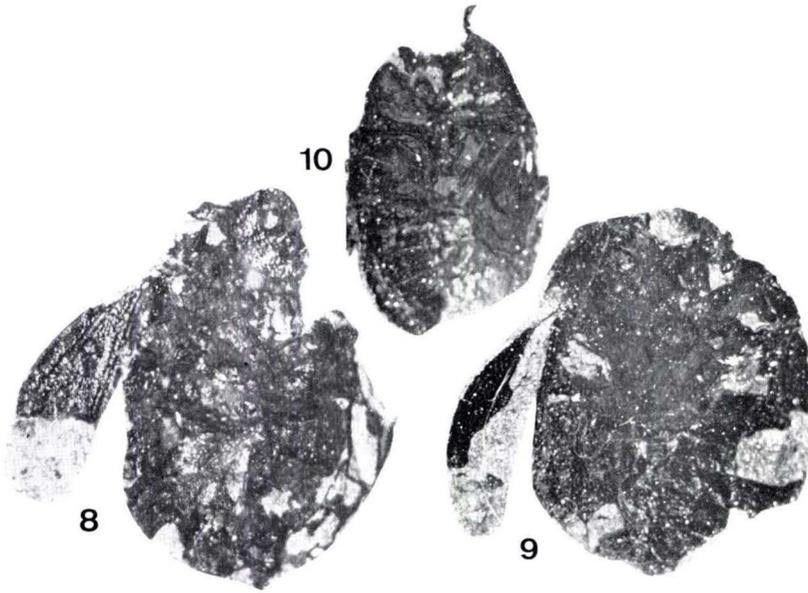
Fig. 8. *Cydnopsis nana* n. sp., Holotypus, Me 7423.

Fig. 9. *Cydnopsis nana* n. sp., Me 7420.

Fig. 10. *Cydnopsis nana* n. sp., Me 7421.

Fig. 11. Lygaeidae gen. sp., Me 7425.

Fig. 12. *Amphibolus disponi* n. sp., Me 7424.



# Wanzen aus dem eozänen Ölschiefer von Messel (Insecta: Heteroptera)

Von

RAGNAR K. KINZELBACH, Mainz

Mit 4 Abbildungen und den Tafeln 1-2

**Kurzfassung:** Beschreibung der Wanzen (Heteroptera) aus dem eozänen (Lutet) Ölschiefer von Messel bei Darmstadt. Vertreten sind Cydnidae (mit *Cydnopsis meunieri* n. sp. und *Cydnopsis nana* n. sp.), Lygaeidae (gen. sp.) und Reduviidae (mit *Amphibolus disponsi* n. sp.).

**Abstract:** Description of the Heteroptera from the eocene (Lutet) oil slate of Messel near Darmstadt (F. R. G.). They are represented by the Cydnidae (with *Cydnopsis meunieri* n. sp. and *Cydnopsis nana* n. sp.), by the Lygaeidae (gen. sp.) and by the Reduviidae (with *Amphibolus disponsi* n. sp.).

**Résumé:** Une description des Hétéroptères des schistes huillères eocènes (Lutetien) de Messel près de Darmstadt (R. F. A.). Ils sont représentés par les Cydnidae (avec *Cydnopsis meunieri* n. sp. et *Cydnopsis nana* n. sp.), par les Lygaeidae (gen. sp.) et par les Reduviidae (avec *Amphibolus disponsi* n. sp.).

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	9
2. Das untersuchte Material . . . . .	10
2.1. Fundort und Erhaltung . . . . .	10
2.2. Konservierung . . . . .	11
3. Systematische Abhandlung . . . . .	12
3.1. <i>Cydnopsis meunieri</i> n. sp. (Heteroptera: Cydnidae) . . . . .	12
3.2. <i>Cydnopsis nana</i> n. sp. (Heteroptera: Cydnidae) . . . . .	14
3.3. gen sp. (Heteroptera: Lygaeidae) . . . . .	15
3.4. <i>Amphibolus disponsi</i> n. sp. (Heteroptera: Reduviidae) . . . . .	16
4. Zusammenfassung und Bemerkungen zur Wanzenfauna von Messel . . . . .	18
Schriftenverzeichnis . . . . .	18

## 1. Einleitung

Die fossile Insektenfauna von Messel wurde erstmals von MEUNIER (1921) dargestellt. Nach dem damaligen Stand der Kenntnis setzt sie sich aus Vertretern der Schaben (Blattaria), der Käfer (Coleoptera) und der Wanzen (Heteroptera) zusammen.

Von diesen Ordnungen sind die Käfer, sowohl bezüglich der Arten- als auch der Individuenzahl, am stärksten vertreten. Reste von Wanzen lagen MEUNIER nur in geringer Zahl und in schlechter Erhaltung vor.

Durch neuere Grabungen wurde einerseits die Zahl der bekannten Ordnungen durch Entdeckung von Hautflüglern (Hymenoptera) erhöht, andererseits wurden Zahl und Kenntnis der Arten der bereits nachgewiesenen Ordnungen vermehrt.

Die neuen Funde sollen in zwangloser Folge beschrieben werden und dadurch vor allem den Spezialisten der betreffenden Gruppen zugänglich gemacht werden; denn nur diese können im Vergleich mit dem gesamten rezenten Material eine zuverlässige systematische Zuordnung vornehmen.

Herrn Prof. Dr. H. TOBIEN, Mainz, verdanke ich die Anregung, mich der Messeler Insektenfauna anzunehmen und die Erlaubnis zur Teilnahme an Grabungen des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt. Herrn Dr. P. DISPONS, Paris, danke ich für die lebenswürdige Diskussion der Stellung des Reduviidenfundes.

## 2. Das untersuchte Material

Aus der Sammlung Dr. SPIEGEL im Hessischen Landesmuseum in Darmstadt lagen sechs bereits von MEUNIER untersuchte Wanzenreste vor. Die neuen Grabungen förderten 17 bestimmbare Individuen.

Alle Belegstücke befinden sich unter den angegebenen Nummern in der Sammlung der Messeler Funde des Hessischen Landesmuseums in Darmstadt.

### 2.1. Fundort und Erhaltung

Sowohl die alten als auch die neuen Funde stammen aus dem Ölschiefer-Tagebau der YTONG A. G. bei Messel. Die neueren Stücke wurden bei Grabungen im August 1967 an zwei Stellen des Tagebaues gefunden:

a) nahe dem Nordrand der damaligen 7. Sohle; von hier stammen alle *Cydnopsis*-Funde und die Lygaeiden.

b) am Südwestrand der 4. Sohle; hier nur *Amphibolus*.

Der Ölschiefer stammt aus dem mittleren Eozän (Lutet); für weitere geologische Einzelheiten vergleiche man MATTHESS (1966).

Den Erhaltungszustand der Fossilien nennt MEUNIER ganz allgemein schlecht. Für die meisten Funde trifft dies zweifellos zu, da beim Spalten des Schiefers die erhaltene Cuticularsubstanz oft ebenfalls in ihrer Flächenausdehnung gespalten wird. Dadurch erhält man nicht selten zwar einen prächtigen Umriß des Tieres, doch lassen sich keinerlei Einzelheiten mehr erkennen. Besonders störend wirkt sich das etwa bei den Käfern aus, wo häufig die diagnostisch wichtige Skulptur der Elytren derart verloren geht. Ähnliche Erhaltungszustände beschreibt HAUPT (1960, 1956) aus der etwa gleichaltrigen Braunkohle des Geiseltales.

Ein kleiner Teil der Insekten ist jedoch außerordentlich gut erhalten. Es handelt sich vorwiegend um Tiere, die in die von MATTHESS (1966) beschriebenen, varvenartigen Zwischenlagen aus tonigem Material eingebettet sind. Solche Stücke lassen oft mikroskopische Einzelheiten erkennen (z. B. Me 7424).

Zur Beurteilung der Erhaltung ist jedoch auch zu berücksichtigen, wie die Einbettung zustande kam. Nach TOBIEN (1955) sind die Insekten des Messeler Ölschiefers wie die meisten anderen dort gefundenen Tiere Mitglieder einer Thanatozönose. Echte Wasserinsekten sind bisher nur vermutet, nicht jedoch sicher nachgewiesen. Die Insektenreste können auf folgenden Wegen zur Einbettung gelangt sein:

a) Es handelt sich um Fraßreste über dem Teichgebiet jagender Insektenfresser, wobei besonders an die nicht seltenen Fledermäuse zu denken ist (REVILLIOD, 1917). Als solche sind besonders isolierte Flügeldecken von Käfern anzusehen.

b) Es handelt sich um Insekten, die vom Wind auf das Wasser getrieben wurden, dort starben und zur Einbettung gelangten. Dabei ist zu unterscheiden zwischen solchen, die auf dem Teich selbst verunglückten und solchen, die von kleineren zuführenden Fließgewässern eingeschwemmt wurden. Erstere stellen sicher den größeren Anteil, besonders alle Stücke, die in dichtem Ölschiefer gefunden wurden; zu letzteren sind vermutlich die in den tonig-sandigen Zwischenschichten befindlichen Stücke zu rechnen.

In beiden Fällen zeigen die Tiere Stellungen, die für einen Tod durch Ertrinken charakteristisch sind (vgl. Me 7424; aber auch bei Käfern und Schaben): angewinkelte Beine, abgespreizte Flügel. In beiden Fällen zeigen sich auch mechanische Defekte, die auf ein längeres Treiben im Wasser, sei es an der Oberfläche oder dicht über dem Grund, bei gleichzeitiger Verwesung der Weichteile, schließen lassen: häufiger Verlust des Kopfes, der Beine; Auffinden verstreuter Teile in engem Umkreis. Derartige Erscheinungen lassen sich bei vielen fossilen Insektenfaunen nachweisen, z. B. auch im Mainzer Hydrobienkalk (ZEUNER, 1938).

c) Insektenreste wurden in einigen Fällen, zu kleinen Knäueln zusammengerollt, in den kleinen Ansammlungen von Steinchen gefunden, die als Koprolithen von Fischen gedeutet werden. Möglicherweise wurden Insektenreste von Fischen mit aufgenommen.

Diese Befunde wurden nicht allein an den Heteroptera von Messel gewonnen, sondern aus der Gesamtheit der Funde. Doch gelten diese Einbettungsmöglichkeiten uneingeschränkt für die Vertreter auch dieser Ordnung.

## 2.2. Konservierung

MEUNIER'S Feststellung über die schlechte Erhaltung der Fossilien dürfte eine weitere Ursache darin haben, daß ihm die Funde nicht bergfrisch vorlagen. Die Verbietungen an den meisten Handstücken der Sammlung Dr. SPIEGEL lassen annehmen, daß sie wenigstens vorübergehend ausgetrocknet waren, wodurch die Feinstruktur der Fossilien zerstört wurde. Später hat man sie, wie die Wirbeltierfunde, in Glycerin getränkt und am Rand mit einer Paraffinschicht überzogen. Diese Konservierung verzögerte zwar einen weiteren Zerfall der Stücke durch Austrocknung, verhinderte ihn jedoch nicht vollständig. Der wahrscheinlich noch vor der Untersuchung durch MEUNIER angebrachte Paraffinüberzug ist seitdem stellenweise aufgebrochen und die meisten Stücke sind von feinen Rissen durchsetzt. Die Feinstruktur der ungeschützt der Luft ausgesetzten Fossilien hat sich ungünstig verändert; etwas besser hielten sich Stücke, die vollständig mit Paraffin überzogen worden waren.

Zur jetzigen Untersuchung wurde das Paraffin, wo notwendig, mit Xylol abgelöst und die Stücke wurden über eine absteigende Reihe von Äthylalkohol in Wasser und dann in Glycerin überführt.

Die frischen Funde wurden über mehrere Stufen mit abnehmendem Wassergehalt in Glycerin gebracht. Darin bewahrten sie in den seitdem vergangenen drei Jahren sämtliche Strukturen und die bergfrischen Farben. Die Stücke sollen weiterhin in Glycerin aufbewahrt werden, nach Art der entomologischen Alkohol-Naßsammlungen. Auch die Untersuchung und das Fotografieren kann an Stücken erfolgen, die in Glycerin liegen.

### 3. Systematische Abhandlung

Die untersuchten Reste gehören zu den Wanzenfamilien Cydnidae, Lygaeidae und Reduviidae.

Die (auch in sehr kleinen oder schlecht erhaltenen, hier nicht behandelten Bruchstücken) im Messeler Ölschiefer nicht seltenen Vertreter der Cydnidae, werden hier, dem Vorgehen MEUNIERs folgend, bei der „Sammel“-Gattung *Cydnopsis* HEER, 1853 belassen. Bei näherer Kenntnis, besonders auch der Extremitäten, werden sie sich wahrscheinlich den Gattungen *Cydnus* oder *Sehirus* zuordnen lassen. MEUNIER erwähnte die beiden hier behandelten Arten, ohne sie nach dem ihm vorliegenden Material näher beschreiben zu können.

Eine Zuordnung der Lygaeiden-Reste ist bisher noch nicht gelungen. Lygaeiden sind sehr zahlreich aus miozänen Schichten verschiedener Fundorte, besonders in Nordamerika bekannt geworden.

Die fossile Raubwanze ist der älteste bisher gefundene Vertreter ihrer Familie, da dem baltischen Bernstein allenfalls spät-eozäne Entstehung zuzuschreiben ist. Sie läßt sich leicht der Unterfamilie Harpactorinae zuweisen und steht damit den miozänen *Harpactor*-Arten von Oeningen und Radoboj (HEER, 1853) sowie *Harpactor* cf. *gracilis* FOERSTER, 1891, aus dem Oligozän von Brunstatt und *Rhinocoris michalki* STATZ & WAGNER, 1950, aus dem Oligozän von Rott nahe. Aus dem baltischen Bernstein stammen *Platymeris insignis* GERMAR & BERENDT, 1845, und *Limnaxis succini* GERMAR & BERENDT, 1856, die habituell der neuen Form ähneln, sich aber in Details deutlich unterscheiden.

Nach der freundlichen Auskunft von Dr. P. DISPONS, Paris, ist das vorliegende Fossil aufgrund der unbewehrten Klauen der Gattung *Amphibolus* KLUG einzuordnen. Das eindeutige Fehlen einer Fleckung der Beine unterscheidet es von den meisten der genannten Formen. Von *Harpactor* cf. *gracilis* FOERSTER, 1891, ist es in den Proportionen unterschieden, von den miozänen, dunkelbeinigen *Harpactor*-Arten von Oeningen und Radoboj durch andersartige Flügeladerung und Proportionsunterschiede, soweit die alten Beschreibungen diese Aussage zulassen.

#### 3.1. *Cydnopsis meunieri* n. sp. (Heteroptera: Cydnidae)

1921 *Cydnopsis* sp. 1. — F. MEUNIER, S. 12.

Zu dieser ersten Art, die MEUNIER ohne sie zu benennen durch die Körperlänge von 10 mm und die Breite von 6 mm charakterisierte, zählen aus der Sammlung Dr. SPIE-

GEL die Nr. 818 und 1001 (beide von MEUNIER als „Type“ bezeichnet) (vgl. MEUNIER, Taf. III Abb. 27–28), sowie die Nr. 1212 und die von MEUNIER irrtümlich zur zweiten Art gezählte Nr. 1275 (vgl. MEUNIER, Taf. III Abb. 29). Von den neueren Funden zählen Me 7409, Me 7411 – Me 7419 dazu. In der Sammlung Dr. SPIEGEL befindet sich unter Me 764 eine von MEUNIER nicht erwähnte Larve, die höchstwahrscheinlich zu dieser Art zu rechnen ist.

Da MEUNIER die Art nicht benannt hat, können seine „Typen“ übergangen werden. Als Holotypus der Art sei ein fast vollständiges Stück festgelegt, das in Platte und Gegenplatte vorliegt (Me 7416).

Diagnose: Eine durch charakteristische Gestalt (Abb. 1) als zur Gattung *Cydnopsis* gehörig ausgewiesene Wanze aus dem Lutet von Messel. Die Körperlänge beträgt 10 mm, die Breite am Flügelansatz 6,5 mm. Die Cuticula von Oberkopf, Pronotum und Scutellum sowie das Corium ist derb, mit grober Punktskulptur. Die abdominalen Tergite und Sternite sind fein punktiert. Frisch geborgen zeigt die Cuticula eine schwarze, etwas blau metallische Färbung. Stellen, an denen die Cuticula in ihrer Fläche aufgerissen ist, erscheinen messinggelb.

Beschreibung des Holotypus: (Abb. 1A, Taf. 1 Fig. 1, 2). Der dorsale und frontale Teil der Kopfkapsel ist sichtbar. Lateral sind kleine Augenreste erkennbar, an den Seiten des vorderen Kopfabchnittes liegen Stellen, die als Antennengruben gedeutet werden können. Am durchweg grob punktierten Kopf hebt sich die Clypeofrons als in der Körperlängsachse verlaufende Struktur mit feiner Querstreifung und beiderseits einer Punktreihe ab.

Vom Thorax lassen sich außer den Umrissen und der Skulptur von Pronotum und Scutellum keine Einzelheiten erkennen. Die Spitze des Scutellums fehlt teilweise, so daß dessen Umriß nicht vollständig zu erkennen ist (vgl. Me 7418). Die Grenze zwischen Thorax und Abdomen ist gut sichtbar.

Die Flügel sind abgespreizt. Der linke Vorderflügel ist gut erhalten und zeigt eine einfache Hauptaderung. Dazwischenliegende feinere Verzweigungen werden von der Punktskulptur verwischt. Die Membran liegt als dünnes, irisierendes Häutchen ohne erkennbare Aderstruktur vor.

Die Abdominalsegmente sind wie bei allen vorliegenden Exemplaren in einer charakteristischen Anordnung gut sichtbar. Auch die ventral am Abdomen gelegenen Stigmen sind zu erkennen, ebenso eine Furche, die den flachen randlichen Teil des Abdomens von dessen Mitte absetzt. Sklerite des Geschlechtsapparates scheinen ausgeklappt zu sein, vielleicht durch Verwesungserscheinungen vor der Einbettung.

Beschreibung der Paratypen: (Taf. 1 Fig. 3–7). Da am Typusexemplar nicht alle wesentlichen Merkmale der Art zu sehen sind, werden auch die anderen näher beschrieben:

Me 1001 (Coll. Dr. SPIEGEL), einer der „Typen“ MEUNIERS. Erhalten ist insbesondere ein Abdruck der Unterseite des Abdomens, der gut die Stigmen erkennen läßt. Sichtbar sind außerdem, allerdings nur in verschwommenen Umrissen, die hinteren Beine.

Me 818 (Coll. Dr. SPIEGEL), einer der „Typen“ MEUNIERS. Es handelt sich um eine Larve, von der allerdings nur die Umrisse erhalten sind.

Me 7418. Vom Gebirgsdruck etwas verzerrte Imago mit gut erhaltenem Abdomen, Flügelresten, Pronotum und besonders Scutellum. Hier ist die caudale Abrundung des Scutellums gut sichtbar.

Me 7409. Gegenplatte zu Me 7418, nur zur Hälfte erhalten. Rest eines schwach beborsteten, rechten Femur des ersten Beinpaars drückt sich durch die darüberliegenden thorakalen Teile ab. Am Abdomen läßt sich dessen feine Behaarung auf der Ventralseite wahrnehmen.

Me 7411. Thorax und Abdomen in dorsaler Ansicht gut erhalten. Die Form des Scutellums ist sichtbar.

Me 7412. Erhaltung gut, etwa wie bei vorigem. Reste der Flügel und ein Teil des Hinterkopfes.

Me 7413. Umriß sowie die Skulptur der Abdomen-Oberseite gut erhalten, Reste der Flügel, z. T. auch der Membran der Vorderflügel, Scutellum fehlt.

Me 7414. Abdomen gut erhalten, Thorax zerstört. In den Resten des Coriums der Vorderflügel sind die drei Hauptadern deutlich zu sehen.

Me 7415. Ein isoliertes Abdomen, ganz erhalten.

Me 7417. Der Umriß ist gut erhalten, dazu Teile der Skulptur.

Me 7419. Umriß von unten. Rüssel teilweise sichtbar.

Benennung: Die Benennung dieser Art erfolgt nach ihrem Entdecker F. MEUNIER.

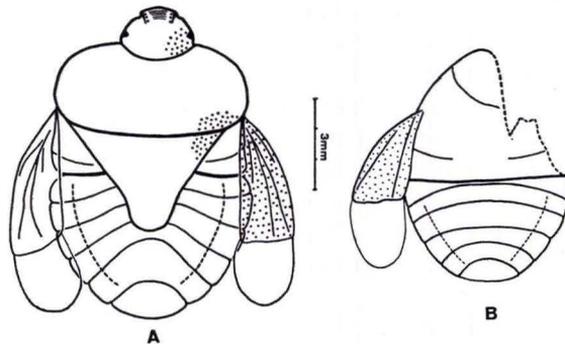


Abb. 1. A: *Cydnopsis meunieri* n. sp., Teilrekonstruktion. — B: *Cydnopsis nana* n. sp., Teilrekonstruktion.

### 3.2. *Cydnopsis nana* n. sp. (Heteroptera: Cydnidae)

1921 *Cydnopsis* sp. 2, — F. MEUNIER, S. 12.

Diese zweite Art, die MEUNIER durch die Maße 7 mm für die Länge und 5 mm für die Breite festlegte, ist in der Sammlung Dr. SPIEGEL nur in einem Stück vertreten (Me 874); vermutlich lag MEUNIER noch der Gegendruck vor, da er von „Typen“ schreibt (vgl. MEUNIER, Taf. 3, Abb. 30). Me 1275, von MEUNIER unter der 2. Art aufgeführt, zählt zu *Cydnopsis meunieri* n. sp. Auch im neuen Material befinden sich nur wenige Stücke dieser kleinen Art, so daß jetzt insgesamt fünf vorliegen. Zum Holotypus wird Me 7423 bestimmt.

**Diagnose:** Eine Art der Gattung *Cydnopsis* aus dem Lutet von Messel, die sich von *Cydnopsis meunieri* n. sp. vorwiegend durch deutlich geringere Körpergröße der Imago (Länge 8 mm, Breite am Flügelansatz 4,5 mm), rundlichen Umriß, breitere Flügel und andersartige Aderung des Coriums der Hemelytre unterscheidet. Die Cuticula ist punktiert, von schwarzer Farbe.

**Beschreibung des Holotypus:** (Abb. 1 B, Taf. 2 Fig. 8). Von der vorliegenden Imago ist kaum mehr als der Umriß erhalten, in dem sich etwa der Verlauf der Abdominalsegmente feststellen läßt. Diese sind jedoch durch eine Längsfalte, die durch das ganze Fossil zieht, gestört. Gut erhalten ist der diagnostisch wertvolle Vorderflügel der linken Seite. In dessen Corium zieht jeweils eine (doppelt erscheinende) Ader am äußeren und inneren Rand entlang.

**Beschreibung der Paratypen:**

Me 7420. Auch dieses Stück zeigt nur wenig mehr als den Umriß, doch sind die Abdominalringe hier ungestört erhalten. Die Flügel sind sichtbar, doch ungünstig gelagert. Sie bestätigen den vom Typus bekannten Aderverlauf.

Me 7421. Der Umriß ist, ebenso wie ein Teil der Abdominalsegmente gut zu erkennen. Der rechte Flügel liegt in natürlicher Stellung an, der linke fehlt.

Me 7422. Umriß und wenige Einzelheiten der Abdominalsegmente.

**Benennung:** zum Namen gab die geringe Körpergröße Anlaß.

### 3.3. gen. sp. (Heteroptera: Lygaeidae)

Die vorliegende Art, mit zwei Individuen vertreten, läßt sich dem Habitus nach leicht den Lygaeiden zuweisen, von denen ähnliche Formen aus dem mittleren Oligozän von Brunstatt (Elsaß) und von Florissant (Colorado) beschrieben worden sind (FÖRSTER, 1891; SCUDDER, 1890). Eine nähere Zuordnung sei Spezialisten überlassen.

**Beschreibung:** (Abb. 2, Taf. 2 Fig. 11).

Me 7425. Das in seinem Umriß zur Gänze erhaltene Tier ist 13,5 mm lang und an der Flügelbasis 6,5 mm breit. Extremitäten liegen nur in undeutbaren Resten vor. Die Lygaeide liegt auf der Dorsalseite, doch sind die meisten Strukturen der dem

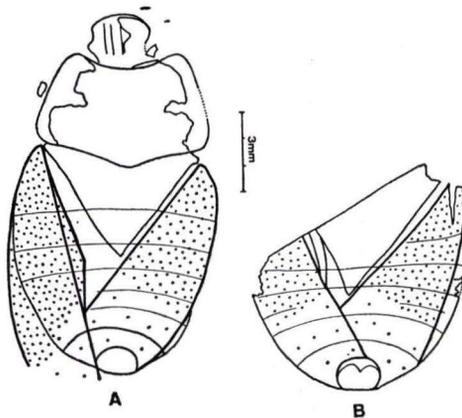


Abb. 2. Lygaeidae gen. sp., A: Me 7425, B: Me 7410.

Betrachter zugewandten Ventralseite abgetragen, so daß der Eindruck einer Dorsalansicht erweckt wird.

Vom Kopf ist nur der Umriß sowie der Frontoclypeus mit Rüsselbasis erhalten. Auch Pronotum und das spitz dreieckige Scutellum liegen nur als Umriß vor, weitere Bildungen des Thorax sind in der gegebenen Erhaltung nicht deutbar. Von den Hemielytren ist die linke noch in natürlicher Ruhelage, die rechte ist etwas abgehoben und am Außenrand zerstört. Auffällig ist die Trennung in ein schwärzliches Corium (mit Clavus) und eine rostbraune Membran. Eine Aderung ist nur andeutungsweise wahrzunehmen. Das Abdomen liegt über den Flügeln, ist jedoch meist in seiner Substanz verschwunden. Erhalten blieben Umriß und die Grenzen der Tergite. Nur im hinteren Bereich sind Sklerite der Ventralseite vorhanden, die metallisch schwarz gefärbt sind und eine Punktskulptur aufweisen. Der Bereich des Geschlechtsapparates ist gut kenntlich.

Me 7410. Ein Bruchstück in ähnlicher Erhaltung wie das Vorige. Das Abdomen ist etwas gestaucht, der Geschlechtsapparat wieder sehr deutlich.

Der Erhaltungszustand der beiden Stücke wird zumindest eine Zuordnung zu einer Gattung erlauben.

#### 3.4. *Amphibolus disponsi* n. sp. (Heteroptera: Reduviidae)

Beschreibung: (Abb. 3 und 4, Taf. 2 Fig. 12).

Me 7424. Die etwa 11,5 mm lange Wanze liegt in einer der erwähnten tonigen Zwischenschichten des Ölschiefers. Dieses Material bedeckt noch Teile des Insekts, wurde jedoch nicht vollständig entfernt, da sich genügend Details erkennen lassen und eine Zerstörung vermieden werden sollte.

Das Tier liegt auf dem Rücken. Der Kopf mit dem kurzen, kräftigen Rüssel ist zur Seite gedreht; die Beine sind seitlich abgespreizt, doch im Femur-Tibia-Gelenk stark eingeknickt und unter den Leib geschlagen. Die Flügel sind etwas abgespreizt. Diese Haltung ist die gewöhnliche postmortale Stellung von Reduviiden nach Vertrocknen, Vergiften oder Ertrinken. Das Fehlen kleinerer Teile, z. B. der meisten Tarsen und eines distalen Teils der Tibia des hinteren rechten Beines legen eine Einbettung nach längerem Driften nahe.

Der Umriß der Kopfkapsel ist gut kenntlich. Sie wurde in einer seitlich-ventralen Lage eingebettet und flachgedrückt. Augen lassen sich nicht mit Sicherheit erkennen. Der vordere Teil der Kopfkapsel („Genae“ = Laminae mandibulares) ist etwas abgehoben und erscheint als schuppenförmiges Gebilde. Unter ihm entspringt der seitlich wegziehende Rüssel, in dem sich als dunkles Band in seiner ganzen Länge das Stechborstenbündel vom umgebenden labialen Teil unterscheiden läßt. Der Rüssel ist nur wenig länger als der Kopf und im distalen Viertel nach hinten gekrümmt. Eine Querteilung ist nicht sichtbar. An der antero-dorsalen Kopfkapsel nimmt die sichtbare rechte Antenne ihren Ausgang mit einem dickeren Glied, das nur wenig länger als breit ist. Insgesamt ist die Antenne fast körperlang und läßt vier Glieder erkennen.

Von den Skleriten des Thorax läßt sich wenig identifizieren. Sie sind zu einer einheitlichen, schwarzen Masse zusammengedrückt, in der andeutungsweise Coxae sichtbar sind.

Die Femora der Beine sind kräftig, auf der Ventralseite heller als auf der dorsalen. Sie tragen keine auffallende Behaarung oder Bedornung. Die Femora des dritten Beinpaars sind etwas verdickt. Die Tibien verbreitern sich distad und sind stark behaart. Der dreigliedrige, in zwei Klauen endende Tarsus ist am linken ersten Bein ganz, am linken zweiten Bein teilweise erhalten (Abb. 4).

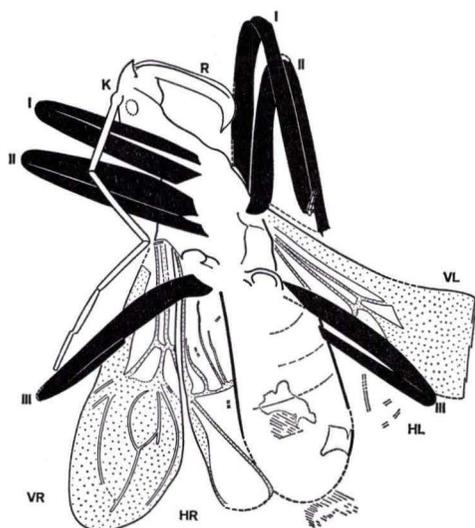


Abb. 3.

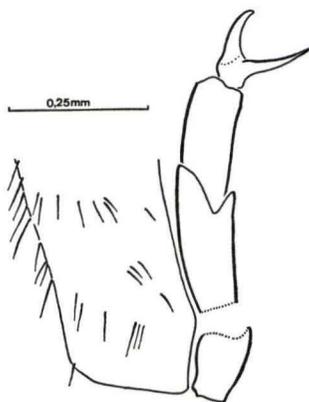


Abb. 4.

Abb. 3. *Amphibolus disponsi* n. sp., Me 7424. — I, II, III: 1., 2. und 3. Beinpaar; HL: linker Hinterflügel; K: Kopf; R: Rüssel; VL: linker Vorderflügel (Hemelytre); VR: rechter Vorderflügel (Hemelytre). Die Antenne ist so gezeichnet, als ob sie vor den Beinen liegen würde; sie drückt sich an den Überschneidungsstellen jedoch nur durch.  
Etwa 4fache Vergrößerung.

Abb. 4. *Amphibolus disponsi* n. sp., Me 7424. Tarsus des linken Vorderbeines.

Auf beiden Seiten sind große Teile der Hemelytren erhalten. Die Hinterflügel sind zwar ebenfalls auf beiden Seiten erkennbar, doch nur links in einem Umfang, der eine Teilrekonstruktion der Aderung erlaubt. Vorderkante, Cuneus und Adern sind schwarz, die Membran ist rostrot gefärbt. Ein Clavus fehlt. Zwischen den Adern des Coriums sitzt stellenweise dichte, kurze Behaarung. Die Spitze des linken Flügels ist einer Kleinverwerfung zum Opfer gefallen.

Der Umriß des Abdomens ist unter der Tonhaut zwar erkennbar, tritt aber deutlicher nur dort in Erscheinung, wo diese abgetragen wurde. An diesen Stellen zeigt das rostfarbene Integument eine dichte, ursprünglich wohl regelmäßige Behaarung. Einige weiße Flecken, die sich bei mikroskopischer Betrachtung als aus winzigen Kristallen zusammengesetzt erweisen, liegen im Innern des Abdomens und außerhalb der Afteröffnung. Vermutlich sind es Reste des Darminhaltes.

Benennung: Die Art wird nach Dr. P. DISPONS, Paris, benannt.

#### 4. Zusammenfassung und Bemerkungen zur Wanzenfauna von Messel

Schon die relativ wenigen vorliegenden Funde, die innerhalb kurzer Zeit aufgesammelt wurden, zeigen, daß ein größerer Reichtum an Arten und Familien zu erwarten ist als MEUNIER nach seinem Material glaubte annehmen zu können. Geht man davon aus, daß um das Messeler Teichgebiet im Eozän faunenreiche Wälder standen (TOBIEN, 1955 und 1969; MATTHESS, 1966), kann als sicher gelten, daß mit den vorliegenden vier Arten nur die allerhäufigsten und zur Fossilisation geeignetsten aufgefunden wurden.

Daher ist es verfrüht, Vergleiche mit anderen alttertiären Insektenfaunen anzustellen; zumal sind auch diese meist nur oberflächlich bekannt. Modernere Bearbeitungen durch Kenner der rezenten Faunenvertreter fehlen fast vollständig. Insbesondere ist die durch ihre gute Erhaltung und Reichhaltigkeit einzigartige Fauna des baltischen Bernsteins unzureichend bearbeitet, obwohl sie den Schlüssel zu den alttertiären Insektenfaunen bietet und damit zum Verständnis unserer heutigen Fauna.

#### Schriftenverzeichnis

- FÖRSTER, N.: Die Insekten des „Plattigen Steinmergels“ von Brunstatt. — Abh. geol. Spez.-Kte. Elsaß III., (V), S. 335—594, Straßburg 1891.
- GERMAR, E. F. & BERENDT, G. C.: Die im Bernstein befindlichen Hemipteren und Orthopteren der Vorwelt. In: BERENDT, C. G.: Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt II. 125 S., Berlin 1856.
- HANDLIRSCH, A.: Die fossilen Insekten und die Phylogenie der rezenten Formen. 2 Bde., Leipzig 1906—1908.
- HAUPT, H.: Die Käfer (Coleoptera) aus der eozänen Braunkohle des Geiseltales. — Geologica, 6, VIII + 168 pp., Berlin 1950.
- Beitrag zur Kenntnis der eozänen Arthropodenfauna des Geiseltales. — Nova Acta Leopoldina, N. F., 18 (128), S. 1—90, Halle 1956.
- HEER, O.: Die Insektenfauna der Tertiärgebilde von Oeningen (Baden) und Radoboj in Kroatien. III. Rhynchoten. Leipzig 1853.
- MATTHESS, G.: Zur Geologie des Ölschieferorkommens von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. L.-A. Bodenforsch., 51, S. 1—87, Wiesbaden 1966.
- MEUNIER, F.: Die Insektenreste aus dem Lutetien von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. geol. L.-A., 7 (3), S. 1—16, Darmstadt 1921.
- REVILLIOD, P.: Fledermäuse aus der Braunkohle von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. geol. L.-A., 7 (2), S. 159—201, Darmstadt 1917.
- SCUDDER, S. S.: The tertiary Insects of North America. — Rep. U. S. geol. Surv., 13, S. 1—734, Washington, D. C. 1890.
- Physiognomy of the American tertiary Hemiptera. — Proc. Boston Soc. nat. Hist., 24, S. 562—580, Boston 1890.
- STATZ, G. & WAGNER, E.: Geocorisae (Landwanzen) aus den oberoligozänen Ablagerungen von Rott. — Palaeontographica, 98, A, (6—5), S. 97—136, Taf. 21—28, Stuttgart 1950.
- TOBIEN, H.: Die mitteleozäne Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt. — 2. Sonderh. „Aufschluß“, S. 87—101, Darmstadt 1955.
- Die alttertiäre (mitteleozäne) Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt (Hessen). — Mz. naturw. Arch., 8, S. 149—180, Mainz 1969.
- ZEUNER, F.: Die Insektenfauna des Mainzer Hydrobienkalks. — Palaeont. Z., 20 (1), S. 104—159, Berlin 1938.

Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers

**27. *Palaeopantopus maucheri* BROILI  
und *Palaeoisopus problematicus* BROILI**

Von

**Fritz Kutscher**, Wiesbaden

Mit 3 Abbildungen und Tafel 3

**Kurzfassung:** Über 2 Arthropodenvertreter aus dem unterdevonischen Hunsrückschiefer von Bundenbach, *Palaeopantopus maucheri* BROILI und *Palaeoisopus problematicus*, wird referiert. Ihre Stellung im zoologischen System – zunächst wurden beide Arten den Palaeopantopoda zugeordnet – ist bis heute nicht völlig geklärt.

**Inhalt**

1. Einleitung . . . . .	19
2. Chronologische Aufzählung der Beschreibung und Erwähnung der beiden Arten aus dem Hunsrückschiefer . . . . .	20
3. Lebende und fossile Pantopoden . . . . .	23
4. <i>Palaeopantopus maucheri</i> BROILI, 1929 . . . . .	24
4.1. Synonymenliste . . . . .	24
4.2. Bemerkungen zu <i>Palaeopantopus maucheri</i> . . . . .	24
5. <i>Palaeoisopus problematicus</i> BROILI, 1928 . . . . .	25
5.1. Synonymenliste . . . . .	25
5.2. Bemerkungen zu <i>Palaeoisopus problematicus</i> . . . . .	26
6. Die Einordnung von <i>Palaeopantopus</i> und <i>Palaeoisopus</i> in das zoologische System . . . . .	27
7. Zusammenfassung . . . . .	28
8. Schriftenverzeichnis . . . . .	28

**1. Einleitung**

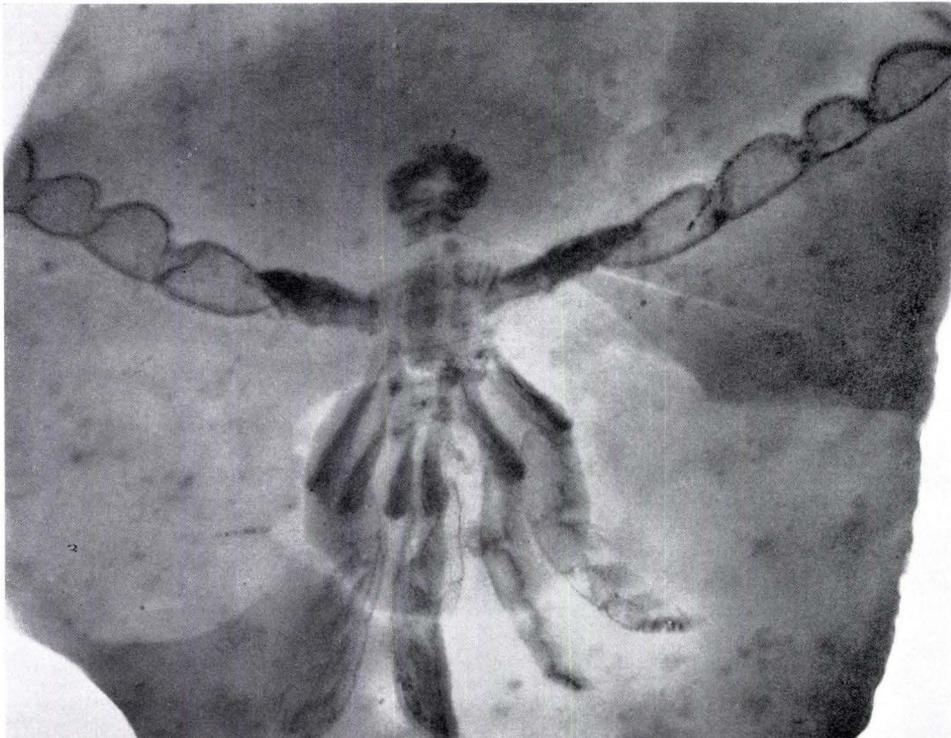
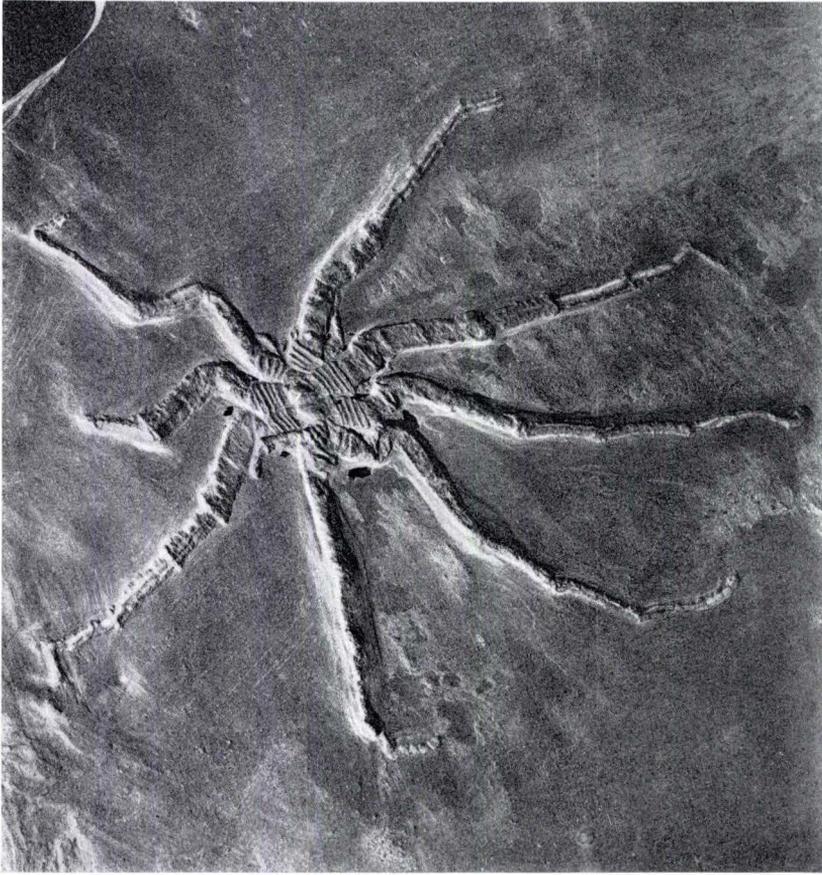
Fossile Pantopoden sind bisher nur aus dem unterdevonischen Hunsrückschiefer und dem Solnhofener Plattenkalk des Oberen Juras bekanntgeworden (POLZ 1969, S. 457). BROILI beschrieb vor ~ 40 Jahren 2 Arten, die verschiedenen Gattungen angehören, aus dem Hunsrückschiefer.

Das Wissenswerte über diese in der geologischen Vergangenheit recht seltenen Tiere soll im folgenden mitgeteilt werden.

**Tafel 3**

Tafel 3

- Fig. 1. *Palaeopantopus maucheri* BROILI  
aus einer Dachschiefergrube bei Bundenbach.  
Natürliche Größe.  
Nach F. BROILI 1929, Taf. 5 (nachklischiert).
- Fig. 2. Röntgenaufnahme von *Palaeoisopus problematicus* BROILI.  
Natürliche Größe.  
Das Original befindet sich im Heimatmuseum  
von Bad Kreuznach.  
Nach W. M. LEHMANN 1959, Taf. 11 Fig. 1 (nachklischiert).



## 2. Chronologische Aufzählung der Beschreibung und Erwähnung der beiden Arten aus dem Hunsrückschiefer

1928 F. BROILI, Crustaceenfunde Unterdevon.

S. 197—201: Im Abschnitt „Über Extremitätenreste“ beschreibt BROILI vom Fundort Bundenbach aus den dortigen Dachschiefern Extremitätenreste, die aus der Krone des Crinoiden *Agriocrinus frechi* JAEKEL heraustreten und dessen ausgebreitete Arme um ein beträchtliches Stück überragen. Ähnliche Funde waren BROILI nicht bekannt, fraglich führt er sie auf eine Gruppe ausgestorbener Isopoden zurück. Dieses fremdartige Fossil wurde von BROILI — ohne eine Verwandtschaft zum Ausdruck zu bringen — als *Palaeoisopus problematicus* in die Literatur eingeführt.

S. 204: In einem Nachtrag bringt BROILI 2 weitere, allerdings nicht so gut erhaltene Extremitätengruppen von *Palaeoisopus problematicus* wiederum in Verbindung mit Crinoideen-Exemplaren.

1929 F. BROILI, Beobachtungen an neuen Arthropodenfunden.

S. 272—280: Unter der Kapitelüberschrift „Ein Pantopode aus dem rheinischen Unterdevon“ beschreibt BROILI den ältesten Pantopoden aus dem Unterdevon und benennt ihn *Palaeopantopus maucheri*. Eine Diagnose für das Genus befindet sich auf S. 277. Es handelt sich um eine große Asselspinne mit einer 1,4 cm langen Körperscheibe. Ihre eigentümlichen Schreitbeine stempeln sie als Grundbewohner, wobei u. U. die im Hunsrückschiefer-Meer häufigen Crinoideen ihr Wohngebiet waren, auf denen sie auch ihre Nahrung finden konnte.

S. 278: BROILI wirft die Frage auf, ob die von ihm 1928 beschriebenen Crustaceenreste, denen er *Palaeoisopus problematicus* zuordnete, nicht auch zu den Pantopoden gehören.

1930 F. BROILI, Über ein neues Exemplar von *Palaeopantopus*.

S. 209—214: BROILI berichtet über ein weiteres Exemplar des *Palaeopantopus maucheri*, von OPITZ präpariert und zur Verfügung gestellt. Eingehende Untersuchungen lassen ein aus 3 Segmenten bestehendes Abdomen erkennen, das die Hunsrückschiefer-Form von allen lebenden Pantopoden unterscheidet. BROILI stellt die fossile Art als Vertreter einer selbständigen Gruppe Palaeopantopoda den rezenten Pantopoda gegenüber.

1931 G. GÜRICH, *Mimaster hexagonalis*.

S. 226: GÜRICH vergleicht die Antennen von *Mimetaster hexagonalis* mit den Gliedmaßen von *Palaeopantopus*.

S. 232: Bei den systematischen Untersuchungen von *Mimetaster* zitiert GÜRICH die bis dahin bekannten Arthropoden aus dem Hunsrückschiefer und zählt dabei auch *Palaeopantopus maucheri* BROILI auf.

S. 235: Bei der Diskussion der verwandtschaftlichen Beziehungen der Arthropoden untereinander ist die Ordnung Palaeopantopoda aufgeführt.

1931 R. RICHTER, Tierwelt und Umwelt im Hunsrückschiefer.

S. 315: R. RICHTER erwähnt *Palaeopantopus* BROILI in Bezug auf die behutsame Einbettung des mit gespreizten Beinen eingedeckten Tieres.

1931 F. KUTSCHER, Zur Entstehung des Hunsrückschiefers.

S. 216: Über die systematische Stellung von *Palaeoisopus problematicus* BROILI läßt sich nichts aussagen, da es sich bei diesem Fund nur um Crustaceengliedmaßen handelt, die sich in der Krone eines Crinoiden befinden. Das Exemplar stammt von Bundenbach.

S. 217: Hinweis auf 2 Individuen der *Palaeopantopoda* aus Bundenbach, die BROILI mit dem Namen *Palaeopantopus maucheri* belegt hat. Aufgrund der Schreitbeine sowie in Anlehnung an rezente Pantopoden kennzeichnet sie BROILI als Grundbewohner.

1932 F. BROILI, *Palaeoisopus* ist ein Pantopode.

S. 45—60: Ein neuer Fund von *Palaeoisopus problematicus* in Bundenbach belegt, daß diese Form zu den Pantopoden zu stellen ist. Erster und zweiter Fund differieren zwar in den Proportionen, doch beläßt es BROILI bei dem früher aufgestellten, jetzt nicht mehr zutreffenden Namen. Eine Diagnose für das Genus *Palaeoisopus* wird aufgestellt; es schließen sich Bemerkungen zur Biologie an.

1932 F. BROILI, Pantopoden aus dem rheinischen Unterdevon.

S. 269—270: BROILI referiert über die Gattungen *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* aus dem Hunsrückschiefer; beide stellt er zu den Pantopoden. Sie gehören, wie die lebenden Formen, dem Benthos an. — Die stammesgeschichtliche Bedeutung dieser Hunsrückschiefer-Funde wird hervorgehoben.

1932 R. OPITZ, Erdgeschichte Nahe-Hunsrück-Land Birkenfeld.

S. 32—34: OPITZ behandelt die Verwandtschaft der Pantopoden sowie ihre Organisation und Ökologie. Er bildet rezente Formen ab sowie *Palaeopantopus maucheri* und erwähnt ein Kirschweiler Exemplar, das von ihm freigelegt wurde.

S. 135—136: OPITZ bringt einen Nachtrag, in dem er auf die Arbeit BROILI's (1930) hinweist und eine Strichzeichnung von *Palaeopantopus maucheri* beifügt (Abb. 131). Ebenso referiert er über wesentliche neue Ergebnisse von BROILI.

1932 H. HELFER, Pantopoda, Nachtrag.

S. 67—72: Beschreibt in einem Nachtrag zu den rezenten Pantopoden die BROILISchen Funde von unterdevonischen Pantopoden aus dem Hunsrückschiefer. HELFER stellt nunmehr den rezenten Pantopoden in der Klassifikation *Palaeopantopoda* BROILI 1930 mit den beiden Genera *Palaeoisopus* BROILI und *Palaeopantopus* BROILI gegenüber.

1933 F. BROILI, Weitere Beobachtungen an *Palaeoisopus*.

S. 33—46: 4 weitere Reste erlauben es BROILI, die bisherigen Untersuchungen an *Palaeoisopus problematicus* zu ergänzen. Es wurde erkannt, daß dieser Pantopode 8 wohlentwickelte Rumpsegmente besitzt. Die frühere Annahme, daß die Pantopoden auf Anneliden zurückzuführen seien, erhält eine weitere Stütze. Versuche einer Rekonstruktion und eines Lebensbildes werden dargestellt.

1935 R. OPITZ, Lebensbilder aus dem Hunsrückschiefer-Meer.

S. 507: OPITZ bildet (Abb. 3) die Asselspinne *Palaeoisopus problematicus* ab. Die Präparation war von ihm durchgeführt und dann an das Senckenberg-Museum (VII 3a) abgegeben worden. Der Hinterleib der Asselspinne ist verkümmert, die Därme beginnen in der Beinregion. In der Abbildung ist im linken Hinterbein der eingedrückte Darmkanal als Furche deutlich sichtbar.

1936 E. DACQUÉ, Versteinertes Leben.

S. 63, 71—73: DACQUÉ beschreibt die von BROILI bekanntgemachten 2 Typen von Pantopoden; sie sind den Spinnentieren sehr ähnlich und vielleicht mit ihnen einer gemeinsamen Wurzel entsprossen.

Der Beschreibung ist ein Lebensbild (BROILI) von *Palaeoisopus* beigelegt. Es wird zugestanden, daß die Pantopodenformen des Hunsrückschiefer-Meeres hauptsächlich auf Seelilien Jagd machten.

## 1941 W. M. LEHMANN, Die Fauna des Hunsrückschiefers.

S. 22: In einem kleinen Abschnitt macht LEHMANN Angaben über *Palaeoisopus problematicus* und *Palaeopantopus mauche. i.*

## 1943 P. GUTHÖRL, Das Leben im Dachschiefermeer.

S. 114: Ein recht merkwürdiges Tier ist *Palaeopantopus*, eine alte auf „großem Fuß lebende“ Asselspinne. Neben *Palaeopantopus* war *Palaeoisopus* ein weit kräftiger gebauter Vertreter der Asselspinnen des Dachschiefer-Meeres.

## 1949 O. KUHN, Lehrbuch Paläozoologie.

S. 191: Klasse Pantopoda, aus dem Rahmen der übrigen Cheliceraten herausfallende marine Gruppe. Den rezenten Pantopoda stellt man die Palaeopantopoda aus dem Devon gegenüber. Abb. 158 stellt *Palaeopantopus* aus dem Unterdevon dar.

## 1952 R. C. MOORE, Invertebrate Fossils.

S. 565—566: Als Pycnogonids oder sea spiders wird eine unwichtige paläontologische, zoologisch jedoch interessante Gruppe von marinen Arthropoden unsicherer Stellung zusammengefaßt. Als einzige fossile Form wird *Palaeoisopus problematicus* BROILI genannt, abgebildet (Fig. 15—9) und die Größenverhältnisse angegeben.

## 1954 J. W. HEDGPETH, Phylogeny of the Pycnogonida.

S. 196—203, 211: Der Verfasser referiert über *Palaeoisopus problematicus* und *Palaeopantopus maucheri* nach den Beschreibungen von BROILI 1928, 1929, 1930, 1932 und 1933 und zieht Vergleiche mit rezenten Formen.

Die Pycnogonida können in 2 Ordnungen gegliedert werden, in Pantopoda für die lebenden und in Palaeopantopoda für die devonischen fossilen Formen.

## 1955 J. W. HEDGPETH, Pycnogonida.

S. P 163—P 170: Innerhalb des Subphylums Pycnogonida LATRAILLE, 1810, wird die Ordnung Palaeopantopoda BROILI, 1930, mit der neuen Familie Palaeopantopodidae HEDGPETH, 1955, aufgeführt. Als einzige Gattung wird *Palaeopantopus* BROILI, 1929, mit der einzigen Art *P. maucheri* angegeben, beschrieben und abgebildet.

1955 J. W. HEDGPETH, *Palaeoisopus*.

S. P 171—173: Beträchtliche Abweichungen innerhalb der Gattungen *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* veranlaßten HEDGPETH (er bezieht sich auf STÖRMER und MOORE), die Gattung *Palaeoisopus* aus dem Unterstamm Pycnogonida herauszunehmen. Eine neue Zuordnung wird nicht vorgenommen. *Palaeoisopus problematicus* wird beschrieben und abgebildet (Rekonstruktion).

## 1957 W. M. LEHMANN, Die Asterozoen in den Dachschiefen.

S. 116—117: Bei der Röntgenaufnahme eines Exemplares von *Echinasterella sladeni* STUERTZ entdeckte W. M. LEHMANN *Palaeoisopus problematicus* und bildet dieses Tier auf Taf. 38, Fig. 3, ab.

1959 W. M. LEHMANN, Neue Entdeckungen an *Palaeoisopus*.

S. 96—102: Durch Röntgenuntersuchung konnte festgestellt werden, daß das blattförmige Organ, das BROILI für ein segmentiertes Abdomen hielt, das vordere Scherenpar ist (Extremität I). Extremität III ist als Eierträger ausgebildet. Das Abdomen ist ein kurzer unsegmentierter, stummelförmiger Anhang am letzten der 5 gliedmaßenlosen Rumpfglieder, den BROILI zuerst fälschlich für den Rüssel gehalten hat.

1961 O. KUHN, Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer.

S. 17—18: BROILI veröffentlichte die Gattungen *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* und stellte sie zu den Pantopoden. O. KUHN möchte BROILIS Gruppe *Palaeopantopoda* streichen, da er annimmt, daß die devonischen Formen bereits echte Pantopoden sind.

1963 E. THENIUS, Versteinerte Urkunden.

S. 157, Abb. 76: Als kennzeichnendes „lebendes Fossil“ wird *Pycnogonum* genannt und mit *Palaeoisopus*, einem Konservativtyp, in Verbindung gebracht.

1963 F. KUTSCHER, Die Anwendung der Röntgentechnik.

S. 81: Nachweis von *Palaeoisopus problematicus* durch Röntgenaufnahmen.

1965 A. H. MÜLLER, Lehrbuch Paläozoologie.

S. 373—378: Im Unterstamm Pycnogonida LATREILLE 1810 (Asselspinnen) wird die Ordnung *Palaeopantopoda* BROILI 1930 angeordnet und dazu *Palaeopantopus maucheri* als einzige bisher — und lediglich in 2 Exemplaren — gefundene Art geführt.

S. 378—379: Unter der Kapitelüberschrift „*Palaeoisopus*, eine Form unsicherer Stellung“ wird *Palaeoisopus problematicus* aufgeführt und abgebildet.

1967 O. THEIS, Fossilien im Bundenbacher Schiefer.

S. 9: In einem Lebensbild „Das Meer des unterdevonischen Dachschiefers“ sind Rekonstruktionen von *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* enthalten.

S. 12: *Palaeopantopus maucheri* BROILI wird in einer Übersicht über die wichtigsten Fossilien aufgeführt.

1969 H. POLZ, Beobachtungen an Pantopoden.

S. 457: Im Gegensatz zu den rezenten Pantopoden weiß man über fossile bisher nur wenig. Bekannt sind die Funde aus den Bundenbacher Schiefen (Rhein. Unterdevon), die von BROILI (1928, 1929, 1932, 1933) beschrieben wurden. Es handelt sich um die Gattungen *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus*, die eine Spannweite von etwa 7—10 cm erreichten. Vor diesen Funden waren keine fossile Pantopoden bekannt, weshalb sie auch entsprechende Aufmerksamkeit erregten.

1969 F. KUTSCHER, Der Hunsrückschiefer-Kalender.

*Palaeoisopus problematicus* BROILI 1928 wird auf der Vorderseite eines Kalenderblattes abgebildet und auf der Rückseite erläutert.

Diese Abbildung muß um 180° gedreht werden, um Kopf und Schwanz in die nach W. M. LEHMANN (1959) durch Röntgenbilder entdeckte richtige Anordnung zu bringen.

### 3. Lebende und fossile Pantopoden

In neuester Zeit (1969) hat POLZ hierzu Stellung genommen.

Pantopoden sind in der gegenwärtigen Tierwelt keine Seltenheit. Es gibt rund 500 Arten dieser spinnenähnlichen Gliederfüßer. Sie sind Meeresbewohner und ernähren sich von Hydroidpolypen oder anderen Weichtieren. Ihre Spannweite reicht von wenigen Zentimetern bis über einen halben Meter, wogegen ihre Rumpfgöße nur zwischen 1,5 und 60 mm liegt. Diese Größenverhältnisse zwischen Rumpf und Extremitäten sind bei vielen Arten so ausgeprägt, daß die Tiere nur aus Beinen zu bestehen scheinen. Der Hinterleib ist vielfach nur als äußerst unscheinbarer Ansatz vorhanden.

Die Bezeichnung „Pantopodi“ kommt aus dem Griechischen (pantós: alles, ganz; podós: Fuß); sie gibt das äußere Bild dieser Tiere sehr gut wieder.

In den Solnhofener Plattenkalken kommen kleine Pantopoden mit einer Spannweite bis zu 6 cm vor.

Erstmalig beschrieb gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts GEORG Graf zu MÜNSTER diese Arthropoden als *Phalangites priscus* und stellte sie zu den Spinnentieren. Anschließend brachte man sie mit den Krebsen in Verbindung (Jugendformen der Gattungen *Palinurina* oder *Eryon*).

1933 entdeckte LÉON einen Pantopoden mit Hilfe von ultraviolettem Licht auf einer scheinbar leeren Solnhofener Platte. A. H. MÜLLER beschrieb dann 1962 zwei Exemplare dieser Arthropoden, die er zu den Pantopoden rechnete, und bestätigte die mit *Phalangites priscus* benannten Fossilien der Solnhofener Plattenkalke.

In den letzten Jahren gelang es dann POLZ (1969), 119 Stücke dieser Form zu sammeln, auszuwerten und interessante Einzelheiten abzubilden.

Nur noch einmal werden aus der geologischen Vergangenheit Pantopodenfunde gemeldet, und zwar die zwei Gattungen und Arten *Palaeopantopus maucheri* BROILI und *Palaeoisopus problematicus* BROILI aus Dachschieferlagen des unterdevonischen Hunsrückschiefers im Hunsrück.

#### 4. *Palaeopantopus maucheri* BROILI, 1929

##### 4.1. Synonymenliste

- |   |   |
|---|---|
| 1929 <i>Palaeopantopus maucheri</i><br>gen. et spec. nov. | — BROILI, Beobachtungen an neuen Arthropodenfunden, S. 272—280, Taf. 5, 1 Abb.          |
| 1930 <i>Palaeopantopus maucheri</i> BROILI                | — BROILI, Über ein neues Exemplar von <i>Palaeopantopus</i> , S. 209—214, 1 Abb.        |
| 1932 <i>Palaeopantopus</i>                                | — BROILI, Pantopoden aus dem rheinischen Unterdevon, S. 269—270.                        |
| 1932 <i>Palaeopantopus maucheri</i> BROILI                | — OPITZ, Erdgeschichte Nahe-Hunsrück-Land, S. 32—34, Abb. 27, 29; S. 135—136, Abb. 131. |
| 1949 <i>Palaeopantopus</i>                                | — KUHN, Lehrbuch Paläozoologie.   |
| 1954 <i>Palaeopantopus maucheri</i>                       | — HEDGPETH, Phylogeny of the Pycnogonida, S. 196—203, 211, Abb. 4.                      |
| 1955 <i>Palaeopantopus maucheri</i>                       | — HEDGPETH, Pycnogonida, S. P 163—170, Abb. 122.  |

##### 4.2. Bemerkungen zu *Palaeopantopus maucheri*

Es ist eine aus Rüssel, Rumpf und Hinterleib zusammengesetzte Form, deren schildförmiger, 1,4 cm langer Rumpf vier deutlich voneinander abgegrenzte Segmente erkennen läßt. Von ihm gehen 4 Paar Schreitbeine von 5–6 cm Länge aus. *Palaeopantopus maucheri* war bei der Aufstellung durch BROILI im Jahre 1929 der einzige, erkannte fossile Vertreter der Pantopoden, einer damals im System umstrittenen, ausschließlich marinen Arthropodengruppe. Auf S. 277 der genannten Arbeit ist eine Diagnose abgedruckt.

Die ihm eigentümlichen Schreitbeine kennzeichnen dieses Tier als Grundbewohner, als Vertreter des Benthos. Die rezenten Pantopoden leben vorzugsweise in den Litoralgebieten, werden häufig auch in Tiefen von 400–600 m angetroffen und vereinzelt auch noch in 3000 m Tiefe.

Vielleicht waren die im Hunsrückschiefer-Meer recht häufigen Crinoideen ihr Wohn- und Nahrungsgebiet.

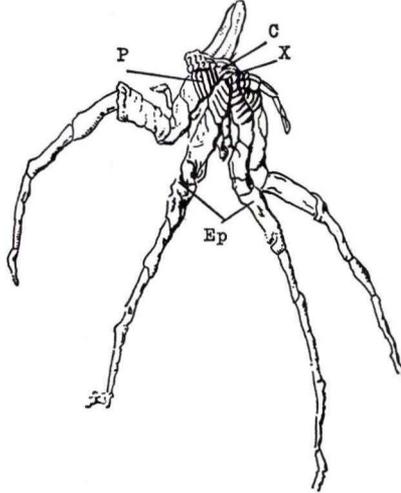


Abb. 1. *Palaeopantopus maucheri* aus den Hunsrückschieferschichten von Bundenbach.  
C Körperscheibe. X Abdomen. P Leisten auf den Lateralfortsätzen.  
Ep hinteres Beinpaar.

Verkleinerte Wiedergabe einer Abbildung bei BROILI 1930, S. 211.

Ein zweites Exemplar (BROILI 1930) brachte ergänzende Einzelheiten des Körperbaues. Gewisse Abweichungen in den Merkmalen bestimmten BROILI dazu, für die fossilen Vertreter die Ordnung Palaeopantopoda zu begründen und sie den rezenten Pantopoda gegenüberzustellen.

Beschreibungen weiterer Funde aus dem Hunsrückschiefer sind in der Folgezeit nicht erschienen, neuere Funde sind nicht bekannt geworden.

## 5. *Palaeoisopus problematicus* BROILI, 1928

### 5.1. Synonymenliste

- |  |  |
|--|--|
| 1928 <i>Palaeoisopus problematicus</i><br>gen. et spec. nov. | — BROILI, Crustaceenfunde, S. 197–201, 204,<br>Taf. 1.                               |
| 1932 <i>Palaeoisopus problematicus</i> BROILI                | — BROILI, <i>Palaeoisopus</i> ist eine Pantopode,<br>S. 45–60, 3 Taf.                |
| 1932 <i>Palaeoisopus problematicus</i> BROILI                | — BROILI, Pantopoden aus dem rheinischen<br>Unterdevon, S. 269–270, Abb. 1.          |
| 1933 <i>Palaeoisopus problematicus</i> BROILI                | — BROILI, Weitere Beobachtungen an <i>Palaeoisopus</i> ,<br>S. 33–46, 5 Abb., 5 Taf. |

- 1935 *Palaeoisopus problematicus* — OPITZ, Lebensbilder aus dem Hunsrückschiefer, S. 507, Abb. 3.
- 1954 *Palaeoisopus problematicus* — HEDGPETH, Phylogeny of the Pycnogonida, S. 196—203.
- 1955 *Palaeoisopus problematicus* — HEDGPETH, *Palaeoisopus*, S. P 171—P 173.
- 1957 *Palaeoisopus problematicus* — W. M. LEHMANN, Die Asterozoen in den Dachschiefern, S. 116—117, Taf. 38, Fig. 6.
- 1959 *Palaeoisopus problematicus* BROILI — W. M. LEHMANN, Neue Entdeckungen an *Palaeoisopus*, S. 96—102, 4 Abb., 2 Taf.
- 1969 *Palaeoisopus problematicus* BROILI — Der Hunsrückschiefer-Kalender, Abb. u. Beschreibung auf einem Kalenderblatt.

### 5.2. Bemerkungen zu *Palaeoisopus problematicus*

Nach seinen ersten Untersuchungen hielt BROILI (1928) das ihm vorliegende unvollständige Exemplar von *Palaeoisopus problematicus* für einen Isopoden. Dementsprechend wählte er auch den Gattungsnamen. 1932 konnte er jedoch *Palaeoisopus* — aufgrund besserer Funde — zu den Pantopoden stellen.

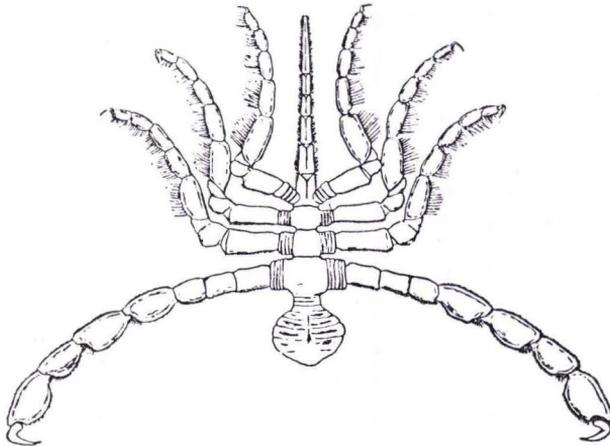


Abb. 2. Rekonstruktion von *Palaeoisopus problematicus* aus den Hunsrückschieferschichten von Bundenbach. Nach BROILI 1932, Abb. 3 auf S. 37. Wiedergabe nach HEDGPETH 1954, Abb. 3 auf S. 197.

W. M. LEHMANN (1959) untersuchte ein gut erhaltenes Exemplar sowie weitere unvollständige Stücke röntgenologisch und stellte überraschend fest, daß BROILI (1933, S. 37) das Tier mißdeutet hatte, indem dieser den vorderen Körperteil als Abdomen und den hinteren für den Rüssel ansah. Daneben stellte er weitere wichtige Abweichungen und Details fest.

Aufgrund der Röntgenuntersuchungen von W. M. LEHMANN konnte die Verwandtschaft von *Palaeoisopus* mit den rezenten Pantopoden wesentlich ähnlicher (vorn-hinten-verkehrte Darstellung, Augenhügel, Rüssel, Cheliceren, Palpen und Eierträger) erkannt werden.

Funde: W. M. LEHMANN berichtet, daß seit BROILI's ersten Veröffentlichungen eine ganze Anzahl zum Teil vorzüglicher Exemplare gefunden wurde. Er selbst bearbeitete

Reste eines Exemplars aus dem früheren Reichsamt für Bodenforschung in Berlin (zusammen mit *Echinasterella sladeni*),  
 das Kreuznacher Exemplar Nr. 27 (= BROILIS Original H-1932),  
 das Kirner Exemplar von Dr. MÜHE,  
 das Göttinger Exemplar,  
 das Münchener Exemplar „D“ (Dr. HEINRICHS).

Ebenso berichtet er über Exemplare, die im Geol.-Paläontol. Institut in Bonn (Sammlung W. M. LEHMANN) aufbewahrt sind. Schließlich sollen in Bundenbach – besonders in den letzten Jahren – mindestens ein Dutzend in Privatsammlungen untergetaucht sein.

### 6. Die Einordnung von *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* in das zoologische System

Die Eingliederung der rezenten Pantopoden (Arthropoda) in das zoologische System hat öfters gewechselt. BROILI, der die verwandtschaftlichen Beziehungen von *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* aus dem Hunsrückschiefer zu den Pantopoden

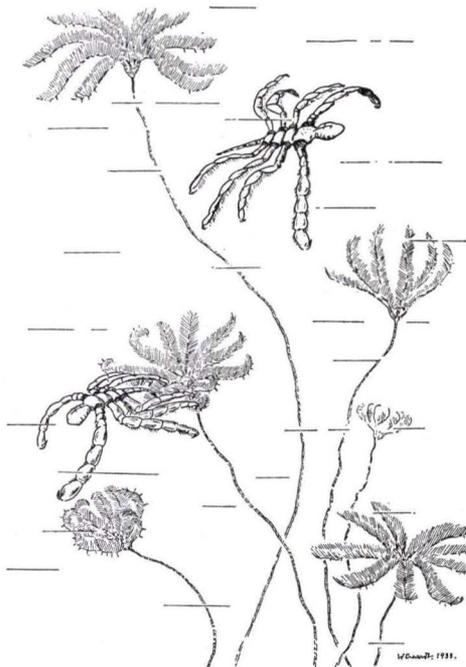


Abb. 3. Ein Lebensbild von *Palaeoisopus problematicus*. Verkleinerte Wiedergabe der Abb. 5 bei BROILI 1933, S. 45.

erkannt hatte, stellte für die fossilen Vertreter die Gruppe Palaeopantopoda auf. Ihm war bekannt, daß die Gattungen *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* stark voneinander abweichen. HEDGPETH griff dies auf und diskutierte die Abweichungen gegenüber rezenten Formen. Er zog die Abstammung (wahrscheinlich von den Anneliden, wie es BROILI auch getan hatte) heran, zitierte zahlreiche Bearbeiter und ihre Meinungen und definierte die Pycnogonida, die weder den Cheliceraten noch den Arachnida zuzuordnen sind, als eine „independent arthropod branch“. Die Pycnogonida sind in 2 Ordnungen aufgeteilt: In Pantopoda für die lebenden Formen und Palaeopantopoda für den devonischen *Palaeopantopus*.

Ein Jahr später greift J. W. HEDGPETH im Treatise (1955, Part D, Arthropoda 2) diese Frage erneut auf. Er reiht in den Unterstamm Pycnogonida LATRAILLE (1810) die Ordnung Palaeopantopoda BROILI (1930) mit der neu aufgestellten Familie Palaeopantopodidae HEDGPETH (1955) ein. Als einzige Gattung wird *Palaeopantopus* BROILI (1929) mit der einzigen Art *Palaeopantopus maucheri* aufgeführt.

An der gleichen Stelle, auf den Seiten P 171 – P 173, bezieht sich HEDGPETH wiederum auf die beträchtlichen Abweichungen des Aufbaues von *Palaeopantopus* und *Palaeoisopus* (er stützt sich auch auf STØRMER und MOORE) und nimmt daraufhin die Gattung *Palaeoisopus* aus dem Unterstamm Pycnogonida heraus, ohne eine andere Zuordnung vorzunehmen.

## 7. Zusammenfassung

Über 2 Arthropodenarten aus den unterdevonischen Hunsrückschiefer-Schichten von Bundenbach, *Palaeopantopus maucheri* und *Palaeoisopus problematicus*, wurde berichtet. *Palaeopantopus* ist die einzige Gattung der Ordnung Palaeopantopoda, die dem Subphylum Pycnogonida innerhalb der Arthropoden zugewiesen ist.

Die von BROILI ebenfalls den fossilen Palaeopantopoda zugeordnete Gattung *Palaeoisopus* weicht von *Palaeopantopus* weitgehend ab. Sie wurde aus dem Unterstamm Pycnogonida herausgenommen und vorerst keiner anderen zoologischen Einheit angeschlossen.

Rund 30 Jahre nach Aufstellung der Art *Palaeoisopus problematicus* durch BROILI erkannte W. M. LEHMANN (1959) aufgrund von Röntgenaufnahmen, daß das Abdomen dieser Form ein kurzer, unsegmentierter, stummelförmiger Anhang am letzten der 5 gliedmaßenlosen Rumpfglieder ist, den BROILI fälschlich für den Rüssel gehalten hat.

## Schriftenverzeichnis

- BROILI, F.: Crustaceenfunde aus dem rheinischen Unterdevon. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1928, S. 197–204, 1 Abb., 2 Taf., München 1928.
- Beobachtungen an neuen Arthropodenfunden aus den Hunsrückschiefern. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1929, S. 253–280, 9 Abb., 5 Taf., München 1929.
- Über ein neues Exemplar von *Palaeopantopus*. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1930, S. 209–214, 1 Abb., München 1930.
- Pantopoden aus dem rheinischen Unterdevon. — Forsch. u. Fortschr., 8, 1932, S. 269 bis 270, 1 Abb., Berlin 1932.

- BROILLI, F.: *Palaeoisopus* ist ein Pantopode. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1932, S. 45—60, 3 Taf., München 1932.
- Weitere Beobachtungen an *Palaeoisopus*. — Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt., Jg. 1933, S. 33—47, 5 Abb., 5 Taf., München 1933.
- DACQUÉ, E.: Versteinertes Leben. 132 S., 132 Abb., Berlin-Zürich (Atlantis-Verlag) 1936.
- GÜRICH, G.: *Mimaster hexagonalis*, ein neuer Kruster aus dem unterdevonischen Bundenbacher Dachschiefer. — Palaeontol. Z., **13**, S. 204—238, 11 Abb., Berlin 1931.
- GUTHÖRL, P.: Das Leben im Dachschiefermeer des Hunsrücks. — Saarbrücker Bergmanns-Kalender, **71**, S. 106—117, 33 Abb., Saarbrücken 1943.
- HEDGPETH, J. W.: On the Phylogeny of the Pycnogonida. — Acta zool., **35**, S. 193—213, 9 Abb., 1 Tab., Stockholm 1954.
- Pycnogonida. In MOORE: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part P, Arthropoda 2, S. P 163—P 170, Abb. 117—121, Lawrence, Kansas, 1955.
- *Palaeoisopus*. In MOORE: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part P, Arthropoda 2, S. P 171—P 173, Abb. 123, Lawrence, Kansas 1955.
- HELPER, H.: Pantopoda, Nachtrag, Ferdinand Broillis Entdeckungen fossiler Pantopoden. S. 67—72, Abb. 53—55. In: Handbuch der Zoologie, **III**, 2, (4), Berlin 1932.
- KUHN, O.: Lehrbuch der Paläozoologie. 326 S., 244 Abb., Stuttgart 1949.
- Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer. — Die Neue Brehm-Bücherei, **274**, 48 S., 45 Abb., Wittenberg Lutherstadt 1961.
- KUTSCHER, F.: Zur Entstehung des Hunsrückschiefers am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. — Jb. nass. Ver. Naturk., **81**, S. 177—232, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1931.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 3. Die Anwendung der Röntgentechnik zur Diagnostik der Hunsrückschieferfossilien. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 74—86, Taf. 9—11, Wiesbaden 1963.
- Der Hunsrückschiefer-Kalender. Das Leben im Hunsrückschiefer-See vor 350 Millionen Jahren. 13 Blätter, 12 Tafelbilder, 12 Abb., Bad Kreuznach (JUNG & Co.) 1970.
- LEHMANN, W. M.: Neue Beobachtungen an Versteinerungen aus dem Hunsrückschiefer. — Abh. preuss. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Jg. 1939, **13**, S. 1—17, 1 Abb., 7 Taf., Berlin 1939.
- Die Fauna des Hunsrückschiefers. — Rhein. Heimatpflege, **13**, S. 16—26, 11 Abb., Düsseldorf 1941.
- Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **21**, 160 S., 31 Abb., 55 Taf., Wiesbaden 1957.
- Neue Entdeckungen an *Palaeoisopus*. — Paläontol. Z., **33**, S. 96—103, 4 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1959.
- MOORE, R. C., LALICKER, C. G. & FISCHER, A. G.: Invertebrate Fossils. 766 S., New York-Toronto-London 1952.
- MÜLLER, A. H.: Lehrbuch der Paläozoologie. **2**, 2. Aufl., 502 S., 668 Abb., Jena (VEB Gustav Fischer) 1965.
- OPITZ, R.: Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld. 223 S., 170 Abb., Birkenfeld [1932].
- Lebensbilder aus dem Hunsrückschiefer-See. — Natur u. Volk, **65**, S. 504—509, 4 Abb., Berlin 1935.
- POLZ, H.: Beobachtungen an Pantopoden aus den Solnhofener Plattenkalken. — Natur u. Mus., **99**, S. 457—467, 9 Abb., 3 Tab., Frankfurt a. Main 1969.
- RICHTER, R.: Tierwelt und Umwelt im Hunsrückschiefer; zur Entstehung eines schwarzen Schlammsteins. — Senckenbergiana, **13**, S. 299—342, 16 Abb., Frankfurt a. Main 1931.
- THEIS, O.: Fossilien im Bundenbacher Schiefer. 36 S., 17 Abb., Bundenbach 1967.
- THENIUS, E.: Versteinerte Urkunden. Die Paläontologie als Wissenschaft vom Leben in der Vorzeit. — Verständliche Wissenschaft, **81**, 174 S., 77 Abb., Berlin-Göttingen-Heidelberg 1963.

**Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers**  
**28. *Retifungus rudens* n. g., n. sp., ein dictyospongiider**  
**Kieselschwamm aus dem Hunsrückschiefer**

Von

**SIEGFRIED RIETSCHEL**, Frankfurt am Main

Mit 2 Abbildungen und Tafel 4

**Kurzfassung:** Aus den Gruben Eschenbach I und Ober-Eschenbach bei Bundenbach (Hunsrück) wird aus dem Hunsrückschiefer (Unter-Devon, Siegen-Stufe) ein neuer Kieselschwamm, *Retifungus rudens* n. g., n. sp. beschrieben. Er ist der erste sichere Vertreter der Dictyospongiidae aus dem Unter-Devon des Rheinischen Schiefergebirges.

**Abstract:** *Retifungus rudens* n. g., n. sp., a new dictyospongiid sponge from the lower Devonian (Siegenian) „Hunsrückschiefer“ of Bundenbach, Germany, is described.

**Résumé:** On décrit une nouvelle éponge dictyospongiide, *Retifungus rudens* n. g., n. sp., provenant du „Hunsrückschiefer“ (Dévonien inférieur, Siegenien) à Bundenbach, Allemagne.

**Inhalt**

1. Einleitung . . . . .	30
2. Systematischer Teil . . . . .	31
2.1. Beschreibung . . . . .	31
2.2. Rekonstruktion . . . . .	34
2.3. Verwandtschaftliche Beziehungen . . . . .	34
2.4. Palökologie . . . . .	35
3. Zusammenfassung . . . . .	35
Schriftenverzeichnis . . . . .	35

**I. Einleitung**

Unter den bekannten Hunsrückschiefer-Fossilien sind Kieselschwämme nur in sehr geringer Anzahl vertreten. SCHLÜTER (1892) beschrieb als *Protospongia rhenana* wohl den ersten sicheren Kieselschwamm; Reste dieser Art kamen gelegentlich sowohl von Gemünden wie von Bundenbach in die Sammlungen. Weniger sicher bestimmbar ist die bisher nur in einem Exemplar aus dem Wispertal bekannte *Astericosella nassovica* CHRIST 1925. Weiterhin werden mit Tabulaten bewachsene, langgestreckte Fossilien (meist Cephalopoden) als „Schwämme“ bestimmt. Sie sind örtlich, wie z. B. in den Gruben des Eschenbach-Tales bei Bundenbach, nicht selten. OPTZ (1932, Abb. 130) hat ein kennzeichnendes Stück abgebildet. Mit Sicherheit

Tafel 4

#### Tafel 4

*Retifungus rudens* n. g., n. sp. — Unter-Devon, Hunsrückschiefer; Bundenbach, Hunsrück. — Fotos v. Verf.

- Fig. 1. Holotypus: SMF 19992. — Grb. Eschenbach I.  
a) Ausschnitt am oberen Ende des Stückes (vgl. Abb. 1);  $\times 2$ .  
b) Ausschnitt aus der rechten Seite der Stielregion, ca. 27 cm über dem untersten Ende; die kleinen diactinen Nadeln sind besonders in der linken Bildhälfte sichtbar.  $\times 12,5$ .
- Fig. 2. Paratypus; Slg. BRASSEL. — Grb. Eschenbach I. — Gesamt-Ansicht; natürliche Größe.
- Fig. 3. Paratypus; Slg. BRASSEL. — Grb. Ober-Eschenbach. — Gesamt-Ansicht; natürliche Größe.



haben diese Fossilien jedoch nichts mit Schwämmen zu tun. Gleiches gilt wohl auch für den als problematischen Schwamm von OPITZ (1932, Abb. 141) abgebildeten „*Asterocalamites*“.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit 3 unbeschriebenen Schwamm-Resten, die ohne Zweifel zu den Kieselschwämmen gehören und zu einer Art gerechnet werden müssen. Sie stammen aus den Gruben Eschenbach I (2 Stücke) und Ober-Eschenbach, die unmittelbar benachbart, im Eschenbachtal bei Bundenbach liegen. Die drei Exemplare wurden zwischen 1964 und 1967 gesammelt. Zwei von ihnen befinden sich in der Slg. BRASSEL, Flensburg-Mürwik, das dritte im Natur-Museum und Forschungs-Institut Senckenberg, Frankfurt am Main (SMF). Herrn Fregattenkapitän G. BRASSEL danke ich herzlich dafür, daß er mir sein Material zur Bearbeitung anbot.

## 2. Systematischer Teil

Klasse Hexactinellida O. SCHMIDT 1870

Ordnung Lyssakida ZITTEL 1877

Familie Dictyospongiidae HALL 1884<sup>1)</sup>

### *Retifungus* n. g.

Typische und einzige Art: *Retifungus rudens* n. sp.

Name: rete, n., lat. das Netz; fungus, m., lat. der Schwamm.

Diagnose und Vorkommen: siehe bei der Art.

### *Retifungus rudens* n. sp.

Taf. 4 Fig. 1—3, Abb. 1—2

Name: rudens, m. (scilicet funis), lat. das Schiffs-Tau (abgeleitet von rudere, knarren).

Holotypus: Taf. 4 Fig. 1a, b, Abb. 1; SMF 19992.

Paratypoiden: Taf. 4 Fig. 2—3 (2 Stücke); Slg. BRASSEL.

Locus typicus: Grube Eschenbach I, Bundenbach, Hunsrück.

Stratum typicum: Hunsrückschiefer, Siegen-Stufe, Unter-Devon.

Diagnose: Gerüst lang schlauchförmig, im oberen Teil erweitert und  $\pm$  deutlich 8-rippig, aus Fasern und dickeren Strängen aufgebaut und im oberen Teil („Kelch“) mit einer Gitterstruktur. Nadeln klein, unverschmolzen, diactin; große Diactine und im Kelch auch Hexactine fraglich vorhanden.

### 2.1. Beschreibung

Schwammgerüst aus einem langen Stiel und einem auf diesem aufsitzenden verbreiterten Kelch bestehend. Der Stiel besteht aus dickeren Strängen (0,35—0,5 mm  $\varnothing$ ) und dünneren Fasern (0,1—0,25 mm  $\varnothing$ ), die zwischen den Strängen liegen; zwischen diesen bestehen stellenweise feine Querverstrebungen. Zum Kelch hin erweitert sich der Stiel mit einem zwischen 15—30° liegenden Winkel, indem die Stränge auseinanderweichen. Zwischen ihnen ist ein Fasernetz ausgebildet, an dem sich Längs- und Querfasern in gleicher Weise beteiligen (Maschenweite 0,4—1 mm). Die Zahl

<sup>1)</sup> Zum Datum siehe FINKS 1960, S. 102, Fußnote 2.



Abb. 1.

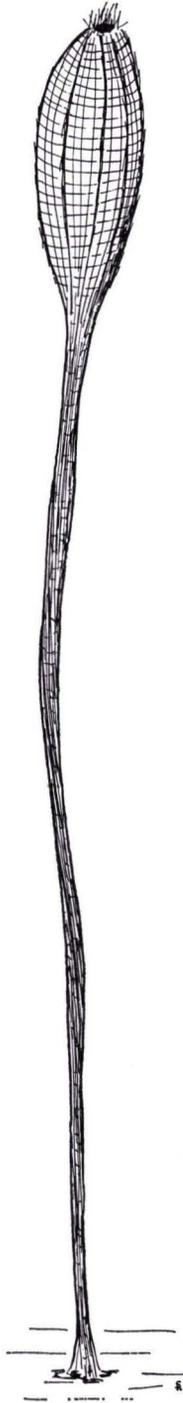


Abb. 2.

Abb. 1. *Retifungus rudens* n. g., n. sp.;  
Holotypus, SMF 19992. — Unter-De-  
von, Hunsrückschiefer; Grb. Eschenbach  
I, Bundenbach, Hunsrück,  $\times 0,5$ .

Abb. 2. *Retifungus rudens* n. g., n. sp. —  
Rekonstruktion eines ganzen Schwam-  
mes. Etwa  $\frac{1}{3}$  natürliche Größe; Zeichn.  
v. Verf.

der Stränge beträgt im Kelch etwa 8, so daß er einen  $\pm$  8-seitigen Querschnitt hatte. Die zwischen den Strängen liegenden Wände sind in unterschiedlich starkem Maße zum Kelchinneren hin eingefaltet, der Stiel ist in unterschiedlichem Maße in sich seil-artig gedreht.

Die Fasern und Stränge bestehen aus dicht aneinander liegenden Nadeln. Im Stiel sind es offenbar ausschließlich Diactine, im Kelch sind am Aufbau der Wände zwischen den Strängen wahrscheinlich auch Tetractine und Hexactine beteiligt. Aus Gründen der Erhaltung kann jedoch nicht sicher entschieden werden, ob das Netz-muster durch sich überlagernde Diactine oder echte Tetractine bzw. Hexactine erzeugt wird. Die kleinsten Diactine sind einheitlich 0,01—0,02 mm stark und 0,2 bis 0,3 mm lang. Am Aufbau der Stränge sind offenbar auch Diactine von 0,02—0,04 mm Stärke und 5 mm bis einigen Zentimeter Länge beteiligt. Sie sind durch die Pyritisierung in knotige Teilstücke aufgelöst (Taf. 4 Fig. 1 b).

Die Erhaltung der vorliegenden Stücke ist die bei Hunsrückschiefer-Fossilien allgemein bekannte. Die Strukturen sind stark zusammengedrückt pyritisiert in feinem schwarzem Tonschiefer bewahrt. Der Pyrit hat nur einige Strukturen naturgetreu ersetzt, andere sind durch den Pyrit weitgehend „überwuchert“, wieder andere fehlen. Das ursprüngliche Material der hier beschriebenen Schwämme war zweifellos  $\text{SiO}_2$ , wozu ein großer Anteil organischer Substanzen kam. Letztere waren im Zellverband, möglicherweise aber auch in faserigen Aggregaten als Sponginfasern konzentriert. Häufig ersetzte der Pyrit langgestreckte Elemente von Hunsrückschiefer-Fossilien nicht gleichförmig, sondern löste sie in Reihen knotiger Aggregate auf. So auch bei den vorliegenden Schwämmen, bei denen die Fasern und Stränge nicht gleichmäßig durchlaufen, sondern aus vielen kleinen Teilstücken bestehen. Somit ist es nicht mehr möglich zu entscheiden, ob die Stränge und Fasern aus großen diactinen Kiesel-Nadeln oder aus Sponginfasern bestanden. Nur die kleinen Diactine, die in größerer Zahl mit den Strängen und Fasern in Zusammenhang stehen, sind stellenweise sicher erkennbar. Auch im Kelch ist so reichlich Pyrit vorhanden, daß die Feinheiten der ursprünglichen Strukturen überprägt sind.

Im einzelnen weisen die Stücke folgende Merkmale auf: Der Holotypus (SMF 19992) ist knapp 38 cm lang. Es fehlen ihm basaler wie apicaler Teil. Der Stiel ist am Grunde 0,7 cm breit, 25 cm weiter oben hat er noch die Breite von 0,7 cm. Auf den obersten 8 cm erweitert sich das Gerüst auf etwa 1,4 bis 2 cm. Der Stiel ist mäßig eingedreht. Feinstrukturen der Fasern und Stränge sind 25 bis 29 cm über dem Unterende gut erkennbar. Der Kelch geht aus 4—5 sichtbaren (insgesamt ?8) Strängen hervor. Im Kelch wird die Quervernetzung deutlich (Taf. 4 Fig. 1 a). Nur der unterste Abschnitt des Kelches ist — unvollständig — erhalten. Die Netzstruktur hat dort eine Maschenweite von  $0,5 \times 0,5$  bis  $1 \times 1$  mm. Der eine Paratypus (Taf. 4 Fig. 3) stammt aus der Grb. Ober-Eschenbach. Er ist ein nur teilweise erhaltenes, 13 cm langes und bis 3 cm breites Bruchstück aus der unteren Kelchregion und eine gewisse Ergänzung zum Holotypus. Mehr als 8 Fasern laufen schräg über ihn. Zwischen diesen ist streckenweise das Netzwerk feinerer Fasern gut erkennbar (Maschenweite ca.  $0,6 \times 0,6$  mm). Der andere Paratypus (Taf. 4 Fig. 2) ist 16 cm lang und 0,8 bis 3 cm breit. Er zeigt den obersten Abschnitt des Stieles und die Basis des Kelches sehr gut. Der Stiel ist auffällig verdreht ( $360^\circ$  Torsion auf 5,5 cm). Vom Kelch sind die untersten 5 cm erhalten. Die Stränge und Fasern des Stieles ordnen sich im Kelch zu 5 sichtbaren (insgesamt ?8) Kanten, zwischen denen das feinere Netzwerk der Kelchwand eingefaltet ist. Die Netzstruktur ist im Kelch deutlich (Maschenweite ca.  $0,5 \times 0,5$  mm).

## 2.2. Rekonstruktion

Das vorliegende Material enthält keine vollständigen Schwämme. Der Holotypus zeigt, daß der schlauchartige Teil von *Retifungus* wahrscheinlich erheblich länger als 30 cm war. Vermutlich lief dieser Stiel nach unten spitz zu und stak im Sediment, oder er war mit einem wurzelartigen Fasergeflecht an festen Körpern angeheftet. Die ursprüngliche Form des Kelches dürfte der von *Prismodictya* HALL & CLARKE 1898 oder *Hydnoceras* CONRAD 1842 ähnlich gewesen sein. Vermutlich war der Kelch aufgebläht, 8-kantig und an seinem Oberende zum Osculum hin verengt. Seine netzartig gemusterten und durchbrochenen Seitenwände haben sich vermutlich erst kurz vor oder bei der Einbettung zwischen den spangenartig verstärkten Kanten eingefaltet. Das kann daraus abgeleitet werden, daß nur eines der drei Stücke (Taf. 4 Fig. 2) eine stärkere Einfaltung der Wände zeigt. Auch die gedrehte Textur des Stieles ist bei den Stücken verschieden und wohl ein Ergebnis von Vorgängen kurz vor der Einbettung.

Ein elastischer, langgestreckter Gegenstand gerät unter dem Einfluß von Strömungen dann in drehende Bewegungen, wenn er an einem Ende festliegt. Zu Lebzeiten müssen die *Retifungus* genügend ausgesteift gewesen sein, um solchen Torsionsbewegungen Widerstand zu leisten; ansonsten hätte für sie die Gefahr eines Abdrehens des Stieles bestanden. Das tote Schwammskelett jedoch war weniger stabil und konnte sowohl aus der Lebensstellung heraus auf den Boden sinken, wie auch losgerissen von einer Strömung verdriftet werden. In beiden Fällen konnte der Stiel seil-artig verdreht werden, im zweiten allerdings erst, als das Gerüst teilweise (mit dem oberen Teil) zu Boden sank. Bei den drei vorliegenden Stücken läßt sich nicht sagen, ob sie aus der Lebensstellung heraus oder verdriftet eingebettet wurden.

## 2.3. Verwandtschaftliche Beziehungen

*Retifungus rudens* ist nach dem Vernetzungsplan seines Gerüsts zu den Dictyospongiidae zu stellen. Es gibt in dieser Familie einzelne Gattungen, die einen deutlichen Stiel haben (z. B. *Bothryodictya* HALL & CLARKE, vgl. HALL & CLARKE 1898, Taf. 13), doch läßt sich die neue Art aus dem Hunsrückschiefer keiner von diesen zuordnen. In der Feinstruktur der Fasern und Stränge, die Bündel von Diactinen enthalten, weist *Retifungus* Beziehungen zu jenen dictyospongiiden Gattungen auf, die LAUBENFELS 1955 als eigene Familie Uphantenidae abgrenzte (vgl. z. B. *Physospongia*, HALL & CLARKE 1898, Taf. 56 Fig. 3, 4 und Taf. 63 Fig. 1, 2). HALL & CLARKE haben diese Struktur auch in ihrem Schemabild der Dictyospongiidae (1898, Abb. 3) dargestellt. Die Frage, ob sie nicht für die Dictyospongiidae überhaupt kennzeichnend ist, läßt sich anhand europäischen Materials nicht klären. Es kann hier nur am Rande erwähnt werden, daß diese Textur auch bei „*Protospongia*“ *rhenana* SCHLÜTER 1896 zu beobachten ist; bei dieser handelt es sich somit sicher nicht um einen Vertreter der Protospongiidae. Es ist möglich, daß der „Pflanzenrest?“, den OPITZ 1932, Abb. 110, mit *Triacrinus kutscheri* W. E. SCHMIDT 1934 abbildete, ebenfalls ein Stück von *Retifungus* ist.

## 2.4. Palökologie

Kieselschwämme sind rezent Organismen vorwiegend des tiefen Wassers. Das gilt für paläozoische Kieselschwämme jedoch nur mit Einschränkung. Gerade die Vertreter der Dictyospongiidae sind keine Tiefwasser-Bewohner gewesen. *Retifungus* war von seinem Bau her ein Stillwasserbewohner. Er ist im Lebensformtyp durch seine Langstieligkeit den Krinoiden nicht unähnlich gewesen. In Analogie zu anderen marinen Kieselschwämmen ist anzunehmen, daß *Retifungus* benthonisch und nicht pseudoplanktonisch lebte. Aus dem Vorhandensein eines sehr langen Stieles könnte abgeleitet werden, daß *Retifungus* ein Biotop bewohnte, das in unmittelbarer Bodennähe ungünstige Lebensmöglichkeiten bot. Neben chemisch/physikalischen Gründen (z. B. O<sub>2</sub>-Verhältnisse) können auch biologische Gründe (z. B. Zusammenleben mit Krinoiden) hierfür verantwortlich gewesen sein. Es ist also nicht möglich, unmittelbare Schlüsse auf den Lebensraum der *Retifungus* zu ziehen, doch mag die eigenartige Form dieser Schwämme gelegentlich einer biofaziellen Analyse der Hunsrückschiefer-Fauna von Bedeutung sein.

## 3. Zusammenfassung

Eine neue Gattung und Art der im Hunsrückschiefer seltenen Kieselschwämme wird beschrieben. Sie ist auffallend langstielig, der Stiel vermutlich postmortal durch Strömung seil-artig verdreht. Obwohl aus der Wachstumsform dieser Schwämme keine unmittelbaren Schlüsse auf ihren Lebensraum gezogen werden können, so mag ihre Kenntnis bei einer Gesamtanalyse der Hunsrückschiefer-Fauna doch von Wert sein.

### Schriftenverzeichnis

- CHRIST, J.: Eine neue fossile Spongiengattung, *Astericosella*, im Unterdevon des Nassauischen Hunsrückschiefers; *Astericosella nassovica*. — Jb. Nassau. Ver. Naturkde., **77**, S. 1—12, 2 Abb., Taf. 1, Wiesbaden 1925.
- FINKS, R. M.: Late paleozoic sponge faunas of the Texas region. The siliceous sponges. — Bull. amer. Mus. natur. Hist., **120**, 1, 160 S., 77 Abb., 50 Taf., New York 1960.
- HALL, J. & CLARKE, J. M.: A Memoir on the paleozoic reticulate sponges constituting the family Dictyospongiidae. 350 S., 45 Abb., 70 Taf., New York & Albany (University State New York) 1898.
- LAUBENFELS, M. W. DE: Porifera. — In MOORE, R. C.: Treatise on Invertebrate Paleontology, **E**, S. 21—112, Abb. 14—89, Lawrence/Kansas 1955.
- OPITZ, R.: Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld. 224 S., 170 Abb., Birkenfeld 1932.
- SCHLÜTER, C.: *Protospongia rhenana*. — Z. deutsch. geol. Ges., **44** (4), S. 615—618, 1 Abb., Berlin 1892.

Manuskript eingegangen am 6. 2. 1970

## Die Bornicher Schichten des Hunsrückschiefers im Forstbachtal bei St. Goarshausen (Mittelrhein)

Von

HANS-GÜNTHER KUPFAHL, Wiesbaden

Mit 1 Abbildung

FUCHS (1899) gliederte die Bornicher Schichten als „Zone des *Spirifer assimilis*“ an der Basis des Unter-Ems aus. Später (1907) vereinigte er sie unter dem Namen Bornicher Horizont mit dem liegenden Hunsrückschiefer, wo sie über dem Kauber und dem Sauer-taler Horizont folgten. SOLLE (1951) faßte die von ihm mehr faziell gesehenen „Schichten“ des Hunsrückschiefers in der neu geschaffenen Ulmen-Gruppe des Ober-Siegen zusammen<sup>1</sup>. MITTMEYER (1965) erkannte, daß die durch fossilreiche Sandsteine gekennzeichneten Bornicher Schichten im SW-Taunus nicht über, sondern unter den Kauber Schichten ein-zuordnen sind (vgl. auch NÖRING 1939, S. 66). — Eine eindeutige litho- und biostratigra-phische Eingrenzung der Schichtglieder des Hunsrückschiefers ist bisher noch nicht gelun-gen.

Das Forstbachtal-Profil auf Bl. 5812 St. Goarshausen, das einen Aufbruch von Bor-nicher Schichten mit zwischengeschaltetem Unter-Ems umfaßt, wurde ausführlich von FUCHS (1899), in weiterem Rahmen auch von MITTMEYER (1965) und ANDERLE (1967) untersucht. An der Identität der Bornicher Schichten im Forstbachtal nach FUCHS halten wir fest, obwohl hier ANDERLE (1967, S. 59/60) aufgrund tektonischer und lithostratigraphischer Untersuchungen — auch im Rheintal, wo er die Ergeb-nisse von ENGELS (1955) im wesentlichen bestätigte — die betreffende Gesteinsfolge den Singhofener Schichten zuwies (zur Problematik vgl. RÖDER 1962).

Unsere Untersuchung galt der Ausbildung der Bornicher Schichten im Vergleich mit der Ausbildung auf Bl. 5913 Presberg (rund 10 km im SE). Die Abgrenzung der Folge mußte dabei im NW und SE des Profils berichtigt werden. Seit FUCHS (1899, Taf. III, u. 1915) hatten sich diese Grenzen, seien sie nun normal oder tektonisch gedeutet, nicht geändert.

### 1. NW-Rahmen

Am NW-Rand des Aufbruches der Bornicher Schichten müssen diese, bei dem all-gemeinen SE-Fallen der Schichtung, gegen das anschließende Unter-Ems (Spitznack-Schichten, Singhofener Schichten) tektonisch begrenzt sein. Nach FUCHS (1899, 1915)

<sup>1</sup>) Neuerdings tritt MITTMEYER, wie bereits einige ältere Autoren, für Unterems-Alter des Hunsrückschiefers ein (freundl. mündl. Mittel.).

und auch SCHULZE (1959, Taf. 18) quert die Störung an der oberen Zöllers-Mühle (unweit südl. Straßenabzweigung nach Patersberg) das Forstbachtal. An dieser Stelle, die am SW-Talhang von Schutt überdeckt, am NE-Hangfuß aber einen durchweg konkordanten Schichtverband zeigt, ergibt sich jedoch kein Anhaltspunkt für eine Störung.

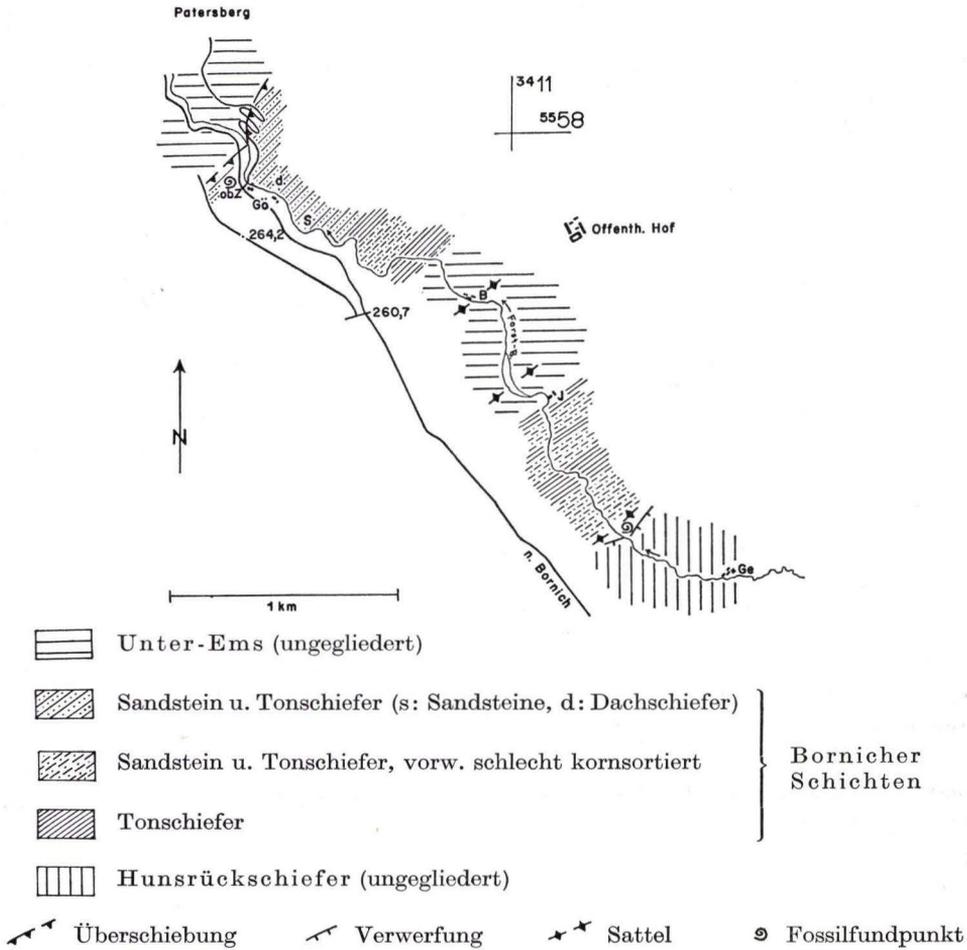


Abb. 1. Geologische Übersicht im Forstbachtal.

Hingegen ist die Überschiebung von Bornicher Schichten auf Unter-Ems ca. 120 m weiter nördlich in der Böschung der Straße nach St. Goarshausen aufgeschlossen (R 340980, H 555790; Talverengung im Gebiet des Unter-Ems). Im gegenüberliegenden Talhang verläuft sie nahe der untersten nordwestlichen Kurve der Straße nach Patersberg durch die Böschungen und verschwindet hangaufwärts unter Schutt. Die Überschiebung wird im SE über eine Strecke von 80–90 m begleitet von ca. 5 paral-

lenen Aufschiebungen, an denen die verhältnismäßig steil einfallenden Bornicher Schichten verschuppt sind. Die Aufschiebungen sind auch im SE der Straßen-Serpentine aufgeschlossen.

Einfallen der Überschiebung 30–40°, der Aufschiebungen 40–80° SE, Mylonit-Beläge jeweils 5–10 cm stark; Einfallen der Schichtung im Unter-Ems 15–30°, der Schieferung 70–85° SE; Einfallen der Schichtung in den überschobenen und verschuppten Bornicher Schichten 35–50°, der Schieferung 50–75° SE.

Die zwischen der seit FUCHS angenommenen und der neuen Abgrenzung liegende, ca. 60 m mächtige Schichtserie gehört mit ihren jeweils gut voneinander gesonderten, meist flaserigen, z. T. auch dachschieferartigen Tonschiefern und plattigen, z. T. kalkhaltigen Sandsteinen petrofaziell zu den Bornicher Schichten (KUPFAHL 1968b, S. 53). Für die Zuweisung zu diesen Schichten sprechen auch der Fossilreichtum und der Nachweis mehrerer Exemplare von *Acrospirifer assimilis* (FUCHS) in Sandsteinen nahe nördlich der Straßenabzweigung nach Patersberg. Die Bearbeitung durch H.-J. ANDERLE, dem wir auch alle übrigen Fossilbestimmungen verdanken, ergab:

*Subcuspidella* sp.

*Goniophora* sp.

*Plebejochonetes plebejus* (SCHNUR)

*Acrospirifer pellico* (ARCH. & VERN.) vel *assimilis* (FUCHS)

„*Spirifer*“ *assimilis* FUCHS im Sinne von MITTMEYER (1965, S. 79) sollte nach SOLLE (1951) auf die Siegen-Stufe beschränkt sein. Nach MITTMEYER (1965, 1966) reicht die Form einzeln auch in das Unter-Ems hinauf, ist aber für die Bornicher Schichten bezeichnend. ANDERLE (1967, S. 55) bestimmte die entsprechenden Formen als *pellico* (vgl. auch KUTSCHER & MITTMEYER 1966).

## 2. SE-Rahmen

Hier reichen die Bornicher Schichten bei FUCHS (1899, 1915) bis in die Nähe der Gemeinde-Mühle (vgl. auch Grenze Unter-Ems/Hunsrückschiefer bei HOLZAPFEL 1903). Sie dürften jedoch, die beiden an den Talrändern liegenden Steinbrüche noch einschließend, bereits 400 m nordwestlich der Mühle zu Beginn der Talausweitung enden. Die zwischen beiden Abgrenzungen liegende Schichtserie gehört nach Lithologie und Fossilarmut zu der sich über Bornich hinaus erstreckenden, einförmigen Schieferfolge, die nur wenige Sandsteinlagen umfaßt (Kauber Schichten nach FUCHS 1915, vergleichbar mit mittleren Kauber Schichten auf Bl. Presberg, EHRENBERG 1968, S. 62; Sauertaler Schichten nach MITTMEYER 1965, Abb. 1). Darin konnte die von FUCHS an der Gemeinde-Mühle dargestellte Zwischenschaltung von Bornicher Schichten nicht bestätigt werden.

Die Grenze zwischen beiden Folgen verläuft in einer kleinen Senke nahe südöstlich des Steinbruchs am NE-Talhang (R 341152, H 555624; Schichtung im Stbr. 15–20°, Schieferung 55° SE; Schieferung in angrenzenden Tonschiefern 45° SE). In der Senke weisen Gangquarz-Stücke auf eine Störung hin, bei der es sich, folgt man FUCHS in der Einstufung der Tonschiefer, um eine Abschiebung handeln könnte.

Die tonigen Sandsteine und sandigen Tonsteine im erwähnten Steinbruch erscheinen in den Bornicher Schichten etwas fremdartig, doch widerspricht ihre Fauna der

Zuordnung nicht. FUCHS (1899, S. 27) gibt von hier „*Chonetes semiradiata*, *Atrypa reticularis* und *Sp. arduennensis*“ an. Unsere Aufsammlung enthielt (det. H.-J. ANDERLE):

*Pterinea paillettei* (VERNEUIL & BARRANDE)  
*Plebejochonetes plebejus* (SCHNUR)  
*Acrospirifer arduennensis antecedens* (FRANK)  
*Pleurodictyum problematicum* GOLDFUSS  
*Pleurodictyum* sp.  
 Crinoideen-Stielglieder.

### 3. Ausbildung der Bornicher Schichten

In ihrer Gesteinszusammensetzung gleichen die Bornicher Schichten des Forstbachtals denen auf Bl. Presberg. Im Abschnitt beiderseits der Göttertismühle treten die Schichten am NE-Talhang nahezu lückenlos zu Tage. Hier bestehen sie, stellenweise fossilführend, vorwiegend aus Tonschiefern und zwischengeschalteten Sandsteinen. Einförmige flaserige Tonschiefer bleiben geringmächtig. Die Sandsteine schließen sich an mehreren Stellen, z. B. 200 m südwestlich der Göttertismühle, zu höchstens 30 m mächtigen Sandsteinserien zusammen. In ihnen treten Tonschiefer zurück (ca. 40% der Mächtigkeit), sind aber im Gegensatz zu den Sandsteinserien des angrenzenden Unter-Ems stets vorhanden. Die Sandsteine zeigen sich dünnplattig (vorw. 2—4 cm stark) bis dünnbankig, feinkörnig, glimmerführend, quarzitisches und z. T. kalkhaltig. Jedoch tritt der Kalkgehalt nicht so stark in Erscheinung wie in den entsprechenden Sandsteinen auf Bl. Presberg. In Nachbarschaft der Sandsteinserien kommen, allerdings nur selten, dunkel-blaugraue Dachschiefer vor, die nördlich der Göttertismühle 15 m Mächtigkeit erreichen. Dies kennzeichnet den plötzlichen vertikalen Gesteinswechsel, der auch die Bornicher Schichten auf Bl. Presberg auszeichnet, besonders deutlich. Weniger gut korngesondert erweisen sich die morphologisch hervortretenden, teilweise unreinen Sandsteine 550 m südöstlich der Göttertismühle am Klopper-Berg.

Zu der von FUCHS und jüngeren Bearbeitern — z. T. nicht einheitlich an derselben Stelle — vorgenommenen Abgrenzung der Bornicher Schichten gegen Unter-Ems nordwestlich der Bornismühle konnten keine eindeutigen neuen Befunde beigebracht werden (Grenze vermutlich an dem von NE kommenden Seitental). Das gleiche gilt für die Grenze zwischen beiden Schichtfolgen am Immenhof (Saueressig-Mühle), da die hier mit FUCHS anzunehmende Überschiebung verdeckt liegt. ANDERLE (1967, S. 53/54) beschreibt die stark sandigen, steile Talhänge bildenden Gesteine des Unter-Ems mit ihrer Fossilführung und stellt östlich Bornismühle eine Aufsattelung (NW-vergert wie übrige Sättel auf Abb. 1), nordwestlich daran anschließend überkippte Lagerung fest. Außerdem vermerkt er das Fehlen des im Rheintal und weiter östlich bei Reitzenhain in diesen Schichten liegenden, das Unter-Ems einleitenden Tuffits.

Die Bornicher Schichten südöstlich des Immenhofes (Typ-Profil bei MIRTMEYER 1965, S. 74f. und Abb. 3) sind allgemein weniger gut kornsortiert und stärker transversal geschiefert als die an der Göttertismühle. Der Sandanteil nimmt nach SE zu. Tonschiefer, die gelegentlich quarzitisches Linsen führen, treten in Nähe des Hofes, Sandsteine weiter im SE stärker in den Vordergrund.

Die Schichten zeigten sich sehr fossilreich. MITTMEYER (1965, S. 75) führt *A. assimilis* auf, ebenso FUCHS (1899, S. 29; *primaevus* später zurückgezogen). Bemerkenswert ist die Frachtsonderung der Fauna. Unweit nordöstlich des Immenhofes enthalten feinsandige Tonschiefer eine 5–10 cm starke *arduennensis*-Bank (vorw. Ventralklappen), darin (det. H.-J. ANDERLE):

*Acrospirifer arduennensis latestriatus* (DREVERMANN)

*Acrospirifer arduennensis antecessens* (FRANK).

Die gleichen Tonschiefer schließen auch eine ca. 50 cm mächtige *Zaphrentis*-Bank ein, in der *Zaphrentis* sp. verstreut und *Pleurodictyum problematicum* vereinzelt vorkommen. Eine 20 cm starke *Chonetes*-Bank liegt 150 m nordöstlich von P. 287,2.

#### 4. Faziesvergleich

Die Kartierung auf Bl. Presberg bestätigte MITTMEYER's Altersabfolge der Schichtglieder des Hunsrückschiefers, da die hier ausgegrenzten Bornicher Schichten zwischen Hunsrückschiefer mit den Merkmalen der Sauertaler und andererseits der Kauber Schichten liegen. Die Bornicher Schichten bestehen auf diesem Blatt aus verschiedenartigen Gesteinen, von denen vorher nur einige der schmalen Sandsteinserien als Bornicher Schichten bezeichnet wurden (vgl. MITTMEYER 1965, Abb. 1; anfangs z. T. Sandstein der Scheuer, FUCHS 1915). Die gleichen, aber stärker sandigen Gesteine mit ihren besonderen Eigenheiten bauen auch die Bornicher Schichten des Forstbachtals auf, wo sie von FUCHS und MITTMEYER in ihrer Gesamtheit dieser Folge zugerechnet wurden: Sandsteinserien, Tonschiefer mit Sandsteinlagen, flaserige Tonschiefer, Dachschiefer, ferner schlecht kornsortierte sandige Tonschiefer und tonige Sandsteine. Die z. T. frachtgesonderten Faunen, in denen Brachiopoden mit starkem Spiriferen-Anteil vorherrschen, entsprechen sich weitgehend, wenn auch *A. assimilis* im Forstbachtal häufiger zu sein scheint. Die litho- und biofaziellen Gemeinsamkeiten stützen die weit gefaßte Abgrenzung der Bornicher Schichten auf Bl. Presberg, sprechen aber auch für die Identität der Schichten im Forstbachtal.

Die Unterschiede zwischen beiden Abfolgen liegen — abgesehen von der allgemein besseren Kornsonderung auf Bl. Presberg — im Mengenverhältnis der einzelnen Gesteine und ihrer Fossilführung. Die Bornicher Schichten des Forstbachtals (sandige Entwicklung) sind, verglichen mit denen von Bl. Presberg (tonige Entwicklung) wie folgt gekennzeichnet:

1. Höherer Anteil an Sandsteinen (z. B. Sandsteinserien 25% der Mächtigkeit, Bl. Presberg 10% der Mächtigkeit; Sandsteinlagen aber auch im Tonschiefer zahlreicher) und geringerer Anteil an Tonschiefern sowie geringere Beteiligung von Dachschiefern,
2. Insgesamt stärkere Fossilführung in Sandsteinen und Tonschiefern (ausgenommen Crinoideen, die in den Tonschiefern auf Bl. Presberg häufiger sind).

Den regionalen Fazieswechsel der Bornicher Schichten sieht MITTMEYER (1965, S. 93f. und 1967) — außer in einer Veränderung des stratigraphischen Niveaus — hauptsächlich in beträchtlichen Mächtigkeitsverschiebungen, nicht so sehr in Änderungen der Gesteinszusammensetzung. Nach vorliegendem Faziesvergleich vollzieht sich jedoch in den Bornicher Schichten ein deutlicher Wechsel im Gesteinsaufbau.

Der Widerspruch im Befund rührt daher, daß MITTMEYER in Anlehnung an FUCHS und dessen Begriffsbestimmung der Bornicher Schichten als überwiegend sandige Folge, diese in Gebieten mit toniger Ausbildung betont lithofaziell versteht und sie im wesentlichen auf die Sandsteine beschränkt (vgl. Bl. Presberg betreffende Wisper-Fazies MITTMEYER's). Die Bornicher Schichten dürften jedoch auch bei toniger Ausbildung des Mittelteils des Hunsrückschiefers als geschlossene Schichtfolge bestehen und weder in einzelne Sandsteinzüge aufspalten noch in einen einzigen Sandsteinzug einmünden. Sicherlich unterliegen die Bornicher Schichten auch einem in unterschiedlichen Mächtigkeiten begründeten horizontalen Fazieswechsel, der jedoch ganz allgemein und im besonderen in den hier betrachteten Gebieten infolge gestörter Lagerung (Schuppenbau) nur schwer zu erfassen ist.

## Schriftenverzeichnis

- ANDERLE, H.-J.: Neufassung der Spitznack-Schichten des Loreley-Gebietes (Unter-Ems, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 45—63, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1967.
- EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E.: Geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, Wiesbaden 1968. (1968a)
- — — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 201 S., 22 Abb., 9 Tab., 1 Beibl., Wiesbaden 1968. (1968b)
- ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **14**, 96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagr., 5 Taf., Wiesbaden 1955.
- FUCHS, A.: Das Unterdevon der Loreleygegend. — Jb. nass. Ver. Naturk., **52**, S. 1—96, 1 Kte., 1 Profiltaf., Wiesbaden 1899.
- Die Stratigraphie des Hunsrückschiefers und der Unterkoblenzschichten am Mittelrhein usw. — Z. deutsch. geol. Ges. **59**, S. 96—119, 2 Abb., Berlin 1907.
- Geologische Übersichtskarte der Loreleygegend (Mittelrhein) 1:50 000. Preuß. geol. L.-A., Berlin 1915.
- HOLZAPFEL, E.: Geol. Kte. Preussen u. ben. Bu.-St., Lfg. **111**, Bl. St. Goarshausen, Berlin 1903.
- KUPFAHL, H.-G.: In EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E., 1968b.
- KUTSCHER, F. & MITTMEYER, H.-G.: Eine Fauna aus dem Unteremmsium von Dillbrecht (Dill-Mulde, Bl. Ewersbach 5115). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, S. 269 bis 277, Taf. 18, Wiesbaden 1966.
- MITTMEYER, H.-G.: Die Bornicher Schichten im Gebiet zwischen Mittelrhein und Idsteiner Senke (Taunus, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 73—98, 5 Abb., 2 Tab., Taf. 9, Wiesbaden 1965.
- Zur Frage der faziellen Hunsrückschiefer-Untergliederung im südwestlichen Taunus (Rheinisches Schiefergebirge). — Z. deutsch. geol. Ges., 1964, **116**, S. 804—808, 1 Abb., Hannover 1966.
- NÖRING, F. K.: Das Unterdevon im westlichen Hunsrück — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **192**, 96 S., 11 Abb., 9 Taf., Berlin 1939.
- ROEDER, J.: Altersstellung von Bornicher Schichten und Spitznack-Schichten (Unter-Devon). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**, S. 165—172, Wiesbaden 1962.
- SCHULZE, E.-G.: Zur Geologie am Mittelrhein zwischen Kestert und der Loreley. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 246—276, 1 Abb., Taf. 18, Wiesbaden 1959.
- SOLLE, G.: Obere Siegerner Schichten, Hunsrückschiefer, tiefstes Unterkoblenz und ihre Eingliederung ins Rheinische Unterdevon. — Geol. Jb. f. 1949, **65**, S. 299—380, 2 Abb., 3 Tab., Hannover 1951.

# Unterems-Faunen (Unter-Emsium, Unter-Devon) bei der Loch-Mühle nordwestlich Gemünden (Taunus, Bl. 5616 Grävenwiesbach)

Von

**FRITZ KUTSCHER**, Wiesbaden und **HANS-GEORG MITTMAYER**, Mainz

Mit 2 Abbildungen und Tafel 5

**Kurzfassung:** Fossilführende Schichten bei der Loch-Mühle im Taunus werden bekanntgemacht. Die 4 Faunenlisten belegen die Singhofen-Gruppe (Mittleres Unter-Emsium); darunter befindet sich die Cypricardellen-Bank des Mittelrheintals.

**Abstract:** Fossil-bearing beds found near the Loch-Mühle in the Taunus-Montains (Rhenish Schiefergebirge) are published. According to the list of faunas they belong to the Singhofen group (Middle Inferior Emsium). The Cypricardella-bank of the middle Rhine valley is one of these beds.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	42
2. Fossilvorkommen bei der Loch-Mühle . . . . .	42
3. Stratigraphische Stellung der fossilführenden Schichten . . . . .	46
4. Paläontologische Bemerkungen zu einzelnen Arten und Gattungen . . . . .	48
5. Schriftenverzeichnis . . . . .	49

## 1. Einleitung

Aus dem Unter-Emsium des Taunus sind zahlreiche Faunen bekanntgeworden. Trotzdem ist es bis heute nicht gelungen, eine allgemeingültige Stratigraphie des Unter-Emsiums aufzubauen. Es ist daher erforderlich, neue Faunenfundpunkte ausfindig zu machen und vor allem aussagekräftige Faunenlisten aufzustellen. Ein kleiner Beitrag hierzu soll durch die Bekanntgabe von Unterems-Faunen an der Loch-Mühle bei Gemünden im Taunus geliefert werden.

## 2. Fossilvorkommen bei der Loch-Mühle

Anlaß zum Aufsammeln der Fossilien gab ein Hinweis von Herrn Dr. THEWS, der bei der Suche nach einer Ansatzstelle für eine Wasserbohrung Fossilien bei der Loch-Mühle entdeckt hatte.

Gelegentlich einer Fahrt in den Taunus wurden von KUTSCHER und seinem Begleiter in einem kleinen Steinbruch in der Böschung des Laubach-Tales östlich der

**Tafel 5**

Tafel 5

Fig. 1.	<i>Loxonema</i> sp. Plastillin-Positiv des Abdrucks. 1/1 . . . . .	S. 48
Fig. 2.	<i>Bembexia alta</i> (DREV.) Plastillin-Positiv des Abdrucks. 2/1 . . . . .	S. 45
Fig. 3a—b.	<i>Platyceras subquadratum</i> (KAYSER) Steinkern, 3a von außen, 3b von der Seite. Arttypische, schwache Außenfurche und kräftig ausladende, linke Seite auf Fig. 3a erkennbar. 1/1 . . . . .	S. 45
Fig. 4.	<i>Myophoria proteus</i> BEUSH. Steinkern der rechten Klappe. Umriß nur mäßig verzerrt, Schloß-Apparat deutlich erhalten. 1/1 . . . . .	S. 45
Fig. 5.	<i>Cypricardella subovata</i> BEUSH. Steinkern der rechten Klappe. 1/1 . . . . .	S. 45, 48
Fig. 6.	<i>Subcuspidella incerta</i> (FUCHS) Steinkern der Ventralklappe (Vorderrand abgebrochen). Das Exemplar zeigt einwärts gekrümmte, relativ kräftige Zahnstützen. Die Sinus-Grenzrippen enden unmittelbar in der Wirbelspitze; ein Delthyrialplatten-Eindruck ist nicht vorhanden. 1,5/1 . . . . .	S. 45
Fig. 7—10.	<i>Globithyris robustella</i> (FUCHS) 4 verschiedene zweiklappige Exemplare. 7—8. Steinkerne der Ventralklappe. 9. Plastillin-Positiv des Dorsal-Abdrucks. 10. Steinkern der Dorsalklappe. 2/1 . . . . .	S. 46, 49
Fig. 11—14.	<i>Trigonirhynchia daleidensis</i> (F. ROEMER) 11—12 Steinkerne der Ventralklappe. 13—14 Steinkerne der Dorsalklappe. 1/1 . . . . .	S. 46, 49

Sämtliche Stücke aus der Cypricardellen-Bank nordöstl. Loch-Mühle (R 345728, H 558110), Blatt 5616 Grävenwiesbach. Originale und Beleg-Material werden in der Sammlung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung aufbewahrt.



1



3a



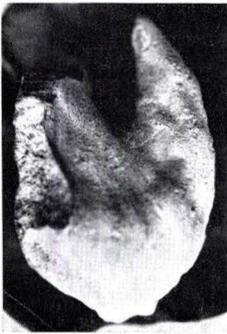
4



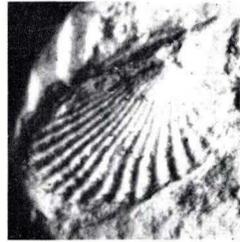
6



2



3b



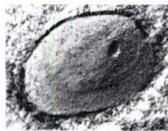
9



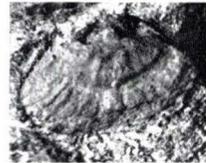
7



8



5



10



11



12



13



14

Loch-Mühle, nordwestlich von Gemünden, bei den Gitterwerten R 3427 28, H 55 81 10, eine Fossilbank abgebaut (Abb. 1).

Die Fossilbestimmungen führte H.-G. MITTMEYER durch, der aus dem gesammelten und präparierten Fossilmaterial dieser anstehenden Bank (weiter unten als Fundpunkt 3: Cypricardellen-Bank bezeichnet) eine stattliche Fossiliste aufstellte. Die über Erwarten große Fossiliste veranlaßte MITTMEYER, erneut bei der Loch-Mühle zu sammeln. Die genannte Fossilbank war nicht mehr aufgeschlossen, jedoch fanden sich noch Belegstücke im Schutt. Weitere Fundstellen kamen unmittelbar westlich des Steinbruches (Fundpunkt 3) und bei den Porphyroidtuffiten weiter östlich hinzu (Fundpunkt 4).

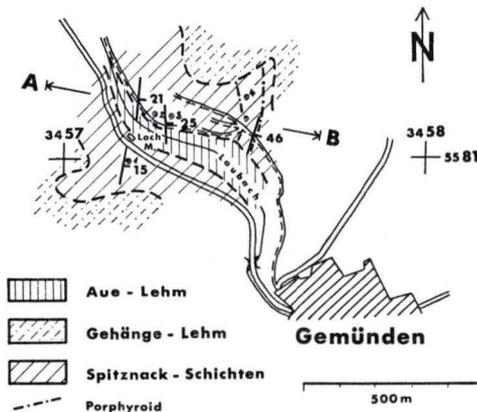


Abb. 1. Geologische Skizze der Schichten an der Loch-Mühle bei Gemünden i. Taunus.

Nicht zuletzt wurde die bereits bekannte Fundstelle mit der in den Erläuterungen zu Blatt Grävenwiesbach (S. 17) genannten, von R. und E. RICHTER bearbeiteten Fauna von der Loch-Mühle bei Gemünden aufgesucht. Die nur 5 Arten umfassende Faunenliste konnte auf 24 Arten erhöht werden (Fundpunkt 1).

#### Faunenlisten der ausgebeuteten Fundpunkte

Vergleiche hierzu Abb. 1 mit den 4 Fundpunkten.

Häufigkeit: selten	= (1)
vereinzelt	= (2)
mittlere Anzahl	= (3)
häufig	= (4)
massenhaft	= (5)

Die obere Porphyroidtuffit-Bank (Abk. P<sub>0</sub>) gilt als Bezugshorizont.

#### Fundpunkt 1

Südlich Loch-Mühle, R 3457 16, H 55 80 98

Gestein: Bräunlicher, glimmeriger Quarzit.

Lage: 180 m unter P<sub>0</sub>.

<i>Burmeisteria rhenana</i> (KOCH)	(2) ein Schwanzschild, mehrere Bruchstücke
Trilobitenreste	(3) Rumpfsegment-Bruchstücke
<i>Orthoceras</i> sp.	(2) einzelne Kammern
<i>Ptomatis rhenanus</i> (DREV.)	(2)
<i>Bucanella tumida</i> (SANDB.)	(3) kleine Exemplare
<i>Bucanella bipartita</i> (SANDB.)	(2) kleine Exemplare
<i>Bembexia alta</i> (DREV.)	(3)
<i>Nuculana frechi</i> BEUSH.	(1) eine linke Klappe
<i>Nuculites longus</i> MAUZ	(1) eine rechte Klappe
<i>Nuculites truncatus</i> (STEIN.)	(1) eine linke Klappe
<i>Carydium sociale</i> BEUSH.	(2) rechte und linke Klappen
<i>Cypricardella taunica</i> DAHMER	(1) eine rechte Klappe
<i>Plebejochonetes semiradiatus</i> (SOW.)	(3)
<i>Plebejochonetes plebejus</i> (SCHNUR)	(4)
<i>Athyris</i> sp.	(1) Bruchstück
<i>Acrospirifer arduennensis latestriatus</i> $\alpha$ (SOLLE)	(2) normalwüchsige Ventralklappen
<i>Acrospirifer arduennensis antecedens</i> (FRANK)	(2) normalwüchsige Ventralklappen
<i>Subcuspidella humilis</i> (SCUPIN)	(2) Ventral- und Dorsalklappen
<i>Subcuspidella incerta</i> (FUCHS)	(3) Ventral- und Dorsalklappen
<i>Tenuicostella tenuicosta</i> (SCUPIN)	(1) eine Ventralklappe
<i>Trigonirhynchia daleidensis</i> (F. ROEMER)	(3) ungefähr zu gleichen Anteilen normalwüchsige Ventral- und Dorsalklappen
<i>Globithyris robustella</i> (FUCHS)	(1) eine Ventralklappe
<i>Favosites</i> sp.	(1)
Crinoiden-Stielglieder	(2)

## Fundpunkt 2

Nordöstlich Loch-Mühle, R 3457 25, H 5581 12

Gestein: Bräunlichgrauer, glimmeriger Quarzit.

Lage: 165 m unter P<sub>0</sub>.

Trilobitenreste	(2) Rumpfsegment-Bruchstücke
<i>Bucanella tumida</i> (SANDB.)	(2)
<i>Bucanella</i> sp.	(1) jugendliches Exemplar
<i>Bembexia alta</i> (DREV.)	(2)
<i>Platyceras eegense</i> (FUCHS)	(2) zwei typische Exemplare
<i>Platyceras</i> sp.	(1) jugendliches Exemplar
<i>Tentaculites grandis</i> F. ROEMER	(2)
? <i>Myalina</i> sp.	(2) Bruchstücke
<i>Cypricardella unioniformis</i> (SANDB.)	(1) eine rechte Klappe
<i>Cypricardella</i> sp.	(1) Bruchstück
<i>Tropidoleptus rhenanus</i> FRECH	(3) überwiegend Ventralklappen
<i>Plebejochonetes semiradiatus</i> (SOW.)	(2)
<i>Plebejochonetes plebejus</i> (SCHNUR)	(5) ungefähr zu gleichen Anteilen Ventral- und Dorsalklappen
<i>Acrospirifer arduennensis latestriatus</i> $\alpha$ (SOLLE)	(2) überwiegend Ventralklappen
<i>Acrospirifer arduennensis antecedens</i> (FRANK)	(1) zwei Ventralklappen
<i>Acrospirifer arduennensis</i> (SCHNUR)	(2) unterartlich nicht bestimmbare, jugendliche Ventralklappen
Crinoiden-Stielglieder	(4)

## Fundpunkt 3: Cypricardellen-Bank

Nordöstlich Loch-Mühle, R 345728, H 558110

Gestein: Gelblichbrauner, glimmerschichtiger Quarzit mit einzelnen Tonschiefer-Flasern und seltener kleinen bläulichen Tongallen, z. T. beginnende Bruch- bis Rauhschieferung.

Lage: 145 m unter P<sub>0</sub>.

- |   |   |
|---|---|
| <i>Trilobitenreste</i> (? <i>Burmeisteria</i> sp.)      | (2) Rumpsegment-Bruchstücke   |
| <i>Bucanella tumida</i> (SANDB.)                        | (3) überwiegend kleine Exemplare  |
| <i>Ptomatis rhenanus</i> (DREV.)                        | (3) Mündungen vielfach durch Abrollung beschädigt   |
| <i>Bembexia alta</i> (DREV.)                            | (3) normalwüchsige, typische Exemplare, Taf. 5 Fig. 2   |
| <i>Loxonema</i> sp.                                     | (1) Taf. 5 Fig. 1, S. 48  |
| <i>Platyceras subquadratum</i> (KAYSER)                 | (1) Taf. 5 Fig. 3a—b  |
| ? <i>Coleoprion</i> sp.                                 | (3) Skulptur unzureichend erhalten  |
| <i>Tentaculites grandis</i> F. ROEMER                   | (1)   |
| <i>Tentaculites schlotheimi</i> KOKEN                   | (2)   |
| <i>Leiopteria crenato-lamellosa</i> (SANDB.)            | (2) linke Klappen und abgerollte Bruchstücke  |
| <i>Nucula lodanensis</i> BEUSH.                         | (2) linke Klappen   |
| <i>Nuculites longus</i> MAUZ                            | (1) eine jugendliche, linke Klappe  |
| <i>Goniophora schwerdi</i> BEUSH.                       | (1) eine rechte Klappe  |
| <i>Goniophora eifeliensis</i> KAYSER                    | (1) eine linke Klappe   |
| <i>Myophoria proteus</i> BEUSH.                         | (1) je eine rechte und linke Klappe, Taf. 5 Fig. 4  |
| <i>Cypricardella elongata</i> BEUSH.                    | (2) rechte und linke Klappe sowie ein zweiklappiges Exemplar  |
| <i>Cypricardella elegans</i> BEUSH.                     | (1) eine rechte Klappe  |
| <i>Cypricardella subovata</i> BEUSH.                    | (3) überwiegend rechte Klappen, Taf. 5 Fig. 5, S. 48  |
| <i>Cypricardella curta</i> BEUSH.                       | (3) überwiegend zweiklappige Exemplare  |
| <i>Cypricardella unioniformis</i> (SANDB.)              | (3) überwiegend rechte Klappen, ein zweiklappiges Exemplar  |
| <i>Cypricardella</i> sp.                                | (3) artlich nicht bestimmbare Bruchstücke   |
| <i>Carydium sociale</i> BEUSH.                          | (2) überwiegend linke Klappen   |
| <i>Carydium gregarium</i> BEUSH.                        | (3) anteilmäßig ungefähr gleich viele rechte und linke Klappen  |
| ? <i>Leptostrophia explanata</i> (SOW.)                 | (1) Bruchstück  |
| <i>Tropidoleptus rhenanus</i> FRECH                     | (2) überwiegend Dorsalklappen   |
| <i>Tropidoleptus laticosta</i> (CONR.)                  | (1) eine typische Ventralklappe   |
| <i>Plebejochonetes sarcinulatus</i> (SCHLOTH.)          | (2) Ventralklappen  |
| <i>Plebejochonetes semiradiatus</i> (SOW.)              | (4) ungefähr zu gleichen Anteilen normalwüchsige Ventral- und Dorsalklappen, nur vereinzelt jugendliche Klappen |
| <i>Plebejochonetes plebejus</i> (SCHNUR)                | (3) s. Bem. zu <i>Pl. semiradiatus</i>  |
| <i>Brachyspirifer crassicosta</i> (SCUPIN)              | (1) eine normalwüchsige Ventralklappe   |
| <i>Acrospirifer arduennensis latestriatus</i> α (SOLLE) | (2) normalwüchsige Ventralklappen, Area rel. niedrig, Sinus mäßig breit   |
| <i>Acrospirifer arduennensis antecedens</i> (FRANK)     | (1) eine Ventralklappe  |
| <i>Subcuspidella humilis</i> (SCUPIN)                   | (1) je eine Ventral- und Dorsalklappe   |
| <i>Subcuspidella incerta</i> (FUCHS)                    | (1) je eine normalwüchsige Ventral- und Dorsalklappe, Taf. 5 Fig. 6   |

<i>Tenuicostella tenuicosta</i> (SCUPIN)	(2) normalwüchsige und jugendliche Ventralklappen
<i>Trigonirhynchia daleidensis</i> (F. ROEMER)	(5) überwiegend normalwüchsige Ventralklappen, in mittlerer Anzahl zweiklappige Exemplare, nur vereinzelt jugendliche Klappen, Taf. 5 Fig. 11—14
<i>Globithyris gaudryi</i> (OEHLERT)	(3) normalwüchsige Ventral- und Dorsalklappen sowie ein zweiklappiges Exemplar
<i>Globithyris robustella</i> (FUCHS)	(2) mehrere zweiklappige, normalwüchsige Exemplare, Taf. 5 Fig. 7—10
<i>Anoplothea venusta</i> (SCHNUR)	(1) eine Dorsalklappe
<i>Meganteris ovata ovata</i> MAURER	(1) eine Ventralklappe
<i>Pleurodictyum problematicum</i> GOLDF.	(2) auf Cypricardellen- und andere Lamellibranchiaten-Trümmern aufgewachsen
Crinoiden-Stielglieder	(3) wahrscheinlich mehr als 3 Arten
Wühl-Spuren	(3)

#### Fundpunkt 4

Östlich Loch-Mühle, R 345751, H 558113

Gestein: Bräunlichgrauer, glimmeriger Quarzit.

Lage: 20 m unter P<sub>0</sub>.

Trilobitenreste	(2) Rumpsegment-Bruchstücke
<i>Bucanella tumida</i> (SANDB.)	(2) kleine Exemplare
Gastropoda indet.	(2) Bruchstücke
<i>Tentaculites grandis</i> F. ROEMER	(2)
? <i>Nuculites</i> sp.	(1)
<i>Carydium sociale</i> BEUSH.	(2) rechte Klappen
<i>Goniophora schwerdi</i> BEUSH.	(1) eine rechte Klappe
<i>Plebejochonetes semiradiatus</i> (SOW.)	(3)
<i>Plebejochonetes plebejus</i> (SCHNUR)	(5) ungefähr zu gleichen Anteilen Ventral- und Dorsalklappen
<i>Acrospirifer arduennensis latestriatus</i> $\alpha$ (SOLLE)	(3) überwiegend Ventralklappen
<i>Acrospirifer arduennensis antecedens</i> (FRANK)	(2) Ventralklappen
<i>Trigonirhynchia daleidensis</i> (F. ROEMER)	(2) Ventralklappen
Crinoiden-Stielglieder	(2)

### 3. Stratigraphische Stellung der fossilführenden Schichten

Zwei entscheidende Faktoren sind den Betrachtungen voranzustellen:

1. Es kommt die Cypricardellen-Bank von A. FUCHS aus dem Mittelrheintal hier vor, belegt durch 6 verschiedene Cypricardellen-Arten.
2. Die Faunenfundpunkte liegen in der unmittelbaren Umgebung von fossilführenden Porphyroidtuffiten, wie sie in der Nähe der mittelhheinischen Spitznack-Schichten häufiger auftreten (wie übrigens auch im oberen Teil der Singhofener Schichten des Lahn-Gebietes),

Die bei der Loch-Mühle gefundenen Faunen beherbergen *Acrospirifer arduennensis latestriatus*  $\alpha$  (SOLLE) und belegen somit die Singhofener Gruppe (Mittleres Unter-Emsium). Nach dieser wichtigen Feststellung soll zunächst auf weitere Aussagen,

die bei dem gegenwärtigen Untersuchungsstand noch zu unsicher wären, verzichtet werden.

Der Taunus ist reich an fossilführenden Schichten. Zur Klärung der Stratigraphie muß daher nach weiteren Fossilbänken gesucht werden und moderne Faunenbestimmungen sind auszuführen. Ganz besonders der Taunus bietet in den Anschlußschichten zum Ober-Emsium reichliche Forschungsmöglichkeiten. Aufgrund neuer Faunenfunde und tektonischer Erhebungen wären weitere Erkenntnisse zu gewinnen. Dazu sollten Zwischenuntersuchungen bis zu dem rund 60 km entfernt liegenden Mittelrheintal und dem 45 km entfernten Lahntal angestellt werden, die auch bereits durch MITTMEYER angelaufen sind.

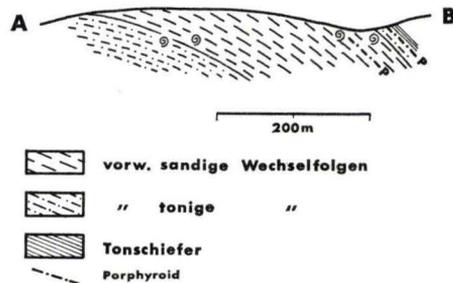


Abb. 2. Profil der Schichten an der Loch-Mühle bei Gemünden i. Taunus (Profillinie vgl. Abb. 1).

Abschließend sei noch das lithologische Profil der fossilführenden Schichten beigefügt (Abb. 2). Der untersuchte Profil-Ausschnitt umfaßt den faunistisch und lithologisch typischen Hauptteil der fossilführenden Schichten. Auf die Abgrenzung gegen die hangenden und liegenden Schichtserien und weitere daran anknüpfende Fragestellungen muß in diesem begrenzten Rahmen verzichtet werden. Die Schichten bei der Loch-Mühle zeigen folgenden Aufbau (vom Hangenden zum Liegenden):

Hangendes: Tonschiefer

- 1 m toniger Porphyroid-Tuffit
  - 10 m Wechselfolge von Schluff- bis Tonschiefern und bräunlichgrauen, mittelbankigen Quarziten
  - 30 m bräunlichgraue, mittelbankige Quarzite mit schluffig-tonigen Einschaltungen, 1 bekannte Fossilbank (Fundpunkt 4)
  - 2-4 m schluffig-feinsandiger Porphyroid-Tuffit, fossilführend (nur unbestimmbare Choneten)
  - 80 m bräunlichgraue, mittel- bis grobbankige Quarzite, z. T. plattig, mit schluffig-tonigen Einschaltungen
  - 30 m bräunlichgraue, mittel- bis grobbankige Quarzite, glimmerschichtig-plattig, Cypricardellen-Bank (Fundpunkt 3)
  - 15 m Wechselfolge von Schluffsteinen und teilweise dünnplattigen Quarziten vom Typ „Plattensandstein“, 1 bekannte Fossilbank (Fundpunkt 2)
  - 20 m Wechselfolge von Schluffsteinen und grauen, dünn- bis mittelbankigen Quarziten, 1 bekannte Fossilbank (Fundpunkt 1)
- Liegendes: Wechselfolge von grauen, mittel- bis dünnbankigen Quarziten und Schluffsteinen.

Sowohl im Hangenden als auch im Liegenden folgen jeweils noch weitere Quarzitepartien.

#### 4. Paläontologische Bemerkungen zu einzelnen Arten und Gattungen

*Loxonema* sp.

Taf. 5 Fig. 1

Die auffallend schmale Form besitzt 12 Umgänge und dürfte ursprünglich eine Höhe von etwa 5 cm erreicht haben (ein Teil der Mündung ist abgebrochen). Auf dem Abdruck sind nur noch undeutliche Reste einer äußerst feinen Anwachsstreifung auszumachen. Nahtlinien wie bei *Loxonema* sp. DREVERMANN 1902 fehlen. Wahrscheinlich handelt es sich um eine neue Art.

*Cypricardella subovata* BEUSHAUSEN 1889

Taf. 5 Fig. 5

Vor der arttypischen schwachen Diagonalkante konnte in mehreren Fällen eine schwache Depression beobachtet werden. Die Hinterecke, von BEUSHAUSEN (1889) als wichtiges Diagnose-Kriterium herausgestellt, kann gelegentlich auch etwas abgerundet ausfallen. *Cypricardella subovata* konnte kürzlich in den Klerfer Schichten des Mosel-Gebietes in einer „*subovata*-Bank“ angereichert gefunden werden.

*Acrospirifer* HELMBRECHT & WEDEKIND 1923

Einer Zuweisung der *arduennensis*-Gruppe zu *Euryspirifer* durch VANDERCAMMEN (1963) können wir uns nicht anschließen, denn weder *arduennensis latestriatus*  $\alpha$  noch *arduennensis antecedens* als unzweifelhafte Wurzeln der *arduennensis*-Gruppe (SOLLE 1953) zeigen irgendwelche engeren Beziehungen zu *Euryspirifer* (auch in der Feinsulptur). Wir belassen die *arduennensis*-Gruppe bei *Acrospirifer* (evtl. als Subgenus *Arduennensisspirifer*), zumal die Diagnose im Treatise zumindest auf die älteren Formen uneingeschränkt zutrifft.

*Subcuspidella* MITTMEYER 1965 und *Spinocyrtia* FREDERIKS 1916

Spiriferen aus dem Formenkreis um *Spirifer subcuspidatus* SCHNUR können nicht zu *Spinocyrtia* FREDERIKS gestellt werden. Sie bilden einen eigenen, generisch selbständigen Formenkreis, für den die Bezeichnung *Subcuspidella* eingeführt wurde (Diagnose MITTMEYER 1967). Um die Unterschiede zu *Spinocyrtia* einmal zu verdeutlichen, sollen einige Beobachtungen an amerikanischen *Spinocyrtia* mitgeteilt werden.

*Spinocyrtia granulosa* (CONRAD) aus der amerikanischen Hamiltongroup (Mitteldevon) erreicht eine Breite von über 6 cm bei einer Länge von über 4 cm. Der Ventral-Steinkern zeigt eine stark verdickte, tief unter das Muskelfeld reichende Delthyrialplatte (fehlt bei *Subcuspidella*), eine schwache, mäßig feine, hinten verschwindende Berippung, ausladenden Sinus sowie deutliche Einziehung der ersten drei Rippen wie bei *Paraspirifer*. Am Dorsal-Steinkern beobachtet man eine durchlaufende Medianfurchen. Die Feinsulptur der Schalen-Exemplare besteht aus einer deutlichen, unregelmäßig zonenweise gebündelten Anwachs-Lamellierung, einer feinen, über die Anwachs-lamellen hinweglaufenden Radialstreifung und feinen, nur teilweise annähernd regelmäßig „auf Lücke“ stehenden, nach vorn gerichteten Dörnchen, die keine Knotenpunkte der Vergitterung von konzentrischer und radialer Feinsulptur darstellen, sondern aus der Radialstreifung sozusagen herauswachsen. Eine derartige Feinsulptur konnte bei *Subcuspidella* nicht gefunden werden.

*Trigonirhynchia daleidensis* (F. ROEMER 1844)

Taf. 5 Fig. 11—14

Das vorliegende, zahlreiche Material aus der Cypricardellen-Bank entspricht in bemerkenswerter Weise der Daleidener Normalform. Der Sinus der Ventralklappe umfaßt konstant 3 Rippen, der Sattel der Dorsalklappe 4 Rippen.

*Globithyris robustella* (FUCHS 1907)

Taf. 5 Fig. 7—10

*Globithyris robustella* zählt zu den selteneren Fossilien. Die vorliegenden Exemplare entsprechen in allen erkennbaren Einzelheiten der FUCHSschen Beschreibung (FUCHS 1907, S. 46—47); z. B. beträgt die Rippenzahl durchschnittlich etwa 20. Das Auftreten der Art beschränkt sich vorläufig auf die Singhofen-Gruppe. MAUZ (1935) erwähnt aus den Stadtfelder Schichten eine *Trigieria* cf. *robustella*, die offenbar eine selbständige Art oder Unterart darstellt.

## Schriftenverzeichnis

- ANDERLE, H.-J.: Neufassung der Spitznack-Schichten des Lorelei-Gebietes (Unter-Ems, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 45—63, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1967.
- DAHMER, G.: Die Fauna der Unterkoblenz-Schichten vom Landstein im östlichen Taunus (Blatt Grävenwiesbach). — Senckenbergiana, **22**, S. 260—274, Frankfurt a. Main 1940.
- Zwei neue Fossilfundpunkte in den Singhofener Schichten (Unter-Emsium, Unter-Devon) des östlichen Taunus (Blatt Grävenwiesbach). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**, S. 38—45, 1 Abb., Taf. 4, Wiesbaden 1954.
- ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **14**, 96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagr., 5 Taf., Wiesbaden 1955.
- FUCHS, A.: Das Unterdevon der Loreleigegend. — Jb. nass. Ver. Naturk., **52**, S. 1—97, 1 Kte., 1 Profiltaf., Wiesbaden 1899.
- MITTMEYER, H.-G. & GEIB, K.-W.: Gliederung des Unterdevons im Gebiet Warmsroth-Wald-Erbach (Stromberger Mulde). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 24—44, 2 Abb., 3 Tab., Taf. 3, Wiesbaden 1967.
- RÖSLER, A.: Das Unterdevon am SW-Ende des Taunusquarzit-Zuges von Katzenelnbogen (Rheinisches Schiefergebirge, Taunus). 2. Teil: Ems-Stufe. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**, S. 32—84, Taf. 5, Wiesbaden 1956.
- SCHLOSSMACHER, K. & FUCHS, A.: Geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Bl. [5616] Grävenwiesbach, Berlin 1927.
- SCHLOSSMACHER, K., mit Beiträgen von F. MICHELS: Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **253**, Bl. 3275 [5616] Grävenwiesbach, 47 S., Berlin 1928.
- SCHULZE, E.-G.: Zur Geologie am Mittelrhein zwischen Kestert und der Lorelei. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 246—267, 1 Abb., Taf. 18, Wiesbaden 1959.
- SOLLE, G.: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im Rheinischen Devon. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **5**, 156 S., 45 Abb., 7 Tab., 18 Taf., Wiesbaden 1953.
- SPEHLING, H.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **26**, 72 S., 14 Abb., 5 Tab., 10 Taf., Wiesbaden 1958.
- VANDERCAMMEN, A.: Spiriferidae du Dévonien de la Belgique. — Mém. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique, **150**, 179 pp., 103 fig., 13 pl., Bruxelles 1963.

Manuskript eingegangen am 20. Mai 1970

## Die Hunsrück-Insel im oberen Unterdevon

Von

**GERHARD SOLLE**, Darmstadt

Mit 1 Abbildung und Tafel 6

### Inhalt

I. Fragestellung . . . . .	50
II. Einige küstennahe Bezirke der Hunsrück-Insel. . . . .	52
1. Untere Klerfer Schichten beim Forsthaus Alf (Bl. Alf) . . . . .	52
2. Nellenköpfchen-Schichten im Alkener Bachtal (Bl. Münstermaifeld) . . . . .	55
a) Die Schichtfolge . . . . .	55
b) Flora und Fauna . . . . .	58
c) Paläogeographische und palökologische Auswertung . . . . .	63
3. Nellenköpfchen-Schichten am Nellenköpfchen bei Ehrenbreitstein (Bl. Koblenz) . . . . .	65
4. Wende Unter-/Oberems. Grube Braut bei Wald-Erbach und Guldenbach-Tal (Bl. Stromberg) . . . . .	67
5. Der Mündungsfächer des Brauneisen-Sandsteins an der Basis der Kondel- gruppe in der Olkenbacher Mulde . . . . .	67
III. Entwurf der Hunsrück-Insel . . . . .	68
1. Hohes Unterems der Moselmulde . . . . .	69
2. Watten- und Gezeitenbereich im hohen Unterems vor dem N-Ende der Insel . . . . .	72
3. Hohes Unterems östlich und südöstlich der Insel. . . . .	73
4. Salinitätsfragen . . . . .	74
5. Die Insel im unteren und mittleren Oberems . . . . .	75
6. Die letzten Spuren der Insel in der unteren Kondel-Gruppe . . . . .	77
Zusammenfassung . . . . .	77
Schriftenverzeichnis . . . . .	78

### I. Fragestellung

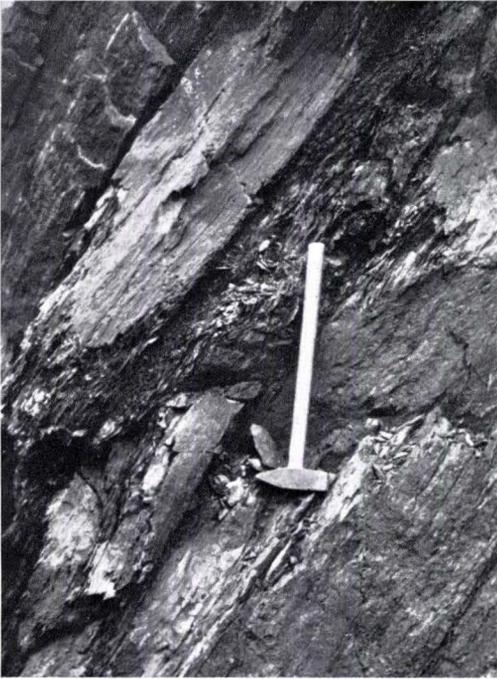
Zur Herleitung eines Teiles der reichlichen Rotsedimente des oberen Unterems und aller roten Sedimente des tieferen und mittleren Oberems der Olkenbacher Mulde sowie der nach NE moselabwärts allmählich abklingenden, andererseits nach SW hin bis etwa Schweich unweit Trier anhaltenden Rotfazies hatten wir 1937, S. 56ff., bes. S. 59, ein rotes Südland angenommen. Wir mußten die eisenreichen Sedimente z. T., im Oberems ganz, etwa aus SE herleiten, da im unteren und mittleren

**Tafel 6**

## Tafel 6

Steinbruch im Alkener Bachtal (Bl. Münstermaifeld). Mittlere Nellenköpfchen-Schichten, oberes Unterems, Unterdevon. Lagerung überkippt.

- Fig. 1. Untere dunkle Folge (Unterbank im Text); wechselnd dunkle Schiefer mit zahlreichen Pflanzenlagen, wechselnd Algen und Psilophyten, z. T. als Küstensumpf, andernteils als Spülsaum, bevorzugt mit Eurypterida u. a. Arthropoden. Grauwacken und Schiefer mit Spuren und Bauten als Zwischenlagen.
- Fig. 2. Kohliges Psilophyten-Flöz in der Unterbank, aus vielen mm- bis cm-dünnen Pflanzen-Lagen, durch mm-dünne Tonlagen und Harnische getrennt. Die Anzeichen von Sediment-Gleitung in das Flöz hinein, tatsächlich vielfach vorhanden, erscheinen viel ausgeprägter als sie tatsächlich sind, da eine Kluft sie abschneidet. Hammerstiel = 50 cm.
- Fig. 3. Obere dunkle Folge, Felsnase in der Mitte des Steinbruchs (Oberbank im Text). Links dunkle, tonige und siltige Schiefer, ca.  $\frac{1}{2}$  m über Basis *Limoptera* (*Klinoptera*)-Lage. Bis zur letzten dunklen Bank am rechten Bildrand häufige Wechsel von tonigen bis siltigen, dunklen Schiefen mit sehr zahlreichen Psilophyten-Lagen (Algen selten), z. T. Spülsäume, mit Eurypteriden u. a.; dazwischen Sandsteine und Grauwacken, steril bis auf Fährten und Bauten. Den obersten dunklen Bänken (ganz rechts) entstammen die meisten Eurypterida und die Arachnida. Einzelheiten s. Text. (Die zugerichteten Quarzitstücke im Vordergrund entstammen der Quarzitzone, die der Oberbank hangend nach rechts folgt.)
- Fig. 4. Rutschungstropfen in den quarzitären Sandsteinen der Grauwacken über der Oberbank auf der SE-Seite des Steinbruchs. Gleitrichtung nach NW.



Oberems im W und NW ein breiter Gürtel von dunklen Wiltzer Schichten von Luxemburg bis etwa zur Gegend von Sötenich vorgelagert ist, der die unmittelbare Herkunft vom Old Red her ausschließt; auch von N, NE oder S her konnten die Rotsedimente nicht kommen. Wir müssen grundsätzlich auch heute an dieser Auffassung festhalten, gegenüber 1937 jedoch mit einigen Varianten (s. weiter unten).

Wir hatten 1937 als rotes Südländchen eine vielleicht nicht allzu große Insel im Gebiet der oberen Nahe angenommen. An die damals noch schwer genauer faßbare Alemannische Insel (den Begriff der Mitteldeutschen Schwelle gab es noch nicht) haben wir das rote Südländchen nicht angeschlossen, hingegen betont, daß während der Klerfer Zeit wohl der ganze südwestliche Hunsrück von roten Sedimenten bedeckt war. In der Regressionszeit des obersten Unterems mußte sich hier ein Hochgebiet entwickeln, das als Abtragungsgebiet näher zur Mosel heranrückte und die roten Hohenrheiner und Laubacher Schichten des unteren und mittleren Unterems belieferte.

1950, S. 191, hatten wir der Mitteldeutschen Schwelle selbst die Lieferung der Rotsedimente zugeschrieben. Das schien sich, nach der damals noch geringen Kenntnis der Ems-Stufe aus der Nähe des Hunsrück-Südrandes, mit dem Roteisen der Grube Braut zu rechtfertigen, und nahezu alle dunklen klastischen Gesteine dieser Gegend galten als Hunsrückschiefer. Seitdem aber (um nur einige wichtigere Arbeiten zu nennen) 1952 H.-H. WERNER in nicht-roter klastischer Fazies die Kondelgruppe, 1955 BIERTHER große Teile des Unter-, des unteren und mittleren Oberems und der Eifelstufe, 1966 D. E. MEYER noch höhere Schichten, mit *Palmatolepis* u. a. sogar das Oberdevon nachgewiesen hatten und 1967 MITTMEYER & GEIB u. a. das Unterems des südlichen Hunsrück sowie unteres und mittleres Oberems durchgliedern konnten, blieb für Abtragung und Transport roter Sedimente von der Mitteldeutschen Schwelle her keine Möglichkeit mehr.

Für die Herkunft der roten Sedimente des Unter- und Oberems sehen wir heute unsere ältere Auffassung von 1937 als die bessere an, allerdings mit Änderungen. Wir vertreten jetzt, daß während des oberen Unterems das gesamte Rotsediment von NW her angeliefert wurde und sich über das Moselgebiet hinweg im Hunsrück ausbreitete. Die im Diagramm 1937, S. 57 dargestellten roten Stadtfelder Schichten vom Rand der Olkenbacher Mulde wurden 1956a zwingend als untere Klerfer Schichten höher eingestuft. Damit entfällt die Notwendigkeit, bereits im mittleren Unterems (Gladbach-Schichten der Mosel) Rotsedimente von SE herzuleiten, denn die Rotlagen in diesen Schichten unterscheiden sich zwischen westlicher Eifel und Mosel kaum voneinander. Von der jüngeren Zeit der unteren Klerfer Schichten an, ungefähr entsprechend der Wende des mittleren zum oberen Drittel der Nellenköpfchen-Schichten des Mittelrheins, wurde ein großer Teil des Hunsrücks landfest. Die Abtragung der kurz zuvor abgelagerten Rotsedimente setzte ein, mit überwiegendem Transport nach NW in die Mosel-Senke, deren Trogachse sich etwas nach NW verlagerte. Daneben, soweit nach starker Abtragung noch nachweisbar, erfolgte eine unbedeutendere Rotsediment-Lieferung nach SE hin, in das Gebiet der späteren Stromberger Mulde, zum Aufbau der Roteisenbänke der Grube Braut bei Wald-Erbach und ihrer Umgebung (M. WOLF 1930, SOLLE 1950, BIERTHER 1955). Der Rot-Transport zum Mosel-Teiltrog von SE her hielt verstärkt während des unteren und mittleren Ober-

ems an. Er erschöpfte sich zu Ende der Laubach-Zeit, mit einer unbedeutenden Verlängerung bis zur tiefen Kondelgruppe des Kondelwaldes (Bl. Alf). Als Nachklang folgte, gleichfalls in der Zeit der tiefen Kondelgruppe, die als Flußmündung bereits 1937 erkannte Schüttung des Brauneisen-Sandsteins in das Gebiet der Olkenbacher Mulde von SE her.

Zweck nachfolgender Ausführungen wird es sein, vorstehende Skizze näher zu begründen sowie zu versuchen, die Hunsrück-Insel besser zu lokalisieren. Hierzu stehen (um nur einiges vorweg zu nennen) eigene, bereits vor langer Zeit gewonnene Kartier-Ergebnisse unweit Alf an der Mosel zur Verfügung, und ferner die Verfolgung der Rotfazies moselabwärts und ihre Verzahnung mit den Nellenköpfchen-Schichten, gleichfalls im Oberems die schrittweise Beobachtung der Rotfazies bis zum endgültigen Ausklingen, sodann der großartige Fundpunkt in den Nellenköpfchen-Schichten im Alkenen Bachtal (Bl. Münstermaifeld), für den es an der Zeit ist, die gegenwärtige Kenntnis zusammenzustellen, sowie die sedimentologische Durcharbeitung des großen Nellenköpfchen-Bruches selbst durch F. WUNDERLICH (1966). Hinsichtlich der Stellung des Eisens der Grube Braut bei Wald-Erbach brachte BIERTHER (1955) eine sehr erwünschte, weiterhin klärende Bestätigung.

Diese Dinge aus einem beabsichtigten größeren Rahmen herauszunehmen und vorweg zu veröffentlichen, ist dadurch erforderlich geworden, daß in letzter Zeit häufiger danach gefragt wird, wie wir zur Frage eines roten Südländes gegenwärtig stehen.

## II. Einige küstennahe Bezirke der Hunsrück-Insel

### I. Untere Klerfer Schichten beim Forsthaus Alf (Bl. Alf)

Einen damals hervorragenden Aufschluß im Steinbruch hinter dem Forsthaus Alf lernten wir 1935 bei Übersichtsbegehungen kennen, den wir, bereits schlechter erhalten, 1951 bei der Kartierung des östlichen Teiles der Olkenbacher Mulde mit erfaßten. 1956a, S. 88, erläuterten wir die Befunde in diesem Bruch bereits in Kürze. Heute ist der Aufschluß recht verfallen.

Wesentlich ist hier der Nachweis des Auftauchens und der Ausbildung einer kliffartigen Küste in der Nähe, was die Ausbildung eines über einige Zeit landfesten Bereiches voraussetzt.

Die roten und grauen, plattigen bis bankigen Grauwacken und zwischengelagerten Schiefer zeigen im Sediment ganz das gewohnte Bild der unteren Klerfer Schichten; Einzelheiten SOLLE (1956a). Von besonderem Interesse sind drei ca. 8 bis max. über 25 cm dicke Bänke aus bröckeligen, weit überwiegend roten bis sehr dunkelroten, seltener dunkelgrauen oder hellen Breccien. Die überwiegende Größe der Bestandteile liegt bei 2—5 cm Durchmesser, lagenweise häufiger 1—2 cm, zusammen mit größeren Stücken mehrfach bis über Faustgröße. Die beiden größten Stücke erreichten knapp Kopfgröße. Einregelung nach Form oder Größe war innerhalb der einzelnen Bänke nicht einmal andeutungsweise zu beobachten. Die groben Brocken gehören sämtlich der mächtigeren Bank an. Der größte Teil der Breccien besteht aus ganz normalen sandigen, ferritisch bis kieselig gebundenen, zuweilen stark

glimmerigen Klerfer Grauwacken. Daneben nehmen dunkle siltige bis siltig-tonige Bestandteile unter 10% der Masse ein.

Die Form der Breccien ist wichtig: Weitgehend kantige, häufig vieleckige Brocken, auch mit einspringenden Winkeln, nicht selten nur kantengerundet, oft mit einzelnen ebenen Begrenzungsflächen, die ganze Brocken durchziehen. Andere Stücke sind besser gerundet, aber oft mit einer oder zwei scharfen Begrenzungsflächen. Nur die kleineren und besonders die siltig-tonigen Bröckchen sind gut gerundet. Das Bild spricht für rasche Zerstörung ursprünglich größerer Brocken während des Transports bei noch geringer Festigkeit. Das Gestein dürfte z. Z. der Abtragung und des Transports ein bereits hinreichend verfestigter karbonat-armer Kalksandstein, wie in den Klerfer Schichten der Nachbarschaft gelegentlich zu beobachten, gewesen sein. Der Kalkgehalt wurde nach der Umlagerung bei der zweiten Diagenese durch Kieselsäure ersetzt.

Ohne ein Kliff, an dem wenig ältere Klerfer Grauwacken genau desselben Gesteinsbestandes abgetragen wurden, ist nicht auszukommen. Da die diagenetische Verfestigung der am Kliff freigelegten Gesteine noch nicht erheblich gewesen sein kann und die Breccien z. T. recht grob sind, ist mit geringer Entfernung der Küste, einwandfrei sicher in etwa südöstlicher Richtung, unter Abwägung aller Umstände von höchstens 2—3 km zu rechnen.

Eine große Zahl weiterer Beobachtungen weist in ihrer Gesamtheit auf flaches bis flachstes Wasser in den Bankfolgen des Alfer Steinbruches hin, wohl auch auf gelegentliches bis häufiges Trockenfallen. Dabei soll nur die Gesamtheit der Beobachtungen gewertet werden, da die Einzelercheinungen, wie im letzten Jahrzehnt zunehmend bekannt wurde, zumeist in allen Meerestiefen auftreten können.

Häufig sind Rippelmarken verschiedener Dimension und Art, sowohl Strömungs- als auch Oszillationsrippeln. Interessant war eine leider unvollständig erhaltene große Platte mit Oszillationsrippeln geringer Amplitude von gegen 2 cm, die am Ende der Platte plötzlich scharfe Abbiegung nach zwei entgegengesetzten Seiten zeigten, ganz das Bild, wie es für das Umfließen eines Hindernisses (sehr große *Limoptera* sind reichlich nachgewiesen) in Wassertiefen von einigen Zentimetern bis Dezimetern bekannt ist. Diese Erscheinung gilt als besonders bezeichnend für flachstes Wasser bis Trockenfallen. Ferner ließ sich Diagonalschichtung mit sehr bezeichnenden, großen Vorschub-Blättern, und mehrmals rasches Auskeilen, als der Bruch noch gut offen war, beobachten. Eine Fülle von Lebensspuren zeigen manche Schichtflächen, am häufigsten einige Millimeter große, scharf abgesetzte, unregelmäßige, 1—3 mm ins Sediment reichende, zu Tausenden dicht nebeneinandere sitzende Spuren noch unsicherer biologischer Deutung, anderwärts Arthropodenschreitspuren, Wurmbauten im und Wurm Spuren auf dem Sediment. Ein Teil der Spuren ähnelt denjenigen, die WEYLAND & BUDDE (1932, S. 263, Abb. 8) abbildeten, etwas größer und weitständiger als unsere, und die gleichfalls nicht gedeutet werden konnten. Einige Zentimeter tief senkrecht in die Bank eindringende Bauten, ähnlich *Skolithos* (nicht dieser selbst), fanden sich als Seltenheit. Diese Spuren sagen, für sich allein, nichts über Wassertiefe aus. Möglicherweise als Regentropfen zu deuten sind Eindrücke auf einer Schichtfläche (die nicht aus dem Anstehenden geborgen werden konnten): Kreisrund, zwischen 4—7 mm Durchmesser, mit höchstens  $\frac{1}{2}$  mm hohem

Randwall, im Innern strukturlos, und im Anschnitt einer feingeschichteten Bank mit Sicherheit die nächste, nur 2—3 mm tiefer liegende Fläche nicht berührend.

Gleitungen waren in diesem Aufschluß nicht ganz einwandfrei zu beobachten; ein erhaltener Rest kann einem nach NW gerichteten Wulst angehört haben.

Normaler Salzgehalt in dieser Vorküstenezone wird durch einige arme Fossilbänke bestätigt: in der Hauptsache Choneten, daneben *Acrospirifer arduennensis antecessens* (FRANK), einige Crinoiden-Stielglieder von bekannten und verbreiteten Unterformen. Von besonderem Interesse ist eine Bank mit reichlich *Limoptera (Klinoptera) rhenana* (DIENST)<sup>1)</sup>, während einer Darmstädter Exkursion im Schutt in größeren Blöcken am benachbarten Waldrand gefunden, ohne Verbindung zu den übrigen Fossilbänken. Diese große *Limoptera (Klinoptera)* wurde bisher, abweichend von den übrigen Untergattungen von *Limoptera*, u. W. ausschließlich und z. T. häufig, sogar bankbildend, in Regressionszonen gefunden, in Gemeinschaft oder dicht benachbart mit Eurypteriden, Fischen, bezeichnenden glattschaligen Muscheln, Landpflanzen. Es spricht einiges dafür, daß die Bank mit den *L. (Kl.) rhenana* einen ganz bestimmten, engen Lebensbereich vor der Küste anzeigt.

Weitere Merkmale für flachstes Wasser und vermutlich Küsteneinfluß aus ungefähr gleichalten Schichten der Nachbarschaft sind aus SOLLE (1956a) zu entnehmen. Der schöne Watt-Priel von Greimerath (SOLLE 1956b) liegt in etwas älteren Schichten; mit Forsthaus Alf etwa gleichalt dürfte jedoch ein prachtvoller, großer Priel mit einer steilen Luv- und flacheren Lee-Seite sein, der in einem temporären Anschnitt an der Forststraße zwischen der Kondelstraße und Bonsbeuren (Bl. Alf, nahe W-Rand) glänzend aufgeschlossen war, jetzt jedoch, ebenso wie der Priel von Greimerath, so völlig zugedeckt ist, daß nicht einmal die genaue Stelle wiederzufinden ist.

Abschließend sei hinzugefügt, daß die in den unteren Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde massenhaften subaquatischen Gleitungen und Rutschungstropfen (sensu NIEHOFF 1958) zum weit überwiegenden Teil zur entgegengesetzten Seite des Kliffs nach W oder NW gerichtet sind. Die Achse des Mosel-Teiltrogens muß sich also in dieser Zeit etwas nach NW verlagert haben.

Alle Beobachtungen zusammen ergeben, daß vom alten Steinbruch beim Forsthaus Alf aus nach SE hin in ganz geringer Entfernung eine Kliffküste zu suchen ist, vor der eine ausgedehnte, gelegentlich zum Teil trockenfallende Flachwasserzone lag, die zu begrenzter Zeit Watt-Charakter annahm, vereinzelt vermutlich auch etwas brackisch wurde. Wenig tiefere Flachsee schließt sich nach NW hin an.

---

<sup>1)</sup> Es ist dies die Form, die DAHMER (1942, S. 103) *Limoptera* zuwies, da der gebogene Schloßrand, DIENSTS Hauptmerkmal zur Aufstellung von *Klinoptera*, auf Verdrückung zurückzuführen und tatsächlich gerade sei. Als *Limoptera* wäre *rhenana* DIENST homonym mit *rhenana* FRECH 1891 gewesen. DAHMER ging darauf ein und benannte die Form in *dienstii* DAHMER um. Da DAHMER jedoch zu Recht *Klinoptera* als von *Stainieria* unterscheidbare Untergattung von *Limoptera* bestehen ließ, und da nomenklatorisch genera und subgenera gleichwertig sind, bestand niemals eine Homonymie. DIENSTS Name bleibt daher erhalten.

## 2. Nellenköpfchen-Schichten im Alkener Bachtal (Bl. Münstermaifeld)

### a) Die Schichtfolge

Der große Steinbruch im Alkener Bachtal hinter der Burg Thurand (r. 260388; h. 556882) zeigt ein Profil und Fossilfundstellen, die insgesamt für die Frage der Hunsrück-Insel von besonderer Bedeutung sind. Darüber hinaus erschließt sich hier in zwei dunklen Bankzonen ein Küstensaum, der floristisch sehr interessant und faunistisch von außergewöhnlicher Bedeutung ist.

Erstmalig hat FOLLMANN (1925, S. 77), auf diesen Punkt hingewiesen. Sedimentologisch eingehender hat NIEHOFF (1958) mit vielen, über die ganze Arbeit verteilten Angaben, das Profil detailliert dargestellt und, wenn wir auch nicht in allen Punkten mit ihm übereinstimmen, ein im wesentlichen zutreffendes Bild gegeben. Weitere wertvolle Einzelheiten steuerte FAHLBUSCH (1966, S. 166) bei. Von der Flora sind erst Teile durch KRÄUSEL & WEYLAND 1962 und 1968 veröffentlicht. Herr Dr. SCHAARSCHMIDT, Senckenberg-Museum in Frankfurt a. M., beabsichtigt, taxonomisch und pflanzenökologisch hier weiterzuarbeiten. Von der Fauna sind am wichtigsten Arthropoden, vorherrschend Merostomata, in mancher Hinsicht ähnlich Wilwerath i. d. Eifel, erst zum kleinsten Teil veröffentlicht. Zu nennen STÖRMER (1960), über einen skorpionartigen Eurypteriden, 1969 über die ältesten Land-Arachniden. Erst zum Teil vorläufig genannt sind *Pterygotus* und besonders *Parahughmilleria* (in verschiedenen Arten). Veröffentlichungen sind von Prof. STÖRMER in Oslo zu erwarten. Von den Fischen hat FAHLBUSCH (1966) mit *Pteraspis dunensis* den ersten Beitrag geliefert. Weitere Bestimmungen führte Wo. SCHMIDT durch (noch unveröffentlicht). Mollusken spielen eine untergeordnete Rolle, Brachiopoden bleiben ganz vereinzelt. Da Herr Prof. FAHLBUSCH und Dr. MENTZEL (beide Geol.-Pal. Inst. Darmstadt) beabsichtigen, das Profil des Steinbruches sedimentologisch, ichnologisch und geochemisch genauer zu bearbeiten, genügt eine knappere Zusammenstellung.

Die im allgemeinen sehr regelmäßige mit 60–64° NW fallende Schichtfolge ist überkippt, allein schon aus den Gleitungen, den Rutschungstropfen sensu NIEHOFF (Taf. 6 Fig. 4) sowie den gekappten Schrägschichtungs-Blättern erkennbar; dazu das beste Bild aus einem jetzt weggesprengten Teil des Bruches bei NIEHOFF (S. 287). Die Südvergenz (antivergente Zone!) ist in einem verlassenen kleinen Steinbruch wenig weiter talaufwärts gut erkennbar. Die Beschreibung, im NW talseitig beginnend, schreitet also vom Liegenden zum Hangenden fort.

Beginn mit plattigen, quarzitäen Sandsteinen und unreinen Quarziten, durchaus gleich denen, wie sie zwischen Koblenz-Moselweiß und Lay a. d. Mosel sowie zwischen Festung Ehrenbreitstein und dem Nellenköpfchen in gleichalten Schichten anstehen. HEFTER fand hier *Palaeoneilo maureri* (BEUSH.), FOLLMANN dieselbe Art und weiterhin, als häufig bezeichnet, *Leda securiformis* (GOLDF.), die kaum falsch zu bestimmen ist, sowie *Modiola antiqua* (GOLDF.), deren Bestimmung ohne Nachprüfung am Stück vielleicht weniger sicher ist. Die Arten gehören dem vollmarinen Biotop an.

Darüber die erste dunkle Folge, unter 2 bis knapp 3 m mächtig, nachfolgend als Unterbank bezeichnet (Taf. 6 Fig. 1). Die liegende Unterbank, mit wechselnd 0,7–1,2 m Dicke die Hauptbank, birgt die Hauptmasse der Pflanzen, teils in vielen Einzellagen von 1–2 mm Dicke, teils in einigen bis unter 10 cm dicken, kohligkrümeligen, wesentlich aus Pflanzen bestehenden Bänken, die stark mit Harnstein durchsetzt und z. T. intensiv verruschelt sind (Taf. 6 Fig. 2). In einem früheren Abbauzustand waren diese kohligen Lagen zu einem bis mehrere Dezimeter mächtigen

Kohleflöz zusammengeschlossen. Diese schwarzgraue bis rußschwarze, sandig-siltig-tonige Zone, z. T. gut blättrig spaltend, gehört zu den bedeutendsten Pflanzenanhäufungen des Unterems. Der Pflanzenbestand wechselt in den einzelnen Lagen rasch bis zur Ausschließlichkeit. Einzelne Lagen führen, bis auf wenigen, eingeschwemmten Psilophyten-Häckseln, ausschließlich kleine, zierliche Algen in meist lockerer Verteilung, *Chaetocladus hefteri* KRÄUSEL & WEYLAND an erster Stelle. Die meisten Lagen und ausnahmslos alle dickeren Bänke führen dagegen weit überwiegend oder meist ausschließlich Psilophyten. Scheinbar stärkere Mischungen von Algen und Psilophyten sind gewöhnlich durch millimeterdünne Lagen-Unterschiede getrennt. Aus dieser liegenden Unterbank stammen die meisten älteren Funde an Pflanzen (KRÄUSEL & WEYLAND 1962), der Skorpion oder *Eurypterus* nach STÖRMER (1960) und viele weitere Eurypterida, ferner aus einer Randzone ein Teil der großen *Limoptera (Klinoptera) rhenana*. Von besonderem Interesse sind die zum großen Teil aus dieser Bank stammenden, bogig bis girlandenartig eingeregelt, lange Bänder bis dicke Wülste bildenden Psilophyten, ganz das Bild eines rezenten Pflanzen-Spülsaumes. Wohl dieselben Lagen sind es, die bereits NIEHOFF beobachtet hatte. Die meisten Pflanzenlagen sind dagegen wirr und zeigen keinerlei Beeinflussung durch Wellen oder Strömung.

Über der liegenden Unterbank folgen 0,5–0,6 m Grauwackenschiefer, mit zahlreichen Lebensspuren (z. T. ähnlich *Skolithos*), dann in 0,2–0,3 m Mächtigkeit die mittlere Unterbank. Diese ist ähnlich der unteren ausgebildet, anscheinend arm an Algen; soweit wir sahen, setzen fast nur Psilophyten die Flora zusammen, in weniger dichter Häufung als in der liegenden Unterbank und nur in angedeuteter Kohlebildung.

Nach einer weiteren, ca. 0,4–0,5 m dicken Grauwacken- bis Grauwacken-Schieferbank mit einzelnen millimeterdünnen eingeschalteten, weiter gestreuten Pflanzenlagen folgt die hangende Unterbank in nur 0,1–0,2 m Mächtigkeit, meist ärmer an Pflanzen als die vorigen. Ob aus der mittleren und der hangenden Unterbank nennenswerte Tierreste stammen, ist nicht mehr nachzuweisen. Spuren kommen reichlich vor.

Zwischen Unter- und Oberbank liegt eine größtenteils von Schutt verdeckte, gegen 20 m mächtige, meist dickplattige Folge von anscheinend sterilen Grauwacken und eingeschalteten groben Schiefen.

Darüber, etwa in der Mitte des Bruches, liegt in einer Felsnase (die in Kürze weggesprengt werden soll, in streichender Fortsetzung aber bergwärts erhalten bleibt) die ca. 3–3½ m mächtige, nicht ganz scharf abzugrenzende Oberbank. Nach NE hin streicht sie in die alte N-Wand des Bruches hinein, dort in der Mächtigkeit bereits stark reduziert (Taf. 6 Fig. 3).

Die Oberbank ist wesentlich unregelmäßiger, pflanzenärmer, reicher an Ton-Silt-Lagen und -Bänken sowie raschem Wechsel unterworfen zwischen sterilen Sandsteinen und Quarziten in dünnen Bänken und ebenso dünnen, bis auf Millimeter-Bereiche abfallenden Pflanzenlagen. Als Hauptgruppen zu unterscheiden sind:

a) Dunkelgraue, harte, schwach glimmerige Grauwackenschiefer mit meist nur geringen Pflanzenresten, in sehr dünnen Lagen mit völlig wirr liegenden Anhäufun-

gen von Psilophyten. Nur unscharf davon trennbar oft tonigere, weichere, dunklere, bis fast rußgraue, z. T. feinspaltende, dünne Bänke und Platten aus tonig-siltigem Sediment mit reichlich eingeschalteten Pflanzenlagen, drei bis einige Zentimeter dicke und zahlreiche dünnere, die offenbar fast ausschließlich oder mindestens weit überwiegend aus Psilophyten aufgebaut sind. Die Seltenheit von Algen gegenüber der Unterbank fällt auf. Fast gerade bis leicht geschwungene Einregelungen von flachgedrückten Psilophyten-Bündeln deuten auch hier Spülsäume an. Von Interesse ist ein gegen 6 cm dickes, größeres Stammbruchstück, das Oberflächen-Strukturen zeigt, die nicht pflanzenanatomischer Art sein können: gerundete Rillen und Wellen im Millimeter-Bereich, die — mit Vorbehalt — auf Austrocknung der Oberfläche und damit wenigstens zeitweises Trockenfallen hinweisen.

An Fauna fand sich in pflanzenarmen bis -freien, dunklen, mäßig festen, tonigen Lagen häufig *Limoptera (Klinoptera) rhenana* DIENST, mehrfach locker gestreut in dünnen Lagen, einmal sogar in einer rasch auskeilenden, gegen 10 cm dicken Bank. Das *Limoptera*-Vorkommen scheint sich in der Oberbank auf den untersten halben Meter zu beschränken. Zusammen mit den Pflanzen-Anreicherungen wurden vereinzelt stets kleine Eurypterida gefunden, zumeist *Parahughmilleria*. Pflanzenreiche Lagen bergen gelegentlich einige Lamellibranchiaten.

b) Fahlgraue bis dunkelgraue, tonige bis tonig-siltige, sehr rasch wechselnde, meist ziemlich rauhe, schlecht spaltende Schiefer, in Bänken von wenigen bis etwa 20 cm Dicke. Mangelnde bis fehlende Entmischung des Sediments tritt oft hinzu. Hierin zahlreiche, meist nur dünne, aber dicht gestreute Psilophyten-Lagen, die oft in großer Zahl in Abständen von wenigen Millimetern aufeinander folgen. Einregelung wurde gelegentlich beobachtet. Diese verhältnismäßig leicht erkennbaren Lagen und Bänke sind die bevorzugten Lagerstätten von Eurypterida, zumeist *Parahughmilleria*, meist in kleinen Panzerteilen, gewöhnlich dicht über einer Pflanzenlage. Selten sind große, gut erhaltene Eurypterida. Es fällt auf, daß gerade in diesen Lagen Sporangien, gelegentlich mit wohl erhaltenen Sporen, häufig sind; HEFTER sammelte deren Hunderte.

Von höchster Bedeutung ist es, daß aus diesen Lagen die Arachniden stammen, die HEFTER sammelte und STÖRMER (1969, S. 1276) vorläufig beschrieb. Die Bank mit den Arachniden sowie die reichsten Eurypterida-Vorkommen liegen im oberen Drittel der Oberbank.

In einer Teilfolge, die zwischen den Gruppen a) und b) in dünnen Bänkchen vermittelt, dazu stärker aufbereiteten, sandigen Lagen, fand HEFTER die nur auf eine dünne Zone beschränkte Anhäufung durchweg kleiner Panzerteile von *Pteraspis dunensis* (Näheres bei FAHLBUSCH 1966, S. 166f.).

c) Sandig-schiefrige, hell- bis grünlichgraue, oft glimmerige oder schwach quarzitische Zwischenlagen meist geringer Mächtigkeit und von üblicher Ausbildung haben keine Fossilien geliefert, dagegen lagenweise angereichert Kriech- und Wühlspuren, wie bereits FAHLBUSCH vermerkt hat. Auf einer Fläche über schwach tonig-siltigem, dunkelgrauem, unregelmäßig feinschichtigem Sediment sind einige Quadratmeter Trockenrisse aufgeschlossen. Da sie eine Schichtfläche durchsetzen, an der das Liegende (örtlich Hangende!) abgelöst ist, wird eine mittlere bis höhere Zone von unten her sichtbar. Es sind ganz unregelmäßig polygonale sandgefüllte Risse

von ca. 2—8 mm Weite, die Felder von unter 1 bis über 3 dm<sup>2</sup> eingrenzen. Ähnliche Risse hatte bereits NIEHOFF beobachtet; ob sie aus dieser Bank stammen, ist ungewiß, da damals der Betrieb in den tieferen Bänken umging.

Über der Oberbank folgen bis zum SE-Ende des Bruches anfangs einige Meter weiße bis bläulichweiße Quarzite (hauptsächlich abgebaut) und bankige Grauwackensandsteine, dann eine Folge von knapp 3 m Mächtigkeit mit den bereits erwähnten Gleitungen, Rutschungstropfen (Taf. 6 Fig. 4) und Schrägschichtungsblättern in schieferarmen Grauwackensandsteinen und unreinen Quarziten.

Darüber folgen wechselnde, meist dünnbankige bis plattige, silt- und tonreichere, nur vereinzelt quarzitishe Bänke, die auf den meisten Schichtflächen Rippeln verschiedener Art zeigen: Großrippeln mäßiger bis bedeutender Dimension, häufiger Strömungsrippeln und Oszillationsrippeln. Auf den Schichtflächen, insbesondere den Rippelfeldern, sind Arthropoden-Schreitspuren (diese vermutlich, wenn auch nicht ganz gesichert, auch in der Unter- und Oberbank) u. a. Fährten und Bauten vorhanden.

Von Interesse ist eine auskeilende kleine Bankfolge in ganz typischer Fazies der unteren Klerfer Schichten. Intensiv rot durchgefärbte Grauwackensandsteine wechseln mit Feinschichtung im Millimeter-Bereich von roten und weißen Bändern sowie mit wenig bis nicht roten Platten. Einzelne Schichtflächen bestehen fast ausschließlich aus Muskovit in einem Anreicherungsgrad, wie er in den Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde noch übertroffen, am Mittelrhein aber nie erreicht wird. Das Gesamtbild gleicht ohne Einschränkung dem, wie es besonders in sandigen Bänken der oberen Folgen der unteren Klerfer Schichten des Kondelwaldes und Grünwaldes (mittlere und östliche Olkenbacher Mulde) typisch ist. Dieses nord-östlichste Vorkommen der echten Klerfer Rotfazies ist wegen der Verzahnung mit der Nellenköpfchen-Fazies stratigraphisch wichtig (weiteres S. 69).

Außerhalb des Bruches, talaufwärts, setzen im schlecht bis nicht mehr aufgeschlossenen Gebiet kaum 100 m weiter zum Hangenden hin die Quarzitrosseln ein, wie sie ähnlich im Emsquarzit sehr häufig sind. Hier kann es sich jedoch eher um die unreineren, plattigen Quarzite handeln, wie sie in der Nachbarschaft im höchsten Unterems der Untermosel bekannt sind.

## b) Flora und Fauna

Flora und Fauna dieses überaus interessanten Fundpunktes stehen noch in den Anfängen der genaueren Kenntnis. Da die Bearbeitung der einzelnen Gruppen durch Spezialisten aber teilweise noch Jahre erfordern wird, ist eine vorläufige Zusammenstellung gerechtfertigt, zumal da auf ihr die wesentliche Aussage zur Küste der Hunsrück-Insel in diesem Bereich beruht.

Von der Flora sind die Thallophyten besonders in der Unterbank vertreten. *Chaetocladus hefteri* KRÄUSEL & WEYLAND erscheint am häufigsten und bisher ausschließlich in der Unterbank, bereits zurücktretend *Thamnocladus mosellae* KRÄUSEL & WEYLAND, bevorzugt in der Unter-, aber auch in der Oberbank. Als selbständig erkannte, aber noch nicht hinreichend vollständig bekannte Thallo-

phyten fügen KRÄUSEL & WEYLAND (1962) *Chaetocladus* sp. 1 und 2 in vorläufiger Bestimmung hinzu. Weit überwiegend erscheinen die Algen in dünnen Lagen für sich allein, oder nur mit wenig Psilophyten-Häckseln.

Die Hauptmasse nehmen die Psilophyten ein, in zahllosen Lagen, bis zu dünnen kohligten Flözen hin. Infolge der starken Zerstörung der Pflanzen war erst ein kleiner Teil der Formen zu erfassen. In Unter- und Oberbank tritt *Dawsonites jabachensis* KRÄUSEL & WEYLAND häufig auf. Hierbei ist besonders das sehr häufige Vorkommen von Sporangien, gelegentlich mit erkennbaren Sporen, von Bedeutung.

Weitere Sporangienstände, artlich noch nicht einwandfrei zu kennzeichnen, wiesen KRÄUSEL & WEYLAND (1968) der Gattungsgruppe *Protobarinophyton*-*Pectinophyton*-*Barinophyton* zu. Zum Standort zu beachten mag die S. 246 zitierte Äußerung ANAVIEVS sein, Pflanzen dieser Gruppe (stellvertretend für *Protobarinophyton*) möchten Wasserpflanzen gewesen sein, deren Sporangien-Ähren über die Wasseroberfläche hinausgeragt hätten. Damit wären nennenswerte Gezeiten und starke Wasserbewegung nicht zu verbinden.

Ferner wurde cf. *Zosterophyllum rhenanum* nachgewiesen, det. SCHAARSCHMIDT, mitgeteilt von HEFTER; Bestimmungsvorbehalt, da die ganze Form kleiner als die von KRÄUSEL & WEYLAND beschriebene ist. Hierzu Sporangien und Sporen bekannt. Die Lebensweise von *Zosterophyllum* als Wasserpflanze mit herausragenden Sporangien rekonstruierten KRÄUSEL & WEYLAND bereits 1935, S. 176, Abb. 3, entsprechend den späteren, oben genannten Vorstellungen ANAVIEVS. Eine weitere Form aus HEFTERS Sammlung dürfte *Drepanophycus spinaeformis* GOEPPERT sein, die kräftigen Dornen gut erkennbar.

*Taeniocrada* ist mit ihren verzweigten, langen Sprossen und nur selten erhaltenen endständigen Sporangien häufig. Ob beide im deutschen Unterdevon wesentliche Arten, *decheniana* GOEPPERT und *dubia* KRÄUSEL & WEYLAND, gemeinsam vorkommen, können wir nicht entscheiden.

Auf sehr große Stammbruchstücke muß hingewiesen werden. Aus der Sammlung HEFTER konnten wir ein Stück von ca. 12 cm Stammdurchmesser erwerben, das die Abzweigungen gut zeigt. Ob es sich dabei um *Prototaxites* handelt, eine Alge gewaltiger Dimension, oder um einen Psilophyten, können wir nicht entscheiden.

Nach mündlicher Mitteilung von Dr. SCHAARSCHMIDT läßt die vorgesehene taxonomische Bearbeitung des umfangreichen Materials eine Menge weiterer Ergebnisse erwarten.

Von der Fauna sind die Vertebraten durch eine Anzahl von Fischen vertreten, die anscheinend durchweg auf ganz begrenzte Lagen der Oberbank beschränkt sind.

*Pteraspis* (*Rhinopteraspis*) *dunensis* (F. ROEMER), von FAHLBUSCH (1966, S. 167 ff.) bearbeitet, fand sich als geschlossene Anhäufung sehr zahlreicher, durchweg kleiner Reste in einer einzigen Lage. Sollte die Erwägung gestattet sein, daß hier einem Schwarm junger Agnathen in strandnahem, flachstem Wasser der Ausweg versperrt und später alle zerfallenen Platten auf der gleichen Fläche eingebettet wurden?

In den letzten Jahren sammelte Herr HEFTER laufend weitere Fischreste, durchweg aus der Oberbank, die er Herrn Prof. Wo. SCHMIDT zur Bearbeitung schickte. Mit dessen freundlichem Einverständnis sind folgende weitere Fische mitzuteilen:

*Tiaraspis subtilis* (GROSS)<sup>2)</sup>

*Drepanaspis* sp.

*Porolepis* sp. (einzelne Schuppen; die bisher einzigen Crossopterygier von Alken)

Dazu andere noch nicht bestimmte gen. et sp.

Von den Invertebraten sind die Merostomata, und unter diesen die Eurypterida, am formenreichsten. Sie kommen in Unter- und Oberbank vor. Soweit sich übersehen läßt, scheinen die der Gesteinsgruppe b) (S. 57) angehörigen Bänke des oberen und obersten Teiles der Oberbank am wichtigsten zu sein.

*Parahughmilleria* n. sp. STØRMER (1969, S. 1276 angekündigt) ist wohl die häufigste Form, in der Unterbank seltener, in der Oberbank, besonders dem obersten Teil, wesentlich häufiger. Lagenweise etwas angereichert, sonst vereinzelt, fast stets kleine bis sehr kleine Prosoma und Abdominalreste von einigen Millimeter bis 1—2 cm Größe, nur selten anscheinend zusammengehörige Prosoma und Abdomina in naher Nachbarschaft eingebettet. Ganz vereinzelt fand HEFTER aber auch große, zusammenhängende Exemplare. Beim Großteil der kleinen Bruchstücke dürfte es sich um zusammengeschwemmte Exuvien handeln, stets zusammen oder dicht über eingeschwemmten oder am Spülsaum liegenden Psilophyten.

Die von Prof. STØRMER zu erwartenden Bearbeitungen dürften nach gegenwärtigem Umfang der Funde etwa ein halbes Dutzend von Merostomen-Formen enthalten, überwiegend Hughmilleriidae, aber auch eigenartige andere Formen, darunter wenigstens eine neue Gattung. Ein von Herrn HEFTER nach äußerem, unverbindlichem Vergleich als Insekt bezeichnetes Stück dürfte gleichfalls zu den Merostomata gehören.

Ein skorpionähnlicher Eurypteride oder ein Skorpion mit altertümlichen *Eurypterus*-Merkmalen (STØRMER 1960) blieb bisher unbenannt, da die Zugehörigkeit noch nicht scharf zu beweisen ist, auch wenn man ein sehr skorpionähnliches, bei STØRMER (S. 89, Abb. 2), mit abgebildetes Postabdomen aus den Klerfer Schichten gleichen Alters und ungefähr gleicher Fazies von Wilwerath mit berücksichtigt. Einzelheiten zu den anatomischen Beobachtungen siehe STØRMER. Aber selbst wenn sich die Zugehörigkeit zu den Scorpionida bestätigen sollte, wäre der Leitwert als Festlands-Anzeiger — und damit für unsere Hauptfrage — herabgesetzt, seitdem

---

<sup>2)</sup> Der Fund von *Tiaraspis subtilis*, dessen Bestimmung uns Wo. SCHMIDT ausdrücklich bestätigt hat, beansprucht erhöhtes stratigraphisches Interesse. Die Stellung des Alkener Fundes wird sowohl vom Nellenköpfchen am Mittelrhein her als auch von den Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde sowie nach der örtlichen Lage nur wenig unter dem Emsquarzit zuverlässig sicher auf eine ganz hohe Zone des Unterems eingeeengt. Die überlagernden oberen Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde und die hellen quarziti-schen Sandsteine über dem Nellenköpfchen verkörpern sicher eine ganz kurze Zeit. Damit kann dieser Arthrodiren-Fund zur Frage der Neuordnung der Rimmert-Schichten früheren Sinnes, wozu er den entscheidenden Anstoß gab (Wo. SCHMIDT & W. ZIEGLER 1965 und W. ZIEGLER, H. D. HILDEN & K. LEUTERITZ 1968) einen weiteren Beitrag, unter Umständen eine Einschränkung beitragen. *Tiaraspis subtilis*, für sich allein betrachtet, sagt nun nicht mehr aus, als daß die unteren Rimmert-Schichten alten Sinnes geringfügig tiefer ins ganz hohe Unterems gelegt werden müßten.

früher als stets terrestrisch angesehenen frühen Formen eher aquatische Lebensweise zugeschrieben wird. Auch wenn dies noch nicht schlüssig bewiesen ist (auch angenähert amphibische Lebensweise wird diskutiert), so geben morphologische Übereinstimmungen mit gleichalten Eurypteriden und besonders das erst vom Karbon an festgestellte regelmäßige Erscheinen der Stigmen, wie sie rezente Skorpione aufweisen, einen starken Anhalt (STØRMER 1969, S. 1277). Das in Rede stehende interessante Tier kann vielleicht einen Hinweis auf den normalen, bevorzugt brackisch-litoralen Lebensraum der Eurypteriden liefern<sup>3)</sup>. Herr HEFTER sammelte das Stück in der Unterbank, in einer Landpflanzen-Lage, die dicht mit Spülsäumen von eingeregeltten Ballen von Psilophyten und Eurypterida-Exuvien vergesellschaftet ist.

Die Funde terrestrischer Arachnida sind von geradezu sensationeller Bedeutung. Es handelt sich um zwei sehr verschiedene Formen. Die größere, bei STØRMER 1969, S. 1276, Fig. 1 abgebildet und in Fig. 2 rekonstruiert, vortrefflich erhalten, mit 12,5 mm Körperlänge verhältnismäßig groß, gestreckt, mit kräftiger Tuberkel-Skulptur, gehört wohl zu einer neuen Gattung der ausgestorbenen Ordnung der Trigonotarbida, die im terrestrischen schottischen Devon (Stellung unsicher, zwischen vielleicht Ems bis Givet) mit zwei abweichenden Gattungen bereits bekannt ist.

Daneben liegen einige etwas kleinere, rundlichere Arachniden-Abdomina vor, die STØRMER vermutlich als Vorläufer der karbonischen Ordnung der Anthracomarti bezeichnet.

Die vorgenannten Arachnida sind die ältesten stratigraphisch einwandfrei einstuftbaren terrestrischen Spinnen überhaupt. Für unsere Frage liegt der besondere Wert darin, daß der Bau der Beine nach bestimmter Angabe STØRMERS bezeichnend für terrestrische Formen ist, fortgeschrittener als bei den etwas älteren aquatischen Vorläufern. Die zarten, z. T. mit Beinen erhaltenen Körper können im bewegten Wasser (durch die Pflanzeneinregelung vielfach nachgewiesen) unmöglich einem nennenswerten Transport widerstanden haben. Sie zeigen somit einwandfrei einen Strand selbst oder seine unmittelbare Nähe an. Sie setzen ferner die Nähe von der Überflutung entzogenem Festland voraus.

Von der übrigen „normalen“ Invertebraten-Fauna konnten wir aus denjenigen Aufsammlungen HEFTERS, die an das Geologisch-Paläontologische Institut nach Darmstadt gekommen sind (dem Hauptteil) nur wenige Gruppen nachweisen. Abgesehen von einigen *Lingula*, die zusammen mit Thallophyten, besonders *Chaetocladus hefteri*, auch in der Unterbank vorkommen, sind, soweit bisher zu erkennen, wohl alle oder fast alle Funde auf eine einzige, dunkel- bis schwarzgraue, weiche, tonig-siltige Bank ohne oder fast ohne Pflanzenreste, aber mit einzelnen *Parahughmilleria*-Exuvien,

<sup>3)</sup> Sicher zu den Skorpionen gehört dagegen *Palaeoscorpilus devonicus* LEHMANN 1944 aus den Hunsrückschiefen, der erste bekannt gewordene devonische Skorpion. Da auch hier die Stigmen fehlen, dürfte die Lebensweise aquatisch gewesen sein, übrigens mittelbar auch aus der vorzüglichen Erhaltung zu schließen. Normaler Salzgehalt war, auch bei Einzelementen der Begleitfaunen, nicht zu fordern; das hat LEHMANN bereits ausgesprochen. Transport aus einem geeigneten litoralen Biotop her zusammen mit flottierenden Pflanzen, der Größe wegen eher Psilophyten als Algen, stößt auf keine Schwierigkeit.

vielleicht auch anderen Eurypterida, dazu seltenen Arthrodiren-Resten, in der Oberbank beschränkt. Ausgenommen bleiben die ganz selbständigen Vorkommen der großen *Limoptera* (*Klinoptera*) *rhenana* (DIENST).

Fast alle Lamellibranchiaten und Gastropoden in der dunklen Anreicherungsbank sind kümmerformen, zudem mit bereits frühdiagenetisch vollständig herausgelöster Schale. Das spricht für einen Gyttja-Lebensraum, vielleicht auch für verminderten Salzgehalt. Die Bestimmungen sind z. T. weniger sicher als üblich.

Bisher konnten bestimmt werden:

*Limoptera* (*Klinoptera*) *rhenana* (DIENST). In einer geschlossenen Lage, lokal bis zur Bankanreicherung, ca.  $\frac{1}{2}$  m über der Basis der Oberbank (vgl. S. 57), seltener lokal in der Unterbank, stets in sehr großen normal-adulten Exemplaren. Die meist tonig-siltigen, dunklen, einschließenden Gesteine müssen, trotz der äußeren Ähnlichkeit mit den oben genannten gyttja-verdächtigen Gesteinen unter vollmarinen Bedingungen entstanden sein, fast ohne Begleitfauna, z. T. zusammen mit eingeschwemmtem Pflanzenhäcksel. In der Bank der Kümmerformen fand sich ein sehr kleines, offenbar nicht jugendliches, sondern echtes Kümmer-Exemplar.

*Leiopteria* (*Leiopteria*) *crenatolamellosa* (SANDB.). Ein recht gut erhaltenes Stück mit Abdruck, neben einigen zweifelhaften. Die Crenulierung der konzentrischen Skulptur ist nicht zu erkennen, was auch anderwärts bekannt ist (MAILLEUX); hier als Skulptur-Ver-einfachung im Lebensraum mit vielleicht vermindertem Salzgehalt leicht deutbar.

*Plethomytilus* vel *Mytilarca* sp. Eine Kümmerform, Steinkern mit Abdruck, erlaubt keine nähere Bestimmung. Andere Reste deuten darauf, daß die Gruppe durch weitere Formen vertreten ist.

cf. *Modiola antiqua* (GOLDF.). Ein gut erhaltener Abdruck, einige Bruchstücke. Nur mit starkem Vorbehalt bestimmbar. Auch am Nellenköpfchen vorhanden, nach FOLLMANN hier auch in den unterlagernden quarzitischen Sandsteinen.

*Modiolopsis* sp. Ein Steinkern (Kümmerform). Die Schwierigkeit echter Artbestimmung hat DAHMER (1936, S. 19) mit Recht betont. Hier bleibt nur wesentlich, daß *Modiolopsis* bevorzugt Litoral-Gewässern mit vermindertem Salzgehalt angehört.

*Palaeoneilo beushauseni* KEGEL (= *P. oehlerti* BEUSH. non BARROIS). Eine nur nach äußeren Kennzeichen bestimmbare Klappe, die mit BEUSHAUSENS Fig. 2 völlig übereinstimmt. Die Art ist auch am Nellenköpfchen vertreten.

*Goniophora* sp. aff. *schwerdi* BEUSH. Ein kleiner Skulptur-Steinkern, Kümmerform, nur nach äußerer Gestalt in die Nähe kurzer, gedrungener *schwerdi* zu bringen. Kante auf dem Hinterfeld kräftig. Skulptur fein und gleichmäßig, abweichend von *schwerdi*, ähnlicher kleinen *Myophoria*, z. B. *minima* A. FUCHS, aber nicht zu dieser Gattung zu stellen. Daneben einige weitere zweifelhafte *Goniophora*.

*Leptodomus* cf. *barroisi* BEUSH. Die häufigste Muschel, liegt in zahlreichen, großenteils zusammenhängenden oder noch dicht beieinander liegenden Klappen vor, durchweg in Kümmerformen. Sichere Bestimmung nicht zu verantworten, wenn auch wahrscheinlich, da Skulptur feiner und regelmäßiger; gerade solche Merkmalsänderungen sind aber bei geringerem Salzgehalt, wie er hier vermutet wird, durchaus vertraut. Einzelne Stücke, bei denen Wirbel und Kante weiter nach vorn rücken, bleiben unsicher.

*L. barroisi* ist aus den gleichalten Schichten am Nellenköpfchen bekannt; wir fanden die Art ebenso in den unteren Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde. Ein solches Massenvorkommen wie bei Alken ist anderweitig unbekannt. *Leptodomus* tritt fast durchweg nur vereinzelt auf.

Gastropoda. Mehrere Formen, durchweg sehr unzulänglich erhalten, überwiegend in kleinen Kümmerformen, nur ein Exemplar etwa 3 cm breit, können den Pleurotomariiden, Murchisoniiden, Loxonematiden u. a. fam. angehören.

*Lingula cornea* SOWERBY. Zu dieser persistenten Art (Silur SOWERBY; Gedinne BARROIS, PRUVOST, Dubois 1920, S. 71, dort weitere Lit.; Siegen DAHMER) weisen wir 8 überwiegend gut erhaltene Stücke aus der Unterbank mit *Chaetocladus hefteri* und aus der Molluskenlage der Oberbank. Die Bestimmung bleibt noch etwas unbefriedigend, da bisher nur zusammenhanglose Einzelbeschreibungen vorliegen und der taxonomische Wert einzelner Merkmale keineswegs belegt ist.

Weitere Brachiopoden, nur flachgedrückte, bruchstückhaft erhaltene Exemplare aus einer dünnen, schwarzen Tonschieferlage sind selten. Sie können zum größten Teil wahrscheinlich „*Trigeria*“ s. l. angehören.

*Tentaculites* sp. aff. *straeleni* MAILLIEUX. Ein größeres, vier kleinere Stücke. Besonders das größere Exemplar zeigt deutlich stärker konische Gestalt als der allverbreitete *T. schlotheimi* und ähnelt damit mehr dem Kreis um *T. straeleni* aus dem Siegen, dessen besondere Größe von der Alkener Form, wenn sie nicht als Kümmerform vorläge, erreicht würde. Hauptringel, Abstände und nur gelegentlich zu beobachtende Zwischenringel stehen *T. straeleni* nahe, stimmen aber nicht überein. Zur klaren Kennzeichnung reicht das Material noch nicht aus.

*Spirorbis* sp. In der Muschellage der Oberbank eine Anzahl kleiner Kümmerformen auf einer Muschel. Nach Mitteilung Herrn HEFTERS früher häufiger in der Unterbank auf Pflanzen gefunden.

Ostracoda. Ein stark gewölbtes, etwa 3 mm langes Gehäuse mit langem, geradem Schloßrand ist wahrscheinlich die Jugendform einer *Leperditia*. Leperditidae sind bevorzugte Brackwasser-Ostracoden. Mehrere weitere Exemplare verschiedener Gattungen, kaum bestimmbar.

### c) Paläogeographische und palökologische Auswertung

Im Gebiet von Alken spielten sich z. Z. der mittleren bis oberen Nellenköpfchen Schichten lebhaft oszillierende Bewegungen in der Geosynklinale ab, mit mindestens mehrfachen, wenn nicht vielfachen Wechseln zwischen stets flacher Überflutung und Trockenlegung sowie vermutlich auch Wechseln der Salzgehalte des Wassers.

Noch normales Flachmeer, nicht auszuschließen eingeschaltete Platen-Zonen, repräsentieren die Sandsteine unter der Unterbank, wohl auch die Folge zwischen Unter- und Oberbank. Als kurzzeitige, verhältnismäßig breite Unterwasser-Rinne dicht vor der Küste, sind die dunklen, tonig-siltigen Bänke mit den zahlreichen bis massenhaften *Limoptera* (*Klinoptera*) *rhenana* aufzufassen; die volle Größe der sehr großen Muscheln weist aus, daß der Salzgehalt noch normal ist.

Am wichtigsten sind die beiden dunklen Bankfolgen: Fast schwarze Lagen mit Algen und ganz wenigen anderen Fossilien zeigen noch rand-meerischen Einfluß an. Die viel häufigeren und auch wichtigsten Lagen bis zu kohligen Bänkchen mit Psilophyten können in allen jenen Fällen, in denen Sporangien und Sporen mit anwesend sind, nur als Auftauchbereiche oder deren allerdichteste Nachbarschaft gedeutet werden, auch wenn nach ANAVIEV (vgl. S. 59) die Pflanzen selber bevorzugt im Wasser standen und nur die Sporangien herausragten.

Für die Zeitabschnitte, die durch die Unter- und Oberbank belegt sind, läßt sich mit Einzelheiten folgern: Im flachen Strandstreifen wuchs im dunklen Schlick eine reiche, dichtstehende Psilophyten-Flora, mit Standort noch in den obersten Dezimetern des Wassers oder dicht darüber, aber häufig vom Wasser berührt, wohl auch gelegentlich ganz trocken, worauf die S. 57 erwähnte Runzelung eines Stammstückes deuten kann. Man darf den Küstenstreifen, mit weitgehend vergleichbaren

Einzelheiten, als „Mangrove-Sumpf“ zur Psilophyten-Zeit bezeichnen. Im Sumpf selber fast völlig stilles Wasser, Sedimentfänger, nach Ausweis der dort herrschenden Pflanzen- und Tiereinbettung bis zum Nebeneinanderliegen zusammengehöriger Exuvien-Teile, oft bei *Parahughmilleria* n. sp. zu beobachten, am Rand oftmals mit girlandenartigen oder langgezogenen Spülsäumen aus Streifen und Bündeln aus dem Sumpf selber stammender Psilophyten. In den Pflanzenballen der Spülsäume ab und zu ein eingeschwemmtes Schalenfossil, häufiger darin verhakt die kleinen Exuvien von Merostomen, überwiegend der *Parahughmilleria*, ganz dasselbe Bild, wie es vergleichbare rezente Strände auch bieten und wie wir es in den Mangrove-Sümpfen des Menam-Deltas vor Thailand sehen konnten.

Zur Seeseite hin setzt dieses Bild Bedingungen. Weder nennenswerte Gezeiten noch stärkere Strömungen waren vor der „Mangrove“-Küste möglich; die dichte Bestockung der noch wenig widerstandsfähigen frühen Psilophyten wäre sonst kaum standfest gewesen. Zum anderen war, nach Hinweisen der Fauna, vermutlich zeitweise der Salzgehalt erniedrigt. Da Gezeiten am Nellenköpfchen nachgewiesen sind (F. WUNDERLICH 1966), bietet sich hier als Deutung an, daß das unmittelbare Ältere Gebiet eine Lagune mit fast geschlossenem vorgelagerten Insel- oder Landzungen-Kranz war. Aber dieser Zustand herrschte nur temporär. Die Massenvorkommen von *Limoptera* (*Klinoptera*) *rhenana*, großenteils zweiklappig, in Bio- und Thanatacoenose, setzen normalen Salzgehalt und wenigstens leidlich bewegtes Meer voraus. Sie sind vergleichsweise als die Austernbänke dicht vor dem Strand aufzufassen.

Das Hin- und Herpendeln wiederholte sich, besonders in der Sumpfbzone zu erkennen, ständig. Die meisten Pflanzenlagen sind nur ganz dünn, bestehen nur aus einer oder zwei Arten, während die nächste Lage, ebenso formenarm, aus anderen Arten besteht. Wir erkannten diese ständigen Artenwechsel selbst nur vermutungsweise, erhielten aber mündlich von Dr. SCHAARSCHMIDT die bestimmte Bestätigung. Offensichtlich ist die Bestockung immer wieder zerstört, oft durch einige Zentimeter sterilen Sand überdeckt, und wechselweise mit anderen Florenelementen neu aufgebaut worden.

Daß wenigstens zeitweise der Vorküsten-Streifen sehr flach und recht breit war, läßt sich über der Oberbank und damit verbunden aus Beobachtungen NIEHOFFS erschließen, bei gleichzeitig nach E oder SE verschobenem Pflanzensumpf: in aufeinanderfolgenden Bänken nach beiden Seiten gerichtete flache Gleitungen und Rutschungstropfen entsprechen durchaus den rezent zu beobachtenden Sediment-Bewegungen an den Rändern flacher Platen, die von mehreren Seiten her angenagt werden können. F. WUNDERLICH (1966) hat für die Schichtfolge am Nellenköpfchen hierauf besonders hingewiesen. NIEHOFFS Hilfskonstruktion initialer Faltung wird so leicht entbehrlich. Epirogene Verbiegungen werden erst dann wahrscheinlich bis sicher, wenn eine sehr große Zahl solcher Gleitungen zur gleichen Richtung hin fließt, wie in den unteren Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde zu beobachten. Auch andere Befunde lassen auf einen sehr flachen Vorstrand schließen, so die auf eine Schicht begrenzte Anhäufung nur von jungen *Pteraspis* (FAHLBUSCH 1966); S. 59 deuten wir die Möglichkeit einer Falle an, in die ein Jungfisch-Schwarm geraten ist.

Das Rückland der „Mangrove“-Zone muß dauernd landfest gewesen sein. Anders wäre Ernährung und Vermehrung echter Festlands-Spinnen nicht möglich. Die Landspinnen setzen weiterhin dort eine echte Festlandsflora voraus, vermutlich auch die Anwesenheit von Insekten zur Nahrung. Es möchte besonders interessant sein, hier, unter besten Voraussetzungen, Insekten zu finden, wie sie anderwärts aus höherem Devon bereits bekannt sind.

Wenigstens kurzzeitige Austrocknung belegen auch die Trockenrisse, in ihrer Anordnung ganz typisch. Seit bereits 1902 J. J. JAHN aus böhmischen Graptolithen-Schiefern Trockenrisse abgebildet und später auch RUD. RICHTER auf Unterwasser-Risse hingewiesen hatte, galten Trockenrisse ohne besondere Bestätigung nicht mehr als zuverlässige Anzeiger des Trockenfallens. Das Bedenken braucht hier nicht zu gelten, denn im tonarmen, sandig-siltigen Sediment können sich unter Wasserbedeckung keine Dehydrierungsrisse ausbilden.

Wenn sich ein so farbiges Bild der paläogeographischen, ökologischen, floristischen und ganz besonders der z. T. einmaligen faunistischen Verhältnisse zeichnen ließ, so verdanken wir dies allein der unendlich geduldigen, zielstrebigem Sammelarbeit von Herrn JOSEF HEFTER in Koblenz. Herr HEFTER hat bereits vor 40 Jahren im Alkener Steinbruch zu sammeln begonnen, seit 30 Jahren intensiv, jahrelang nahezu wöchentlich. Ohne diese intensive Arbeit und die selbstlose Hergabe des gesammelten Materials wüßten wir von diesem Punkt nahezu nichts.

### 3. Nellenköpfchen-Schichten am Nellenköpfchen bei Ehrenbreitstein (Bl. Koblenz)

Das 67 m Schichtmächtigkeit umfassende Profil des berühmten Steinbruches hat F. WUNDERLICH (1966) sedimentologisch sehr genau aufgenommen, nachdem bereits MAUZ (1935), auf älteren Vorarbeiten fußend, die Besonderheiten erkannt hatte. Der Wert der Arbeit liegt darin, daß alle beobachteten Erscheinungen mit vergleichbaren der Watten- und Vorstrände der Nordsee, von Wilhelmshaven aus, sehr kritisch verglichen wurden, über das Maß hinaus, wie es vor dem Krieg RUD. RICHTER im Hunsrück-schiefer möglich war.

Wechselnde Folgen von siltig-tonigem, zu kleinen Teilen fast rein tonigem Schlick und reinen Sanden, mit vielerlei Übergängen, haben das Profil aufgebaut. Aus der Gesamtheit aller Befunde, aus Schichtungsart, insbesondere Hinweisen zur Gezeitschichtung, Seegangs-, Oszillations- und Großrippeln, aus lokalen Gleitungen, Bioturbationen, Auftauchformen, Platen- und Rinnenschichtung usw. erschloß F. WUNDERLICH das Bild, daß die Schichten im Nellenköpfchen stets im Auftauchbereich im weitesten Sinne lagen. Sich rasch verlagernde Platen, Watten, Rinnen bestimmten das Bild. Großrippeln mit Wasserstandsmarken und Kleinrippeln in den Tälern (F. WUNDERLICH 1966, S. 9) sind für kurzes Trockenfallen bezeichnend, werden als Indiz für einen Tidenhub von mindestens 2—3 m gewertet (vgl. hierzu S. 66). Flache Sandinseln sind als vergängliche Erscheinungen hier immer möglich. Sie sind sehr rasch vergänglich, können nur als weitab liegende Außenzonen einer Hunsrück-Insel, keinesfalls als Teil ihrer selbst gedeutet werden. Die nachgewiesene hohe Sedimentations-Geschwindigkeit mit Fortsetzung der Schichtfolge bis ins Oberem gibt

keine andere Möglichkeit. Die in den dunklen Bänken am Nellenköpfchen und in der näheren Umgebung häufigen *Taenioocrada decheniana* (GOEPPERT) können hier im Seichtwasser gewachsen oder verschwemmt sein; ein Indiz gibt es nicht.

Man darf also das Bild entwerfen, daß einer Hunsrück-Insel im NE eine ausgedehnte Watten- und Platenzone im Gezeitenbereich vorgelagert war. Zur Vervollständigung dieses Bildes vgl. S. 72f. und Abb. 1.

Hinsichtlich der Sedimentations-Geschwindigkeit können wir F. WUNDERLICH jedoch nicht folgen. 67 m diagenetisch und tektonisch verdichtetes Sediment der gegebenen Verteilung von sandigen und tonigen Schichten des Nellenköpfchens setzen, wenn die Zeit nach WUNDERLICH auf wenige Jahrtausende beschränkt werden soll, unter der zwingenden Voraussetzung der nach bodenmechanischen Gesetzen sehr langen Zeitdauer der Setzung aller tonigen Schichten, Zeit im Quadrat der Schichtmächtigkeit, eine geosynklinale Absenkung von mehr als 100 bis vielleicht gegen 120 m voraus. Wenn man dem Devon eine Dauer von ungefähr 50 Jahrmillionen gibt, dem Unterdevon davon mindestens die Hälfte, wofür radiometrische Messungen und Faunenentwicklungen unter gleichzeitiger Beachtung aller Faktoren in den verschiedenen Faziesgebieten sprechen (am wenigsten sicher aber das häufige Spiel mit Mächtigkeiten in  $\pm$  eng begrenzten Geosynklinaleiten!), dürfen für das gesamte Unterdevon gegen 25 Jahrmillionen angesetzt werden. Wiederum unter Abwägung aller Umstände, über mindestens ganz Europa hinweg, erscheinen daraus für das Unterems ca. 20% = 5 Mill. als angemessen. Wenn man den Nellenköpfchen-Schichten, unter Mitberücksichtigung der altersgleichen Klerfer Schichten und des mittleren und tieferen Unterems am Rhein und in der Eifel davon 10–20% zubilligt, verbleiben rund  $\frac{1}{2}$  bis 1 Mill. Jahre. Aus 200–250 m Mächtigkeit in der Koblenzer Umgebung ergäben sich Absenkungs-Geschwindigkeiten der Geosynklinale zwischen 200 und 500 m je Jahrmillion, bei bereits abgeschlossener Verfestigung. Das sind recht hohe, aber noch reale Werte. Wir glauben, daraus folgern zu müssen, daß für den bearbeiteten Schichtstoß von 67 m Dicke auch bei zeitweiser Beschleunigung eine Spanne von größenordnungsmäßig gegen 100 000 Jahren oder mehr einzusetzen ist. Wir sehen darin keinen Widerspruch gegen F. WUNDERLICHs sedimentologische und ichnologische Befunde. Wir müssen lediglich die Hauptzeit, wie so oft, in die Schichtfugen legen. Wir haben diese Diskussion nur deshalb aufgegriffen, um bessere Anhaltspunkte über die Dauer der Watt- und Platenzone vor der Hunsrück-Insel zu gewinnen, Werte, die auch für die Diskussion der Klerfer Schichten wenigstens Anhaltspunkte liefern.

Nochmals zur Feststellung recht beträchtlichen Tidenhubes. Durchaus ähnliches mag für den Großteil der unteren Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde gelten. Manche Beobachtungen sind damit gut in Einklang. Der breite, lange Mosel-Teiltrog der Geosynklinale mit offener Verbindung zu weiteren Geosynkinalräumen genügt auch für die physikalischen Bedingungen zur Entstehung höherer Gezeiten.

Eine kritische Erwägung, wie sie unseres Wissens bisher noch nicht betrachtet wurde, sei aber zur Diskussion gestellt: Wenn man der immer sicherer werdenden Kontinental-Verschiebung folgt, mit Entstehung des eigentlichen Atlantischen Ozeans erst seit der Unterkreide, dann befand sich in der Rheinischen Geosynklinale zur Unterdevon-Zeit ein Meer, dessen Verbindung zum offenen Ozean sehr weit entfernt war. Die Verbindung reichte zur sehr nahe herangerückten Appalachen-Geosynklinale im W und zur westiranisch-armenischen Enge im Osten, bildete also ein stark vergrößertes Mittelmeer, mit im W unsicherer, im E sicher recht enger Pforte. Die Anzeichen von Tiden sind zu deutlich, als daß sich an ihnen zweifeln ließe, aber mußten sie nicht wesentlich kleiner sein, als man es unter stillschweigender Voraussetzung des offenen Atlantiks vor der Vergleichs-Nordsee annimmt?

Die bekannte Fauna vom Nellenköpfchen (letzte Gesamtliste bei MAUZ 1935) paßt durchaus zu diesem Bild. Die Fauna, die wir 1956b aus einem Watt-Priel von Greimerath beschrieben, stimmt in den wesentlichen Merkmalen mit der Nellenköpfchen-Fauna überein. Von besonderem Interesse ist die von FOLLMANN (1925, S. 13) erwähnte große Platte mit einer langen Folge von Schreitspuren eines großen Arthropoden. Wir halten diese gut erhaltenen Fährten mit größerer Sicherheit als FOLLMANN für eine Eurypteriden-Spur. Über den Verbleib der schönen Platte, die wir früher genau untersuchen konnten, ist uns nichts bekannt. STØRMER (1936, S. 51) hat dann vom Nellenköpfchen das Vorkommen von Eurypterida in unbestimmbaren Abdominal-Segmenten bestätigt. Zur Bedeutung vgl. S. 74.

#### 4. Wende Unter-/Oberems. Grube Braut bei Wald-Erbach und Guldenbach-Tal

(Bl. Stromberg)

Früher, verstärkt 1950, hatten wir den Roteisenflözen der Grube Braut, ca. 3 km NE Stromberg, einige hinweisende Bedeutung zur Herleitung der Rotsedimente in der Moselmulde von der mitteldeutschen Schwelle her zugewiesen. Daß dies nicht mehr haltbar ist, betonen wir S. 51 und 74. An den Gründen für festländische Herkunft des Eisens, mit echten Ooiden oder auch mit vereiserten Trümmern, bei verlangsamter Sedimentation, hat sich nichts geändert. Unsere Auffassung hat sich lediglich dahingehend gewandelt, daß wir die Zufuhr des Eisens nun von der Hunsrück-Insel herleiten.

Wichtig für den paläogeographischen Gesamtverlauf ist die genaue zeitliche Einstufung. 1950 hatten wir, mit einer Revision der Fauna, erkannt, daß die tieferen Roteisenbänke noch dem hohen Unterems, die höchste Bank dem tiefsten Oberems angehören müssen.

Es ist sehr von Interesse, daß BIERTHER (1955, S. 49) zwei Roteisenbänke in streichender Fortsetzung der Schichten der Grube Braut nachweisen konnte, wohl ohne unmittelbare Verbindung, aber gleichalt. Die Faunen erweisen, daß auch hier die tiefere Zone noch dem Unter-, die höhere dem tiefen Oberems angehören muß. Die Ausbreitung der Sedimentation des Eisens nach SE hin hat sich dadurch etwas vergrößert.

Die von MITTMAYER & GEIB (1967, S. 32) aufgestellten Wald-Erbacher Schichten (= Vallendar-Gruppe, wenn man rein nach Spiriferen das Unterems zweigliedert) sind zur zeitlichen Einordnung des Roteisens kein spürbarer Widerspruch, da die Hauptmasse der Roteisenfauna sicher dem hohen Unterems angehört und sich das Niveau des oberen Roteisens, zumal dort, wo es nicht oder schlecht als Erz ausgebildet ist, nur schwierig abscheiden läßt.

#### 5. Der Mündungsfächer des Brauneisen-Sandsteins an der Basis der Kondelgruppe in der Olkenbacher Mulde

(Bl. Landscheid, Wittlich, Hasborn und Alf)

Die Auskartierung der ganzen Olkenbacher Mulde hat gegenüber den Befunden, die wir 1937, S. 27f. und 1942, S. 26f. mitteilten, nur noch kleinere Ergänzungen erbracht, so daß knappe Angaben ausreichen.

Anstelle der unteren Sphärosiderit-Schiefer bauen in einem Teil der Olkenbacher Mulde intensiv gelbe bis orange-gelbe und braungelbe Sandsteine, rasch wechselnd zwischen mürben, entkalkten Kalksandsteinen und festen Quarziten, die tiefste Kondelgruppe auf. Das Korn ist z. T. mittel- bis feinkörnig und ähnlich den in den Sphärosiderit-Schiefern gelegentlich eingelagerten Sandsteinen, z. T. aber gröber, bis zu 1—2 mm. Nach NW gerichtete Schrägschichtungsblätter, in einem Fall Großrippeln, ließen sich beobachten, doch ist eine genauere sedimentologische Analyse nennenswerter Schichtstöße wegen unzulänglicher Aufschlüsse kaum möglich.

Die biostratigraphische Stellung in der tiefen Kondelgruppe ist, z. T. mit noch nicht veröffentlichten weiteren Fossilfunden, einwandfrei sicher.

Die Kartierung ergab beiderseits der Alf bei Olkenbach (Bl. Hasborn) mit gegen 40 m die größten Mächtigkeiten. Nach E hin nimmt die Mächtigkeit rasch ab. Die letzte Beobachtung, nur noch wenige Meter Mächtigkeit, liegt im oberen Füllersbachtal NW Hetzhof (Bl. Alf). Nach W hin sind die Brauneisen-Sandsteine noch gut und gegen 20—30 m mächtig bei Flußbach aufgeschlossen, weiterhin nur noch vereinzelt, aber typisch, im Steinigebach-Tal N Lützem (beide Bl. Hasborn). Westlich der Straße Wittlich-Hasborn sind sie nur noch in Linsen von wenigen bis kaum über 10 m Dicke und höchstens einigen 100 m Ausdehnung im Staatsforst Failzer Wald NW Wittlich (Bl. Wittlich) nachzuweisen. Das westlichste Vorkommen endet dicht NE Bergweiler (Bl. Landscheid). Nach NW hin hört der Brauneisen-Sandstein bald auf, erreicht in vielen Fällen zuverlässig nicht mehr den Rand der Mulde, kann in anderen Fällen nicht nennenswert über den gegenwärtigen Muldenrand hinausgeragt haben.

Das Gesamtbild weist auf einen Mündungsfächer eines Gewässers, das einwandfrei von SE her einmündete, mit Zentrum der Schüttung zum Alfgebiet bei Olkenbach gerichtet, dort auch ganz geschlossen. Nach W hin endet der einigermaßen geschlossene Streifen bei Flußbach, während bis zum SW-Ende nur noch einige aufbereitete Sandwellen bereits etwas ferner des Mündungsbereiches liegen.

In diesem Zusammenhang ist es von besonderem Interesse, daß 6 km NE des östlichen Endes des Mündungsfächers, bei P. 345,7 W Höllenthal (Bl. Alf), die tiefsten Kondel-Schiefer als intensiv rote bis braunrote, weiche, sandig-schluffig-tonige Schiefer ausgebildet sind. Die stratigraphische Stellung ist zuverlässig sicher. Da sich eine spätere Umlagerung der obersten Laubacher Schichten nirgends hat nachweisen lassen, sehen wir diese Rotzone als echtes, letztes rotes Abtragungsprodukt der Hunsrück-Insel an.

### III. Entwurf der Hunsrück-Insel

Hierzu Abb. 1, S. 71

Zwischen Mosel- und Stromberger Mulde ist in weiten Teilen des Hunsrücks über den Hunsrückschiefen nur noch tiefes Unterems bis zu den Singhofener Schichten hinauf nachweisbar. Um die spätere Lieferung roter Sedimente nach NW hin zu erklären, muß eingesetzt werden, daß ein großer Teil des Hunsrücks, insbesondere der westliche Teil, wenigstens während der Zeit der unteren Klerfer Schichten mit dem

Mosel-Teiltrog und der Eifel zusammenhing und noch Sedimentationsraum war. Die Ausdehnung der unteren Klerfer Schichten bis weit in den Hunsrück hinein und in nicht geringer Mächtigkeit ist kaum abzuweisen.

Im oberen Teil der unteren Klerfer Schichten hörte die Absenkung des Hunsrück-Teiltroges mindestens in weiten Gebieten auf, und es setzte eine gegenläufige Bewegung ein, mit Heraushebung einer Insel und örtlich beginnender Abtragung. Diese Insel wird ihre Küste dauernd und, soweit aus vielen Beobachtungen zu erschließen, recht erheblich verlagert haben. Da es kein Mittel exakter Parallelisierung innerhalb des oberen Unterems gibt, kann der Versuch einer Synthese nur ein angenähertes Bild liefern.

### I. Hohes Unterems der Moselmulde

Vom SW an von Bl. Schweich und Landscheid (G. MARTIN 1960) über die Bl. Wittlich, Hasborn und Alf (SOLLE, größtenteils noch unveröffentlicht) zeigen die unteren Klerfer Schichten oftmals zwar sehr unruhige Sedimentation, aber noch keinen unmittelbar nachweisbaren Küsteneinfluß an. Dieser ist erst durch das Kliff bei Alf (S. 52) gegeben. Die Wattfazies der Nachbarschaft (SOLLE 1956b) braucht für sich allein noch nicht die Nähe einer landfesten Insel anzuzeigen. Weiter nach NE hin haben die nicht veröffentlichten Diplomschriften GERHARD (1965) aus dem Treiser Raum, HESSLER (1965) aus dem Gebiet um Cobern, die noch nicht veröffentlichte Dissertation LANGSDORF (1968) und eigene Begehungen erbracht, daß noch auf Bl. Zell die volle Klerfer Rotfazies herrscht (große Aufschlüsse SW Mesenich, Profil Mesenich-Senheim u. a.), daß etwa vom Cochemer Krampen an aber die Schichten sich mit der nichtroten mittelrheinischen Nellenköpfchen-Fazies zu verzahnen beginnen. Dies schreitet auf Kosten der Rotsedimente, gut schrittweise zu beobachten, nach NE hin fort. Die kürzlich fertiggestellte neue Moselstraße zwischen Briedern und Beilstein (Bl. Treis) zeigt den Wechsel intensiv roter mit grauen Folgen gut, ebenso die Gesamtheit der Aufschlüsse zwischen Beilstein und Fankel. Im nach NE folgenden Profil des Flaumbach-Tales (darin ein Steinbruch, bereits überwiegend Nellenköpfchen-Fazies S. 70 genauer beschrieben) nimmt der Rot-Anteil bereits kräftig ab. Im Dünnbach-Tal bei Treis zeigen die jüngst sehr groß gewordenen Steinbrüche am Leppert noch eine Anzahl von Rotfolgen, aber überwiegend bereits verwaschener, während die Nellenköpfchen-Fazies mit hellgrauen quarzitischen Sandsteinen stark zunimmt. Talaufwärts, stratigraphisch höher, fallen stark rote mächtigere Teilfolgen bis zum Emsquarzit hinauf noch stärker auf. Im untersten Lützbach-Tal (Bl. Dommershausen) erscheinen rote Bänke weniger. Sie sind allerdings z. T. durch Überschiebung unterdrückt; gut aufgeschlossen in einem alten Steinbruch im Gehänge im Quarzit des hohen Unterems, entgegen der geologischen Karte 1:200000 wohl nicht Emsquarzit (Zufahrtweg zum Aufschluß bei km 0,7 der Straße). Dagegen wieder stärkere Rotbeteiligung, ähnlich dem Dünnbach-Tal, ist im unteren Baybach-Tal bei Burgen (Bl. Münstermaifeld) zu beobachten: In einem großen, aufgelassenen Steinbruch (r. 259970; h. 556454) verzahnen sich noch einige, mehrere Dezimeter bis über 5 m mächtige Rotzonen in sehr klarer Klerfer Fazies mit der Nellenköpfchen-Fazies. Dies wiederholt sich talaufwärts mehrfach. Im Bereich des Bl. Münstermaifeld verdünnert sich der Klerfer Einfluß moselabwärts rasch. Die nordöstlichste dünne Bank-

folge in echter Klerfer Fazies, die wir kennen, fanden wir im Alkenen Bachtal (S. 58). Die letzten Ausklänge der Rotfazies reichen an der Untermosel nach HESSLER bis Cobern. Die Herkunft der roten Sedimente ist wohl überwiegend noch unmittelbar aus der Eifel herzuleiten.

Die Nellenköpfchen-Fazies bzw. Mischfazies-Gebiete zeigen im Alkenen Bachtal (S. 61 ff.) verbindlich sicher die unmittelbare Nachbarschaft echten Festlandes an, am sichersten durch die Arachniden. Die dort als Küstensumpf angegebenen reichen Ansammlungen von wenig Thalphyten und sehr viel Psilophyten, bis zur Ausbildung kohligler Flöze, sind verbreiteter. Bereits FOLLMANN (1925, S. 77) teilte neben vielen anderen Beobachtungen mit, er habe eine kohlige Schicht in den Nellenköpfchen-Schichten bei Löv (Bl. Münstermaifeld) beobachtet. Aus den großen, bereits genannten Steinbrüchen am Leppert im Dünnbach-Tal (Bl. Treis), die wir seit vielen Jahren im Abbau verfolgen, nennt GERHARD gleichfalls ein 30 cm mächtiges kohliges Flözchen; es sind auch hier brandschiefer-ähnliche Lagen mit Psilophyten. Von vielen Stellen der Untermosel werden immer wieder Pflanzenhäcksel-Lagen, die Bestimmung *Taeniocrada* wohl stellvertretend für Psilophyten allgemein, angegeben. Die meist zugehörigen Gleitwülste, Rutschungstropfen usw. usw., einzeln nicht verbindlich, aber in der Häufung richtungweisend, sind in diesen Schichten überall verbreitet. Die dichteste Anhäufung, die wir in diesen Schichten sahen, hat LANGSDORF (1968, S. 45; nicht veröffentlicht) von der Straße Beilstein-Fankel, S Schafsberg, abgebildet. Aus den übrigen Aufschlüssen sei ein Steinbruch im Flaumbach-Tal hervorgehoben (Bl. Treis, r. 259138; h. 555683), dessen Aufschluß in jüngster Zeit verbessert wurde. In den sich dort verzahnenden Klerfer und Nellenköpfchen-Elementen, Rotzonen überwiegend auf intensive Durchfärbung dünner Beläge auf vielen Schichtflächen beschränkt, erscheint fast das ganze Inventar: Großrippeln, Strömungs- und Oszillationsrippeln, quarzitisches Fließtropfen bis fast  $\frac{3}{4}$  m Durchmesser, Gleitungen, seltener Schrägschichtungsblätter; auf einzelnen Schichtflächen, bevorzugt solchen mit Rippen, gelegentlich bis häufig Arthropodenspuren, darunter in einem abgelösten Block eine sehr große, die wohl sicher einem mehrere Dezimeter langen Eurypteriden angehören wird, ferner *Skolithos*-ähnliche Spuren, *Spirophyton* u. a. Das Gesamtbild paßt in der stratigraphischen Position in die mittleren Nellenköpfchen-Schichten und entspricht etwa dem oberen Teil der unteren Klerfer Schichten der Olkenbacher Mulde, und ebenso zu den beschriebenen Auftauch-Erscheinungen in den Klerfer Schichten, am Nellenköpfchen selbst und in seiner weiteren Umgebung. Die Küste der Hunsrück-Insel dürfte im unmittelbaren südöstlichen Rückland gelegen haben. Nach Ausweis der an der Straße und im Gehänge über einige Schichtmächtigkeit verteilten, besonders gut erkennbaren Rutschungstropfen ist die Küstenlage bzw. Vorküsten-Zone hier über längere Zeit offenbar ziemlich konstant geblieben.

Ähnliche Erscheinungen, wie vom Steinbruch im Flaumbach-Tal beschrieben, bieten sich in beiden Fazies und z. T. noch eindrucksvoller im oben genannten alten Steinbruch im Baybach-Tal und einem kleineren, dicht talaufwärts folgenden, mit Schrägschichtungen und Gleitwülsten von besonderer Größe. Im großen alten Steinbruch findet sich auch eine einige Dezimeter mächtige rußgraue Bank, mit wenig Pflanzenhäcksel, die vergleichbaren Schichten besonders in der Oberbank von Alken

(S. 57) sehr ähnlich ist. Beide Vorkommen mögen vielleicht als fossiler Küstensumpf-Boden anzusprechen sein.

Dem gegenüber hat sich bisher an der SE-Flanke der Moselmulde kaum etwas derartiges finden lassen. In dem langen Streifen, der sich am S-Rand der Moselmulde bis zum Rhein bei Boppard hinüberzieht, konnte zwar THIELE (1960, S. 7), bei

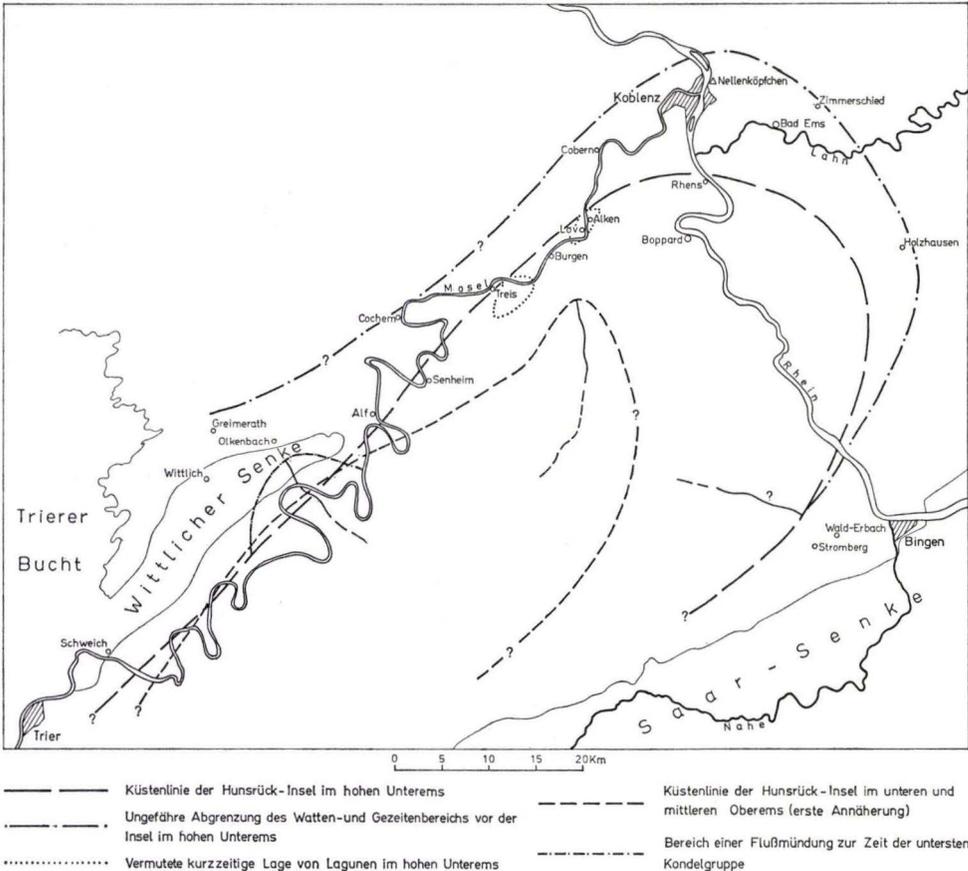


Abb. 1. Lage der Hunsrück-Insel und des vorgelagerten Watten- und Gezeitenbereichs.

Moritzheim (Bl. Zell) eine kleine Fauna nachweisen, die auch in allen Eigenschaften der Erhaltung (wir hatten das Material zur Bestimmung in der Hand) den Vorkommen in den mittleren Teilen der unteren Klerfer Schichten entspricht.

Eigene Vergleichs-Untersuchungen im Arbeitsgebiet der Dissertation THIELE, insbesondere an den hervorgehobenen Profilen, bestätigten zwar den mancherorts komplizierten Schuppenbau, ließen stratigraphisch aber Fragen offen. Auch die dünnen Rotzonen, die dort in vorliegender Weise als Einfluß von NW her überall im Unterems auftreten können, an der W-Flanke der Moselmulde in allen Zonen be-

stätigt (bes. G. MARTIN, 1960), sind keine sicheren Hinweise auf Klerfer Schichten, weder auf die tieferen, die sich an den Rand der Olkenbacher Mulde anschließen ließen, noch an die so leicht erkennbaren höheren, und ebenso wenig an Nellenköpfchen-Fazies mit Pflanzenresten. Die querschlägige Entfernung zur echten Klerfer Fazies der NW-Flanke der Moselmulde ist gering. Die oben genannten Spiriferen können im ganzen Unterems auftreten. Ein klarer Nachweis des oberen Unterems steht, ebenso wie in der Bopparder Gegend, noch aus. Er läßt sich in dem stark verschuppten Gebiet ohne durchgehende Profile, ohne ausreichend vergleichbare Gesteine und mit bisher ganz geringem Faunenbestand z. Z. auch kaum führen. Bis zum Beweise des Gegenteils sprechen wir dafür, daß oberes Unterems, mindestens der mittlere und höhere Teil, dort primär fehlt.

Somit ergibt sich für diese Zeit eine ungefähre Küstenlinie der Hunsrück-Insel innerhalb der Moselmulde selbst. Vor der Küste treffen, wie oben knapp angegeben, die meisten oder alle Erscheinungen zusammen, die F. WUNDERLICH (1966) vom Platen- und Wattengebiet des Nellenköpfchens beschrieben hat. Ob der lagunenähnliche Raum ohne oder nur mit sehr geringen Gezeiten, den wir zeitweise bei Alken und vielleicht auch bei Treis vermuten, an diesem NW-Strand eine einmalige Erscheinung ist, oder ob dies zum Normalbild gehört, können wir z. Z. nicht entscheiden.

## 2. Watten- und Gezeitenbereich im hohen Unterems vor dem N-Ende der Insel

Weiter moselabwärts über Koblenz hinaus auf den größten Teil des Bl. Koblenz rundet sich das Bild weiterhin. Die Platen- und Wattenfolge am Nellenköpfchen, ganz im vollen Gezeitenbereich, am Rand zur offenen See und mit Sturmwirkungs-Anzeichen, ist mit vielen Einzelheiten, u. a. den so bezeichnenden, bis zu  $\frac{3}{4}$  m Durchmesser erreichenden, annähernd kugeligen Rutschungstropfen, die stets als dunkle, stark eingekieselte, unverwechselbare Massen erscheinen, dazu den Pflanzenresten, vielfach wiederzufinden. Sehr von Interesse ist F. WUNDERLICH'S Befund einer Westströmung des Wassers: Es ist die Ablenkung der NE-SW-Strömung vor dem N-Rand der Hunsrück-Insel, die dann weiterhin der Mosel-Teilgeosynklinale nach Frankreich hin folgt.

Weiterhin zu nennen (besonders aus FOLLMANN 1891 und 1925, auch aus eigener älterer Kenntnis der freilich jetzt z. T. verschwundenen Aufschlüsse) sind vor allem auf Bl. Koblenz das unterste Kondertal mit einem schönen Steinbruch, der größere Teil des Moselgehänges zwischen Lay und Moselweiß, in großen, alten Steinbrüchen vortrefflich aufgeschlossen, mit zahlreichen Psilophyten-Lagen und stets der Gemeinschaft von grauen bis dunkel-blaugrauen Schiefen mit Quarziten unregelmäßiger Sedimentation. Nicht mehr so gut aufgeschlossen, aber von FOLLMANN (z. T. auf MAURER zurückgehend) noch mit Einzelheiten erkannt, sind ein alter Steinbruch hinter der Königsbacher Brauerei, längst vergangene Aufschlüsse bei Kapellen und Niederlahnstein, Tälchen unweit Arzheim, Blindtal bei Ehrenbreitstein. Die nördlichsten und bereits weniger klaren Folgen im Hillscheider Grund setzen noch bis zum S-Rand des Bl. Bendorf über. Fast alle der genannten Punkte zeigen oder zeigten die bezeichnende Gemeinschaft von grauen bis dunkel-blaugrauen Schiefen mit

Quarziten und glimmerreichen Sandsteinen, Spuren, Fährten, Rippeln verschiedener Art, Gleitungen derselben Art wie am Nellenköpfchen. In den dunklen Schiefen liegen in vielen dünnen Lagen Psilophyten, aber meist locker gestreut, selten dichter, in keinem uns bekannten Fall so gehäuft wie bei Alken. Die bezeichnende, überwiegend aus Lamellibranchiaten bestehende, durch Gastropoden, wenige Brachiopoden, *Eurypterus*, einige Fische ergänzte Fauna des Nellenköpfchens kehrt, wenn auch nirgends so reich, in Ansätzen auch anderwärts im umschriebenen Bezirk wieder. Es ist von Interesse, daß sich die mehrfachen Angaben FOLLMANN'S von *Limoptera gigantea* SCHLÜTER tatsächlich auf *Limoptera (Klinoptera) rhenana* (DIENST) beziehen; wir haben Sammlungsstücke mit FOLLMANN'S Bestimmung gesehen. Damit gewinnt diese große Muschel, überall zwischen Olkenbacher Mulde und Nellenköpfchen z. T. reichlich vorhanden, im Litoralbezirk vor der Insel besondere Bedeutung.

Nach O reichen dieselben Schichten, auch mit Ausbildung von Schwarzschiefern, wie an der Untermosel, bis Zimmerschied, Bl. Ems (JENTSCH 1960, S. 196). Damit dürfte die ungefähre Grenze erreicht sein, denn auf dem angrenzenden Bl. Schaumburg (PAULY 1958 und SPERLING 1958) sind die Schichten des oberen Unterems bereits als normale marine Schichten ausgebildet.

Nach S hin sind erst an dem langen Unterems-Zug Beobachtungen möglich, der von der Mosel her (THIELE 1960) über Gondershausen und Boppard zieht und bei Dausenau die Lahn quert. Nur am nordöstlichsten Abschnitt hatte JENTSCH die Nellenköpfchen-Schichten beobachtet. Irgendwo zwischen Lahn und Rhein verschwinden sie. Bereits an der Bopparder Rheinschlinge und weiter zum Hunsrück stufen wir, nach Übersichtsbegehungen, die höheren dort vorhandenen Unterems-Schichten zu den Vallendarer Schichten ein. Ein Teil der Überschiebungen der Geol. Karte 1:200000, Bl. Koblenz, dürfte vermutlich nur als Hilfskonstruktion für die fehlenden Nellenköpfchen-Schichten zu werten sein. Wir rechnen hier mit der Schichtlücke der Hunsrück-Insel.

Das N-Ende der Insel dürfte, nicht genau feststellbar, bis zum N-Teil des Blattes Boppard etwa in dem Raum Waldesch-Rhens reichen. Das den größeren Teil von Bl. Koblenz und einen weiteren Teil von Bl. Ems einnehmende Platten-Watten-Gebiet der Prägung, wie es vom Nellenköpfchen sehr anschaulich F. WUNDERLICH gegeben hat, ist im Gezeitenbereich der nördlichen Inselspitze nach N und NE vorgelagert. Es hält sich in Dimensionen, die denjenigen rezenter Wattgebiete größenordnungsmäßig weitgehend entsprechen.

### 3. Hohes Unterems östlich und südöstlich der Insel

Für die Ostküste der Insel sind nur an zwei Stellen gewisse Anhaltspunkte zu gewinnen. Den Quarzit des Grauen Kopfs bei Holzhausen (Bl. Katzenelnbogen) stuft RÖSLER (1956, S. 72 ff.) in den Emsquarzit ein. Die reiche Fauna zeigt aber, vor allem durch die große Zahl bezeichnender Lamellibranchiaten, daneben auch Gastropoden, aber die Armut an Brachiopoden, ganz das Gepräge der Nellenköpfchen-Fauna, und auch die biostratigraphische Aussage, im Grenzgebiet notwendigerweise etwas verschwommen, neigt mehr zu Unterems. Die sedimentologischen und ichnologischen Angaben verstärken den Vergleich mit den Nellenköpfchen-Quarziten. Man kann

somit — mit einigem Vorbehalt und mangels jeglicher Anhaltspunkte in weiter Umgebung — den Strand der Hunsrück-Insel eine Strecke weit westlich Holzhausen vorbeiziehen lassen. Damit greift die Insel auf einen kleinen Teil des Taunus über.

Für den Ost-Taunus hatten wir bereits 1950 eine Schichtlücke im oberen Unterems begründet. Ob diese Insel oder Halbinsel des östlichen Taunus mit der Hunsrück-Insel zusammenhing, ist offen. Wir halten Trennung für wahrscheinlicher, da die Faunen der Stromberger Mulde ungehinderte Verbindung zu denen des nördlich anschließenden Schiefergebirges zeigen.

Heraus fällt das isolierte Vorkommen von Roteisensteinen bei Wald-Erbach und im Guldenbach-Tal (Bl. Stromberg). Wie bereits angegeben, spricht der Befund für terrestrische Herkunft. Beim Bezug von der mitteldeutschen Schwelle her wäre ein so isoliertes Vorkommen schwer verständlich. Es bleibt daher, nur lückenhaft begründet, kaum eine andere Lösung als die Herleitung von der inzwischen — das Roteisen ist etwas jünger als die zahlreichen genannten Punkte an der W- und N-Seite — etwas herausgehobenen Hunsrück-Insel.

Vielleicht entwickelte sich, nachdem im Unterems der Stromberger Mulde ein Teil der Schichtfolge als normal-marines Sediment bereits entstanden war, um die Wende Unter/Oberems eine vorgeschobene Bucht, die das eisenführende Gebiet einschloß.

Die weitere Fortsetzung der Küste der Hunsrück-Insel im Süden ist ganz offen, ebenso die Frage, ob die Insel isoliert blieb oder sich an die Mitteldeutsche Schwelle anlehnte. Selbst wenn dieser Fall gegeben wäre, bliebe die isolierte Stellung der Insel oder Halbinsel erhalten, denn es handelt sich gegenüber dem aufsteigenden Grundgebirge der Mitteldeutschen Schwelle lediglich um episodisches Herauswölben eines mit frischen Sedimenten bedeckten Geosynklineals.

#### 4. Salinitätsfragen

Ob und wie weit vor den Küsten der Insel im hohen Unterems eine Zone verminderten Salzgehaltes vorgelagert war, ist noch nicht zu entscheiden. Typische Brackfaunen, wie sie aus gleichaltrigen Schichten der W-Eifel seit langem bekannt sind, fanden sich im Umkreis der Insel nicht. Aber die Eurypteriden des Obersilur und Unterdevon, z. B. aus England, von Ösel oder dem Staat New York, stammen aus Biotopen, die keinen normalen Salzgehalt aufweisen. In dem Psilophyten-Küstensumpf von Alken (eingeschlossen wohl auch Löw, dazu Treis), mit dem unmittelbar die Eurypteriden-Funde verknüpft sind, und in dem wir uns volle Gezeiten nicht vorstellen können, mag Verbrackung angedeutet sein. Andererseits stammt die oben genannte schöne Eurypteriden-Schreitspur-Platte vom Nellenköpfchen aus der Folge, für die F. WUNDERLICH einen Tidenhub von mehreren Metern angegeben hat. Ob sich vom N-Rand der Insel aus für ganz kurze Zeit eine Litoralzone mit Verbrackung bis zum Nellenköpfchen vorgeschoben hat, oder ob der große *Eurypterus* des Nellenköpfchens in der Gezeitenzone normal (wie die Fährtenplatte ausweist) leben konnte, bleibt vorläufig offen.

Für manche der Fische dürften sich ähnliche Fragen stellen.

Die Mollusken-Kümmerfauna von Alken (S. 62f.) kann ihre Kleinwüchsigkeit und Skulptur-Verarmung zwar von der angedeuteten temporären Gytjtja-Natur des Sediments herleiten, ebenso aber auch von beginnender Verbrackung.

### 5. Die Insel im unteren und mittleren Oberems

Die verhältnismäßig große Ausdehnung der Insel im hohen Unterems blieb nur kurze Zeit erhalten. An der Basis des Oberems ist der Emsquarzit wenigstens an Teilen der SE-Flanke der Moselmulde erhalten. Ob er dort voll durchläuft, ist nicht zu beweisen, da er in der Schuppenzone ausfallen kann und andererseits nicht zu verantworten ist, fossillere Bänke heller Quarzite ohne weiteres dem Emsquarzit zuzuweisen. Aber an den wenigen interessierenden Stellen an der Lahn, im westlichen Taunus und in der Stromberger Mulde läuft die Sedimentation durch.

Man wird die Hunsrück-Insel vom unteren Oberems ab, rasch verkleinert, auf diejenigen Gebiete beschränken müssen, von denen aus die Schüttung der Rotsedimente zur Moselmulde abzuleiten ist. Die roten Klerfer Schichten, die von NW her bis zum Hunsrück vorgedrungen waren, lieferten das Sediment. Der Vorgang konnte ablaufen, nachdem sich die Achse des Mosel-Teiltroges etwas nach NW verschoben und die sich weiter heraushebende Hunsrück-Restinsel nach NW hin leicht schräggestellt hatte.

Von der Gegend um Schweich N Trier an (G. MARTIN 1960) über die ganze Olkenbacher Mulde hinaus (SOLLE) sind die Hohenrheiner und Laubacher Schichten auf eine Strecke moselabwärts anfangs noch kräftig rot. Weiter nach NE sind die Rotsedimente weniger durchgehend und schließlich auf einzelne Lagen beschränkt. Wir fanden diese Schichten mit noch reichlich Rotsedimenten über das nordöstliche Blatt Alf hinaus im guten Weinbergprofil zwischen Mesenich und Senheim (Bl. Zell), dort noch mit den bankweisen *Ctenocrinus*-Anhäufungen in den Hohenrheiner Schichten wie in der Olkenbacher Mulde, und mit noch typischen, aber bereits abnehmenden Rotbänken in den Laubacher Schichten. LANGSDORF erwähnt rotes Oberems vom Schellenberg S Poltersdorf (Bl. Treis). Bereits stark abnehmend fanden wir den Rot-Einfluß im Straßenprofil des Flaumbach-Tales N Kloster Engelpfort, zwischen den Distr. Clotheck und Beurenberg (Bl. Treis). Zwischen grauen und graublauen Folgen, bereits sehr ähnlich denen des Mittelrheins, stehen dort viele sandige und schiefrige Bänke an, die intensive Rot-Durchfärbung aufweisen oder kräftig rote Schichtflächen oder Schrägschichtungsblätter zeigen.

Im nordöstlich anschließenden Profil des Dünnbach-Tales reicht das untere und mittlere Oberems knapp bis zum Distr. Altley, tektonisch wohl unvollständig, mit rasch zurücktretendem Rot-Einfluß, der sich auf dünne Folgen beschränkt. Ebenso gering bleiben rote Folgen im unteren Lützbach-Tal (Bl. Dommershausen), dünnplattige rote Grauwacken im Gehängeschutt, anstehend bei km 1,45 der Straße.

Bemerkenswert ist im moselabwärts folgenden Baybach-Tal, daß besonders in den Laubacher Schichten bis fast unmittelbar unter die Basis der dunkelgrauen Flaserschiefer der unteren Kondelgruppe die Rotfärbung wieder stark zunimmt. So überwiegt sogar der Rot-Einfluß zwischen km 3,0–3,1 der Straße (bei

„Bay-B.“ am N-Rand von Bl. Dommershausen). Zwar sind nur wenige Bänke rot durchgefärbt, Schicht- und Kluffflächen sind aber so stark rot-belegt, daß die Schichtausstriche weitgehend rot erscheinen. Dazu ähneln die z. T. groben Sandsteine und die sehr sandigen, wenig bis nicht entmischten Schiefer, auch in ihrer Abfolge, sehr den gleichaltrigen Schichten der Olkenbacher Mulde. Sogar die dort so bezeichnenden Chondriten-Bänke (anders als am Mittelrhein) kehren wieder.

Nach NE hin verschwinden die roten Schichten sehr rasch ganz. Im Brodenbach-Tal (Bl. Münstermaifeld) bleiben sie auf wenige Zentimeter dünne Lagen reduziert, und im einige Kilometer weiter nordöstlichen mittleren und oberen Alkenen Bachtal konnten wir, trotz der auf lange Erstreckung guten Aufschlüsse, keine Rotzonen mehr finden. Die letzte Verstärkung des Rot-Einflusses im Baybach-Tal, verbunden mit Kornvergrößerung und schlechter Entmischung, mag daher mit einiger Wahrscheinlichkeit als Auswirkung einer Flußmündung der dicht nach SE anschließenden Hunsrück-Insel aufzufassen sein, auch wenn keine Delta-Schichtung nachweisbar war. Es bleibt zu betonen, daß dieses Ereignis hoch in den Laubacher Schichten liegt, recht genau altersgleich dem Aussetzen der Rot-Sedimentation in der Olkenbacher Mulde, von einer ganz lokalen Fortdauer in der untersten Kondelgruppe abgesehen (S. 77).

Noch wenig klar sind die Rot-Einflüsse am SE-Rand der Moselmulde. Zwar gibt THIELE (1960, S. 11) mittleres Oberems lagenweise in roten Sandsteinen und Schiefen an. Das Vorhandensein gerade dort wäre auch zu erwarten. Die Schichtfolge in der Schuppenzone ist aber, nach eigenen Übersichtsbegehungen auf den Bl. Zell und Kastellaun, recht unvollständig erhalten. Obere Teile dürften, wenn wir THIELES kurzen Auszugsdruck richtig lesen, bereits zur Kondelgruppe gehören, und nach unten hin ist die Grenze zum Unterems keineswegs sicher. Große Teile der Schichtfolge, insbesondere im oberen Flaumbach-Tal, ähneln vielmehr wesentlich tieferen Schichten. Gerade hier müßten sich aber viel stärker Übereinstimmungen mit dem auch unter Ausglättung der Faltung kaum mehr als 6—8 km entfernten, so typischen Rot-Profil von Mesenich-Senheim erkennen lassen. Noch am ehesten mögen Bankfolgen südlich vom Davelbach, NE Grenderich, Bl. Zell, zum mittleren Oberems gehören. Die Auffassung der Geologischen Karte 1:200000, Bl. Koblenz, läßt dort auf weite Strecken Unterems unbestimmten Alters gegen Kondelgruppe stoßen. Das ist in der zu einfachen Tektonik zwar sicher berechtigt von THIELE modifiziert worden. Stratigraphisch dürfte die Auffassung der Karte in moselnaher Gegend jedoch in den Grundzügen kaum ganz abzuweisen sein; vom tieferen oder mittleren Oberems sind hier, soweit unsere Übersicht reicht, nur unvollständige Teilerien vorhanden.

Ebenso unbefriedigend ist die Kenntnis des unteren und mittleren Oberems an der SE-Flanke der Lützermulde und besonders im SW-Teil der breiten Bopparder Doppelmulde, der bei Mittel-Strimmig (Bl. Zell) einsetzenden mächtigen Verbreiterung der Moselmulde. Aus diesem ganzen großen Gebiet ist nur die Kondelgruppe genauer bekannt. Für den darunter folgenden Teil des Oberems hegen wir den Verdacht, daß die Schichtfolge nicht vollständig ist. Befriedigende Lösung könnte erst eine spezielle Kartierung mit genauen Profilaufnahmen erbringen. Bis dahin kann die in Abb. 1 eingetragene nordwestliche Küste der Hunsrück-Insel z. Z. des unteren bis mittleren Oberems nur angenähert gelten.

Die oft erkennbare rasche Sedimentation der roten Oberems-Schichten mit lockerer Kornpackung, die häufig überdurchschnittliche Korngröße (die auch THIELE beobachtete), die unregelmäßige Eisen-Einschüttung u. a. zeigen einen verhältnismäßig kräftigen Abtrag und Transport zur Moselmulde an, begünstigt durch die angenommene leichte Schrägstellung und damit Trogrampen-Bildung zur Moselmulde hin. Die Schrägstellung begründen wir (nebenher und wenig gesichert) auch damit, daß nach NE, E und SE hin keine Rotsedimentation im Oberems mehr erkennbar ist, mit alleiniger Ausnahme des obersten Eisenflözes von Wald-Erbach und im Guldenbach-Tal, dicht über der Basis des Oberems. Die Abgrenzung der verkleinerten Hunsrück-Insel nach SE hin wird zur Oberems-Zeit daher ganz unsicher.

### 6. Die letzten Spuren der Insel in der unteren Kondelgruppe

Mit der Wende Laubach/Kondel war die Wiederabtragung der Klerfer Rotsedimente der Insel im wesentlichen beendet. Nur eine sichere Ausnahme (S. 68) kennen wir aus dem östlichen Kondelwald (Bl. Alf), wo rote, zumeist schlecht entmischte Schiefer, mit dem Altersnachweis durch das Leitfossil der unteren Kondelgruppe *Acrospirifer mosellanus mosellanus* SOLLE, in die tiefe Kondelgruppe aufsteigen. Wie ausgedehnt die Rotzone tatsächlich ist, oder ob es deren mehrere gibt, läßt sich noch nicht erweisen, da es von Zufällen abhängt, ob der unerläßliche biostratigraphische Nachweis zu führen ist. Es darf aber festgehalten werden, daß im südöstlichen Rückland der Olkenbacher Mulde auf Bl. Alf erst nach Beginn der Kondelzeit die letzten Reste roter Klerfer Schichten von der Hunsrück-Insel abgetragen und zum Mosel-Teiltrog verfrachtet wurden. Wenige Kilometer weiter SW weist der Mündungsfächer eines Flusses mit dem Brauneisen-Sandstein klar abgrenzbar aus, daß hier bereits nichtrote, ältere Schichten von der Hunsrück-Insel abgetragen worden waren.

Die zunehmende Eintiefung der Teilgeosynklinale während der weiteren Kondelzeit und die fortschreitend gleichartigere Sedimentation grauer, toniger und tonig-siltiger Sedimente läßt spätestens von der mittleren Kondel-Zeit ab keinen Einfluß einer Hunsrück-Insel mehr erkennen.

### Zusammenfassung

Die reichlichen Rotsedimente des unteren und mittleren Oberems der Moselmulde, von Schweich bei Trier beginnend, Maximum in der Olkenbacher Mulde, moselabwärts bis Bl. Münstermaifeld, wurden 1937 von auf dem Hunsrück wieder abgetragenen Klerfer Schichten hergeleitet, 1950 von der Mitteldeutschen Schwelle selbst. Die ältere Auffassung ist, mit Modifikationen, die richtigere. Sie wird, unter Vereinigung inzwischen bekannt gewordener und eigener neuer Beobachtungen, verfeinert und besser belegt, in Abb. 1 in Skizze dargestellt. Es ergab sich, daß eine größere Hunsrück-Insel z. Z. des obersten Unterems und eine kleinere für das untere und mittlere Oberems entworfen werden kann.

Als küstennaher Punkt, unweit eines Kliffs, wird ein Steinbruch in den Klerfer Schichten bei Alf a. d. Mosel beschrieben, mit zahlreichen Einzelheiten und weiteren Hinweisen auf Strandnähe in der Nachbarschaft. Eingehender wird das Profil des Steinbruches im Alkenen Bachtal aus den Nellenköpfchen-Schichten beschrieben, da es sich als eines der ergebnisreichsten im rheinischen Unterdevon herausstellt. Wichtig in zwei getrennten Bankfolgen,

die sich durch besonderen Pflanzenreichtum auszeichnen, Thallophyten und besonders Psilophyten, bis zu kohligten Flözen angereichert. Dazu pflanzenärmere Schiefer. Diese und die Pflanzenlagen mit zahlreichen Merostomata, besonders *Parahughmilleria*-Arten, einem skorpionartigen Eurypteriden oder *Eurypterus*-ähnlichen Skorpion, und besonders den ältesten einwandfrei einstuftbaren terrestrischen Spinnen überhaupt. Eine Lage mit Fischen; außer einer großen *Limoptera*-Bank nur wenige normale Invertebraten. Insgesamt zu deuten als pendelnde Strandstreifen mit im Küstensumpf wachsender Psilophyten-Flora, Spülsäume aus Psilophyten-Ballen und Eurypterida-Exuvien, dazwischen Zonen relativ stillen, allerflachsten Wassers, im Hinterland dauernd landfest, seeseitig mit *Limoptera*-Lagen als „Austernbänken“ vor der Küste. Bereits außerhalb des Küstenbereichs die klassische Nellenköpfchen-Folge als detailreiche Watten- und Gezeitenzone. An der Wende Unter-/Oberems wird das Roteisen der Grube Braut bei Stromberg als festländischer Herkunft beibehalten. Unmittelbare Küstennähe zeigt an der Basis der Kondelgruppe der Mündungsfächer des Brauneisen-Sandsteins (Olkenbacher Mulde) an.

Aus den genannten Punkten und ergänzt durch umfangreiche Beobachtungen in vielen Seitentälern der Mosel und am Mittelrhein bei Koblenz, insbesondere zur möglichst lückenlosen Verfolgung der Rotsedimente des Unter- und Oberems moselabwärts bis zum völligen Ersatz durch nichtrote normale Schichten, ergab sich: Im hohen Unterems läßt sich eine ausgedehnte Hunsrück-Insel entwerfen, der, sehr vielen und verbreiteten sedimentologischen Erscheinungen zufolge, ein breiter Streifen des Watten- und Gezeitenbereichs vorgelagert ist, mit Tiden- und Sturmanzeichen, gleichermaßen gut am Mittelrhein wie in der Moselmulde zu beobachten (Abb. 1).

Im unteren und mittleren Oberems reduzierte sich die Insel, lieferte das Rotsediment zur Moselmulde, in der Ausdehnung durch ihre Verbreitung von Schweich bis über das Baybach-Tal an der Untermosel hinaus zu verfolgen. Kurz vor Beginn der Kondelgruppe ist die Rotabtragung beendet, bis auf eine kleine Fläche im Kondelwald, die erst in der tiefen Kondelgruppe verschwindet. Nach der Einschüttung des bereits nicht-roten Mündungsfächers des Brauneisen-Sandsteins in die Olkenbacher Mulde verschwindet die Hunsrück-Insel.

#### Schriftenverzeichnis

- BARROIS, CH., PRUVOST, P. & DUBOIS, G.: Description de la faune siluro-dévonienne de Liévin II. — Mém. Soc. géol. Nord, **6**, S. 69—225, Taf. 10—17, Lille 1920.
- BIERTHER, W.: Zur Stratigraphie der Stromberger Mulde und ihre Bedeutung für den südlichen Hunsrück. — Decheniana, **108**, S. 45—54, Bonn 1955.
- DAHMER, G.: Die Fauna der obersten Siegener Schichten von der Unkelmühle bei Eitorf a. d. Sieg. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F. **168**, Berlin 1936.
- Die Aviculide *Klinoptera* DIENST. — Senckenbergiana, **25**, S. 103—111, Frankfurt a. M. 1942.
- DIENST, P.: *Klinoptera rhenana*, eine neue Aviculide aus dem rheinischen Unterdevon. — Jb. preuß. geol. L.-A., **55**, S. 388—391, Taf. 29, Berlin 1934.
- FAHLBUSCH, KL.: Eine Pteraspiden-Fauna aus dem Unterdevon von Alken an der Mosel. — Senckenbergiana leth., **47**, S. 165—191, Taf. 17—20, Frankfurt a. M. 1966.
- FOLLMANN, O.: Über die unterdevonischen Schichten bei Coblenz. — Verh. nat. Ver. Rheinld. Westf., **48**, S. 117—173, Bonn 1891.
- Die Koblenzschichten am Mittelrhein und im Moselgebiet. — Verh. nat. Ver. Rheinld.-Westf., **78/79**, S. 101—105, Bonn 1925.
- GERHARD, H.: Geologische Untersuchungen bei Treis/Mosel (Rheinisches Schiefergebirge), unter besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie des Unterems. Unveröff. Diplom-schrift, Darmstadt 1965.
- HESSLER, K.-G.: Geologische Beobachtungen in der Umgebung von Kobern/Mosel (Unter-Devon, linksrheinisches Schiefergebirge). Unveröff. Diplom-schrift, Frankfurt a. M. 1965.

- JENTSCH, S.: Die Moselmulde und ihre südöstlichen Randstrukturen zwischen Lahn und Westerwald. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, S. 190—215, Taf. 19—20, Wiesbaden 1960.
- KRÄUSEL, R. & WEYLAND, H.: Neue Pflanzenfunde im rheinischen Unterdevon. — Palaeontographica, **80B**, S. 171—190, Taf. 41—44, Stuttgart 1935.
- Algen und Psilophyten aus dem Unterdevon von Alken an der Mosel. — Senckenbergiana leth., **43**, S. 249—282, Taf. 26—33, Frankfurt a. M. 1962.
- Eine weitere Psilophytale aus dem Unterdevon von Alken an der Mosel, ein Beitrag zur Gattungsgruppe *Protobarinophyton*–*Pectinophyton*–*Barinophyton*. — Senckenbergiana leth., **49**, S. 241—249, 1 Taf., Frankfurt a. M. 1968.
- LANGSDORF, W.: Geologische Untersuchungen an der Nordflanke der Moselmulde zwischen Bad Bertrich und Kobern/Mosel (Rheinisches Schiefergebirge, Südost-Eifel). Unveröff. Diss., Darmstadt 1968.
- LEHMANN, W. M.: *Palaeoscorpius devonicus* n. g. n. sp., ein Skorpion aus dem rheinischen Unterdevon. — N. Jb. Mineral. etc. Mh., 1944, Abt. B, S. 177—185, Stuttgart 1944.
- MARTIN, G.: Die Geologie am Westrande der Mosel-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, S. 172—189, Wiesbaden 1960.
- MAUZ, J.: Vergleichende Untersuchungen über die Unterkoblenz-Stufe bei Oberstadtfeld und Koblenz. — Abh. senckenberg. naturf. Ges., **429**, Frankfurt a. M. 1935.
- MEYER, D. E.: Mittel- und Oberdevon im Guldenbachtal (SE-Hunsrück, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, S. 302—309, Wiesbaden 1966.
- MITTMEYER, H.-G. & GEIB, K.-W.: Gliederung des Unterdevons im Gebiet Warmsroth-Wald-Erbach (Stromberger Mulde). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 24—44, Taf. 3, Wiesbaden 1967.
- NIEHOFF, W.: Die primär gerichteten Sedimentstrukturen, insbesondere die Schrägschichtung im Koblenzquarzit am Mittelrhein. — Geol. Rdsch., **47**, S. 252—321, Stuttgart 1958.
- PAULY, E.: Das Devon der südwestlichen Lahnmulde und ihrer Randgebiete. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **25**, Wiesbaden 1958.
- RÖSLER, A.: Das Unterdevon am SW-Ende des Taunusquarzit-Zuges von Katzenelnbogen (Rheinisches Schiefergebirge, Taunus). 2. Teil: Ems-Stufe. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**, S. 32—84, Taf. 5, Wiesbaden 1956.
- SCHMIDT, Wo. & ZIEGLER, W.: Eine Arthrodiren-Fauna in einem Keratophyr-Profil der Rimmert-Schichten (Unterdevon) des Ebbe-Antiklinoriums (Rheinisches Schiefergebirge). — Jb. Geol. Pal., Mh., 1965, S. 221—233, Stuttgart 1965.
- SOLLE, G.: Geologie der mittleren Olkenbacher Mulde. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **436**, Frankfurt a. M. 1937.
- Die Kondel-Gruppe (Oberkoblenz) im Südlichen Rheinischen Schiefergebirge. I.—III. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **461**, Frankfurt a. M. 1942.
- Beobachtungen und Deutungen zum Unterkoblenz in Taunus und Hunsrück. — Senckenbergiana, **31**, S. 185—196, Frankfurt a. M. 1950.
- Gliederung und Aufbau der Klerfer Schichten am Nordrand der Olkenbacher Mulde (Unterdevon; Südost-Eifel). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**, S. 85—92, Wiesbaden 1956. [1956a]
- Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **17**, Wiesbaden 1956. [1956b]
- SPERLING, H.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **26**, Wiesbaden 1958.
- STÖRMER, L.: Eurypteriden aus dem Rheinischen Unterdevon. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **175**, Berlin 1936.
- A scorpion-like Eurypterid from the Lower Devonian of Germany. — Rep. **21**. Intern. geol. Congr. 22, S. 87—91, Copenhagen 1960.
- Oldest known terrestrial Arachnids. — Science, **164**, S. 1276—1277, Washington D. C. 1969.

- THIELE, J.: Geologie am Südrand der Moselmulde. Diss. F. U. Berlin, Berlin 1960.
- WERNER, H.-H.: Geologie der Winterbacher Mulde im südöstlichen Hunsrück. — Geol. Jb., **66**, S. 627—660, Taf. 6, Hannover 1952.
- WEYLAND, H. & BUDDÉ, E.: Fahrten aus dem Mitteldevon von Elberfeld. — Senckenbergiana, **14**, S. 259—273, Frankfurt a. M. 1932.
- WOLF, M.: Alter und Entstehung des Wald-Erbacher Roteisensteins (Grube Braut im Hunsrück) mit einer stratigraphischen Untersuchung der Umgebung. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F. **123**, Berlin 1930.
- WUNDERLICH, F.: Genese und Umwelt der Nellenköpffenschichten (oberes Unterems, rhein. Devon) am locus typicus im Vergleich mit der Küstenfazies der deutschen Bucht. Diss. Auszugsdruck, Frankfurt a. M. 1966.
- ZIEGLER, W., HILDEN, H. D. & LEUTERITZ, K.: Die Neugliederung der ehemaligen Rimmert-Schichten im Ebbe-Sattel (Meßtischblatt Plettenberg). — Fortschr. Geol. Rheindl. Westf., **16**, S. 133—142, Krefeld 1968.

Manuskript eingegangen am 3. 12. 1969

### Nachschrift

Der Freundlichkeit von Herrn Prof. LEIF STØRMER verdanken wir nach der zweiten Korrektur zusätzliche Angaben und Einblick in ein Manuskript über den ersten Teil der Arthropoden-Bearbeitung von Alken, die Arachnida. Danach ist für das von STØRMER 1960 erstmalig bearbeitete Fossil, bei dem es offen geblieben war, ob es sich um einen skorpionähnlichen Eurypteriden oder bereits einen echten Skorpion handele (S. 60f.), die Entscheidung zugunsten eines Skorpions aquatischer Lebensweise gefallen. Somit sind bei Alken nun aquatische und terrestrische Arachnida sicher bekannt.

Auf die paläontologischen Bearbeitungen der Arthropoden durch LEIF STØRMER, die in drei oder vier Teilen mit alsbaldigem Beginn in der Senckenbergiana Lethaeae erscheinen sollen, wird ganz besonders hingewiesen, da es sich um eine einzigartig reiche Arthropoden-, in erster Linie Merostomen-Fauna handelt, ökologisch wichtig und systematisch von höchster Bedeutung.

## Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in der südlichen Randfazies

Von

**GISBERT DIEDERICH**, Wiesbaden

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle

**Kurzfassung:** Vom hessischen Werra-Kalirevier werden drei sandige Einlagerungen in der Bröckelschiefer-Folge des Unteren Buntsandsteins durch fast ganz Hessen und in benachbarte Gebiete verfolgt. Wegen ihrer Lage im Salinarbereich unmittelbar über dem Grenzanhidrit des Zechsteins 4 wird die unterste dieser drei Sandlagen als neue Grenze Zechstein/Buntsandstein vorgeschlagen.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	81
2. Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Hessen . . . . .	82
a) In der Salinarfazies . . . . .	82
b) In der Randfazies . . . . .	84
ba) Spessart . . . . .	84
bb) Odenwald . . . . .	85
bc) Ostrand der Rheinischen Masse . . . . .	87
3. Angrenzende Gebiete . . . . .	87
4. Überblick . . . . .	89
5. Zusammenfassung . . . . .	90
Schriftenverzeichnis . . . . .	90

### 1. Einleitung

Die Grenze Zechstein/Buntsandstein ist im nichtsalinaren Bereich nicht zweifelsfrei bekannt. GUNZERT (1958) stellte dies bereits in seiner monographischen Behandlung des Buntsandsteins fest. Die Unsicherheit resultiert aus der lithologisch recht gleichartigen Ausbildung der jüngsten Zechstein- und ältesten Buntsandsteinsedimente. Da diese Schichten zudem durchweg fossilifer sind, war nur eine lithologische Untergliederung dieses Grenzbereiches, die vielfach Faziesgrenzen erfaßte, möglich.

Zwar wurde der Bröckelschiefer von alters her wegen seiner Hangendlage zu den Salinargesteinen des Zechsteins in Nord- und Mitteldeutschland zum Buntsandstein gerechnet, und GUNZERT (1958) bekräftigte diese Zugehörigkeit zum Buntsandstein noch einmal nachdrücklich, jedoch wurde zum Beckenrande hin, wo die salinaren Gesteine von einer pelitischen Folge vertreten werden, eine klare Differenzierung zwischen den tonig-schluffigen, vereinzelt auch feinsandigen Oberen Zechsteinletten

(dem höchsten Zechsteinglied) und den schluffreichen Tonsteinen bis Schluffsteinen des Bröckelschiefers recht schwierig bis nahezu unmöglich. So schreibt auch RICHTER-BERNBURG (1955, S. 849) über die Randfazies des Zechsteins: „Wenn — wie etwa im Spessart-Gebiet und an anderen Orten — nur rote Pelite über den Karbonaten der ersten Serie liegen, so ist deren Gliederung oder Einstufung freilich schwer möglich“, und über die Obergrenze des Zechsteins (auf S. 853): „Was die Hangendgrenze des Zechsteins überhaupt angeht, so wissen wir darüber leider nicht viel Genaues.“

Demgemäß ist auch die Einstufung der Schichten im Grenzbereich Zechstein/Buntsandstein mit zunehmender Annäherung an den Beckenrand fragwürdiger gewesen. Beispielsweise hat vornehmlich am westlichen und südlichen Beckenrand die Stratigraphie der Schichten mehrmals gewechselt [z. B. für das Staufer Konglomerat: von Unterem Buntsandstein (WEISS 1875) über Hauptbuntsandstein (LEPPLA 1888) und wieder Unterem Buntsandstein (GÜMBEL 1894) zu Unterem Buntsandstein bis Oberrotliegendem (THÜRACH 1894) und nochmals Unterem Buntsandstein (REIS 1921 und SPÜHLER 1957) zu schließlich fraglichem Oberrotliegendem (HENTSCHEL 1963)]. Selbst für den stets als tiefsten Buntsandstein angesehenen Bröckelschiefer wird neuerdings eine Zuordnung zum Zechstein erwogen (TRUSHEIM 1963).

Ist damit auch der insgesamt als stratigraphisch unsicher anzusprechende Schichtenbereich nur einige Zehner Meter mächtig, so hängen von der sicheren Zuweisung dieser Schichten doch die Fragen der randlichen Vertretung der Salinarfolgen und der Größe des Zechsteinbeckens ab.

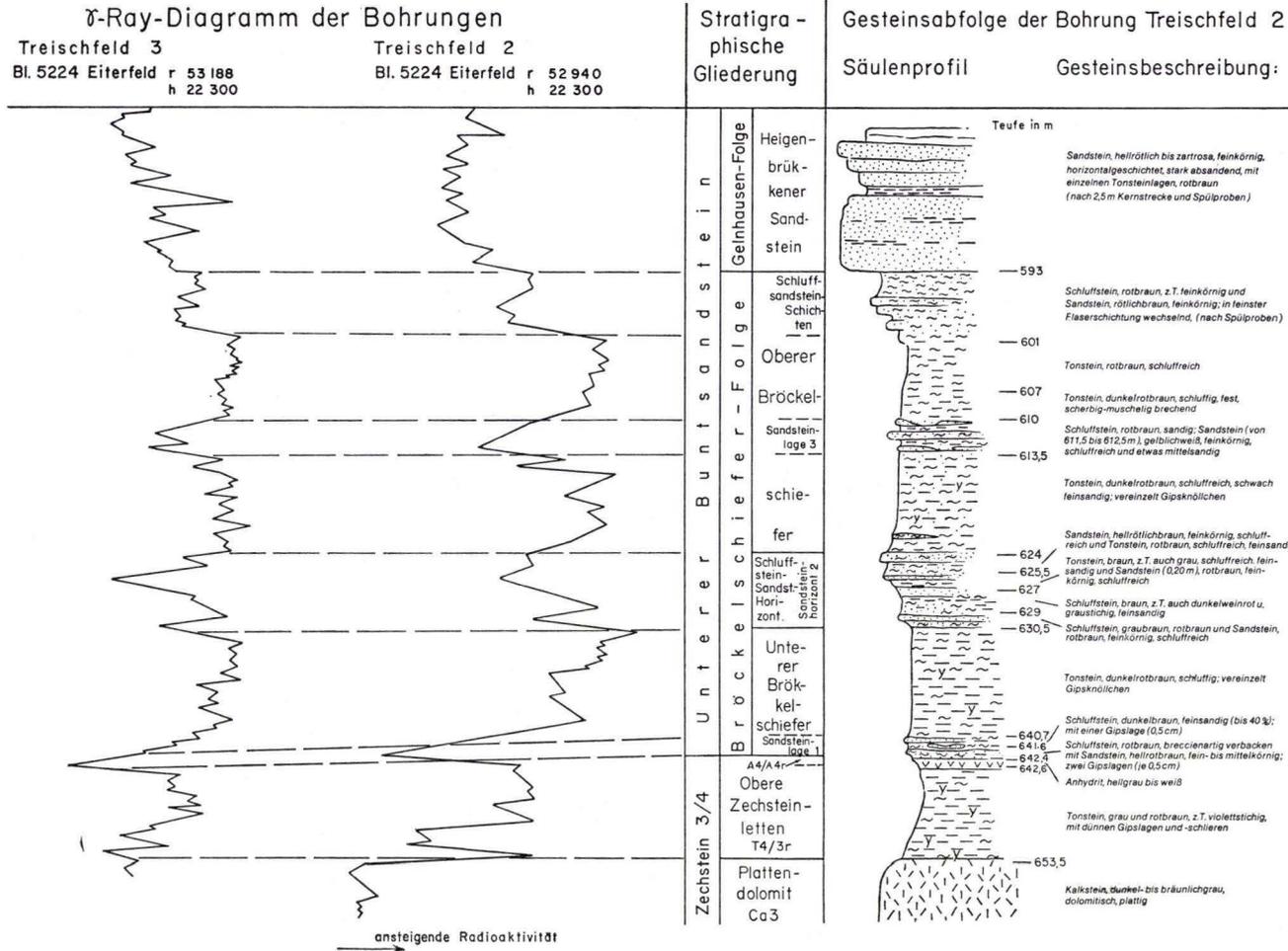
## 2. Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Hessen

### a) In der Salinarfazies

Eine Klärung der stratigraphischen Zugehörigkeit der tonigen Randfazies muß vom Salinarbereich, wo die Grenze Zechstein/Buntsandstein eindeutig ist, ausgehen. Für den hier betrachteten hessischen Bereich bietet das Werra-Kalirevier das wichtige Normalprofil (Abb. 1 u. Tab. 1).

In der Praxis hat sich im hessischen Werra-Kalirevier als Grenze Zechstein/Buntsandstein die Oberkante einer Anhydritlage, des A4/A4r (Pegmatit- und Grenz-anhydrit), bewährt und durchgesetzt (ROTH 1967, S. 19). Dies steht zudem in Übereinstimmung mit RICHTER-BERNBURG (1955, S. 853/54 u. Taf. 37), der über dem Grenz-anhydrit A4r sofort den Buntsandstein beginnen läßt. Im Werra-Kalirevier sprechen sowohl Zechsteinstratigraphie wie auch sedimentologische Überlegungen für die vorgenannte Grenzziehung. Der Anhydrit wird dort nämlich unmittelbar von einer 10—15 cm mächtigen, mittel- bis schwach grobkörnigen Sandlage überlagert<sup>1)</sup>. GUNZERT (1958) hat diese grobkörnigen Sandsteine an der Basis des Bröckelschiefers bereits als Grenzschicht zu den Oberen Zechsteinletten vorgeschlagen.

<sup>1)</sup> Im  $\gamma$ -Ray-Diagramm der Abb. 1 ist der mit „Sandlage 1“ bezeichnete starke Rückgang der natürlichen  $\gamma$ -Strahlung des Gesteins auf die sich gleichartig verhaltenden und in einander übergenden Lagen des s1 des Bröckelschiefers und des A4/A4r des Zechsteins zurückzuführen.



Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in der südlichen Randfazies

Abb. 1. Die Bröckelschiefer-Folge im hessischen Werra-Kalirevier. Nach geophysikalischen Bohrlochmessungen und dem von 601 m u. Gel. bis in den Zechstein durchgehend gekenteten Bohrprofil der Bohrung Treischfeld 2.

Damit wird der Bröckelschiefer ganz wie die vier Salinarfolgen des Zechsteins und praktisch alle Folgen des Buntsandsteins ebenfalls mit einem größeren Basissediment eingeleitet<sup>2)</sup>.

Die Gesteinsabfolge ist insgesamt in der Abb. 1 dargestellt<sup>1)</sup>. Auffällig und für die regionale Festlegung der Grenze Zechstein/Buntsandstein bedeutsam sind zwei weitere Sandlagen etwas unterhalb der Mitte und im oberen Drittel des Bröckelschiefers (vgl. auch DIEDERICH 1966, 1969).

### b) In der Randfazies

Ein Versuch, die im Werra-Kalirevier klare Grenze Zechstein/Buntsandstein nach Süden und Westen in den stratigraphisch unsicheren Bereich der Randfazies zu verfolgen, ist naturgemäß am besten für die Gebiete möglich, für die eine neue detaillierte Buntsandsteinstratigraphie vorliegt, d. h. Spessart, Odenwald und Ostrand der Rheinischen Masse.

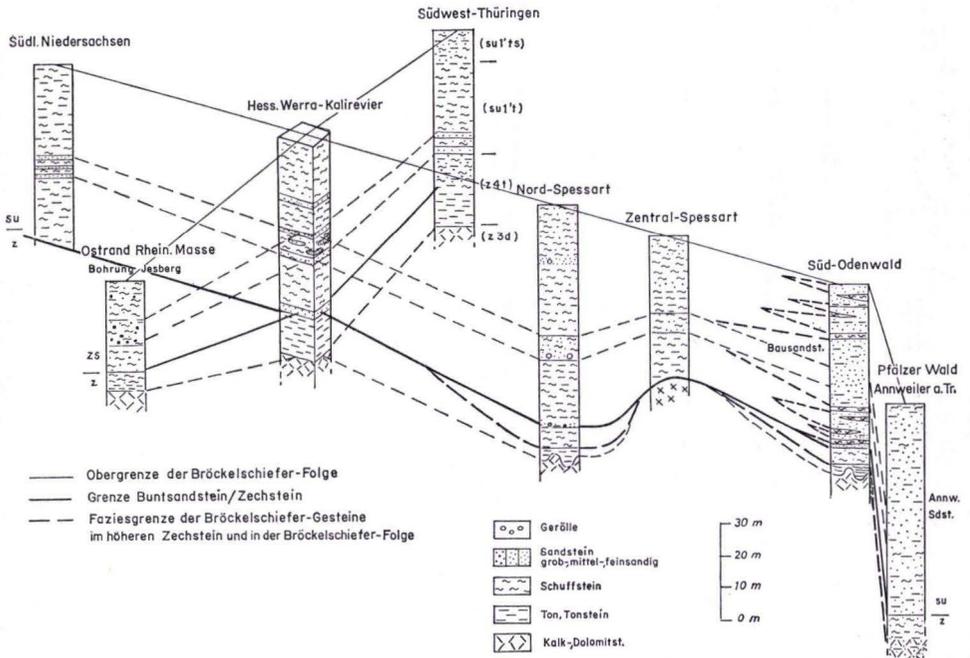


Abb. 2. Die Bröckelschiefer-Gesteine in der südlichen Randfazies.

### ba) Spessart

Für den Nordspessart wurde von DIEDERICH & LAEMMLEN (1964) eine neue Feingliederung des Unteren Buntsandsteins vorgelegt. Im Normalprofil dieses Gebietes

<sup>2)</sup> WOLBURG (1961, S. 21/22, 65, 67 u. 69) fand diese Sandlage auch in einigen nordwestdeutschen Tiefbohrungen und verwendete in s. Tab. 10 die treffende Bezeichnung „Grenzsandstein“.

(Taf. 1 in DIEDERICH & LAEMMLEN 1964) treten gleichfalls drei Sandlagen in entsprechender Ausbildung und Position wie im Werra-Kalirevier auf (vgl. auch DIEDERICH 1966 u. 1967, S. 883). Die Sandlagen 1 u. 2 führen im Nordspessart sogar vereinzelt Gerölle von ca. 0,5 cm Durchmesser. Die stratigraphische Folgerung, daß die Grenze Zechstein/Buntsandstein auch im Nordspessart an die Unterkante der ersten Sandlage zu legen ist, ist augenscheinlich; denn nicht eine Fazieswanderung, sondern nur eine zeitstratigraphische Übereinstimmung konnte bei der Vielzahl der sich im Sedimentationsablauf ändernden Parameter in beiden Gebieten zu je drei lithologisch und mächtigkeitsmäßig gleichartigen rhythmischen Wiederholungen innerhalb der Bröckelschiefer-Folge führen (DIEDERICH 1966, 1969; FIEGE 1969; HOPPE 1968). Demzufolge müssen die untersten  $\pm 5$  m der Bröckelschiefergesteine im Nordspessart bei Bieber noch als Äquivalente des Zechstein 4 angesehen werden (Abb. 2)<sup>3</sup>).

#### bb) Odenwald

Die erste Sandlage des Bröckelschiefers dürfte bis auf wenige Ausnahmen nur nördlich der Spessartschwelle entwickelt sein. Hinweise auf ihr Vorkommen im bayerischen Spessart haben bis jetzt nur LAEMMLEN (1967, S. 130) aus einer Bohrung im Hafenlohr-Tal und WEINELT (1962, S. 109) für Blatt Haibach, auf dem stellenweise geringmächtige feinkörnige Sandsteine die Grenze Bröckelschiefer/Zechstein markieren, gegeben. Für den Odenwald gestaltet sich daher eine Neufestlegung der Grenze Zechstein/Buntsandstein etwas schwieriger, zumal aus dem Grenzbereich lediglich ein detailliertes Normalprofil, nämlich das der Heidelberger Gegend (THÜRACH 1909), bekannt ist.

Bei Heidelberg kommen nach THÜRACH (1909, S. 37) über dem Zechsteindolomit einige Meter violettrote, gelbe und graue Letten (Zechsteinletten) vor. Sie gehen nach oben in die rotbraunen 3–6 m mächtigen Bröckelschiefer über. Das Hangende bilden die 30–60 m mächtigen feinkörnigen Bausandsteine mit Schiefertonen des Unteren Buntsandsteins süddeutscher Auffassung.

Nach BACKHAUS (1960, 1961), BECKSMANN (1958) und eigenen Anschauungen sind die bunten Tone der Oberen Zechsteinletten von Spessart und Odenwald weitgehend, zumindest aber in ihrem Abschluß altersgleich.

Im nördlichen Odenwald ist dem Verf. im mittleren Teil der Bröckelschiefer-Folge eine sandige Einlagerung (= 2. Sandlage!) bekannt (DIEDERICH 1966, Abb. 3c), und BACKHAUS (1960, S. 296) beschreibt von dort bei 5–8 m unter der Bröckelschieferobergrenze einen weiteren Sandsteinhorizont (= 3. Sandlage?). Da im Bausandstein bei Heidelberg besonders im unteren und oberen Teil zahlreiche Schiefertonebänke auftreten (THÜRACH 1909, Abb. 2 u. S. 41), ist der feste mittlere Teil — wie bei DIEDERICH (1966, Abb. 3c) bereits angedeutet — mit der mittleren Sandlage des Nordspessarts zu parallelisieren. Daraus folgt aber, daß die 3–6 m mächtigen Bröckelschiefer der Heidelberger Gegend weitgehend dem ca. 5 m mächtigen Bröckelschiefer-Paket unter der ersten Sandlage bei Bieber, allenfalls noch dem obersten Teil

<sup>3</sup>) Die sich aus der neuen Untergrenze des Buntsandsteins ergebende stratigraphische Neugliederung der Zechsteinablagerungen am Spessartnordrand siehe in DIEDERICH (1969).



der dortigen Zechsteinletten entsprechen müssen. D. h.: bei Heidelberg muß die Basis des feinkörnigen Bausandsteins (Schloß-Sandstein n. BACKHAUS 1960) als Grenze Zechstein/Buntsandstein angesehen werden (Abb. 2 u. Tab. 1).

### bc) Ostrand der Rheinischen Masse

Für die Buntsandsteingebiete nördlich des Kellerwaldes sind von KULICK (1961, 1966 u. 1968) eingehende Gliederungen des Unteren Buntsandsteins veröffentlicht worden. Auch einen großräumigen stratigraphischen Vergleich von Rand- und Beckenfazies hat KULICK (1966) bereits vorgenommen. Seiner Parallelisierung der Mittleren Bröckelschieferserie zs2 am Südrand des Kellerwaldes mit dem Schluffstein-Sandstein-Horizont des Nordspessarts und damit mit der zweiten Sandlage im osthessischen Bröckelschiefer ist zuzustimmen. Zur Untergrenze des Bröckelschiefers am Kellerwaldrand schreibt jedoch KULICK (1966, S. 183): „Die Liegendgrenze des Bröckelschiefers ist nicht einwandfrei festzulegen“, und weiter über die dortigen obersten Tonsteine des Zechsteins: „Es ist vorläufig nicht zu beweisen, ob am Schiefergebirgsrand die Tonsteine über dem Ca3 wirklich zeitgleich mit dem eigentlichen Roten Salzton (T4) des Beckens sind oder aber Vertretungen des Leine-(Haupt-)Anhydrites (A3)“. Bei einem eingehenden Studium des Profils der Bohrung Jesberg (KULICK 1966, Taf. 14) erscheint letzteres jedoch wahrscheinlich. Vermutlich ist nämlich die Obergrenze des Zechsteins etwas höher innerhalb der Unteren Bröckelschieferserie zs1 an der Unterseite des tiefsten auffälligen Strahlungsrückganges im GRL (ca. 4 m höher als bisher) oder aber bei stärkerer Beachtung der Geröllführung sogar noch darüber anzusetzen (Abb. 2). Endgültige Klarheit können allerdings erst, wie KULICK (1966) schon angibt, neue Bohrungen in Richtung zum Werra-Kaligebiet oder eingehende sedimentpetrographische Untersuchungen erbringen.

Wenigstens übersichtsmäßig sind weitere Hinweise auf die Lage der Grenze Zechstein/Buntsandstein am Ostrand der Rheinischen Masse entsprechend der Korrelation von KULICK (1966) gegeben.

### 3. Angrenzende Gebiete

Zu prüfen wäre noch, ob die vorstehend beschriebene neue Grenze Zechstein/Buntsandstein nur in Hessen verfolgbar oder auch in den umliegenden Gebieten zu erkennen ist. Dies kann zwar nicht immer voll, jedoch im überwiegenden Falle bejaht werden.

Für den östlichen Pfälzer Wald ist in Analogie zum südlichen Odenwald eine weitgehende Übereinstimmung der Basis des Annweiler Sandsteins mit der Grenze Zechstein/Buntsandstein und eine Zugehörigkeit der Unteren Leberschiefer zum Zechstein zu vermuten (DIEDERICH 1966, S. 140/141, THÜRACH 1894, S. 48). Dem Zechstein in der Pfalz käme dadurch eine etwas größere Mächtigkeit als bisher angenommen wurde (REIS 1921, SPUHLER 1957 und auch noch HENTSCHEL 1963) zu. Da außerdem angenommen werden darf, daß den ausgedehnten konglomeratischen Bildungen am Ostrand der Rheinischen Masse, die vom Oberrotliegenden (?) über den Zechstein bis in die Bröckelschiefer-Folge des Unteren Buntsandsteins reichen (KU-

LICK 1966, 1968, W. ROTH 1966, VOLLRATH 1950, für das Wetterau-Becken neuerdings LIETZ 1967)  $\pm$  zeitgleiche Gesteine ähnlicher Ausbildung an ihrem Südrand entsprechen, ist für die Staufer Konglomerate nicht nur — wie bisher — eine Zugehörigkeit zum Buntsandstein (Bröckelschiefer-Folge), sondern für einen beträchtlichen Teil zum Perm [Zechstein und (?) oberstes Oberrotliegendes, vgl. THÜRACH 1894, S. 43 und HENTSCHEL 1963, S. 196] zu folgern.

Im Schwarzwald gehört der Tigersandstein (= Unterer Buntsandstein süd-deutscher Auffassung) sicher zum Buntsandstein<sup>4</sup>). Teilweise hierzu gerechnete tonreichere Varianten (DIEDERICH 1966, S. 134) und auch bis zu einigen Dekametern mächtige sehr tonige, wenig verfestigte Sande in der Umgebung von Röt-Schönegrund im Murgtal (REGELMANN 1935) könnten jedoch Zechsteinalter besitzen. Durchgehend ist allerdings der Zechstein im Schwarzwald nicht zu erwarten; sandige Äquivalente dieser Zeit werden sich wohl in der Hauptsache auf die erzgebirgisch streichenden Mulden von Baden-Baden und Berghaupten-Gengenbach beschränken. Noch weiter im Süden wird schließlich der Karneoldolomithorizont an der Obergrenze des Oberrotliegenden zumindest teilweise als Zechstein-Vertretung anzusehen sein (STELLRECHT 1963).

Für das östlich des Spessarts gelegene fränkische Gebiet sind Angaben zur Grenze Zechstein/Buntsandstein wegen ihrer Tiefenlage nur in Bohrungen möglich. Sehr genaue Feinaufnahmen lassen auch dort Neuerkenntnisse zu, wie die von CARLÉ (1956) beschriebene Bohrung Bad Mergentheim zeigt. Im Bröckelschieferprofil treten dort noch mehrfach Sandbeimengungen und -einlagerungen auf (CARLÉ 1956, S. 233/234, 242 u. Taf. 2). Die oberste Sandlage des Spessarts scheint mit dem gröberen Sandstein in 462 m Teufe zu parallelisieren zu sein. Auch die mittlere Sandlage deutet sich als stärker sandhaltiger Bereich oberhalb 480 m Teufe an. Die Grenze Zechstein/Buntsandstein könnte unter Umständen etwas höher (ca. 493,5 m u. G.?) angesetzt werden, was auch der Ansicht CARLÉS (S. 241), daß „ein Teil des Bröckelschiefers gleichzeitig mit dem oberen Zechstein Niedersachsens abgelagert worden sein“ dürfte, entgegenkäme.

Im zu Thüringen gehörenden Teil des Werra-Kalireviere haben FALK, GRUMBT & LÜTZNER (1964) eine Neugliederung des Unteren Buntsandsteins durchgeführt. Wegen ihrer markanten Ausbildung und weiten Verbreitung wurde von ihnen als Grenze zum Zechstein die Unterkante der mittleren Grobsandlage des hessischen Gebietes gewählt, d. h., im thüringischen Werra-Kalirevier umfaßt der Bröckelschiefer im Vergleich zu Hessen nur den mittleren Grobsandhorizont (= Schluffstein-Sandstein-Horizont des Nordspessarts) und den Oberen Bröckelschiefer, der Untere Bröckelschiefer Hessens dagegen ist dort noch in den Oberen (Zechstein-) Letten enthalten (Abb. 2 u. Tab. 1). Dies wird durch die Übereinstimmung der  $\gamma$ -Ray-Diagramme im Bröckelschiefer-Bereich in Thüringen und Hessen, wie sie bei KÄSTNER,

<sup>4</sup>) Seine weitere kleinrhythmische Aufgliederung entsprechend dem Bröckelschieferprofil des Nordspessarts scheint möglich zu sein, denn dem Verf. sind gröbere Zwischenlagen im Tigersandstein der Freudenstädter Gegend bekannt (vgl. auch BRÄUHÄUSER & SAUER 1926), und auch im Profil des Nordschwarzwälder Buntsandsteins von EISSELE (1966) deuten sich solche an [beispielsweise: s<sub>2</sub> des Bröckelschiefers = unterer Teil des s<sub>2</sub>, (300 bis 312 m der Abb. 1 EISSELES) und Schluffsandstein-Schichten = s<sub>3</sub>].

KÜHN & LANGBEIN (1966) und DIEDERICH (1969) zum Ausdruck kommt, gestützt. Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. GRUMBT, Jena, liegt die Grenze Zechstein/Buntsandstein des hessischen Werra-Kalireviers ca. 7 m unter dem Grobsand, der den Bröckelschiefer des thüringischen Gebietes einleitet. Der von KULICK (1966) vermuteten Konnektierung der grobkörnigen Basallage des thüringischen Bröckelschiefers mit seinem zs2 ist demnach zuzustimmen.

Für das große Gebiet des norddeutschen Buntsandsteinbeckens ist schließlich nach grobklastischen Einschüttungen eine Grenzziehung zwischen Zechstein und Buntsandstein allenfalls im Randbereich durchzuführen (WOLBURG 1961, s. a. Anmerkung 2), weiter beckenwärts dagegen nicht mehr (BOIGK 1959). Zwar erwähnt schon MEYER (1913, S. 441) bis weit nach Südniedersachsen hinein Sandlagen im Bröckelschiefer, sie sind aber nicht durchgehend vorhanden und fallen weiter nach N bald ganz aus. Da jedoch in diesem Gebiet der Zechstein 4 bereits durchweg salinar entwickelt ist, ist, wie es RICHTER-BERNBURG (1955) empfiehlt, durch den Grenz-anhydrit A4r eine markante Grenze gegen den Buntsandstein gegeben. Es wird dann zwar die rezessive Tonphase des Z4, die wohl nicht immer nur eine unwesentliche Bedeutung erlangen dürfte (!), bereits dem Buntsandstein zugeschlagen, eine andere stratigraphische Grenzziehung wird in diesem Faziesbereich aber kaum möglich sein.

#### 4. Überblick

Die vergleichenden Betrachtungen für Hessen zeigen, daß die Grenze Zechstein/Buntsandstein für das gesamte osthessische Bergland mit der ersten Sandlage im Bröckelschiefer scharf zu fassen ist. Im Südspessart und Nordodenwald treten zwar geringe Unklarheiten auf; es ist jedoch wahrscheinlich, daß in diesem Raum vielfach die Bröckelschiefer-Folge unter Ausfall ihrer tiefsten Lagen über ältere Gesteine transgrediert (WEINELT 1962, 1965, S. 156). Im Südodenwald ist dagegen mit der Unterkante des Bausandsteins des Unteren Buntsandsteins wieder weitgehende Klarheit vorhanden. Am Ostrand der Rheinischen Masse kann die Grenze Zechstein/Buntsandstein im Unteren Bröckelschiefer zs1 nach KULICK (1966) vermutet werden.

Für den größten Teil Hessens ergibt sich damit, daß auch die Bröckelschiefer-Folge mit einer psammitischen Einschüttung beginnt und ebenso wie die vier Salinarfolgen des Zechsteins und die übrigen Folgen des Buntsandsteins einen, wenn auch nicht immer sehr deutlichen rhythmisch-zyklischen Aufbau besitzt. Stratigraphisch gesehen stellt dagegen die Untergrenze der Bröckelschiefergesteine eine leichte nach N aufsteigende Faziesgrenze dar. Die Obergrenze muß dagegen wenigstens bis zur Nordgrenze Hessens als gute Zeitgrenze angesehen werden.

Für die an Hessen angrenzenden Gebiete sind durchweg entweder Hinweise für das Vorkommen der sandigen Grenzlage oder aber auf den zeitgleichen Beginn einer mächtigeren Sandschüttung bekannt. Im nichtsalinaren Bereich stellt daher die Unterkante der ersten Sandlage des Bröckelschiefers bzw. die Basis des Tigersandsteins eine „natürliche“, weil mit der Rhythmengliederung in Zechstein und Buntsandstein übereinstimmende Grenze zwischen Buntsandstein und Zechstein dar. Die weite Verbreitung dieser psammitischen Einschüttungen geht auf eine tektonisch bedingte Änderung der paläogeographischen Verhältnisse an der Grenze Zechstein/

Buntsandstein zurück. Eine erste schwache Heraushebung der Liefergebiete und allgemeine Beckenverflachung führte zur Sandlage 1, eine nachfolgende stärkere und eine wieder schwächere ruckweise Hebung brachten zwei weitere grobklastische Einschüttungen, die Sandlagen 2 und 3. Die danach einsetzende außerordentlich verstärkte Heraushebung war insgesamt nach Süden an den südlichen Beckenrand verlagert und stellt mit ihrer gänzlich veränderten Lithofazies im Gefolge einen neuen Rhythmenbeginn, den der Gelnhausen-Folge des Unteren Buntsandsteins, dar.

Die Verbreitung der psammitischen Einschüttungen im Grenzbereich Zechstein/Buntsandstein und insbesondere das Vorkommen von Geröllen darin deuten auf mehrere Hebungszentren hin. Die Hauptanlieferung des Sedimentmaterials für die drei Sandlagen im osthessischen Bröckelschiefer kam wahrscheinlich vom Südostrand der Rheinischen Masse. Über die Spessartschwelle hinweg wirkte diese  $\pm$  W-E-verlaufende Hebungssachse auch am Nordrand der Böhmisches Masse und führte zur Ausbildung entsprechender Sandlagen im thüringischen Buntsandsteingebiet. Am stärksten ausgeprägt ist jedoch dort und selbst im südöstlichen Harzvorland (RADZINSKI 1967 a u. b) die mittlere Sandlage der Bröckelschiefer-Folge. Diese stellt allerdings auch im südlichen Randbereich (s. o. und DIEDERICH 1966, KULICK 1966) über Hessen bis nach Norddeutschland (BOIGK 1959, S. 599–602) einen durchgehend entwickelten Sandsteinhorizont dar. Die mächtige Sandschüttung am südlichen Beckenrande, die als Tigersandstein des Schwarzwaldes und Süodenwaldes und als Annweiler Sandstein des Pfälzer Waldes die gesamte Bröckelschiefer-Folge vertritt, wird dagegen nur geringfügig in der Sandlage 2 die Spessartschwelle in sandiger Ausbildung überschritten haben. Selbst bei Neubelebungen der Reliefenergie ist somit während der ganzen Bröckelschiefer-Folge die Sandfazies noch auf den Beckenrandbereich beschränkt, allerdings in ihren rhythmisch bedingten Wiederholungen bereits in so ausgedehntem Maße, daß sich danach im nichtsalinaren südlichen Beckenbereich eine scharfe Abgrenzung des Zechsteins gegen den Buntsandstein gut durchführen läßt.

### 5. Zusammenfassung

Die Bröckelschiefer-Folge weist in Nordosthessen drei sandige Zwischenlagen auf. Da im Normalprofil des Werra-Kalireviere die durch den Alleranhydrit deutlich markierte Obergrenze des Zechsteins von der untersten Sandlage im Bröckelschiefer überlagert wird, stellt die Unterkante dieser Sandlage 1 zugleich die Grenze Zechstein/Buntsandstein dar. Die Horizontbeständigkeit und regionale Verbreitung der drei Sandlagen wird durch ihren Nachweis in fast ganz Hessen wie auch in Nachbargebieten belegt und mit ihrer Hilfe die Grenze Zechstein/Buntsandstein in die überwiegend tonig-schluffige Randfazies verfolgt. Für die einzelnen Gebiete am südlichen Beckenrand und für Westthüringen werden Hinweise zur Lage der neu definierten Grenze Zechstein/Buntsandstein gegeben.

### Schriftenverzeichnis

- BACKHAUS, E.: Zur Neugliederung des Odenwälder Buntsandsteins und ein Vergleich mit Nordhessen und Thüringen. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1960, S. 292–313, 2 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1960.

- BACKHAUS, E.: Das fossilführende Zechsteinvorkommen von Forstel-Hummetroth (Nord-odenwald) und Bemerkungen zur südwestdeutschen Zechsteingliederung. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 187—202, 4 Abb., Wiesbaden 1961.
- BECKSMANN, E.: Verkarsteter Zechsteindolomit unter der Ziegelhäuser Neckarbrücke und die Ziegelhäuser Störungzone. — Jb. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **3**, S. 123—137, 3 Abb., Freiburg 1958.
- BOIGK, H.: Zur Gliederung und Fazies des Buntsandsteins zwischen Harz und Emsland. — Geol. Jb., **76**, S. 597—636, 6 Abb., Hannover 1959.
- BRÄUHÄUSER, M. & SAUER, A.: Erl. geol. Spez.-Kte. Württemberg, Bl. Alpirsbach (Nr. 117), 2. Aufl., Stuttgart 1926.
- CARLÉ, W.: Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Tiefbohrung in Bad Mergentheim (Buntsandstein, Zechstein, Mineralwasser). — Jb. Statist. u. Landeskd. Baden-Württemberg, **2**, **3**, S. 229—260, 7 Abb., 7 Taf., Stuttgart 1956.
- Neue Beobachtungen und Erkenntnisse über den Bröckelschiefer des unteren Buntsandsteins. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1956**, S. 282—289, 4 Abb., Stuttgart 1957.
- DIEDERICH, G.: Stratigraphie des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 141—146, 1 Tab., Wiesbaden 1965.
- Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, S. 132—157, 8 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1966.
- Zur Stratigraphie des Unteren Buntsandstein im deutschen Buntsandsteinbecken. — Z. deutsch. geol. Ges., (1964), **116**, 3. Teil, S. 875—890, 2 Tab., Hannover 1967.
- Geologische Verhältnisse und Probleme bei Bieber. — Natur u. Museum, **99**, 7, S. 307 bis 316, 3 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1969.
- & LAEMMLEN, M.: Das obere Biebertal im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte. Mit einem Beitrag von R. VILLWOCK. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **48**, 34 S., 2 Abb., 5 Tab., 4 Taf., 1 Kte., Wiesbaden 1964.
- EISSELE, K.: Zur Gliederung des nordschwarzwälder Buntsandsteins. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., **48**, S. 143—158, 3 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1966.
- FALK, F., GRUMBT, E. & LÜTZNER, H.: Stratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im thüringischen Werra-Kaligebiet. — Geologie, **13**, S. 288—302, 3 Abb., 2 Tab., Berlin 1964.
- FIEGE, K.: Sedimentationszyklen als Zeitmarken. — Z. deutsch. geol. Ges., (1966), **118**, 2. Teil, S. 260—265, Hannover 1969.
- VON GÜMBEL, K. W.: Geologie von Bayern, **2**, Cassel 1894.
- GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **24**, 61 S., 14 Abb., 7 Tab., Wiesbaden 1958.
- HENTSCHEL, H. R.: Die permischen Ablagerungen im östlichen Pfälzer Wald (Haardt) zwischen Neustadt-Lambrecht und Klingenstein-Silz. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 143—176, 11 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1963.
- HOPPE, W.: Zyklen und Rhythmen, Zeit- und Faziesgrenzen im Buntsandstein. — Geologie, **17**, S. 1131—1137, Berlin 1968.
- HORN, M. & KULICK, J.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, 227 S., 35 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.
- KÄSTNER, H., KÜHN, W. & LANGBEIN, R.: Stratigraphie, petrographische und geochemische Untersuchungen im Unteren und Mittleren Buntsandstein des thüringischen Werra-Kaligebietes. — Geologie, **15**, S. 461—483, 8 Abb., 1 Tab., Berlin 1966.
- KULICK, J.: Die Gliederung des Unteren Buntsandsteins und der Volpriehausen-Folge des Mittleren Buntsandsteins in Waldeck (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 276—309, 8 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1961.
- Der Untere Buntsandstein am Südrande des Kellerwaldes (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, S. 182—200, 1 Abb., 3 Taf., Wiesbaden 1966.

- KULICK, J.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4719 Korbach, 272 S., 32 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 8 Taf., 2 Beibl., Wiesbaden 1968.
- LAEMMLEN, M.: Stratigraphische Auswertung einiger Buntsandsteinbohrungen im bayerischen Spessart. — Veröff. Gesch.- u. Kunstver. Aschaffenburg, **10**, S. 107—134, 1 Abb., Kte. 2, Aschaffenburg 1967.
- LEPPLA, A.: Ueber den Buntsandstein im Haardtgebirge (Nordvogesen). — Geogn. Jh., **1**, S. 39—64, 3 Abb., Cassel 1888.
- LIETZ, J.: Der Grenzbereich Rotliegendes-Zechstein im Gebiet des Spessart und der Wetterau in paläogeographischer Sicht. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., **49**, S. 129—146, 5 Abb., Stuttgart 1967.
- MEYER, H. L. F.: Frankenberger Zechstein und grobklastische Bildungen an der Grenze Perm-Trias. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-A. f. 1910, **31**, I, S. 383—447, 2 Taf., Berlin 1913.
- RADZINSKI, K.-H.: Gliederung und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im südöstlichen Harvorland. — Geologie, **16**, S. 637—659, 12 Abb., 2 Tab., Berlin 1967. [1967a]
- Unterer und Mittlerer Buntsandstein im Saaletal zwischen Naumburg und Weisfels. — Geologie, **16**, S. 791—803, 2 Abb., 2 Tab., Berlin 1967. [1967b]
- REGELMANN, K.: Erl. geol. Spez.-Kte. Königr. Württemberg, Bl. Baiersbronn (Nr. 92), 2. Aufl., Stuttgart 1935.
- REIS, O. M.: Erl. geogn. Kte. Königr. Bayern 1:100000, Bl. XXI Donnersberg, München 1921.
- RICHTER-BERNBURG, G.: Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins. — Z. deutsch. geol. Ges., (1953), **105**, S. 843—854, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Hannover 1955.
- ROTH, H.: Perm. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5224, Eiterfeld, S. 16—20, Wiesbaden 1967.
- ROTH, W.: Der Untere Buntsandstein bei Marburg/Lahn. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, S. 173—181, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1966.
- SPUHLER, L.: Einführung in die Geologie der Pfalz. — Veröff. Pfälz. Ges. Förder. Wiss., **34**, 432 S., 55 Abb., 4 Ktn., 4 Taf. im Text sowie 36 Taf. u. 1 geol. Kte. im Bildanhang, Speyer 1957.
- STELLRECHT, R.: Über das Oberrotliegende im Gebiet der Schopfheimer Bucht. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., **45**, S. 1—11, 2 Abb., Stuttgart 1963.
- THÜRACH, H.: Bericht über die Exkursionen am 29. und 30. März und 1. April. — Versamml. oberrh. geol. Ver., **27**, S. 27—71, 4 Abb., Stuttgart 1894.
- Erl. geol. Spez.-Kte. Großherzogtum Baden, Bl. Heidelberg (Nr. 23), 2. Aufl., Heidelberg 1909.
- TRUSHEIM, F.: Zur Gliederung des Buntsandsteins. — Erdöl-Z., **79**, S. 277—292, 8 Abb., Wien-Hamburg 1963.
- Über den Untergrund Frankens. — Geologica Bavarica, **54**, 92 S., 11 Abb., 13 Beil., München 1964.
- VOLLRATH, A.: Der Untere Buntsandstein und die Gesteine der Zechstein-Buntsandstein-Grenze zwischen Vogelsberg und Kellerwald. — N. Jb. Mineral., Mh., **1950**, S. 262 bis 276, 2 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1950.
- WEINELT, W.: Erl. geol. Kte. Bayern 1:25000, Bl. Nr. 6021 Haibach, 246 S., 41 Abb., 4 Tab., 2 Beil., München 1962.
- Paläozoikum, Mesozoikum. — Erl. geol. Kte. Bayern 1:25000, Bl. Nr. 5921 Schöllkrippen, S. 134—172, Abb. 18—34, München 1965.
- WEISS, E.: Erl. geol. Spec.-Kte. Preußen u. thüring. St., Lfg. **6**, Bl. Dudweiler, Berlin 1875.
- WOLBURG, J.: Das Profil der Trias im Raum zwischen Ems und Niederrhein. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1956**, S. 305—330, 5 Abb., Stuttgart 1957.
- Sedimentations-Zyklen und Stratigraphie des Buntsandsteins in NW-Deutschland. — Geotekt. Forsch., **14**, S. 7—74, 17 Abb., 5 Tab., 12 Taf., Stuttgart 1961.

# Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mittleren Buntsandstein am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges

Von

**HEINRICH GRAUL**, Gießen

Mit 8 Abbildungen

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	93
2. Stratigraphischer Überblick . . . . .	95
2.1. Detfurth-Folge (smD) . . . . .	95
2.2. Hardeggen-Folge (smH) . . . . .	97
3. Stratigraphisch-fazieller Vergleich der Frankenberger Bucht mit Nordhessen . . . . .	99
4. Remissionsphotometrische Verfahren . . . . .	101
4.1. Aufbereitung und Messung der Proben . . . . .	102
4.2. Ergebnis der Messungen . . . . .	102
4.3. Stoffliche Träger der Farben im Buntsandstein . . . . .	104
4.4. Deutung der Farbkontrast-Kurven . . . . .	105
5. Paläogeographische Folgerungen . . . . .	106
6. Zusammenfassung . . . . .	109
Schriftenverzeichnis . . . . .	110

## 1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit gilt dem Mittleren Buntsandstein der hessischen Senke. Sie schließt an die Buntsandstein-Kartierungen an, die seit den Fünfziger Jahren von Marburg ausgehend in der westlichen hessischen Senke durchgeführt wurden. Neben den üblichen sedimentpetrographischen Methoden, wie Schwermineral-Analyse, Korn-Analyse usw. wurde eine Reihe neuer Verfahren erprobt. Diese Prüfung galt besonders der Frage, ob sie als Hilfsmittel bei der feinstratigraphischen Gliederung und der Korrelierung der Buntsandstein-Profile brauchbar sind. Bekanntlich haben die klassischen sedimentpetrographischen Methoden hier nur wenig Erfolg gebracht. H. BOIGK (1956) hat als erster erkannt, daß sich der Mittlere Buntsandstein in vier Großzyklen gliedern läßt, eine Feststellung, die wenig später von E. BACKHAUS, H. LOHMANN & E. REGENHARDT (1958) für den nordhessischen Raum, durch H. G. KUPFAHL (1961) und M. LAEMMLEN (1961) für Osthessen bestätigt werden konnte. Im Gebiet von Marburg, am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges hat

H. D. LANG (1954) den Buntsandstein in sieben verschiedene Abschnitte unterschieden. Diese wurden von F. KUTSCHER (1960) zu vier Folgen vereinigt und mit Lokalnamen belegt.

Wie die im Marburger Raum zu unterscheidenden Profil-Glieder mit denen Nordhessen zu verbinden sind, darüber gibt es erst Teilergebnisse. So dürfte den orthofaziellen Merkmalen zufolge (H. GRAUL 1966) die Stubensand-Folge des Marburger Raumes der Volpriehausen-Folge Nordhessens und die Bauerbach-Folge des Marburger Gebietes der nordhessischen Solling-Folge entsprechen. Völlig offen ist noch

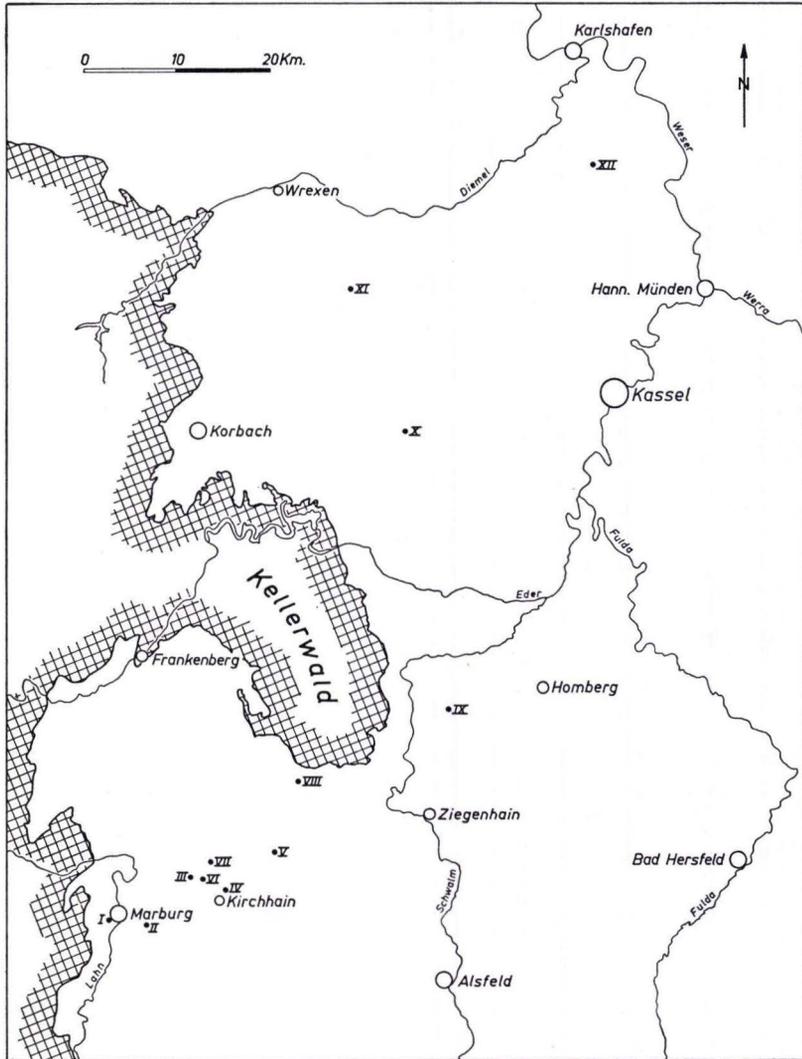


Abb. 1. Lage der untersuchten Profile am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges.  
·I Profilnummer.

die Frage, ob und in wie weit die Formsand- und Marburg-Folge des Marburger Bereiches der Detfurth- und Hardeggen-Folge Nordhessens entsprechen. Unklarheit besteht auch über die genaue Grenzziehung zwischen der Formsand- und Marburg-Folge. Die Aufklärung dieser beiden Fragen bilden den Hauptgegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Als Arbeitsunterlagen dienten die vorhandenen Kartierergebnisse, vor allem aber eine Reihe von Bohrprofilen, die teils vom Geologischen Landesamt in Wiesbaden, teils vom Verfasser selbst aufgenommen worden sind. Für die sedimentpetrographischen Untersuchungen wurden solche Bohrprofile ausgewählt, in denen sich Hangend- und/oder Liegendgrenzen des Mittleren Buntsandsteins sicher erkennen lassen.

Es sind dies die Bohrung Kirchhain (Nr. IV) A. FINKENWIRTH (1959) und H. GRAUL (1969), Bohrung Haarhausen und Beberbeck (Nr. IX und XII) D. RAMBOW (1967), Bohrung Altenstädt (Nr. X) M. HORN (1967) und Bohrung Volkmarsen (Nr. XI) J. KULICK (1966) (Abb. 1).

Das Untersuchungsgebiet i. e. S. (Abb. 1) umfaßt damit die sog. Frankenberger Bucht, also den Raum S' des Kellerwaldes bis Marburg. Darüber hinaus wurde der gesamte Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges bis zum Reinhardswald in die paläogeographische Betrachtung einbezogen.

## 2. Stratigraphischer Überblick

### 2.1. Detfurth-Folge (smD)

In der Frankenberger Bucht hat die Grenzziehung zwischen der Detfurth- und Hardeggen-Folge dem kartierenden Geologen von jeher Schwierigkeiten gemacht. Verschiedene Autoren (H. D. LANG 1954 u. a.) haben auf den fließenden Übergang beider Folgen hingewiesen. Versuche von W. ROTH (1965) und H. G. KUPFAHL (1967), die Hardeggen-Folge mit dem ersten Auftreten von Geröllen beginnen zu lassen, konnte nur als Notbehelf gelten, solange nicht der genaue lithologische Aufbau und Mächtigkeiten der Folgen im Detail bekannt waren.

Zur Klärung dieser Fragen hat die Kernbohrung VIII, eine Wasseruntersuchungsbohrung der Gemeinde Gilserberg/Kellerwald beigetragen (s. a. Abb. 2). Die Bearbeitung ergab, daß die Bohrung in der Hardeggen-Folge einsetzt und die gesamte unterliegende Detfurth-Folge durchörtert. In dieser Folge lassen sich die Glieder Detfurth-Sandstein, Detfurth-Wechselfolge und Detfurth-Ton genau unterscheiden.

#### Detfurth-Sandstein (smD's)

Mächtigkeiten: 10—12 m

Der Detfurth-Sandstein gliedert sich durchweg in einen unteren Teil, der etwa 7—8,5 m mächtig ist, in ein Paket von Zwischenschichten von durchschnittlich 1,5 m und einen oberen Teil von etwa 2 m Mächtigkeit. Es treten vor allem zwei Sandsteintypen auf.

Typ I: Sandsteine, grobkörnig, stark schräggerichtet, von „kaviarartigem“ Habitus, ein Kennzeichen gutklassierter Schüttungskörper.

Typ II: Sandsteine, bestehend aus fein- bis mittelkörnigem Material, das einzelne oder lagenweise angeordnete Grobkörner enthält. Eine feine Parallelschichtung wird durch millimeterdünne, z. T. flaserige Schluffbestege zwischen den einzelnen Kornlagen hervorgerufen.

Ganz allgemein nimmt die maximale Korngröße des Unteren Detfurth-Sandsteins zum Hangenden, der sog. Zwischenschicht, hin ab. In der Feinkies-Fraktion fand sich neben Quarz auch ein geringer Anteil an Quarziten und dunklen Kieselschiefern, alle diese Komponenten sind gut gerundet. Im Schwermineral-Spektrum sind fast nur die extrem stabilen Glieder Zirkon, Turmalin und Rutil vertreten, doch kann auch Granat in Spuren vorkommen. Die Zwischenschichten werden von Sandsteinen des Typs II aufgebaut, in die zentimetermächtige Tonlagen eingeschaltet sind. Diese sind häufig von Trockenrissen durchsetzt, können sich örtlich auch zu Tonscherben auflösen, die dem Sediment ein breccienartiges Aussehen verleihen. Die Grenze zur hangenden Detfurth-Wechselfolge erscheint nicht scharf ausgebildet, ein Merkmal, das schon M. HORN (1967) in Profilen Nordhessens aufgefallen ist.

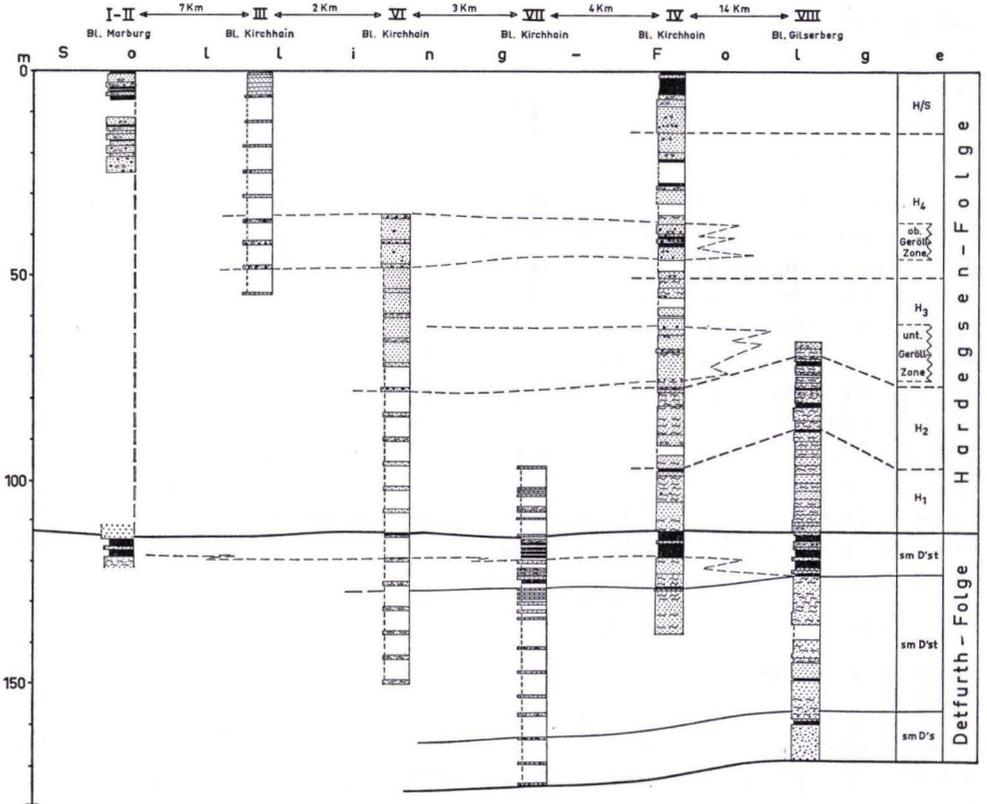


Abb. 2. Säulenprofile der Detfurth- und Hardegsen-Folge (Lage der Profile vgl. Abb. 1).  
 Legende: punktiert — Sandsteine,  
 schwarz — Ton- bzw. Schluffsteine.

**Detfurth-Wechselfolge (smD'st)**

Mächtigkeiten: 30—32 m

Die wechselnde Zusammensetzung aus Sandsteinen und Ton- bzw. Schluffsteinen, wie sie z. B. für die Volpriehausen-Wechselfolge charakteristisch ist, findet sich in der Frankenger Bucht nicht. Hier herrschen schluff-flaserige Sandsteine vom Typ II vor. Nur untergeordnet schalten sich Sandsteine vom Typ I ein. Die Schluffzwischenmittel erreichen hin und wieder Zentimeter-Mächtigkeiten. Örtlich können feinkörnige quarzitisches Sandsteine auftreten, die kantige Lesesteine bilden und im Gelände nicht zu übersehen sind. Im Gegensatz zum Detfurth-Sandstein ist die Wechselfolge sehr viel bunter gefärbt, kräftig rotbraune, violette und grauviolette Töne sind häufig.

**Detfurth-Ton (smD't)**

Mächtigkeiten: 10—11 m

Der Detfurth-Ton besteht zumeist aus einem Gemenge von Sandstein und Schluffstein oder Sandstein mit Tonstein-Komponenten. Charakteristisch ist das Auftreten tonscherbiger Sandsteine von blaßvioletter bis weißgrauer Färbung in sog. „Blutwurst“-Struktur. Die kantigen Tonscherben sind braunrot und grün gefärbt, wobei die braunroten Partien häufig von einem grünen Reduktionshof umgeben sind. Das grobe Korn ist auf wenige Nester konzentriert, die in einem fein- bis mittelkörnigen Material eingebettet sind. Zahlreiche Trockenrisse und Wühlgänge, ausgefüllt mit hellem, sandigem Material, durchziehen das Gestein. Als Leitmerkmal lassen sich die hin und wieder auftretenden Quarzitbänkchen verwerthen. Diese graubraunen, violettstichigen, fein- bis mittelkörnigen Sandsteine haben ein charakteristisches Porengefüge. Die Poren sind meist schichtparallel angeordnet, können aber auch unregelmäßig den Verband durchsetzen und waren wohl ursprünglich mit Karbonaten gefüllt. M. HORN (1967) konnte in einigen dieser Sandsteine aus dem Detfurth-Ton Nordhessens MgO-Gehalte von mehr als 2% nachweisen. Nach M. HORN tritt das Karbonat teils in diffuser Verteilung, teils in Knotenreihen angereichert auf. In Richtung zum Schiefergebirge hin versandet der untere Teil des Detfurth-Tons immer mehr. Bei Marburg sind nur noch die hangenden 4—5 m in der oben beschriebenen typischen Ausbildung vertreten.

**2.2. Hardeggen-Folge (smH)**

Mächtigkeiten: 100—110 m

Durch den Nachweis eines Detfurth-Tones im Untersuchungsgebiet ist nun die Liegend-Grenze der Marburg-Folge festgelegt. Sie ist damit als Äquivalent der Hardeggen-Folge identifiziert. Damit kann die Frankenger Bucht an Nordhessen angeschlossen werden.

Im Gegensatz zur deutlichen zyklischen Gliederung in Nordhessen zeigt die Hardeggen-Folge der Frankenger Bucht das eintönige Bild einer überwiegend sandigen

Fazies. Gliederung und Korrelation der Profile, die hier allein auf strukturellen Merkmalen beruhen, bleiben mehr oder weniger unsicher. Immerhin fand sich in der Kernbohrung Kirchhain (Nr. IV) für das Untersuchungsgebiet ein umfassendes und zusammenhängendes Profil (Abb. 2), in das sich die Teilprofile der Tagesaufschlüsse mühelos einreihen ließen. Hier konnten vier Abfolgen ausgeschieden werden.

### 1. Hardeggen-Abfolge (smH1)

Mächtigkeiten: 16–25 m

Wegen fehlender Tagesaufschlüsse kann die 1. Abfolge (im weiteren als H1 abgekürzt) zur Zeit nur in Bohrungen ausgeschieden werden. Sie ist als eine nahezu geschlossene Sandsteinserie ausgebildet. In der unteren Hälfte herrschen blaßbraune, orangenstichige Sandsteine vom Typ II der Detfurth-Folge vor. Diese Sandsteine setzen sich aus fein- bis mittelkörnigem Material zusammen, enthalten aber eingestreut oder lagenweise angeordnet auch Grobkörner mit Durchmessern bis max. 1,5 mm. Nur vereinzelt treten Gerölle auf, sie können im Bereich des Blattes Marburg bis 1 cm  $\varnothing$  groß werden (W. ROTH 1964). Im Schwermineralien-Spektrum treten überwiegend Zirkon und Turmalin, untergeordnet auch Rutil und Apatit auf. Die verbreiteten flasrigen Texturen der Sandsteine erinnern an die in der Detfurth-Folge. Im höheren Teil von H1 werden die Sandsteine zunehmend violettstichig. Den oberen Abschluß bilden quarzitisches, violette, zum Teil auch stark flasrige Spuren von Aufarbeitung enthaltene Sandsteine. In der Bg. Gilserberg wurden in diesem Niveau Lebensspuren beobachtet.

### 2. Hardeggen-Abfolge (smH2)

Mächtigkeiten: 17–19 m

In der zweiten Abfolge differenzieren sich die Fazies. Während zwischen Marburg und Kirchhain die Sandfazies vorherrschend bleibt, nimmt sie weiter nach Osten (Bl. Gilserberg) immer mehr Wechselfolgen-Charakter an. Die Sandfazies unterscheidet sich von der ersten Abfolge nur dadurch, daß neben tonflaserigen Gliedern mehr und mehr schräggeschichtete Sandsteine auftreten. Die Farben bleiben blaßbraun, violettstichig, die durchschnittliche maximale Korngröße überschreitet kaum 1 mm. An der Grenze H2/H3 gehen die tonflaserigen Sandsteine, unter gleichzeitiger Vergrößerung des Kornes, in tonarme schräggeschichtete Sandsteine der 3. Abfolge über.

### 3. Hardeggen-Abfolge (smH3)

Mächtigkeit: ca. 25 m

In der dritten Abfolge hat sich der Faziesgegensatz noch verstärkt. Der Marburger Geröllfazies steht eine sandig-tonige Beckenfazies gegenüber. Die Faziesgrenze verläuft E' Kirchhain in ungefähr nord-südlicher Richtung. Erste geröllführende Lagen treten unmittelbar über der Basis von H3 auf, sie häufen sich in dem darüber folgen-

den, ca. 10 m mächtigen Profilabschnitt, der hier als „untere Geröllzone“ bezeichnet werden soll. Die Geröllkomponenten, es sind dies (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit) Quarz, Quarzit und Kieselschiefer, erreichen Korngrößen von maximal 5 cm  $\varnothing$ . Die „untere Geröllzone“ erstreckt sich über die ganze Frankenger Bucht. Sie wird schon von früheren Autoren erwähnt: H. D. LANG 1954 beschreibt eine erste auffällige Geröllführung im Marburger Buntsandstein, die 30 m über der Grenze zum Formsand liegen soll. Auch W. ROTH 1964 und H. GRAUL 1966 beobachteten Gerölle in diesem Niveau. Wahrscheinlich dürften die geröllführenden Sandsteine, die zeitweilig in dem neuen Straßeneinschnitt südlich Cölbe zu sehen waren, zur „unteren Geröllzone“ gehören (von H. G. KUPFAHL 1967 sind sie irrtümlicherweise noch als Basissandstein der Hardeggen-Folge eingestuft worden). Die Grenze H3/H4 wird in der Bohrung Kirchhain unter Berücksichtigung der Korngrößenabnahme an die Oberkante eines markanten Wurmhorizontes gelegt.

#### 4. Hardeggen-Abfolge (smH4)

Mächtigkeit: ca. 50 m

Die vierte Abfolge setzt mit schräggeschichteten mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen ein, in denen wenige Meter über der Basis wiederum Gerölle auftreten. Die Geröllhorizonte nehmen zum Hangenden hin an Zahl und Mächtigkeit zu und schließen mit einer ca. 6 m mächtigen Geröllzone ab, die als „obere Geröllzone“ bezeichnet werden soll. Sie läßt sich in Geländeaufschlüssen und in zahlreichen Bohrungen auf Bl. Kirchhain nachweisen. Die überlagernden Schichten entwickeln sich zu einer Wechselfolge, in die sich nur bei Marburg noch eine letzte, kleinere Geröllschüttung einschleibt. Ihre intensivere rotbraune, violettstichige Tönung und der durchschnittliche höhere Glimmergehalt unterscheidet sie von den Sandsteinen der liegenden Abfolgen. Sie haben große Ähnlichkeit mit Sandsteinen der Solling-Folge, zu denen sie offensichtlich überleiten. In Nordhessen faßt sie D. RAMBOW 1967 zu einer Übergangsfolge (H/S) zusammen. Er will sie von der vierten Abfolge getrennt wissen.

### 3. Stratigraphisch-fazieller Vergleich der Frankenger Bucht mit Nordhessen

#### Detfurth-Folge

Durch den Nachweis der Detfurth-Folge (im Sinne H. BOIGKS) im Gebiet S' des Kellerwaldes ist es möglich geworden, die Profile dieses Raumes an diejenigen Nordhessens anzuschließen. Abb. 3 gibt eine Übersicht über Schichtenfolge und Faziesgliederung in einem Beckenlängsprofil. Wie sich erkennen läßt, ist der Detfurth-Sandstein im ganzen Bereich in ähnlicher Weise entwickelt. Seine Zweiteilung, markiert durch die charakteristischen Zwischenschichten, bleibt über die gesamte Entfernung hin deutlich. Erst in der Detfurth-Wechselfolge machen sich stärkere Faziesunterschiede bemerkbar. Während S' des Kellerwaldes die sandige Fazies beherrschend bleibt, entwickelt sich N' davon eine Wechselfolge. Ihre Hangendpartie läßt sich nach N bis über die Linie Korbach-Kassel verfolgen, wo sie sich mit der Porensandstein-Fazies des Beckentiefsten verzahnt. Im überlagernden Detfurth-

Ton verschwinden die Faziesgegensätze zusehends. Die sandige Fazies bleibt nur im unteren Teil des Detfurth-Tons der Profile um Marburg erhalten und macht im weiteren Sedimentationsverlauf der tonigen Beckenfazies allmählich Platz.

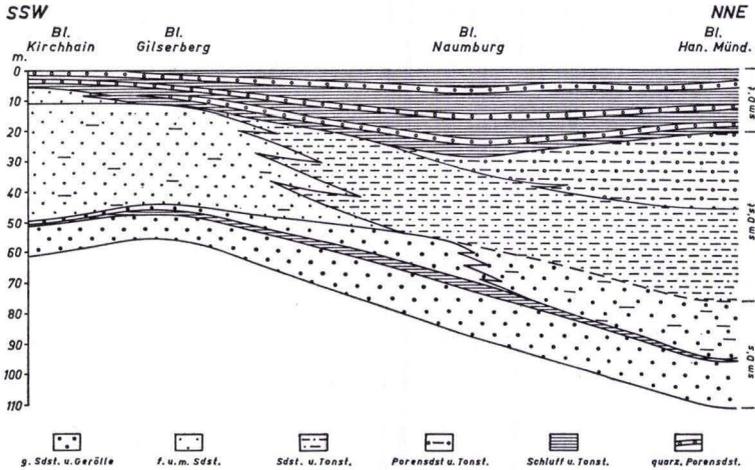


Abb. 3. Der fazielle Aufbau der Detfurth-Folge zwischen der Frankenger Bucht und Nordhessen; schematisch.

### Hardeggen-Folge

In der Hardeggen-Folge haben sich die Faziesgegensätze zwischen der Frankenger Bucht und der nördlichen hessischen Senke wieder verstärkt (Abb. 4). Die erste Abfolge setzt mit einer relativ einheitlichen und sehr mächtigen Grobschüttung ein, die nur im tieferen Teil des Beckens als Wechselfolge entwickelt ist. Im Übergangsbereich Grobsandstein-Wechselfolge der Bohrung Beberbeck (Prof. Nr. XII) soll nach D. RAMBOW 1967 die VZ F. KRÄMERS auftreten. M. HORN 1967 beschreibt sie aus einem entsprechenden Niveau des Naumburger Gebietes und H. KUNZ 1965 glaubt, daß sie über ganz Osthessen verbreitet ist. Diese Auffassung wird aber nicht von allen Autoren geteilt. So konnten weder M. LAEMMLEN 1963, 1967, noch H. G. KUPFAHL 1965, noch R. MOTZKA 1967 eine der KRÄMERSchen VZ ähnliche Bildung in ihrem Kartiergebiet in Osthessen finden. Am Kellerwaldrand (Bl. Borken) und S' des Kellerwaldes konnte sie ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise hat sie nur für den Nordteil der hessischen Senke für das Gebiet der Eichsfeld-Schwelle einen Leitwert. Nimmt man mit H. KUNZ (1965, S. 85) an, daß sie die Aufarbeitungslage einer von Norden her kommenden marinen Ingression repräsentiert, ist eine übergreifende und umfassende Verbreitung auch nicht zu erwarten.

In der zweiten Abfolge bleibt der Schiefergebirgsrand in sandiger Fazies ausgebildet, allerdings rückt der Verzahnungsbereich „Sandfazies-Wechselfolge“ stetig nach S vor und dringt in die Frankenger Bucht ein. Im Beckenzentrum wird, wie schon in der vorhergehenden Abfolge, eine „Weiße Zone“ entwickelt.

Die dritte Abfolge setzt im Raume Marburg mit einer ersten mächtigen Geröllschüttung ein, die aber nicht über den Kellerwald nach Norden oder Osten hinausgeht. Dieser Randfazies entspricht im Becken selbst nur ein geringmächtiger Basis-Sandstein. Dieser wird von einer vollentwickelten Sand- und Tonstein-Wechselfolge überlagert, die zwei „Weiße Zonen“ enthält. Die obere „Weiße Zone“ soll nach Gamma-log-Messungen die höchsten Strahlungsintensitäten aufweisen (D. RAMBOW 1967). Bezeichnenderweise hat H. LUDWIG 1961 (zit. in A. HERRMANN & E. HOF- RICHTER 1963) im selben stratigraphischen Niveau des südniedersächsischen Raumes Uran nachweisen können.

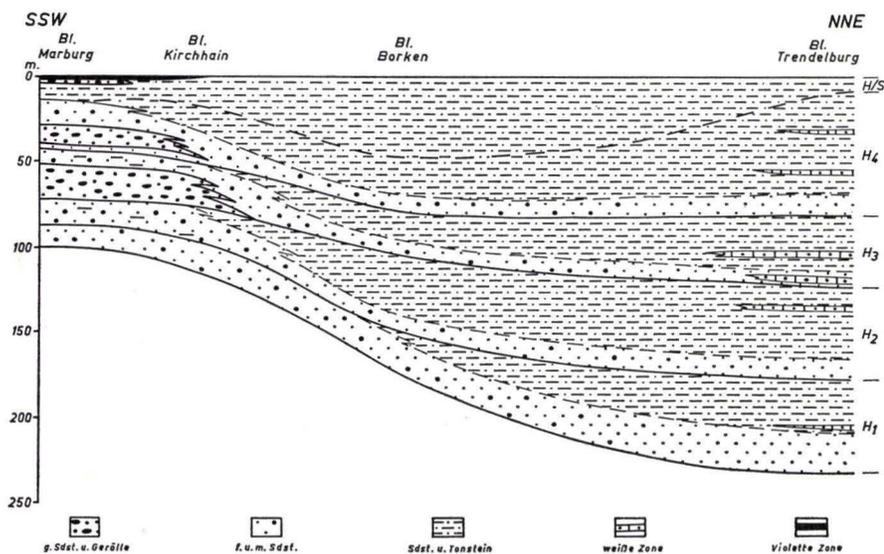


Abb. 4. Der fazielle Aufbau der Hardeggen-Folge zwischen der Frankfurter Bucht und Nordhessen; schematisch.

Die vierte Abfolge ist die mächtigste von allen. Gerölleinschüttungen vom Schiefergebirge her bestimmen die Randfazies. Im Beckenbereich herrscht bereits von den tieferen Partien ab eine Sand- und Tonsteinfazies vor. Sie drängt im weiteren Verlauf der Folge die randliche Sand- und Geröllfazies mehr und mehr zurück, so daß sie schließlich nur noch in lokalen Bereichen auf Bl. Marburg erhalten bleibt. Am Ende der Hardeggen-Zeit bildet sich bei Marburg und Kirchhain eine Gruppe „Violetter Zonen“ aus, die darauf hindeuten, daß hier die Sedimentation zum erstenmal für längere Zeit unterbrochen wird (H. GRAUL, W. HIEKE & S. RITZKOWSKI 1965).

#### 4. Remissionsphotometrische Verfahren

Allerdings bleibt die Aufgliederung der Hardeggen-Folge bei Marburg und ihre Parallelisierung mit Nordhessen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, da hier keine so deutlichen Zyklen mehr ausgebildet sind wie im Becken. Alle herkömm-

lichen Sedimentuntersuchungsmethoden erwiesen sich für stratigraphische Zwecke im Buntsandstein als unbrauchbar. Die Zusammensetzung der Sandsteine ist mehr oder weniger immer die gleiche, die Geröllkomponenten ändern sich nicht in der Vertikalen, sondern nur horizontal im Profil; der Schwermineralgehalt bleibt so gut wie konstant, und die Verteilung der Tonminerale ist vorwiegend milieuhängig.

In letzter Zeit sind nun verschiedene Farbmeßmethoden im Buntsandstein angewandt worden: Die Analyse der Quarzkornfarben wurde erstmalig von W. A. SCHNITZER (1957) und F. KRÄMER (1961) eingesetzt. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, daß sie sehr mühsam und zeitraubend ist. Als Weiterentwicklung dieses Verfahrens kann die Analyse der Quarzkorn-Remissionen und Fluoreszenzen nach H. D. PFLUG (1962, 1963 und 1964) und LIPPOLD (1965, 1966) gelten. In der vorliegenden Untersuchung wurde ein anderes Farbmeßverfahren angewandt, das sich allen anderen Methoden überlegen gezeigt hat. Es betrifft die natürliche Remission der Schichten. Der Remissionsgrad steht mit der Gesteinsfärbung in unmittelbarem gesetzmäßigen Zusammenhang. Bekanntlich hat der kartierende Geologe schon oft versucht, die natürlichen Farben des Buntsandsteins stratigraphisch zu verwerten. Die Versuche litten aber unter dem Nachteil der Subjektivität, die in die Farbbeurteilung des menschlichen Auges einfließt. Diesen Nachteil schließt das lichtelektrische Remissions-Photometer aus.

#### 4.1. Aufbereitung und Messung der Proben

Insgesamt gelangten 660 Proben zur Untersuchung. Sie wurden im Backenbrecher zerkleinert und anschließend in Kunststoff-Schraubverschlüsse von 45 mm  $\varnothing$  und 10 mm Höhe gefüllt. Die Probenoberfläche wurde möglichst glatt gestrichen. Eingesetzt wurde das lichtelektrische Remissions-Photometer (Elrepho) der Fa. C. Zeiss. Es arbeitet mit 7 Filtern, die sich über das gesamte sichtbare Spektrum verteilen. Mit Filter 1 (im Rot 680 nm) und Filter 7 (im Violett 426 nm) wurden in jeder Schicht die höchsten bzw. tiefsten Werte gemessen. Diese Grenzbeträge wurden in den Diagrammen ausgewertet. Die Eichung erfolgte gegen einen MgO-Standard (= 100%). Die Meßgenauigkeit liegt nach Angaben der Fa. Zeiss unter  $\pm 0,1\%$ . Wie Versuche zeigten, kann sich durch den Einfluß unterschiedlicher Korncharakteristiken der Reduzier-Fehler auf 1% und mehr erhöhen. Deswegen wurden alle Proben in einer Scheibenschwing-Mühle auf  $\mu$ -Feinheit (80% unter 36  $\mu$  und 20% unter 63  $\mu$ ) nachgemahlen. Dieses Verfahren hat H. LIPPOLD noch nicht benutzt. Dem Einfluß der unterschiedlichen Korncharakteristiken ist es hauptsächlich zuzuschreiben, daß die LIPPOLDSchen Kurven sich nur zur Parallelisierung über kurze Distanzen (bis etwa 10 km) als brauchbar erweisen.

#### 4.2. Ergebnis der Messungen

Ein weiterer Fortschritt gegenüber der von H. LIPPOLD (1966) geübten Methode betrifft eine neuartige Umrechnungs- und Darstellungsweise der Meßwerte. Die Remissions-Diagramme (Abb. 5) geben nicht die Remissionsgrade wieder, sondern bestimmte aus diesen ermittelte Rechenwerte. Tatsächlich können die Remissionsgrade, wie die Arbeit von LIPPOLD ergeben hat, in einer Schicht bereits über kurze Entfernungen wechseln. Es ist ja auch von Felduntersuchungen her bekannt, daß z. B. die rote Farbe einer Schicht lokal in weiße oder grüne Farbtöne umschlagen kann.

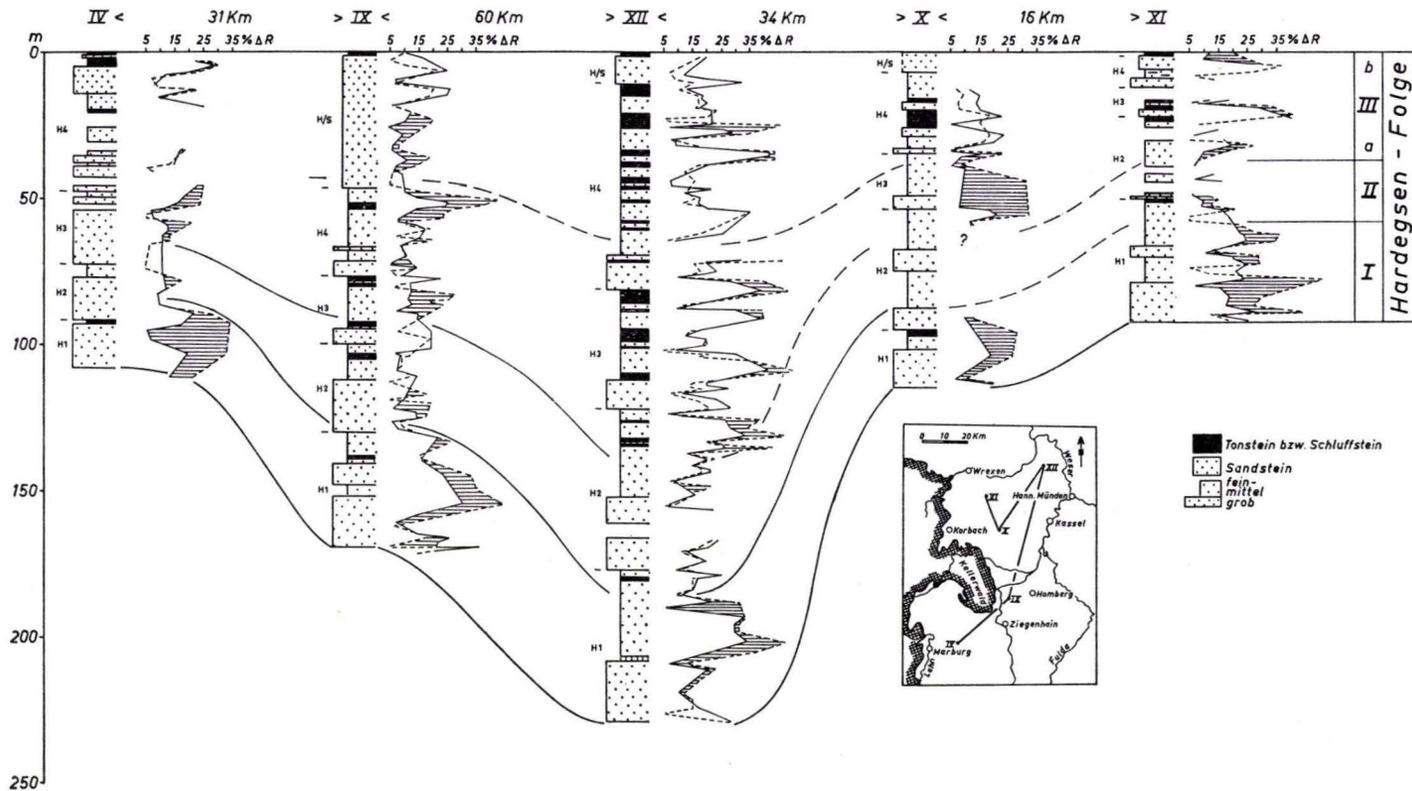


Abb. 5. Darstellung der Farbkontrast-Kurven aufgrund der natürlichen Remission aller untersuchten Gesteinsproben.

Legende: punktiert — Sandsteine,  
 schwarz — Ton- bzw. Schluffsteine.

Die in den Diagrammen der Abb. 5 zugrundeliegenden Zahlen dagegen sind Vergleichswerte, die sich jeweils aus der Differenz der Remissionsgrade einer Schicht und ihrer unmittelbar überlagernden Schicht ergeben. Der neben jeder Schicht aufgetragene Meßpunkt ist also ein Maß für den Farbkontrast zur angrenzenden Hangendschicht. Wie sich zeigt, behalten die Farbkontrast-Kurven über eine große Entfernung hinweg bestimmte Charakteristika. Es scheint nach den Untersuchungsergebnissen so, daß sich in ihnen Merkmale des Absenkungs- und Sedimentationsrhythmus widerspiegeln. Darauf wird unten noch eingegangen. Jedenfalls kann festgestellt werden, daß die Profildiagramme noch korrelierbare Ähnlichkeit behalten, auch wenn sie mehr als 60 km voneinander entfernt liegen, wenn sie gegensätzliche Fazien (z. B. extreme Rand- gegen extreme Beckenfazies) vertreten und wenn sie sich in ihren Mächtigkeiten wie 1 zu 3 unterscheiden.

In allen Profilen läßt sich deutlich ein unterer Abschnitt (I), der durch starke Farbkontraste charakterisiert ist, aushalten. Er geht nach oben in einen Abschnitt (II) geringer Farbkontraste über. Darüber folgt ein dritter Abschnitt (III), in dem kontrastreiche mit kontrastarmen Partien wechseln.

#### 4.3. Stoffliche Träger der Farben im Buntsandstein

Nach Meinung aller Autoren wird die Rotfärbung im Buntsandstein im wesentlichen durch Beimengung von Hämatit verursacht. In den entfärbten Schichten liegt das Eisen-Pigment nicht etwa in reduzierter Form vor, wie oft geglaubt wird, sondern es ist in der Regel herausgelöst (H. J. EICHHOFF & H. E. REINECK 1953).

Eisengehaltsbestimmung an den vorliegenden Profilen bestätigen das. Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, daß die stärksten und lebhaftesten Änderungen der Fe-Gehalte in Beckenprofilen auftreten und dort in Partien typischer Wechselfolgen. Sie korrespondieren außerdem mit Abschnitten hoher Farbkontrast-Werte. Die Durchschnittsbeträge der Eisengehalte streuen bei 0,2% bis 5%, die Maximalbeträge erreichen 11% Gesamt-Eisen (umgerechnet auf  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

T. R. WALKER (1967) konnte am rezenten Beispiel der Sonora-Wüste in Kalifornien nachweisen, daß auch heute noch unter bestimmten Voraussetzungen rotgefärbte Sedimente in situ unter Einfluß ariden Klimas entstehen können. In solchen Fällen haben die Liefergebiete und der Transportweg keine ursächliche Bedeutung für die Rotsediment-Entstehung. In erster Linie bestimmen die lokalen pH- und Redox-Verhältnisse, ob das aus der Verwitterung eisenhaltiger Mineralien freigesetzte Eisen in hämatitischer Form gefällt wird. Natürlich braucht das Eisen nicht unbedingt aus autochthoner Verwitterung zu stammen.

Allerdings wird aktualistischen Beobachtungen zufolge in Flüssen, die roten Detritus vom Festland aufnehmen, der Hämatit im allgemeinen schon nach kurzem Transportweg in braunfärbende Eisen-Hydroxyde verwandelt (F. B. VAN HOUTEN, 1961).

Nimmt man mit C. HINZE (1967) an, daß diese Beobachtungen auch auf die Verhältnisse der Buntsandstein-Zeit zutreffen, so muß auch hier der Hämatit als Produkt frühdiagenetischer Prozesse gelten, bei denen bestimmte pH- und Redox-Verhältnisse eine Rolle spielen. Das Redox-Potential (der Eh-Wert) dürfte den

Haupteinfluß haben. Hohe Eh-Werte zeigen oxidierendes, niedrige Eh-Werte dagegen reduzierendes Milieu an. In aridem Klima kann der Eh-Wert stark erniedrigt sein. Das gilt besonders für stagnierende Gewässer, die sich stark erwärmt haben (W. C. KRUMBEIN & R. M. GARRELS, 1952). Solche Verhältnisse erhöhen die Löslichkeit des Hämatits. Entfärbung des Sediments kann die Folge sein. Die Erniedrigung des Eh-Wertes kann aber auch durch reduzierende Substanzen verursacht sein.

Als charakteristisch für den Buntsandstein scheint die häufige Bindung von Verkieselungs-Erscheinungen an violette, graue und grüne Sedimente zu sein (vgl. „Weiße Zonen“ der Hardeggen-Folge). Möglicherweise hat hier ein saures, sauerstoffarmes Milieu durch Lösung der FeIII-Verbindungen eine z. T. unvollständige bis vollständige Entfärbung verursacht. Eine verstärkte Fällung mobiler Kieselsäure scheint oft mit diesem Vorgang verknüpft zu sein (s. a. H. E. REINECK, 1955).

Violette Farbtöne scheinen ein Stadium unvollkommener Entfärbung zu kennzeichnen. Offenbar waren zwar die Bedingungen für eine Lösung des FeIII gegeben, nur kam es in diesem Falle bloß zu einer Umlagerung und Sammelkristallisation und nicht zu einer Fortführung des FeIII (C. HINZE 1967, S. 659). Zwischen Rotfärbung und vollständiger Entfärbung können somit viele Farbübergänge in der Natur vorkommen. Alle diese Deutungen besagen, daß Färbung und Entfärbung frühdiagenetischen Ursprungs, also nicht etwa erst ein Produkt jüngerer Zeit (z. B. „junger Grundwasserstände“) sind. Es kommen zwar Farbverschiebungen im Bereich einer Schicht vor, doch bleibt von solchen Detail-Abweichungen normalerweise der Farbcharakter der Schichtgruppe unberührt (H. FALKE, 1954). Charakteristische Farbkombinationen lassen sich in Tagesaufschlüssen und Bohrungen oft über Hunderte von Kilometern verfolgen. Ein Musterbeispiel dafür sind die grünen Basistone des Röt (C. HINZE, 1967).

Natürlich gibt es auch Entfärbungen, die nachweisbar jüngeren Datums sind. Solche treten auch im Untersuchungsgebiet auf, sie haben hier vermutlich zwischen Kreide und Alttertiär stattgefunden. Es handelt sich um Bleichungen durch Oberflächenverwitterung. Sie sind von begrenztem Ausmaß und verstreutem Vorkommen und scheinen Reste jüngerer Landoberflächen zu markieren. Andere jüngere Bleichungen sind an große Störungszonen mit zirkulierenden kohlesäurehaltigen Wässern gebunden (B. HÖLTING & W. STENDEL-RUTKOWSKI, 1964).

#### 4.4. Deutung der Farbkontrast-Kurven

In dem Kapitel über die Rotfärbung von Sedimenten ist den Vorgängen bei der Bildung und Lösung des färbenden Pigments, des Hämatits, nachgegangen worden. Die Farbkontrast-Kurven müssen danach in erster Linie von Vorgängen synsedimentärer und frühdiagenetischer Zeit geprägt worden sein, Vorgänge, die von Veränderungen im Ablagerungsmilieu (gekennzeichnet durch pH- und Eh-Wert) bestimmt werden. Erstaunlich ist, daß die Farbkontrast-Kurven der Abb. 5 nach Aufbau und Gliederung viel Übereinstimmung zeigen, obwohl die Profile doch beträchtlich voneinander entfernt liegen und sich auch in ihrer paläogeographischen Position (Rand- und Beckenlage) und in ihren Mächtigkeiten sehr unterscheiden. Die Entwicklung der Farbcharakteristiken in den Schichtfolgen unterliegt offenbar überregionalen

Gesetzen. Nimmt man die im vorhergehenden Kapitel ausgesprochenen Überlegungen als gegeben an, wonach das Stabilitätsverhalten von Hämatit unter aridem bis semiaridem Klima vorwiegend durch unterschiedliche Wasserstände, durch Wechsel von Überflutungen und Trockenlegungen, durch marine Ingressionen und Regressionen beeinflusst worden ist, so möchte man folgern, daß es in erster Linie der Absenkungs-Rhythmus des Beckenuntergrundes ist, der sich in den Farbkontrastkurven widerspiegelt. Die Ähnlichkeit der Kurvenbilder deutet darauf hin, daß der Senkungsuntergrund reliefarm und die Senkungsbewegung weitgespannt und überregional gleichartig waren.

Die in den Farbkontrast-Kurven unterscheidbaren Abschnitte lassen sich danach folgendermaßen deuten: Der Abschnitt I, der sich übrigens im großen und ganzen mit der ersten Hardegsen-Abfolge deckt, ist in allen Meßkurven charakteristisch ausgeprägt. Seine (in allen Profilen auftretenden) hohen Maxima indizieren eine Zeit lebhafter Oszillationen, die gleichmäßig den gesamten Beckenbereich erfaßt haben dürften. Demgegenüber muß der Abschnitt II als eine Phase relativer Ruhe gedeutet werden. Im Abschnitt III scheinen die Bewegungen wieder lebhafter zu werden, unterliegen aber einem in den einzelnen Beckenteilen unterschiedlichen individuellen Rhythmus. Interessanterweise lassen sich im Abschnitt III die Farbkontrast-Kurven solcher Profile am besten miteinander vergleichen, die sich auf der Beckenachse oder auf einer topographischen Linie der Beckenflanke reihen.

### 5. Paläogeographische Folgerungen

Für die nördliche hessische Senke und den südniedersächsischen Raum hat als erster A. HERRMANN (1962) eine zusammenfassende Darstellung über die Mächtigkeiten der vier Folgen des Mittleren Buntsandsteins gegeben. Im folgenden soll eine entsprechende Rekonstruktion für den südlichen Anschluß gesucht werden. Für eine detaillierte Synthese reicht allerdings die Zahl der Profilpunkte bei weitem nicht aus, aber einige Grundzüge der Paläogeographie scheinen sich abzuzeichnen.

Die Anlage des Beckens geht auf das Perm zurück. Im Unteren Buntsandstein war die hessische Senke durch die Rheinische Masse im Westen und die Hunsrück-Oberharz-Schwelle im Osten begrenzt. Letztere bildete den Westrand des Fulda-Werra-Beckens, das im Südosten durch die Spessart-Schwelle vom süddeutschen Raum getrennt war (J. KULICK, 1966; G. DIEDERICH, 1966). Aber bereits im höheren Teil des Unteren Buntsandsteins (Waldeck/Salmünster-Folge) tritt die Hunsrück-Oberharz-Schwelle als Relief-Element zurück. Zur gleichen Zeit verschwindet auch im Westen die Kellerwald-Schwelle (J. KULICK, 1966). In der Folgezeit legt sich ein sehr einheitliches und flaches Becken an, das sich etwa zwischen der Rheinischen Masse einerseits und der Spessart-Schwelle andererseits erstreckt. Diese Situation war noch zur Zeit der Detfurth-Folge bestimmend (Abb. 6). Isopachen, die in weiten offenen Krümmungsbogen verlaufen und in großen Abständen zueinander geordnet sind, scheinen für das Relief der Detfurth-Folge charakteristisch zu sein. Die stärkste Absenkung zeigt, wie in der vorausgehenden Zeit, das Gebiet im Norden (A. HERRMANN, 1962), wobei die Beckenachse offensichtlich der rheinischen Richtung folgt. Mit Annäherung an das Schiefergebirge nimmt die Mächtigkeit kontinuierlich ab.

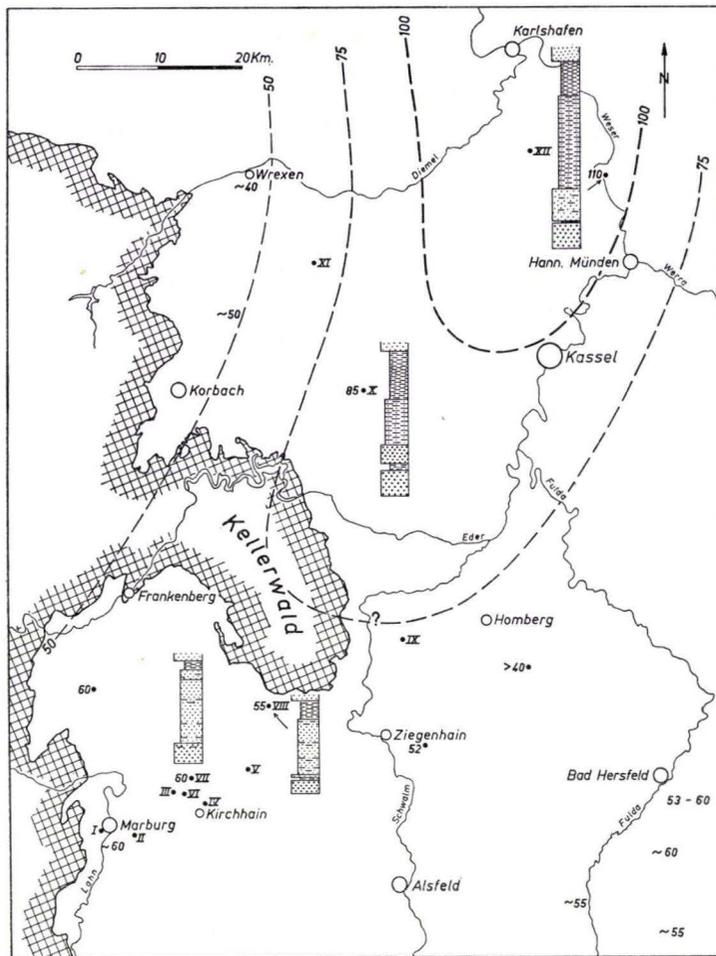


Abb. 6. Mächtigkeitsverteilung der Detfurth-Folge zwischen der Franckenberger Bucht und Nordhessen (Angaben in Meter).

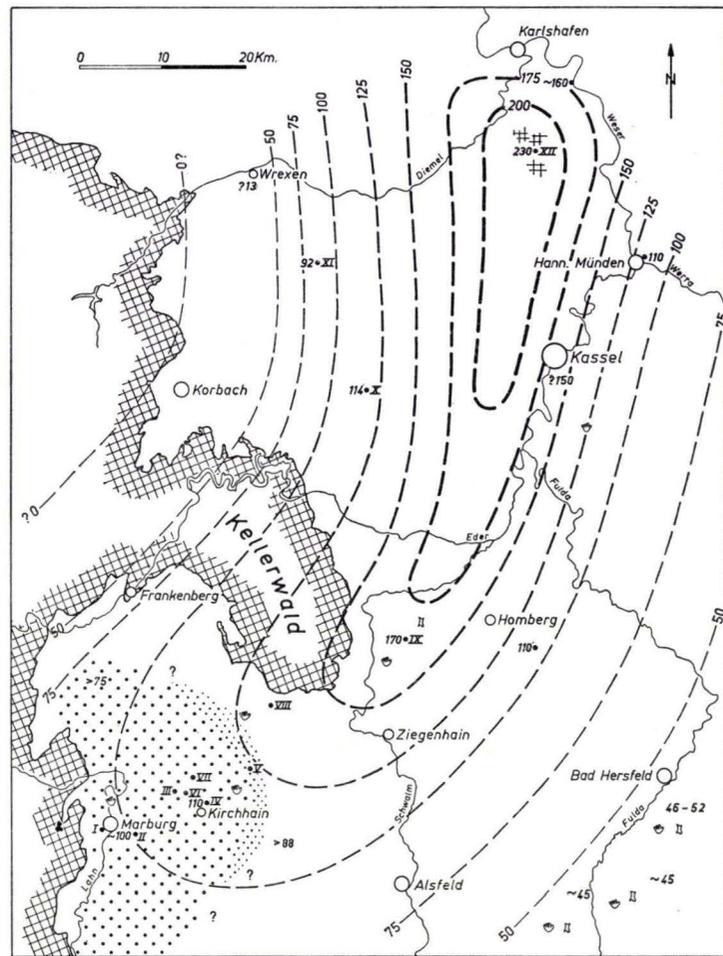


Abb. 7. Mächtigkeitsverteilung der Hardegsen-Folge zwischen der Franckenberger Bucht und Nordhessen (Angaben in Meter).

Legende: punktiert — Marburger Geröllfächer,  
 Schraffur — „Weiße Zonen“ in Bohrung XII.

Sie bleibt aber in der Frankenerger Bucht etwas größer als im Bereich des südlichen Kellerwaldes und dessen südöstlichem Anschlußgebiet. Allerdings läßt sich aus den Fazies-Studien des vorliegenden Materials nicht entscheiden, ob dieses Gebiet als Schwellenbereich entwickelt war. Östlich des Kellerwaldes, im Hersfelder Gebiet, steigen die Mächtigkeiten jedenfalls geringfügig an.

Im Laufe der Hardeggen-Folge verstärkt sich das Relief der hessischen Senke. Im Norden, dem sogenannten Kasseler Loch (A. HERRMANN, 1962), senkt sie sich am stärksten ab. Sie nimmt dort über 200 m Sedimente auf (Abb. 7). Dieser tiefste Beckenteil wird bezeichnenderweise in rheinischer Richtung angelegt. Nach Süden hebt sich die Beckenachse allmählich heraus, sie schwenkt östlich des Kellerwaldes in die varistische Richtung ein. Es ist möglich, daß diese Umbiegung der Beckenachse durch schwache Hebungsprozesse verursacht worden ist, die ein Teilgebiet des Rheinischen Schiefergebirges betroffen haben. Solche Bewegungen scheinen sich besonders im Gebiet nordwestlich des heutigen Kellerwaldes abgespielt zu haben. Hierdurch

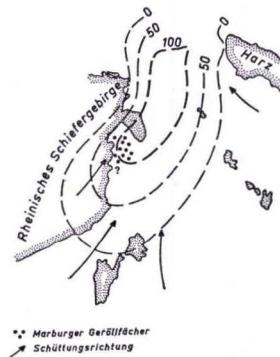


Abb. 8. Mächtigkeitsverteilung der Hardeggen-Folge zwischen Rheinischem Schiefergebirge, Harz und Thüringer Wald. Umgeändert nach F. KRÄMER & H. KUNZ 1968.

scheinen im Korbach-Wrexener Raum Mächtigkeit und Fazies der Hardeggen-Folge beeinflußt worden zu sein. Möglicherweise sind die varistisch orientierten Elemente im Becken auch von der am Südostrand gelegenen Spessart-Schwelle beeinflußt. Jedenfalls scheint im Verlauf der höheren Hardeggen-Folge die Rheinische Masse kräftig herausgehoben worden zu sein, denn von dort wurde der grobe Schutt des Marburger Geröllfächers angeliefert.

Die Profil-Aufnahmen haben (im Gegensatz zur Auffassung F. KRÄMER & H. KUNZ, 1968) ergeben, daß in der Frankenerger Bucht zu dieser Zeit erhebliche Sedimentmengen abgelagert worden sein müssen. Fraglich ist auch, ob, wie H. KUNZ (1965, 1968) glaubt, die Hunsrück-Oberharz-Schwelle während dieser Zeit einen Einfluß gehabt hat. So abrupte Mächtigkeitsverringerungen, wie sie nach H. KUNZ (1965, S. 97) dort in den Schwellenrandgebieten auftreten sollen, lassen sich nicht nachweisen. Die Profile deuten eher auf eine kontinuierliche Mächtigkeitsabnahme in Richtung auf die Spessart-Schwelle hin, deren Einfluß während der gesamten Buntsandstein-Zeit bedeutsam war (Abb. 8).

Am Ende der Hardegsen-Zeit muß sich der Sedimentationsraum stark eingengt haben, denn vielerorts ist es damals zu Sedimentationsunterbrechungen und Erosionen gekommen. Das Erosionsrelief wurde später wieder von den Geröllsandsteinen der Solling-Folge eingeebnet. Der Erosions-Hiatus ist in Süddeutschland und auch im Bereich der Rheinischen Masse durch deutliche Verwitterungs- und Bodenhorizonte markiert.

## 6. Zusammenfassung

Gegenstand der Untersuchung ist der höhere Teil des Mittleren Buntsandsteins der Frankenger Bucht. Die Profile sollten gegliedert und an die entsprechende Schichtfolge Nordhessens angeschlossen werden. Aufschlüsse und Bohrkerne wurden einer stratigraphisch-faziellen Analyse unterzogen, sedimentpetrographische Untersuchungen schlossen sich an. Die Ergebnisse zeigen, daß die Formsand- und Marburg-Folge des Frankenger Raumes der Detfurth- und Hardegsen-Folge Nordhessens entsprechen dürften. Die Detfurth-Folge der Frankenger Bucht unterteilt sich in Detfurth-Sandstein, Detfurth-Wechselfolge und Detfurth-Ton. In der Hardegsen-Folge der Frankenger Bucht lassen sich, wie in Nordhessen, vier Abfolgen (Unterzyklen) unterscheiden. In der Frankenger Bucht ist aber fast die gesamte Hardegsen-Folge in sandiger Randfazies vertreten. In ihrem höheren Teil können zwei Geröllzonen lokalisiert werden, ihre Verbreitung wurde kartiert. Ein stratigraphisch-fazieller Vergleich der Frankenger Bucht mit Nordhessen zeigte, daß beide Räume einen geschlossenen Sedimentationsraum bilden, der prinzipiell gleichartigen Sedimentationsrhythmen unterliegt. Allerdings läßt der Korrelierungsversuch einige Fragen offen. So lassen die großen Faziesunterschiede, die in der Hardegsen-Folge zwischen beiden Bildungsräumen bestehen, eine Korrelierung der entsprechenden Zyklen nicht mit Sicherheit zu. Solchen offengebliebenen Fragen wurde mit herkömmlichen und neuen Sedimentuntersuchungsmethoden nachgegangen.

Die Schwermineraluntersuchungen haben keine feinstratigraphisch auswertbaren Merkmale ergeben. In allen Profilen überwiegt die aus Zirkon, Turmalin und Rutil zusammengesetzte stabile Gruppe. Apatit tritt in wechselnden Mengen auf, Granat kommt nur verstreut vor. Insgesamt unterscheidet sich die Schwermineral-Zusammensetzung der Frankenger Bucht nicht von der Nordhessens.

Die Messung der natürlichen Gesteins-Remission hat sich als das einfachste und beste Verfahren erwiesen, um Faziesbereiche des Buntsandsteins über große Entfernungen stratigraphisch miteinander zu korrelieren. Allerdings waren methodische Verbesserungen der bisher geübten Technik notwendig. Die Kurven sind nicht wie in den früheren Arbeiten von H. D. PFLUG und H. LIPPOLD aus den Remissionsgraden zusammengestellt, sondern aus sogenannten „Farbkontrast-Werten“ abgeleitet. Diese errechnen sich jeweils aus der Differenz der Remissions-Grade zweier benachbarter Schichten. In allen Farbkontrast-Kurven, auch wenn die Profile mehr als 60 km voneinander entfernt liegen, lassen sich deutlich drei stratigraphisch äquivalente Abschnitte unterscheiden.

Die naßchemischen Eisengehaltsbestimmungen bestätigen die Vermutung, daß die Farbkontraste in erster Linie von Unterschieden im Eisengehalt verursacht sind. Das Eisen, das im Buntsandstein wohl hauptsächlich in hämatitischer Bindung vor-

liegt, scheint schon in einer synsedimentären bis frühdiaenetischen Phase im Sediment festgelegt worden zu sein. Die Farbkontraste leiten sich also von bestimmten Veränderungen im Ablagerungsmilieu ab. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß solche Veränderungen vom Absenkungsrhythmus des Bildungsraumes gesteuert werden. Die in den Profilen unterschiedlichen drei Hauptabschnitte der Farbkontrast-Kurven scheinen einen Wechsel von Bewegungs- und relativen Ruhephasen widerzuspiegeln.

Aufgrund der Mächtigkeitsverteilungen in den einzelnen Folgen können die Bewegungsabläufe, die im Becken stattgefunden haben, genau datiert werden. Danach treten die stärksten Bewegungen in der Hardeggen-Folge auf. Im Becken machen sich varistische und rheinische Elemente bemerkbar.

#### Schriftenverzeichnis

- BACKHAUS, E., LOHMANN, H. & REGENHARDT, E.: Der Mittlere Buntsandstein im Reinhardswald (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 192—201, 2 Abb., Wiesbaden 1958.
- BOIGK, H.: Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover. — Geol. Jb., **72**, S. 325—340, 3 Abb., 1 Tab., Hannover 1956.
- DIEDERICH, G.: Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, S. 132—157, 8 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1966.
- EICHHOFF, H. J. & REINECK, H. E.: Sekundäre Verfärbungen durch Herauslösen von Hämatit aus Gesteinen. — N. Jb. Min., Mh., **11/12** (1952), S. 315—324, Stuttgart 1953.
- FALKE, H.: Leithorizonte, Leitfolgen und Leitgruppen im Pfälzischen Unterrotliegenden. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **99**, 3, S. 298—360, 2 Abb., 2 Tab., 1 Prof., Stuttgart 1954.
- GRAUL, H.: Stratigraphie und Tektonik des Buntsandsteingebietes nördlich von Kirchhain. Unveröff. Dipl.-Arbeit, 69 S., 20 Abb., 1 Taf., Marburg 1966.
- Zur Stratigraphie des höheren Buntsandsteins bei Kirchhain am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — Geologica et Paläontologica, **1**, S. 49—56, 3 Abb., 1 Tab., Marburg 1967.
- HIEKE, W. & RITZKOWSKI, S.: Der „Niederhessische Chirotherien-Sandstein“ im Westteil der Hessischen Senke und die sog. „Rötélzone“ bei Marburg/Lahn (Buntsandstein, nördliches Hessen). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **6**, S. 321—333, 7 Abb., Stuttgart 1965.
- HERRMANN, A.: Epirogene Bewegungen im germanischen Buntsandsteinbecken und deren Bedeutung für lithostratigraphische Parallelisierungen zwischen Nord- und Süddeutschland. — Geol. Jb., **81**, S. 11—72, 13 Abb., 3 Taf., 2 Tab., Hannover 1962.
- & HOFRICHTER, E.: Die Hardeggen-Folge (Abfolgen 1—4) des Mittleren Buntsandsteins in der nördlichen Hessischen Senke. — Geol. Jb., **80**, S. 561—652, 8 Abb., 6 Taf., 1 Tab., Hannover 1963.
- HINZE, C.: Der Obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland. — Geol. Jb., **84**, S. 637—716, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover 1967.
- HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **47**, 37 S., 2 Taf., Wiesbaden 1964.
- HORN, M.: Detfurth- und Hardeggen-Folge am Naumburger Graben (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 64—75, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1967.
- KRÄMER, F.: Sediment-Untersuchungen im Mittleren Buntsandstein (sm) Süd-Niedersachsens. Inaug. Diss., 181 S., 27 Abb., 15 Tab., 7 Taf., 4 Ktn., Frankfurt a. M. 1961.

- KRÄMER, F. & KUNZ, H.: Zur Sedimentation des höheren Buntsandsteins in Osthessen und Südniedersachsen. — *Oberrhein. geol. Abh.*, **17**, 2, S. 193—216, 5 Abb., 1 Tab., Karlsruhe 1968.
- KRUMBEIN, W. C. & GARRELS, R. M.: Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potentials. — *J. Geol.*, **60**, no. 1, S. 1—33, 8 Fig., Chicago 1952.
- KULICK, J.: Die Gliederung des Unteren Buntsandsteins und der Volpriehausen-Folge des Mittleren Buntsandsteins in Waldeck (Nordhessen). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **89**, S. 276—309, 8 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1961.
- Der Untere Buntsandstein am Südrande des Kellerwaldes (Nordhessen). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **94**, S. 182—200, 1 Abb., 3 Taf., Wiesbaden 1966.
- KUNZ, H.: Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im höheren Buntsandstein Osthessens. Inaug. Diss., 233 S., 13 Abb., 20 Taf., 4 Tab., Frankfurt a. M. 1965.
- KUPFAHL, H. G.: Der Buntsandstein auf Blatt Schlitz in Hessen mit besonderer Berücksichtigung des Fährtsandsteins. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **89**, S. 266 bis 275, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1961.
- Zur Grenze zwischen Detfurth-Folge und Hardeggen-Folge des Mittleren Buntsandsteins nördlich Marburg a. d. Lahn. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**, S. 235—238, 1 Abb., Wiesbaden 1967.
- KUTSCHER, F.: Zur Stratigraphie und Nomenklatur des Mittleren Buntsandsteins in Hessen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **88**, S. 243—245, Wiesbaden 1960.
- LAEMMLEN, M.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5223 Queck, 327 S., 21 Abb., 7 Tab., 13 Diagr., 22 Textprof., 18 Taf., Wiesbaden 1963.
- 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 1967.
- LANG, H. D.: Der Mittlere Buntsandstein der Lahnberge bei Marburg. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **87**, S. 328—332, Wiesbaden 1959.
- LIPPOLD, H.: Stratigraphie und Fazies der Sandsteine in der oberen Solling-Folge des Buntsandsteins im Gebiet von Süd-Niedersachsen und Nordhessen. Inaug. Diss., 55 S., 17 Abb., 9 Tab., Gießen 1966.
- MOTZKA, R. & LAEMMLEN, M.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5224 Eiterfeld, 213 S., 20 Abb., 7 Tab., 5 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1967.
- ORTLAM, D.: Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des Höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. — *Geol. Jb.*, **84**, S. 485 bis 590, 28 Abb., 4 Tab., 5 Taf., Hannover 1967.
- PFLUG, H. D.: Feinstratigraphie und Reaktionsanalyse im Kulm und Devon des Enkenberges (Blatt Madfeld, Ostsauerland). — *Z. angew. Geol.*, **8**, 6, S. 290—301, 6 Abb., 2 Tab., Berlin 1962.
- RAMBOW, D.: Die Hardeggen-Folge (Buntsandstein) in den Bohrungen Beberbeck und Haarhausen (Hessen). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**, S. 76—82, 1 Taf., Wiesbaden 1967.
- REINECK, H. E.: Zur Petrogenese der Waderner Schichten am N'-Flügel der Nahemulde (D 77). — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **100**, 3, S. 289—323, 1 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Stuttgart 1955.
- ROTH, W.: Die Geologie des Marburger Rückens. Unveröff. Dipl.-Arbeit, 49 S., 20 Abb., 1 Kte., Marburg 1964.
- SCHNITZER, W. A.: Die Quarzkornfarbe als Hilfsmittel für die stratigraphische und paläogeographische Erforschung sandiger Sedimente. — *Erlang. geol. Abh.*, **23**, 13 S., 4 Abb., Erlangen 1957.
- VAN HOUTEN, F. B.: Climatic significance of red beds. In A. E. NAIRN: *Descriptive Palaeoclimatology*, S. 89—139, Interscience Publishers, New York 1961.
- WALKER, T. R.: Formation of red beds in modern and ancient deserts. — *Bull. Geol. Soc. Am.*, **78**, no. 3, S. 353—368, 5 Fig., 2 Taf., March 1967.

# Ceratiten und Ceratiten-Stratigraphie

Von

ERWIN BUSSE, Kassel

Mit 2 Tabellen

Kurzfassung: Aus der in den letzten zwei Jahrzehnten erschienenen Literatur zum Thema „Ceratiten und Ceratiten-Stratigraphie“ werden einige Feststellungen und Schlußfolgerungen der Autoren nach dem Schrifttum — und aus eigenen Erfahrungen des Verfassers in Niederhessen — kritisch erörtert.

## Inhalt

1.	Einleitung . . . . .	113
2.	Gliederungsarten . . . . .	116
2.1.	Gliederung nach Ceratiten . . . . .	116
2.2.	Gliederung nach Conodonten . . . . .	117
3.	Zonengliederung . . . . .	118
3.1.	Untere Ceratiten-Schichten . . . . .	118
3.1.1.	Die <i>atavus-pulcher</i> -Zonen . . . . .	119
3.1.1.1.	<i>Ceratites lucifer</i> ROTHE . . . . .	121
3.1.1.2.	Ceratiten aus Sammlung MASCKE, Schlußfolgerung . . . . .	123
3.1.1.3.	Übergangsformen . . . . .	125
3.1.2.	Die Ceratiten der <i>atavus-pulcher</i> -Zone . . . . .	125
3.1.2.1.	<i>Ceratites atavus</i> PHILIPPI s. l. . . . .	126
3.1.2.2.	<i>Ceratites flexuosus</i> PHILIPPI . . . . .	127
3.1.2.3.	<i>Ceratites pulcher</i> RIEDEL . . . . .	127
3.1.3.	Die <i>robustus</i> -Zone mit „Übergangsfeld“ zur <i>compressus</i> -Zone . . . . .	128
3.1.4.	Die Ceratiten der <i>robustus</i> -Zone . . . . .	129
3.1.4.1.	<i>Ceratites robustus</i> RIEDEL . . . . .	129
3.1.4.2.	<i>Ceratites raricostatus</i> RIEDEL . . . . .	130
3.1.4.3.	<i>Ceratites distractus</i> WENGER . . . . .	131
3.1.4.4.	<i>Ceratites robustus?</i> <i>transgressor</i> WENGER und <i>Ceratites robustus?</i> <i>rarinodosus</i> RIEDEL . . . . .	132
3.2.	Mittlere Ceratiten-Schichten . . . . .	132
3.2.1.	Die <i>compressus</i> - und die <i>evolutus</i> -Zone . . . . .	133
3.2.1.1.	Zum Eisenberg-Profil . . . . .	133
3.2.2.	Die <i>spinosus</i> -Zone . . . . .	134

3.2.3.	Die Ceratiten der <i>compressus-evolutus-spinosus</i> -Zonen . . . . .	134
3.2.3.1.	<i>Ceratites armatus</i> PHILIPPI s. l. . . . .	134
3.2.3.2.	<i>Ceratites evolutus</i> PHILIPPI und <i>Ceratites spinosus</i> PHILIPPI . . . . .	134
3.2.3.3.	<i>Ceratites riedeli</i> STOLLEY, <i>Ceratites münsteri</i> PHILIPPI, <i>Ceratites humilis</i> PHILIPPI, <i>Ceratites „armatus“ exiguus</i> WENGER, <i>Ceratites „armatus“ perkeo</i> WENGER. . . . .	137
3.3.	Obere Ceratiten-Schichten . . . . .	137
3.3.1.	Die Ceratiten der Oberen Ceratiten-Schichten . . . . .	141
3.3.1.1.	<i>Ceratites hercynus</i> RIEDEL . . . . .	141
3.3.1.2.	<i>Ceratites similis</i> RIEDEL . . . . .	142
3.3.1.3.	<i>Ceratites nodosus</i> BRUGUIÈRE s. l. . . . .	142
4.	Zusammenfassung . . . . .	143
	Schriftenverzeichnis . . . . .	144

## I. Einleitung

Seit der grundlegenden Arbeit E. PHILIPPIS (1901) sowie den Untersuchungen von A. RIEDEL (1916) und E. STOLLEY (1916) bis zu der Abhandlung von R. WENGER (1957) ist die Wichtigkeit der Ceratiten für die Stratigraphie des germanischen Oberen (Haupt-) Muschelkalks in steigendem Maße erkannt worden. Hierzu einige Zitate:

H. PENNDORF (1951, S. 17):

„Das wichtigste Ergebnis aller bisherigen Untersuchungen im gesamten germanischen Oberen Muschelkalk ist die Feststellung der gleichen Ceratiten-Folge in allen Teilgebieten.“

H. W. ROTHE (1955, S. 308):

„Eine Feinstratigraphie der Ceratiten-Schichten ist nur auf Grund der Ceratiten möglich.“

H. WEBER (1955, S. 109):

„. . . Ammonitengattung *Ceratites* . . . Früher wurde ihr stratigraphischer Wert gering geachtet. Es hat sich jedoch gezeigt, daß eine brauchbare Gliederung allein auf ihnen aufzubauen ist.“

R. WENGER (1957, S. 98):

„Über große Entfernungen hinweg ist die Entwicklung der Ceratiten vorläufig fraglos das einzige prinzipiell brauchbare Mittel des Schichtvergleichs.“

O. LINCK (1965, S. 125):

„Für die biostratigraphische Gesamtgliederung des germanischen Oberen Muschelkalks können nur die nektonischen Ceratiten herangezogen werden.“

An diesem allgemeinen Forschungsergebnis dürfte wohl nichts mehr zu ändern sein. Lediglich H. PENNDORF (1951, S. 17) und R. WENGER (1957, S. 98, 99) bringen kleine Einschränkungen.

Nicht in jeder Fazies des Oberen Muschelkalks kommen Ceratiten vor. Deshalb ist regional in Südwestdeutschland mit Erfolg eine „Bankverfolgungs-Stratigraphie“ durchgeführt worden, die unabhängig vom Vorkommen oder Fehlen von Ceratiten recht brauchbare Ergebnisse geliefert hat. Dazu schreibt J. P. GROETZNER (1962, S. 5):

„Seit KLEINSORGE ist man aber besonders in Südwestdeutschland (PAUL, A. VOLL-RATH, WIRTH) durch detaillierte Profilaufnahmen in Verbindung mit der Bank-für-Bank-Verfolgung zu einer sehr genauen, kombiniert litho-ökostratigraphischen Feingliederung und entsprechenden paläogeographischen Vorstellungen gelangt.“

Leider läßt sich diese erfolgreiche Methode nicht überall in Nord- und Mitteldeutschland, besonders nicht im Meißnergebiet Niederhessens durchführen. Auch hierzu soll GROETZNER (1962, S. 57), sein Arbeitsgebiet Hildesheim–Helmstedt–Goslar–Holzminden betreffend, zitiert werden:

„Tatsache ist, daß wegen des Fehlens leicht erkennbarer, durch Brachiopoden oder Bivalven gekennzeichneter Leithorizonte eine den süddeutschen Verhältnissen gleichwertige Bank-für-Bank-Stratigraphie kaum zu erstellen sein wird. Mit Hilfe detailliert aufgenommenener und durch Ceratiten belegter Profile wird man aber auch hier zu einer genaueren Kenntnis des lithologischen Aufbaus und seiner Zusammenhänge mit der unentbehrlichen Ceratitenzonengliederung kommen und schließlich einige lithologisch auffällige Horizonte auch ohne die spärlichen Ceratiten stratigraphisch einstufen können.“

Diese Feststellungen GROETZNERS treffen auch für Niederhessen zu, besonders für dessen östlichen Teil, das Meißnergebiet. Zwar kann man auch hier Zusammenhänge mit der südwestdeutschen Bankverfolgung vermuten. So könnte die oberste Kalksteinbank der *compressus*-Zone im Eisenberg-Profil (BUSSE 1954, S. 154, Schicht 26 oben) stratigraphisch durchaus der *Spiriferina*-Bank in Süddeutschland entsprechen, wenn auch *Spiriferina fragilis* v. SCHLOTH. und *Encrinurus*-Stielglieder hier bisher nicht gefunden wurden. Aber hier wie dort kennzeichnen beide Bänke etwa die Grenze *compressus*-/*evolutus*-Zone. Darüber folgen im Eisenberg-Profil (BUSSE 1954, S. 154, 155, Schichten 27–30) überwiegend tonig-dünnschichtige Sedimente, die mit Ton alpha (WENGER 1957, S. 101) identisch sein könnten. *Pecten (Entolium) subtilis* A. VOLLRATH, von dem Autor der Art als bezeichnend für die Grenze Ton alpha/beta angesehen, kommt allerdings am Meißner auch in tieferen und höheren Lagen vor, so z. B. in der *compressus*-Zone zusammen mit *Entolium discites* v. SCHLOTH., kann also hier nicht als „Leitfossil“ angesehen werden (*Entolium subtilis* verhält sich zu *Entolium discites* im Oberen Muschelkalk wie *Entolium liscaviensis* GIEBEL zu *Entolium discites* v. SCHLOTH. im Unteren Muschelkalk). Dagegen könnten die „*enodis*-Platten“ (BUSSE 1954, S. 152–157, Schicht-Nr. 44) wieder trotz des Fehlens von *Coenothyris cycloides* ZENKER, aber auf Grund ihrer Ceratitenführung, der *cycloides*-Bank Süddeutschlands gleichgestellt werden.

Im Meißnergebiet i. w. S. liegen über dem Haupttrochitenkalk (mol) die Ceratiten-Schichten vollständig von der *atavus*-Zone bis zum letzten Abschluß überhaupt (*Ceratites semipartitus* MONTFORT) in Beckenfazies vor. Die Ceratiten werden deshalb hier die wesentliche Grundlage der stratigraphischen Gliederung bleiben. Die teilweisen faziellen Anklänge in beiden Gebieten sind sicher kein Zufall. Verf. hat bereits früher die Vermutung ausgesprochen, daß von Südwestdeutschland aus über das Würzburger Becken eine Senkungszone etwa in SSW–NNE- (rheinischer) Richtung über das Meißnergebiet, an Göttingen vorbei und über Elm und Asse (Braunschweig) verlief, wo RIEDEL (1916) auch zuerst die stratigraphisch ältesten Ceratiten Norddeutschlands fand und beschrieb.

Anklänge an die südwestdeutsche Untergliederung (Bankverfolgung) sind also im Meißnergebiet durchaus zu erwarten.

Größere Unterschiede beobachten wir gegenüber Südwestdeutschland besonders im tieferen Teil des Oberen (Haupt-) Muschelkalks. Dort sind in diesem Teil (mol

Süddeutschlands = von der Oberkante des Mittleren Muschelkalks bis zur *Spiriferina*-Bank/*compressus*-Zone) im allgemeinen nur einige an Trochiten reiche Bänke vorhanden. In Nord- und Mitteldeutschland aber fällt der meist geschlossen auftretende Haupttrochitenkalk (mol) durch seine Mächtigkeit (im Meißnergebiet ca. 12 m, BUSSE 1952, S. 134) besonders auf. Dazu H. PENNDORF (1951, S. 17):

„In Niederhessen läßt sich die Zweiteilung des Oberen Muschelkalkes in Trochitenkalk und Ceratiten-Schichten überall durchführen. Die 8–10 m mächtigen Trochitenkalkbänke sind das Ergebnis der Zusammenschwemmung der Stielglieder in Küstennähe oder ihre Ansammlung zu dicken Bänken in sinkenden Räumen des Küstenwassers (HERM. SCHMIDT 1944). Für Niederhessen kommt wohl die letztere Bildungsweise in Betracht. . . . Diese Sedimentation in einem sinkenden Raume ist vom Meißner-Gebiet aus nach S bis Spangenberg und nach N über Eichenberg nach Göttingen zu verfolgen.“

Im Meißnergebiet ist auch schon die *robustus*-Zone überwiegend tonig-mergelig ausgebildet (BUSSE 1954, S. 154–159), während in Südwestdeutschland der erste Tonhorizont (alpha) erst in der *evolutus*-Zone auftritt (WENGER 1957, S. 101).

Das erste Vorkommen von Ceratiten liegt in Südwestdeutschland nur 5–7 m über dem Mittleren Muschelkalk (WENGER 1957, S. 100; GEISLER 1938, S. 201). Hingegen wurden die Ceratiten im Meißnergebiet bisher erst über dem Haupttrochitenkalk (mol), d. h. etwa 20 m über dem Mittleren Muschelkalk, beobachtet. Offenbar waren hier die Lebensverhältnisse für Ceratiten zu Beginn des Oberen Muschelkalk-Meeres so ungünstig, daß sie sich nur allmählich und in geringer Zahl von Süden nach Norden ausbreiteten (Seltenheit der Ceratiten in den untersten Zonen). Bemerkenswert ist daher folgende Feststellung GEISLERS (1938, S. 245):

„Eine große Anzahl von anderwärts vorkommenden Ceratitenarten konnten erstmalig auch in Mainfranken nachgewiesen werden. Die sich daraus ergebende Ceratitenfolge stimmt bis in alle Einzelheiten mit der in anderen Muschelkalkgebieten Deutschlands aufgestellten überein (Württemberg und Norddeutschland). Dagegen steigt das Lager jeweils einer bestimmten Ceratitenart von Süden nach Norden in immer höhere stratigraphische Schichtglieder an.“

Die Ceratiten-Arten werden aus der allmählichen, kontinuierlichen phylogenetischen Entwicklung und Veränderung heraus verstanden (WENGER 1957, S. 69). Da aber die Änderungen der Artmerkmale nicht ganz zeitgleich erfolgten, fanden Überschneidungen innerhalb der Ceratiten-Arten und -Zonen statt. Dadurch entstehen durch Zwischen- oder „Übergangsfelder“ Schwierigkeiten in der Abgrenzung der einzelnen Ceratiten-Zonen.

Diese Arbeit ist nun keine systematische Ceratiten- oder Ceratitenzonen-Beschreibung. Vielmehr soll auf die eine oder andere — z. T. bedenkliche — Schlußfolgerung in der Literatur hingewiesen werden. Darüber hinaus ist es notwendig, auf einzelne Ceratiten-Arten oder -Folgen einzugehen. Das ist um so wichtiger, weil der ursprüngliche Begriffsinhalt einzelner Arten von R. WENGER (1957) wesentlich geändert wurde. Auch im Eisenberg-Profil (BUSSE 1954) ergeben sich dadurch kleine Änderungen.

Zur Orientierung werden die üblichen Meßwerte für Ceratiten wiederholt (BUSSE 1962, S. 88):

Tab. 1. Erläuterung der Meßwerte (gekürzt nach R. WENGER 1957, S. 65)

Größe	(GR.) = Enddurchmesser (DE) = tatsächliche Höchstgröße
Querschnitt	(Qu.) = Verhältnis von Breite zur Höhe der Wohnkammer in %.
Scheibenzunahme	(Sch.) = Höhe der letzten Windung in % des Enddurchmessers
Windungszunahme	(W.) = Höhe der vorletzten Windung in % der Höhe der letzten Windung
Involution	(I.) = Überdeckung durch Umschlag der letzten Windung in % der Höhe der vorletzten Windung
Nabelweite	(N.) = Weite der Nabelöffnung in % des Enddurchmessers
Knotenzahl	(K.) = Zahl der Lateralknoten oder der diesen entsprechenden Rippen des letzten Umganges

## 2. Gliederungsarten

### 2.1. Gliederung nach Ceratiten

RIEDEL (1916), STOLLEY (1916) und WENGER (1957, S. 99) legen einer Zone jeweils den wichtigsten bzw. häufigsten Ceratiten zugrunde. Auf die *atavus-pulcher*-Zone und den Horizont der Discoceratiten wird bei den detaillierten Besprechungen zurückgegriffen.

Eine neue Art der Gliederung nach Faunengemeinschaften der Ceratiten bringt H. W. ROTHE (1955, S. 273, 315), auf die R. WENGER (1957, S. 103) ausführlicher und ablehnend eingeht. Verf. selbst hält diese neue Gliederung besonders für den kartierenden Geologen nicht für glücklich, zumal auch in der Aufeinanderfolge der Ceratiten in der Tabelle ROTHEs das eine oder andere fraglich erscheint. Auch die Bezeichnung der 17 „Zonen“ mit griechischen Buchstaben erschwert den praktischen Gebrauch. Auf die unterste Zone (ROTHE 1955, S. 313—315), „Trochitenkalk“ mit *Ceratites lucifer* und *atavus*, kommt Verf. später zurück.

Durch die Überschneidungen der Ceratiten-Arten werden die Abgrenzungen der Ceratiten-Zonen etwas unsicher. Verf. hält es für richtig, wie es wohl bisher auch üblich war, eine Zone mit dem ersten Auftreten der neuen Art beginnen zu lassen. Erfahrungsgemäß reicht die vorhergehende Art (in Niederhessen etwa 1—1,5 m) bei allmählicher Verminderung der Anzahl noch in die neue Zone hinein.

Die gleiche Art der Abgrenzung finden wir u. a. bei WEBER & KUBALD (1951, S. 128):

„Die folgende (= *compressus* — Verf.) Zone haben wir dort beginnen lassen, wo die ersten Exemplare von *Ceratites compressus* auftreten (. . .). Damit ist der *Ceratites robustus* jedoch noch keineswegs erloschen. Nachzügler, und zwar stets kleine Formen, kommen in der ganzen *Compressus*-Zone vor. . . . Gemeinsame Einbettung von *C. compressus* und *robustus* läßt sich auch sonst . . . häufig beobachten.

Dazu ist noch besonders bemerkenswert, daß die in der gesamten *compressus*-Zone vorkommenden Exemplare von *Ceratites robustus* stets kleine Formen sind! Dabei mag es sich besonders im unteren Teil der *compressus*-Zone noch um den relativ kleinen *robustus terminus* WENGER, im allgemeinen aber um Jugendformen von

*Ceratites compressus* handeln, die ja noch allgemein binodos skulptiert sind. Erst im vorgeschrittenen Alter wird die folgende einfachrippige Windung angelegt. — Das Auftreten von kleinen Formen des *Ceratites „robustus“* ist uns auch aus Niederhessen nicht nur aus der *compressus*-, sondern auch aus der *evolutus*-, *spinusus*-Zone usw. durchaus bekannt. Es sind die noch binodosen Jugendformen der verschiedenen nodosen Arten (PENNDORF 1951, S. 10). Hier liegt eine der Fehlerquellen bei Anwendung der Ceratiten-Stratigraphie.

J. P. GROETZNER (1962, S. 59) läßt dagegen die Ceratiten-Zonen mit dem letzten Auftreten einer Art enden:

„Eine Abtrennung von *atavus*- und *pulcher*-Zone kann schon aus diesem Grunde (Seltenheit der Ceratiten in den untersten Zonen — Verf.) nicht vorgenommen werden. Die Grenzziehung zwischen *pulcher*-Teilzone und *robustus*-Zone erfolgt über dem letzten Fund von *C. pulcher*, auch wenn zugleich mit ihm schon *C. robustus* auftritt. Die Nachteile dieses Verfahrens werden in Kauf genommen, um der Tatsache gerecht zu werden, daß *C. robustus* in größerer Zahl im oberen Teil der Unteren Ceratitenschichten allein anzutreffen ist.“

Dem gegenüber möchte Verf. aus entwicklungsgeschichtlichen und praktischen Gründen die ersterwähnte Anwendung empfehlen: Beginn einer Zone mit dem ersten Auftreten des Zonen-Ceratiten.

## 2.2. Gliederung nach Conodonten

Eine neue Art der Gliederung wenigstens des unteren Teiles des Oberen (Haupt-) Muschelkalks hat W. HIEKE (1967) mit Hilfe von Conodonten eingeleitet. Zwar beschränkt sie sich auf den Haupttrochitenkalk (mo1) einschließlich der Gelben Basis-schichten, doch werden auch die Unteren Ceratiten-Schichten  $\pm$  einbezogen. Speziell für Niederhessen (Meißenergebiet) kommt U. TATGE (1956) zu dem Ergebnis, daß die einzelnen Conodonten-„Arten“ für stratigraphische Gliederungen des Muschelkalks ungeeignet sind. Zu dem gleichen Resultat kommt auch HIEKE. Doch stellt er an Hand seiner umfangreichen mikropaläontologisch-faziellen Untersuchungen fest, daß in bestimmten stratigraphischen Abständen (allerdings nur in kalkigen Sedimenten) Anhäufungen von Conodonten (verschiedener „Arten“) auftreten, die eine gewisse Gesetzmäßigkeit beweisen. Diese Anhäufungen werden als Conodonten-Maxima H1 bis H3 bezeichnet. HIEKE (1967, S. 1) schließt hieraus, „daß für die Entstehung der Maxima klimatische Einflüsse verantwortlich sind“ und „daß die Conodonten-Maxima im betrachteten Gebiet als Zeitmarken verwendet werden können.“ Es ist nun wohl noch zu früh, endgültig dazu Stellung zu nehmen, zumal HIEKE selbst die Notwendigkeit weiterer genauer Untersuchungen betont. Ob die Conodonten- und die Ceratiten-Stratigraphie in Korrelation gebracht werden können, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. An der auf der Ceratiten-Abfolge basierenden Ceratiten-Stratigraphie dürfte sich allerdings kaum etwas ändern.

Die von HIEKE (1967, S. 81) aufgeworfenen Fragen zur Grenzziehung Mittlerer/Oberer Muschelkalk sind von BUSSE & RÖSING (1966, S. 72ff.) in den Erläuterungen zu Blatt Wolfhagen berührt worden. Die Myophorien- und Undularien-Schichten werden dem Gesamtbegriff „Gelbe Basisschichten“ untergeordnet und bleiben nur als lokale Begriffe für das Meißenergebiet bestehen; die „Gelben Basis-Schichten“

sensu BUSSE werden den Myophorien-Schichten ohne besondere Bezeichnung als tiefster Teil zugerechnet.

Ausgesprochene Zellendolomite und -kalle fehlen im Meißnergebiet fast völlig und spielen hier bei der Abgrenzung keine Rolle. Gerade das frühzeitige Auftreten von Fauna im Meißnergebiet in Verbindung mit nachlassender Salinität und zunehmendem Kalkgehalt wird vom Verf. als Beweis dafür gewertet, daß hier der Abschnitt „Mittlerer Muschelkalk“ frühzeitig im Zusammenhang mit der von Südwestdeutschland heranreichenden Schwächezone der Erdrinde beendet war. Deshalb ist die Grenze Mittlerer/Oberer Muschelkalk hier so tief gezogen; sie ist für das germanische Muschelkalkbecken schwankend und nicht ganz zeitgleich.

Die von GROETZNER (1962, S. 11) in dieser Richtung aufgeworfenen Einwände dürften hiermit ebenfalls beantwortet sein.

### 3. Zonengliederung

#### 3.1. Untere Ceratiten-Schichten

Nach RIEDEL (1916, S. 86) sind die Unteren Ceratiten-Schichten im Normalfall etwa 15 m mächtig. Im Eisenberg-Profil konnten (BUSSE 1954, S. 165) 14,17—14,90 m festgestellt werden. Im tiefsten Teil dieses Schichtkomplexes, der *atavus*-Zone (3—3,5 m am Eisenberg), sind Ceratiten am seltensten. Aus dieser Zone konnte Verf. im Meißnergebiet überhaupt nur 12 (inkl. 2 cf.-Bestimmungen) Exemplare von *Ceratites atavus* sammeln, davon 10 in den Schichten 3—6 (vertikal ca. 0,6 m) des Eisenberg-Profiles. Ein weiteres schlecht erhaltenes Exemplar aus demselben Niveau gehört wahrscheinlich zu *Ceratites primitivus* RIEDEL (nach WENGER zu *Ceratites pulcher* RIEDEL).

RIEDEL (1916, S. 86, 87) schreibt zu den 3 von ihm unterschiedenen Zonen der Unteren Ceratiten-Schichten:

„Die unterste Zone, die des *C. atavus*, ist am ärmsten an Ceratiten. Hier kommen außer *C. atavus* auch *C. flexuosus* und *C. primitivus* vor. Alle drei Formen sind so selten, daß sich ihre Lage zu einander nicht sicher ermitteln ließ.“

„Die Zone des *C. pulcher* ist bedeutend leichter festzustellen, da in ihr die Ceratiten schon erheblich häufiger zu sein pflegen. . . . Vermutlich weicht das Lager des *C. sequens* und *C. discus* etwas von dem des *C. pulcher* ab und liegt wohl um ein Geringes tiefer; doch läßt sich Sicheres darüber noch nicht sagen.“

„Die Zone des *C. robustus* schließt sich eng an die vorhergehende an. . . . Wenn . . . das Lager des *C. robustus* mit 12 bis 15 m über dem Trochitenkalk angegeben ist, so soll damit nur gesagt sein, daß die Hauptentwicklung des *C. robustus* über der des *C. pulcher* liegt. Beide Arten mischen sich aber derart, daß sich eine scharfe Grenze zwischen beiden Zonen kaum ziehen läßt und daher vielleicht auch nur die beiden Zonen vereint einen praktischen Wert beanspruchen können. *C. robustus* ist von beiden die häufigere Form, so daß diese Doppelzone auch allein seinen Namen tragen könnte, wenn *C. pulcher* und *C. laevis* nicht andererseits mit den älteren und primitiveren Arten *C. discus* und *C. sequens* verknüpft wären, welche nie mit *C. robustus* zusammen liegen.“

Aus diesen Zitaten gehen die Schwierigkeiten hervor, mit denen die Ceratiten-Stratigraphie zu tun hat. Eine nur flüchtige Bearbeitung der Ceratiten und ihres stratigraphischen Lagers reicht nicht aus und kann leicht zu einem unsachlichen

Wunschdenken führen. Im Eisenberg-Profil hat BUSSE (1954, S. 154, 155) die obere Abgrenzung der *pulcher*-Zone mit der Schicht 18 b/a enden lassen, da hier noch kein typischer *Ceratites robustus*, sondern neben *Ceratites pulcher* nur Übergangsformen zwischen *pulcher* und *robustus* gefunden wurden.

### 3.1.1. Die *atavus-pulcher*-Zonen

Die *atavus*- und die *pulcher*-Zone wurden von RIEDEL (1916, S. 86) als die beiden unteren Abschnitte der Unteren Ceratiten-Schichten ausgeschieden. Ihre Gesamtmächtigkeit beträgt am Eisenberg (BUSSE 1954, S. 165) rund 9 m.

Die Tendenz der letzten Jahrzehnte geht dahin, beide Zonen als *atavus-pulcher*-Zone zu vereinigen. Dafür werden zwei Gründe genannt:

1. Die Seltenheit der Ceratiten in der *atavus*-Zone.
2. Das wenn auch seltene Vorkommen von *Ceratites pulcher* mit *Ceratites atavus*.

Auf die Seltenheit der Ceratiten in der *atavus*-Zone weist schon RIEDEL hin. GROETZNER (1962, S. 58, 59) betont dies ebenfalls.

Das Zusammenvorkommen von *Ceratites pulcher* mit *Ceratites atavus* erwähnt u. a. R. GEISLER (1938, S. 201):

„Paläontologisch und stratigraphisch wichtig ist dieser Horizont (= Myophorien-schichten — Verf.) deshalb, weil hier zum ersten Male im Hauptmuschelkalk die Ceratiten mit primitiven Formen auftreten, und zwar *Ceratites primitivus*, *C. atavus* und *C. pinguis*. Es sind dies die bisher tiefsten Funde nicht nur im mainfränkischen, sondern auch im gesamten germanischen Hauptmuschelkalk (TRUSHEIM 1934, S. 417).“

*Ceratites primitivus* RIEDEL und *Ceratites pinguis* GEISLER werden von WENGER (1957) als jugendliche bzw. Frühformen zu *Ceratites pulcher* gestellt, so daß *Ceratites pulcher* RIEDEL in der weiteren Fassung von WENGER (1957, S. 73) tatsächlich schon mit den ersten *Ceratites atavus* PHILIPPI vorkommt.

Verf. selbst fand — nach seiner Arbeit von 1954 — in Schicht I = Blaue Grenzkalke des Eisenberg-Profiles einen *Ceratites pulcher*, der wahrscheinlich in diesem tiefsten Niveau der Ceratiten-Schichten des Meißners erstmalig ist. Die „Blauen Grenzkalke“ sind sehr fossilarm; daraus erklärt sich wohl, daß *Ceratites atavus* PHILIPPI hier noch nicht gefunden wurde.

Der von BUSSE (1954, S. 155) aus Schicht 8a (obere *atavus*-Zone) des Eisenberg-Profiles angegebene *Ceratites* cf. *flexuosus* PHILIPPI stellte sich nach weiterer Präparation als *Ceratites primitivus* = *pulcher* heraus.

H. PENNDORF (1924, S. 50) schreibt über die Zonengliederung in den Unteren Ceratiten-Schichten und das gemeinsame Vorkommen verschiedener Ceratiten-Arten:

„... Trotzdem möchte ich die Möglichkeit einer Zonengliederung nach Ceratiten, wie sie RIEDEL durchgeführt hat, für die Unteren Ceratitenschichten bezweifeln, da eine scharfe Trennung der leitenden binodosen Formen nicht durchgeführt werden konnte. In den untersten Schichten fand sich auch hier nur *C. atavus*; dann aber kommen z. B. *C. flexuosus*, *C. primitivus* und *C. robustus* (?) in demselben Horizont vor, ebenso *C. pulcher* und *C. robustus* und endlich *C. robustus* und *C. compressus*; ich fand die genannten Arten auf einer Platte.“

Auf Grund dieser Ausführungen PENNDORFS kommt E. WELZEL (1963, S. 65) zu folgenden Schlüssen:

„Eine Atavus-Zone läßt sich (im Gebiet Bayreuth–Kronach — Verf.) nicht ausscheiden. Es ist überhaupt fraglich, ob sich generell eine Atavus-Zone noch vertreten läßt. PENNDORF (1924) faßte sie schon mit der Pulcher-Zone zusammen. Er beschreibt (S. 50) sogar eine Platte, auf der sich nebeneinander *Ceratites . . . atavus* PHILIPPI, *Cer. . . pulcher* RIEDEL, *Cer. . . robustus* RIEDEL und *Cer. . . compressus* SANDBERGER befanden. Ein derartiges Überschneiden konnte ich allerdings nicht beobachten. . . Auch WENGER schied im fränkischen Bereich keine Atavus-Zone aus.“

Der Gedanke der Zusammenfassung von *atavus*- und *pulcher*-Zone erscheint nach dem bisher Gesagten begründet und empfehlenswert. Aber irreführend ist PENNDORFS letzter Satz: „ich fand die genannten Arten auf einer Platte“ — wodurch WELZEL wohl zu seinen abweichenden Folgerungen kam. Tatsächlich erinnert sich jedoch der Verf., daß es sich 1. um verschiedene Platten (jetzt wahrscheinlich im Naturmuseum Senckenberg) handelte und 2. daß einige der Ceratiten ohne Wohnkammer, also kaum exakt zu bestimmen sind. Eine Überprüfung wäre hier zu empfehlen. Das Beispiel zeigt aber, daß schon eine Kleinigkeit („einer“ Platte statt „je einer“ Platte) zu weitgehenden Fehldeutungen führen kann.

Hier soll noch die Ansicht von H. W. ROTHE (1955, S. 280) über das nicht gleichzeitige stratigraphische Vorkommen von *Ceratites atavus* und *Ceratites primitivus* (= *pulcher* nach WENGER) zitiert werden:

„Vorkommen (des *Ceratites primitivus* — Verf.): Sein unterstes Niveau konnte von mir selbst nicht ganz genau über dem Trochitenkalk eingemessen werden. Er kommt nie mit *C. atavus* zusammen vor, liegt also über diesem, und zwar zusammen mit *C. discus*. Er wird von *C. lucifer* abzuleiten sein. . .“

Auf *Ceratites lucifer* ROTHE kommt Verf. später zu sprechen. Daß *Ceratites primitivus* (= *pulcher*) in Thüringen noch nicht mit *Ceratites atavus* zusammen gefunden wurde, könnte an den wenigen und geringen Aufschlüssen in Thüringen innerhalb dieses Niveaus und an der Seltenheit von *Ceratites pulcher* liegen.

Wenn, wie bereits gesagt, eine Vereinigung von *atavus*- und *pulcher*-Zone zu begrüßen und empfehlenswert ist, so ist eine theoretische Trennung in bestimmten Gebieten doch angebracht — so in Bereichen mit doppelter Trochitenkalk-Entwicklung, etwa im Diemelgebiet (Linie Wethen–Warburg–Haueda–Lamerden). Hier betragen die Zwischenschichten zwischen Haupttrochitenkalk (mo1) und Oberem Trochitenkalk (im mo2) nur 3–4 m. Da in diesen Zwischenschichten (außer einem *Ceratites atavus sequens* RIEDEL bei Körbecke, schon einige Kilometer nördlich der genannten Linie) vom Verf. bisher keine Ceratiten gefunden wurden, ist es wichtig zu wissen, welche Arten über dem Oberen Trochitenkalk liegen. Hier kann bei Spezialuntersuchungen eine Trennung der *atavus-pulcher*-Zone theoretisch von Bedeutung sein, besonders noch etwas südlich vom Diemelgebiet und nördlich von Hofgeismar. Leider befinden sich hier kaum Aufschlüsse. Hier sind die Zwischenschichten zwischen den beiden Trochitenkalken noch geringmächtiger.

Im Diemelgebiet (Haueda–Lamerden) folgen über dem Haupttrochitenkalk etwa 6–6,5 m Zwischenschichten + Oberer Trochitenkalk. Darüber liegen Tonplatten der Ceratiten-Schichten mit *Ceratites pulcher* RIEDEL und *Ceratites neolaevis* PENN-

DORF als stratigraphisch tiefsten Ceratiten dieses Gebietes. Etwa 2 m über dem Oberen Trochitenkalk tritt erstmalig *Ceratites robustus* RIEDEL auf. Die *atavus-pulcher*-Zone hat also theoretisch eine Mächtigkeit von 6 bis  $6,5 + 2 \text{ m} =$  etwa 8–8,5 m gegenüber rund 9 m am Meißner (Eisenberg). Der Beginn der Tonplatten-Fazies liegt demnach in der oberen *pulcher*-Zone. Zwischenschichten und Oberer Trochitenkalk vertreten den größten Teil der *atavus-pulcher*-Zone.

Zum Vergleich noch einige eigene Beobachtungen aus den Unteren Ceratiten-Schichten von Willebadessen: Der Obere Trochitenkalk ist vom Diemelgebiet aus in höhere stratigraphische Zonen gewandert und vertritt bei Willebadessen die *robustus*-Zone.

Hier ist der Obere Muschelkalk nach oben nur bis zum tieferen Teil der *compressus*-Zone aufgeschlossen. Aus den verschiedenen Profilen ergibt sich folgende stratigraphische Folge:

Tonplatten der <i>compressus</i> -Zone (Mittl. C.Sch.) <i>C. compressus</i>	
± 6 m	Oberer Trochitenkalk (etwa die oberen 2 m = <i>Astarte</i> -Bank F. ROEMERS)
ca. 3 m	Tonplattenähnliche Kalksteine — <i>C. cf. pulcher</i> , <i>C. atavus</i> s. l.
ca. 6 m	Trochitenkalkähnliche Kalksteine (überwiegend „Fladige Mergelkalle“)
ca. 15 m	Äquivalente der Unteren Ceratiten-Schichten Liegendes: Haupttrochitenkalk (mo1)

Aus der Einschaltung des Oberen Trochitenkalks in die *atavus-pulcher*-Zone und die *compressus*-Zone ergibt sich, daß der Obere Trochitenkalk bei Willebadessen die *robustus*-Zone vertritt.

Die Angabe bei KLEINSORGE (1935, S. 65), daß der Obere Trochitenkalk bei Willebadessen der *pulcher*-Zone entspricht, kann also korrigiert werden. Auch das Auftreten der durch F. ROEMER (1851) bekannt gewordenen „*Astarte*-Bank“ mit reicher Fauna (nach Aufsammlungen des Verf. etwa 60 Arten und Unterarten) ist nicht in den tiefsten Teil (Basisoolithe) des Unteren (Haupt-) Trochitenkalks/mol (KLEINSORGE 1935, S. 62), sondern in den oberen Teil des Oberen Trochitenkalks zu stellen. Das schließt das Vorkommen von Fossilien im tiefsten Teil des Haupt-Trochitenkalks (mo1) nicht aus.

### 3.1.1.1. *Ceratites lucifer* ROTHE

ROTHE (1955, S. 275, 276; Taf. 1 Fig. 1) beschreibt *Ceratites lucifer* aus: a) Die Ceratitengemeinschaft des Trochitenkalks und der Schichten mo2  $\alpha$ :

„... Der Finder des Stückes, August POSSECKER, hatte es unter demselben Namen (Lichtbringer) im Erfurter Naturkunde-Museum ausgestellt. — Holotypus und einziges Exemplar ist das Abgebildete. — Stratum typicum: Oberster Teil des Trochitenkalkes, etwa 3 m unter der Oberkante. — Diagnose: Eine Art der Gattung *Ceratites* aus dem Trochitenkalk mit kräftiger binodoser Skulptur vom *robustus*-Typ. — Beschreibung: Da das Exemplar fest im Trochitenkalk sitzt, ist nur die eine Seite der Wohnkammer zu sehen. . . . Die Krümmung läßt auf eine evolutive Art schließen. . . . Die Gesamtgröße ist mit etwa 4,5 cm zu schätzen. — Beziehungen: *Ceratites lucifer* ist der Vorläufer der stark skulpturierten Typen (?) und weist durch seine Wulstrippen auf *Ceratites robustus*.

Sicher ist er auch mit *C. primitivus* und *C. pulcher* verwandt. . . . Er kommt gleichzeitig mit *C. atavus* vor, den POSSECKER am gleichen Fundort im selben Niveau in zwei Exemplaren fand. Er dokumentiert also das Zusammenleben der fast glatten, nur mit kleinen Flankenknötchen und Externknoten versehenen ältesten Obermuschelkalk-Ceratiten, mit stark skulpturierten Formen.“

WENGER (1957, S. 74) nimmt hierzu kurz Stellung:

„*C. lucifer* ROTHE beruht auf einem, offenbar verhältnismäßig evoluten Ceratiten von *pulcher*-Größe und *robustus*-artiger Skulptur. Das Stück ist m. E. nicht zur Aufstellung einer neuen Art geeignet. . . .“

Diesem Urteil WENGERs kann man sich nur anschließen.

Dem Vorkommen im „Trochitenkalk“ ist keine so große Bedeutung beizumessen, da dieser ja nur eine Fazies im Oberen Muschelkalk darstellt. Diese reicht z. B. (nach KLEINSORGE 1935) in Westfalen bis in die *spinusus*-Zone der Mittleren Ceratiten-Schichten hinein (vgl. auch STOLLEY 1934). Schon PHILIPPI (1901, S. 28) war das Vorkommen von Ceratiten im „Trochitenkalk“ bekannt:

„Am bemerkenswerthesten erscheint mir ein Stück der Göttinger Sammlung, das aus einer Trottoirplatte vor dem Amtsgericht in Göttingen stammt und das auch von v. KOENEN in den Erläuterungen zu Blatt Göttingen erwähnt wird. Darüber, daß dieser Ceratit aus echten Trochitenkalken stammt, kann kein Zweifel sein, denn es befindet sich auf demselben Stücke der Durchschnitt einer *Encrinus*-Krone, die sich seit SANDBERGER bisher nur in den eigentlichen Trochitenkalken gefunden haben. . . .“

Zu Zeiten SANDBERGERs und PHILIPPIS war ein Oberer Trochitenkalk noch nicht bekannt. Auf den Trochitenkalk von Göttingen kommen wir später zurück.

In diesem Zusammenhang wird auf die vorzüglichen Arbeiten von O. LINCK (1954, S. 6, 7; 1965, S. 270 ff.) über *Encrinus liliiformis* LAMARCK von Neckarwestheim hingewiesen, wo in der *pulcher*-Zone neben ausgezeichnet und vollständig erhaltenen Seelinien nicht selten auch Ceratiten aus dem Formenkreis des *Ceratites pulcher* vorkommen. Diese Fossilien liegen hier unmittelbar zwischen einer Trochitenkalkbank und Tonmergeln.

Ein interessantes Gegenstück zu Neckarwestheim finden wir auch im nordwestlichsten Niederhessen im Kalkwerk Haueda. Auch hier treten zwischen der Oberkante des Oberen Trochitenkalks und unmittelbar überlagernden mergeligen Tonplatten — in der oberen *pulcher*-Zone — vollständige Kronen von *Encrinus* auf. Verf. hat den Eindruck, daß im Diemelgebiet ein plötzlicher fazieller Wechsel, vielleicht ein schnelles Absinken des Meeresbodens, das Ableben von *Encrinus* und das Einwandern von *Ceratites* (oder das Einschwemmen leerer Ceratitengehäuse?) begünstigt hat.

Zu *Ceratites lucifer* wurde vorher auszugsweise die Beschreibung von ROTHE wiedergegeben; aus dem nur z. T. sichtbaren Gehäuse zieht der Autor der Art weitgehende Schlüsse, die nicht ganz einleuchten.

*Ceratites lucifer* wurde nicht von H. W. ROTHE, sondern von POSSECKER gefunden. Stammt das Stück ganz zweifellos aus dem Anstehenden — 3 m unter der Oberkante des „Trochitenkalks“ — oder wurde es nur lose in diesem Niveau gefunden? Kann es aus stratigraphisch höheren Schichten abgerollt oder kann die Fundschicht verwechselt sein? Das sicher vor 1938 gefundene Exemplar war auch noch 1955

(ROTHE 1955, S. 275) Unikum. Auch bei PHILIPPI (1901) finden wir ein „Unikum“: *Ceratites armatus*; von diesem sind aber seitdem nach der Literatur schätzungsweise 30 oder 40 Exemplare gefunden worden.

Vom Verf. sind aus diesem tiefsten Teil der Ceratiten-Schichten = *atavus*-Zone keine derart relativ weitgenabelten oder *robustus*-artig skulptierten, niedrigmündigen Ceratiten gefunden worden. Es sind auch aus der Literatur keine derartigen Exemplare bekannt geworden; alle diese ältesten Ceratiten sind eng genabelt, involut und hochmündig! Man kann sich auch den „*lucifer*“ nur schwer in die phylogenetische Entwicklungsreihe der ersten Ceratitenzeit hineindenken!

Bedenklich sind deshalb die Schlußfolgerungen ROTHES:

„*Ceratites lucifer* ist der Vorläufer der stark skulpturierten Typen und weist durch seine Wulstribben auf *Ceratites robustus*. Sicher ist er auch mit *C. primitivus* und *C. pulcher* verwandt. . . .“

*Ceratites robustus* geht zweifellos aus *Ceratites pulcher* hervor und ist durch zahlreiche Übergänge mit diesem verbunden, was ja gewisse Schwierigkeiten in der Abgrenzung von *pulcher*- und *robustus*-Zone bereitet. Der Zeitpunkt der Abänderung der Art-Merkmale liegt aber bedeutend später als das von ROTHE angegebene stratigraphische Vorkommen seines *Ceratites lucifer*.

*Ceratites lucifer*, nur auf einem Exemplar beruhend, von dem auch nur eine Seite der Wohnkammer sichtbar ist, wird also in Übereinstimmung mit WENGER vom Verf. abgelehnt. Darüber hinaus ist eine „Ceratiten-Gemeinschaft des Trochitenkalks“, nach Wegfall des einzigen *Ceratites „lucifer“* nur noch aus *Ceratites atavus* bestehend, hinfällig, zumal hier der Trochitenkalk als Fazies den tiefsten Teil der *atavus*-Zone vertritt und eine nochmalige Unterteilung der *atavus*-Zone nach Trochitenkalk- und Tonplatten-Fazies wenig sinnvoll wäre.

Diesen Ausführungen entsprechend, müßten bei ROTHE (1955) die Angaben auf S. 277, 280 (bei „*primitivus*“), 281 (bei „*pinguis*“), 306 (Artenübersicht), 307 (Bestimmungstabelle), 313 (Idealprofil) und 315 (genetische Zusammenhänge) umgedeutet werden. — Verf. nimmt an, daß alle Interessierten, die bisher in diesem tiefsten stratigraphischen Niveau nach *C. lucifer* suchten, vergeblich Ausschau gehalten haben.

### 3.1.1.2. Ceratiten aus Sammlung MASCKE (Göttingen), Schlußfolgerung

R. WENGER (1957, S. 102) schreibt hierzu folgendes:

„Unter den Ceratiten, die ich vom Göttinger Institut zur Bearbeitung entliehen hatte, befand sich eine Anzahl mit Angabe der Fundschicht (wohl alle aus Sammlung MASCKE). Die Fundhöhen über dem dortigen Trochitenkalk (Diemarden) seien hier aufgeführt.“

. . . (Siehe Originalarbeit — Verf.)

„Wenn auch für die Richtigkeit dieser Angaben nicht überall garantiert werden kann, so scheint mir doch zweierlei daraus hervorzugehen, nämlich 1. daß zwischen *pulcher* und *robustus* ein großes Übergangsfeld besteht, also die Trennung der beiden Zonen in der Praxis recht schwer fällt, und 2. daß die großen, flachscheibenförmigen Arten *distractus* und *raricostatus* schon sehr früh auftreten. . . .“

Der Name MASCKE wird schon in der großen Ceratiten-Monographie PHILIPPIS (1901, S. 4) aufgeführt, in der „den Vorstehern öffentlicher und Besitzern privater Sammlungen“ gedankt wird. HANS PENNDORF, der in den Jahren 1904/1906 als Lehrer in Göttingen tätig war (BUSSE 1961, S. 451), lernte auch MASCKE und seine umfangreiche Sammlung kennen. In mündlicher Unterhaltung mit dem Verf. etwa in der Zeit 1921/1922 äußerte sich PENNDORF kritisch über die Zuverlässigkeit und den stratigraphischen Wert der Sammlung MASCKE. Auch WENGER selbst äußert Bedenken: „Wenn auch für die Richtigkeit dieser Angaben nicht überall garantiert werden kann . . .“ So fällt u. a. auf, daß unter den Ceratiten „0–3 m“ über dem Trochitenkalk von Diemarden „*l compressus*“ aufgeführt wird, während unter „3–6 m“ noch *robustus robustus*, *philippii neolaevis* u. a. und „8,4–10 m“ *robustus terminus* erwähnt werden [vgl. auch WENGER 1957, S. 83: „Ein unzweifelhaft zu *compressus* gehörendes Stück der Sammlung SCHRAMMEN (oder MASCKE? — Verf.) trägt die Aufschrift: Diemarden 1–3 m“].

Noch einmal taucht bei WENGER (1957, S. 86) der Name MASCKE auf:

„GEISLER (1938, S. 241, Taf. 8, Fig. 3, 4) beschreibt einen ‚aberranten‘ Ceratiten. . . . Ich fand das betreffende Stück in der Göttinger Institutssammlung und konnte feststellen, daß alle die seltsam ‚warzenförmigen‘ Lateral- und Externknoten, bis auf einen einzigen, künstlich auf einen schlecht erhaltenen evoluten Ceratiten hinaufgesetzt waren. . . . Die Rekonstruktion der übrigen Knoten (wahrscheinlich durch MASCKE) ist damit völlig willkürlich.“

Die Angaben nach MASCKE erscheinen doch zu unsicher, um daraus die folgenden weitgehenden Schlußfolgerungen zu ziehen:

1. Das große Übergangsfeld zwischen *pulcher*- und *robustus*-Zone.
2. Das frühe Auftreten der großen flachscheibenförmigen Arten *distractus* und *raricostatus*.

Da die Abänderung der Artmerkmale nur allmählich und nicht ganz gleichzeitig erfolgte, gibt es auch „Zwischenfelder“ zwischen den einzelnen Ceratiten-Zonen, in denen die „Art“-Merkmale  $\pm$  verschwimmen. Eine Trennung von *pulcher* und *robustus* ist deshalb in diesem Zwischenbereich besonders schwer, weil *robustus* nur eine vergrößerte *pulcher*-Skulptur und geringere Involution besitzt. Doch dürfte nach eigenen Erfahrungen in Niederhessen die Übergangszone von *pulcher* nach *robustus* kaum die vorher (S. 116) erwähnte Mächtigkeit von 1–1,5 m überschreiten.

Aus den Profilen bei WENGER (1957 S. 100–101) — mit Angabe der Ceratiten in den einzelnen Schichten — läßt sich ein großes Übergangsfeld nicht entnehmen.

Auf *Ceratites raricostatus* und *Ceratites distractus* kommen wir später zurück.

Bei den von Diemarden aufgeführten Ceratiten fällt das Fehlen von *Ceratites atavus* auf. Diese Feststellung führt zur Abgrenzung von Ceratiten-Schichten bzw. Tonplatten und Trochitenkalk. Verf. entsinnt sich, daß in dem Kalksteinbruch von Diemarden (ROSELIEB) im tiefen Teil des Aufschlusses eine Trochitenkalkbank durchzieht, die wiederum von Tonplatten unterlagert wird. Vermutlich sind die Angaben bei WENGER: „0–3 m (usw.) über dem Trochitenkalk“ von der Oberkante dieser Trochitenkalkbank gemessen. Dazu die Angaben von STILLE & LOTZE (1933, S. 23) über die Umgebung von Göttingen:

„Die Zone des Trochitenkalks hat eine Mächtigkeit von 10–16 (!) m. . . . Etwas oberhalb der Mitte sind dünnere, plattige Kalkbänke vom Habitus der Tonplatten eingeschaltet; sie führen im höheren Teil als Seltenheit schon die ersten Ceratiten (aus der Gruppe des *Ceratites atavus* PHILIPPI).“

Man kann als sicher annehmen, daß die erwähnte Trochitenkalkbank bei Die-marden bereits in den tiefsten Ceratiten-Schichten (mo2) liegt und daß der Haupt-trochitenkalk (mo1) überhaupt nicht sichtbar ist. Bezeichnend ist deshalb bei den Ceratiten-Angaben WENGERs das Fehlen der stratigraphisch tiefsten Ceratiten: *atavus*, *sequens*, *discus* und „*primitivus*“.

Damit findet auch die von PHILIPPI erwähnte Platte aus dem Trochitenkalk von Göttingen — mit Ceratiten und *Encrinurus*-Krone — ihre Erklärung: Sie stammt aus Ceratiten-Schichten in Trochitenkalk-Fazies.

### 3.1.1.3. Übergangsformen

Hier soll noch die Ansicht H. W. ROTHEs (1955, S. 261) über die „Zwischen-formen“ eingefügt werden:

„RIEDEL hat trotz Neubenennung von 16 Arten denselben Fehler wie PHILIPPI be-gangen, die Variabilität verschiedener Arten zu weit zu fassen. . . . STOLLEY, der gerne die ‚Fanatiker der Artenunterscheidung‘ bespöttelte (1918, S. 126), kann auf Grund seiner Ceratitenarbeiten als Fanatiker der Zwischenformen und Übergänge gelten. . . .“

Das muß abgelehnt werden. Die „Zwischenformen und Übergänge“ unter den einzelnen Arten sind in reichlicher Zahl vorhanden und sind nicht zu übersehen. RIEDEL und STOLLEY haben durchaus recht und WENGER hat durch seine variations-statistischen Messungen und Tabellen deren Auffassung bestätigt. Faßt man aber wie ROTHE den Begriffsinhalt zu eng, dann wird sich die Zahl dieser Zwischenformen noch vermehren. Dann kommt man zu dem Standpunkt SCHRAMMENS, der (ROTHE 1955, S. 262) „den etwa 30 bestehenden Arten mehr als 100 neue hinzufügen wollte.“

### 3.1.2. Die Ceratiten der *atavus-pulcher*-Zone

Die Ceratiten der *atavus-pulcher*-Zone sind mindestens im stratigraphisch tieferen Teil der Zone eng genabelt, involut und hochmündig; erst in höheren Schichten kann man schon etwas weiter genabelte evolutere Exemplare antreffen (Übergang *pulcher/robustus*). Auf Grund des Querschnitts kann man eine flachere und eine dickere Formenreihe auseinanderhalten. Die Querschnittszahlen sind in diesem Fall wegen der besseren Übersicht (Durchschnittszahlen) — bis auf *Ceratites pulcher angustus* WENGER und *Ceratites pinguis* GEISLER — aus ROTHE (1953, S. 306) entnommen:

	Qu.		Qu.
<i>pulcher angustus</i>	55–70	<i>pulcher pulcher</i>	80
<i>atavus discus</i>	60	„ <i>primitivus</i> “	76
<i>atavus sequens</i>	64	„ <i>pinguis</i> “	74,5
<i>atavus atavus</i>	64		

Da WENGER *Ceratites sequens* und *Ceratites discus* als Unterarten an *Ceratites atavus* angeschlossen hat, wäre es wohl sinnvoller gewesen, auch den noch  $\pm$  scheiben-

förmigen *Ceratites pulcher angustus* WENGER (als Folgeform von *discus*?) zu *Ceratites atavus* zu stellen.

### 3.1.2.1. *Ceratites atavus* PHILIPPI s.l.

H. W. ROTHE (1955, S. 277) weist auf die verschiedenen Skulpturen der Figuren bei PHILIPPI (1901) und RIEDEL (1916) hin und bildet selbst 2 Exemplare ab, das eine mit Seitenknoten bis zum Wohnkammerende, das andere mit glatter Wohnkammer. Bei beiden Richtungen gehen die Außenknoten bis zum Wohnkammerende. ROTHE bemerkt dazu:

„Sollte später mehr Material vorhanden sein, halte ich es für möglich, die beiden, sowohl von RIEDEL als auch von mir abgebildeten extremen Wohnkammerskulpturen (Flankenknötchen) bis zum Mundrand und flache Seiten — bzw. ohne Flankenknoten auf der Wohnkammer und mit stärker gewölbten Seiten) zwei verschiedenen Arten zuzurechnen, wozu noch die verschieden starke Einrollung ein gutes Unterscheidungsmerkmal bieten könnte.“

Auch dem Verf. liegen die beiden von ROTHE unterschiedenen Formen vor; ebenso ist auch die „verschieden starke Einrollung“ an den 12 vom Verf. im Meißnergebiet gesammelten Exemplaren bemerkbar.

Trotzdem möchten wir eine weitere Aufspaltung des *Ceratites atavus* s. str. nicht empfehlen, zumal sich auch hier Übergänge andeuten. Schon an den 12 Exemplaren vom Meißner können eine beachtliche Variationsbreite innerhalb der Art und individuelle Verschiedenheiten der Skulptur und der Meßwerte festgestellt werden. — Ein cf.-Exemplar zeigt auf dem letzten Teil der Wohnkammer schwache Flexuren ( $\rightarrow$  *flexuosus*). Ein anderes, 6,3 cm groß, sehr eng genabelt und fast ohne Lateralknoten, vermittelt bereits zu *Ceratites sequens*.

Aus den zwei oben angegebenen skulpturellen Richtungen innerhalb des *Ceratites atavus* s. str. kann man schließen, daß sowohl *Ceratites sequens* als auch *Ceratites discus* die direkte Fortsetzung von *Ceratites atavus* s. str. sind; *Ceratites sequens* ist das  $\pm$  skulpturlose Gegenstück zu dem etwas stärker skulptierten *Ceratites discus*. In den Meßwerten bestehen zwischen beiden kaum Unterschiede (vgl. RIEDEL 1916, S. 24).

WENGER drückt dies bereits dadurch aus, daß er beide dem *Ceratites atavus* als Unterarten angliedert. ROTHE betrachtet nur den *Ceratites sequens* als direkten Nachfolger von *Ceratites atavus*, während er *Ceratites discus* auf *Ceratites sequens* zurückführen möchte. RIEDEL (1916, S. 25) nimmt für *Ceratites discus* einen anderen Ursprung an: „*Ceratites discus* ist eine jüngere Mutation des *Ceratites primitivus*“ (= *pulcher*). Dagegen schreibt bereits STOLLEY (1916, S. 12), daß diese Annahme unbeweisbar bleibt.

*Ceratites pulcher angustus* WENGER unterscheidet sich von *Ceratites discus* eigentlich nur durch etwas größere Nabelweite und entsprechend etwas geringere Scheibenzunahme. Auch liegt er in einem etwas höheren stratigraphischen Niveau. Verf. hält ihn für einen Nachfolger von *Ceratites discus*. Die Exemplare mit stärkerem Querschnitt (um 70) vermitteln jedoch auch schon zu *Ceratites pulcher pulcher*. Wie RIEDEL (1916, S. 71) bemerkt:

„Zu gewissen Zeiten herrschte bei den verschiedensten Arten die Tendenz zur Ausbildung eines bestimmten Artcharakters; es wurde ‚Mode‘, spinos oder stark nodos zu werden oder die Skulptur zu verlieren“,

so mag auch bei *pulcher angustus* und *pulcher pulcher* zuletzt eine Angleichung der Merkmale vor allem im Querschnitt eingetreten sein, wodurch die verschiedene Abstammung verwischt wurde.

### 3.1.2.2. *Ceratites flexuosus* PHILIPPI

*Ceratites flexuosus*, der in Thüringen und bei Göttingen (Diemarden) nicht so selten ist, wurde in „typischen“ Exemplaren vom Verf. in Niederhessen noch nicht gefunden. PENNDORF gibt ihn allerdings vom Meißner als selten an. WENGER (1957, S. 73) bemerkt zu *Ceratites flexuosus*: „Heterogene Gruppe, der Skulptureigentümlichkeit nach zusammengestellt.“ Eine eigene Stellungnahme ist aus obigem Grund nicht möglich.

### 3.1.2.3. *Ceratites pulcher* RIEDEL

Durch die Einbeziehung von *Ceratites primitivus* RIEDEL, *Ceratites pinguis* GEISLER und *Ceratites flexuosus crassus* RIEDEL in den Formenkreis des *Ceratites pulcher* RIEDEL rückt letzterer automatisch in das tiefste Ceratitenvorkommen mit *Ceratites atavus* PHILIPPI (GEISLER 1938, S. 201). Durch den bereits erwähnten Fund eines *Ceratites pulcher* in den „Blauen Grenzkalken“ (Schicht I des Eisenberg-Profiles) werden die Feststellungen des gleichzeitigen Vorkommens mit *Ceratites atavus* PHILIPPI s. str. bestätigt.

Anmerkung: Die „Blauen Grenzkalke“ wurden vermutlich von älteren Autoren und wohl auch von H. PENNDORF noch zum Trochitenkalk (mo1) gerechnet; Verf. selbst hat aber Trochiten nur an der Liegendfläche gefunden. Die Profile bei PENNDORF (1951, S. 6), in denen er den „Grenzkalk“ noch nicht zu den Ceratitenschichten gestellt hat, müßten entsprechend korrigiert werden.

Der *Ceratites pulcher* aus den Blauen Grenzkalken hat in Größe, Querschnitt und Skulptur Ähnlichkeit mit *Ceratites flexuosus crassus* RIEDEL (= zu *pulcher*, nach WENGER), von dem sich (RIEDEL 1916, S. 23) „eine sehr tiefe Lage vermuten“ läßt. Andererseits bestehen in den Meßwerten (bis auf die Größe) Anklänge an *Ceratites „primitivus“*. Folgend ein Vergleich:

	Gr. (in cm)	Qu.	S.	W.	I.	N.	K.
<i>C. flexuosus crassus</i> (nach RIEDEL)	6—7	88	46	43	—	—	(10)
<i>C. pulcher pulcher</i> (nach BUSSE — oben!)	6,9	81	48	—	81	21	10
<i>C. primitivus</i> (nach ROTHE)	4,5	76	47	49	82	—	—
<i>C. pulcher pulcher</i> (nach WENGER)	4,7—8,2	70—89	40—48	—	—	19—29	9—12, meist 10

WENGER (1957, S. 75) hat *Ceratites neolaevis* PENNDORF und *Ceratites philippii* RIEDEL zu einer Art *philippii* mit den Unterarten *neolaevis* und *philippii* zusammengezogen. Da diese beiden die  $\pm$  glatten Formen der Arten *Ceratites pulcher* und *Ceratites robustus* sind, die WENGER nach wie vor getrennt hält, ist dieses Vorgehen inkonsequent. Die  $\pm$  glatten Formen teilen das stratigraphische Lager jeweils mit den stärker skulptierten *neolaevis* mit *pulcher*, *philippii* mit *robustus*. Dazu schreibt auch WENGER (1957, S. 75):

„... Da ausgeprägte Typen jedoch stratigraphisch von Wert sein können, wurden sie als Unterarten beibehalten.“

Verf. hat schon darauf hingewiesen, daß es bei allen Arten schwierig ist, den Übergang von der einen zu einer anderen Art auseinanderzuhalten, wenigstens bei Exemplaren, die am Rande der Variationsbreite stehen; denn die phylogenetische Entwicklung erfolgt allmählich, die Artmerkmale werden aber nicht ganz zeitgleich verändert. So liegen die noch relativ eng genabelten Exemplare von *Ceratites neolaevis* meist mit *Ceratites pulcher*, die schon  $\pm$  weiter genabelten von *Ceratites philippii* mit *Ceratites robustus* zusammen. Verf. hat aber noch nie einen *Ceratites philippii* s. str. im Horizont des *Ceratites pulcher* gefunden; es ist aber sicher, daß *Ceratites neolaevis* noch vereinzelt in die *robustus*-Zone hineinreicht; denn (s. o.) die Artmerkmale werden nicht ganz zeitgleich abgeändert.

### 3.1.3. Die *robustus*-Zone mit „Übergangsfeld“ zur *compressus*-Zone

Der obere Teil der Unteren Ceratiten-Schichten, die *robustus*-Zone, hat im Meißnergebiet eine Mächtigkeit von etwa 5,5 m. Die Obergrenze ist von großer Wichtigkeit durch die Ablösung der binodosen durch die nodose Skulptierung der Ceratiten. Dazu ein Zitat nach GROETZNER (1962, S. 59):

„Recht ceratitenreich und häufig von Ceratitenlumachellen begleitet sind die Schichten im Grenzbereich von *robustus*- und *compressus*-Zone. Das Nebeneinandervorkommen beider Formen beschränkt sich, soweit nachweisbar, auf einen maximal 1 m mächtigen Bereich. Die Grenze zwischen Unteren und Mittleren Ceratiten-Schichten ist daher die paläontologisch und stratigraphisch einwandfreieste aller bisher erwähnten Zonengrenzen und bildet den Hauptbezugshorizont für den unteren Teil des mo2.“

Damit ist diese wichtige Grenze treffend charakterisiert. Das Übergangsfeld beschränkt sich nach GROETZNER maximal auf 1 m (in Niederhessen auf 1–1,5 m). Einen noch geringeren Wert gibt WELZEL (1963, S. 66) für das Gebiet Bayreuth-Kronach an:

„Die Robustus-Zone mißt 6,5 m und überschneidet sich auf 0,4 m mit der Compressus-Zone.“

Auf Grund des Eisenberg-Profiles (BUSSE 1954, S. 154) soll dieses Übergangsfeld auch theoretisch für das Meißnergebiet festgestellt werden, und zwar aus der obersten *robustus*- (Schicht 21 b) und der untersten *compressus*-Zone (Schicht 22/23):

*compressus*-Zone

23) 45–55 cm blaugraue blättrige Schiefertone — *C. compressus* et var. (= *robustus terminus*)

22) 40–45 cm 5–6 cm Kalkplatte; Neigung zu dünnschiefrig-ebener Aufspaltung; Bonebed  
 15 cm graue tonige Mergelschiefer, 2 auskeilende Kalkplatten  
 10–15 cm Kalkplatten/-bänkchen  
 3–5 cm blättrig-schiefrige graue Mergel  
 5–6 cm Kalkplatte

*robustus*-Zone

21 b) 45–55 cm blättrig-schiefrige graue Mergel, besonders oben fest zusammengefaßt; Übergänge *C. robustus-compressus* (= *C. robustus terminus*)  
 = 130–155 cm

Das Übergangsfeld beträgt hier also etwa 1,5 m. In dieser vertikalen Höhe spielt sich nun in der Hauptsache die phylogenetische Umwandlung von der binodosen in die nodose Skulptierung ab. Diese Umwandlung geht nun nicht ausschließlich von relativ kleinen (*robustus terminus*), sondern im geringeren Maße auch von größeren Exemplaren des *Ceratites robustus* in Richtung *varicosatus*, *distractus*, *robustus?* *transgressor* aus.

3.1.4. Die Ceratiten der *robustus*-Zone3.1.4.1. *Ceratites robustus* RIEDEL

*Ceratites robustus* ist eine sehr variable Art (PENNDORF 1951, S. 6). WENGER (1957, S. 76) vereinigt *Ceratites robustus horridus* RIEDEL und *Ceratites romanicus* TORNQUIST emend. RIEDEL mit *Ceratites robustus robustus* RIEDEL und begründet seine Ansicht mit dieser Variabilität.

RIEDEL (1916, S. 29) bemerkt zu *Ceratites robustus* u. a.:

„... Die Außenknoten bleiben auch auf der Wohnkammer, verschwinden aber eher als die Seitenwülste. Häufig findet in der Nähe des Mundrandes eine Abschwächung der Skulptur statt, ebenso auch bei Altersexemplaren...“

Hier deuten sich schon Abänderungen in Richtung *varicosatus* und *distractus* an. Im Jahre 1968 konnte Verf. im Diemeltal aus einem eben abgestürzten Teilstück einer Gesteinswand (*robustus*- bis untere *compressus*-Zone) wahrscheinlich aus dem oben erwähnten „Übergangsfeld“ einen 13 cm großen, scheibenförmigen Ceratiten bergen, der in der Skulptur zwischen *distractus* und *varicosatus* steht. Die inneren Windungen besitzen kaum angedeutete Skulpturen (nach *distractus*); der letzte Teil des Phragmcons trägt 3 etwas stärker hervortretende Wülste, die Wohnkammer ebenfalls 3, wieder schwächere, breite Wülste (nach *varicosatus*), die zur Externseite hin in angedeutete Knoten auslaufen! Wegen dieser schwachen binodosen Skulptur bis zum Ende der Wohnkammer kann aber dieser Ceratit weder zu *distractus* noch zu *varicosatus* gestellt werden; die noch angedeuteten Externknoten weisen ihn *Ceratites robustus* zu. Dieses Beispiel zeigt aber, wie alle diese Ceratiten des Übergangsfeldes in Richtung *compressus* ganz eng miteinander verbunden sind. „Es wurde Mode“, *compressus*-Skulptur anzunehmen.

Dieser *Ceratites robustus* fällt durch seine Größe von 13 cm auf. Nach WENGER (1957, S. 76) wird die Art bis 10,6 cm groß, *Ceratites raricostatus* erreicht 12,2 cm und allein *Ceratites distractus* bis 13,5 cm. RIEDEL (1916, S. 30) erwähnt einen schlecht erhaltenen *Ceratites cf. robustus*:

„Er verdient insofern Interesse, als er mit 13,5 cm der größte Ceratit aus den unteren Ceratitenschichten ist.“

Die Meßzahlen dieses *Ceratites robustus* aus dem Diemeltal:

Gr. 13 Qu. 65 S. 36 W. 65 I. ca. 48 N. 35 K. 10/11.

### 3.1.4.2. *Ceratites raricostatus* RIEDEL

*Ceratites raricostatus* RIEDEL (1916, S. 33, Taf. 7 Fig. 4, 5) ist eine relativ große und weit genabelte, scheibenförmige, mit Seitenwülsten versehene, nicht häufige Art. Die Außenknoten verschwinden erst gegen Ende des Phragmocons. RIEDEL vermutet sein Vorkommen in den Mittleren Ceratitenschichten. Über das stratigraphische Auftreten sind ROTHE (1955, S. 288) und WENGER (1957, S. 78) verschiedener Meinung: Nach ROTHE (S. 313, Idealprofil) beginnt das Vorkommen des *Ceratites raricostatus* etwa in der Mitte der *compressus*-Zone und endet in der Mitte der *evolutus*-Zone. WENGER gibt die *pulcher*- und die *robustus*-Zone als stratigraphischen Horizont an und bemerkt: „In der *compressus*-Zone übergehend in *compressus apertus*?“

Nach dem ersten Autor liegt also *Ceratites raricostatus* in den Mittleren, nach dem zweiten in den Unteren Ceratitenschichten. Hierzu kommt Verf. auf WENGERS (1957, S. 102) Vermutung zurück: Auf „das frühe Auftreten der großen flachscheibenförmigen Arten *distractus* und *raricostatus*“. Dafür finden wir keinen Anhaltspunkt, weder in WENGERS Arbeit noch aus eigenen Erfahrungen. Wohl kann man am Ausgang der *pulcher*-Zeit etwas weiter genabelte Ceratiten antreffen, die aber doch bis zum Ende der Wohnkammer *binodos* skulptiert sind. Verf. nimmt an, daß WENGER sich in der stratigraphischen Einordnung des *Ceratites raricostatus* wesentlich auf die Angaben von MASCKE stützt, die aber als zu unsicher angesehen werden.

Verf. selbst hat *Ceratites raricostatus* nicht früher als in der *robustus*-Zone, meist jedoch in dem Übergangsfeld von *robustus* nach *compressus* gefunden. Ein Exemplar von Hueda wurde den anstehenden Schichten mit *Ceratites robustus terminus* entnommen, also dem Übergangsfeld von *robustus* nach *compressus*. Auch die übrigen, vom Verf. sowohl im Diemel- als auch im Meißner-Gebiet gesammelten Exemplare dieser Art stammen mit großer Wahrscheinlichkeit aus dem höheren Teil der *robustus*-Zone. Darüber hinaus wurden zwei Stücke bei Burghasungen in der *compressus*-Zone gefunden, deren Wülste z. T. schon rippenähnlich werden und nach *Ceratites compressus apertus* WENGER vermitteln. Das entspricht der allgemeinen kontinuierlichen Entwicklung der Seitenskulptur: Knoten (*pulcher*)- Wülste (*robustus*)- Rippen, die sich nach außen abflachen (*compressus*).

*Ceratites raricostatus* entwickelt sich also — parallel zu *robustus terminus* nach *compressus* — aus der *robustus*-Zone unter allmählicher Abänderung der Seitenskulptur bis in die Mittleren Ceratitenschichten (*compressus*- bis ?*evolutus*-Zone);

in der *atavus-pulcher*-Zone dürfte er, entsprechend dem phylogenetischen Ablauf und entgegen WENGER, noch fehlen.

Von den von RIEDEL (1916) auf Taf. 7 abgebildeten beiden Ceratiten möchte WENGER (S. 78) die Fig. 4, ROTHE (S. 288) die Fig. 5 zum Lectotyp des *Ceratites raricostatus* erklären. Tatsächlich wirken beide Figuren auf den ersten Blick recht verschieden. Die Fig. 4 erinnert an die wohl sicher nur in der *robustus*-Zone auftretenden weit genabelten Exemplare mit dicken, aber nur kurzen Wülsten, wie dies WENGER (Taf. 9 Fig. 9) darstellt; Verf. besitzt ein gleiches Exemplar aus der *robustus*-Zone des Diemeltales. Die Fig. 5 kann tatsächlich, wie RIEDEL vermutet, schon in den Mittleren Ceratitenschichten gefunden sein (ROTHERS Fig. 10 auf Taf. 3 ist sehr ähnlich). Dieser zweite Typ beginnt ebenfalls in der (oberen?) *robustus*-Zone, setzt aber in die *compressus*-Zone fort. Hierher gehören der vorhin erwähnte *raricostatus* aus dem „Übergangsfeld“ (*robustus-compressus*) von Haueda und weitere Exemplare etwa aus dem gleichen Bereich. ROTHE (1955, S. 288) nimmt — vermutlich nach den RIEDELSchen Figuren — an, daß der gesamte letzte Umgang von *Ceratites raricostatus* einfachrippig ist. Verf. glaubt dagegen, daß bei dem Nachzeichnen der entsprechenden Fotografien (RIEDEL 1916, Taf. 7 Fig. 4, 5) die — vielleicht schwachen — Externknoten nicht mitgezeichnet wurden, denn RIEDEL schreibt selbst in seinem Text (1916, S. 33):

„Die letzten gekammerten Windungen besitzen eine kräftige Robustus-Skulptur. Am Ende der letzten gekammerten Windung fehlen die Außenknoten...“

Verf. kann bei allen zu *Ceratites raricostatus* gestellten Stücken seiner Sammlung feststellen, daß die binodose Skulptur  $\pm$  bis zum Ende des Phragmocons reicht, auch bei den beiden Exemplaren aus der *compressus*-Zone von Burghasungen. Bei ROTHERS Abbildung (Taf. 3 Fig. 10) kann man wegen teilweiser Korrosion die Außenskulptur am Anfang der letzten Windung allerdings nicht feststellen. WENGER (1957, S. 78) nimmt an, daß *Ceratites raricostatus* in der *compressus*-Zone in *compressus apertus* übergeht; dann allerdings (S. 83) kann „Die einfachrippige Skulptur... bis zu einem Umgang anwachsen“, d. h., die Außenknoten fehlen auf dem ganzen letzten Umgang.

### 3.1.4.3. *Ceratites distractus* WENGER

*Ceratites distractus*, die glatte Form des *raricostatus*, ist in Niederhessen sehr selten, scheint aber bei Diemarden etwas häufiger zu sein. Verf. fand ein Exemplar im Diemeltal.

WELZEL (1963, S. 70) erhebt Einwände gegen die Trennung des *Ceratites distractus* WENGER (= in der *robustus*-Zone) von *Ceratites laevigatus* PHILIPPI (in der *enodis-laevigatus*-Zone) nur auf Grund des verschiedenen stratigraphischen Vorkommens und betont die Notwendigkeit einer Unterscheidung auch nach morphologischen Gesichtspunkten — an sich durchaus anzuerkennen. Die Trennung beider Arten ist aber ebenso wie die zwischen *Ceratites robustus* RIEDEL und *Ceratites posseckeri* ROTHE notwendig, da jeweils etwa 20—25 m Sediment zwischen beiden liegen und es sich um Iterativformen handelt.

### 3.1.4.4. *Ceratites robustus? transgressor* WENGER und *Ceratites robustus? rarinodosus* RIEDEL

Beide sind relativ seltene Formen. Die drei vom Verf. gefundenen, zu *Ceratites robustus? transgressor* gestellten Exemplare stammen vom Eisenberg und von Haueda, nach den Fundumständen aus der oberen *robustus*-Zone bis zur tiefsten *compressus*-Zone („Übergangsfeld“), also aus dem stratigraphischen Bereich, in dem sich allgemein die Veränderung von der binodosen zur nodosen Skulptur vollzieht. — Diese drei Ceratiten sind flach, sehr evolut und schwach skulptiert. Auch *Ceratites robustus? transgressor* WENGER dürfte auf *Ceratites robustus robustus* RIEDEL zurückgehen.

*Ceratites robustus? rarinodosus* RIEDEL (es liegt ein Exemplar von Haueda vor) ist ein Extrem zur vorigen Unterart. Die kräftigen Wülste verlaufen zum Nabelrand und fließen ohne ausgesprochene Externknoten auf der Wohnkammer flach etwas auseinander wie auf Taf. 5 Fig. 5 bei RIEDEL. Fundschicht ist wahrscheinlich die unterste *compressus*-Zone. RIEDEL gibt hierzu: „Oberste Schichten der Zone des *Ceratites robustus* oder unterste Schichten des *C. compressus*“ („Übergangsfeld“) an. — *Ceratites robustus? rarinodosus* RIEDEL könnte nach Ansicht des Verf. bei *Ceratites raricostatus* untergebracht werden.

Die festgestellten Meßwerte bei *Ceratites robustus? transgressor*:

Gr.	Qu.	S.	W.	I.	N.	K.
9,3	80	33	65	25	40	13
9,3	74	33	—	—	37	11
8,7	69	37	63	45	36	12
8,4—9,7	76	35—41	—	—	30—36	10—12 (Vergleich nach WENGER)

*Ceratites robustus? rarinodosus*:

9,5	—	37	—	—	36	9
-----	---	----	---	---	----	---

Zu *robustus? transgressor* WENGER (1957, S. 77) noch eine Bemerkung des gleichen Autors:

„... Ich halte mindestens die in Neidenfels gefundenen Stücke für Übergangsformen zwischen *philippii philippii* und evoluten Ceratiten der *compressus*-Zone wie *C. compressus apertus*. Das auf Taf. 9 Fig. 3 abgebildete Exemplar lag dagegen, wenn man der Aufschrift SCHRAMMENS (oder MASCKE?) — Verf.) Glauben schenken darf, nur 1—3 m über dem Trochitenkalk in Diemarden.“

Auf die Fragwürdigkeit der stratigraphischen Angaben bei MASCKE wurde bereits hingewiesen.

### 3.2. Mittlere Ceratiten-Schichten

Die Mittleren Ceratiten-Schichten haben normal eine Mächtigkeit von 25 m (RIEDEL 1916, S. 88: 15—40 m über dem Trochitenkalk). Am Eisenberg konnte Verf. 23,39—24,34 m feststellen, was wiederum mit den RIEDELSCHEN Angaben annähernd übereinstimmt. Die einzelnen Zonen schwanken in Niederhessen auf weitere Entfernung mitunter in der Mächtigkeit, gleichen sich aber insgesamt meist wieder  $\pm$  aus (vgl. auch RIEDEL 1916, S. 89).

3.2.1. Die *compressus*- und die *evolutus*-Zone

Diese Zonen werden neuerdings von GROETZNER (1962, S. 78) wegen der Schwierigkeit der Abgrenzung zusammengezogen:

„Während . . . die Untergrenze der Mittleren Ceratiten-Schichten wegen der Häufigkeit von Ceratiten und eines geringen vertikalen Mischbereichs der Leitformen . . . recht scharf festgelegt werden konnte, muß auf eine Abtrennung zwischen *compressus*- und *evolutus*-Zone verzichtet werden. Der Grund . . . ist der schon von RIEDEL und . . . KLEINSORGE erwähnte ‚enge Anschluß‘ der Zone des *C. evolutus* an die des *C. compressus*, der sich im häufigen Nebeneinandervorkommen von *evolutus*- und *compressus*-Formen offenbart.“

Wie schon erwähnt, sind alle Ceratitenzonen-Abgrenzungen etwas schwierig. Einen Hauptgrund sehen wir aber darin, daß GROETZNER den Beginn einer neuen Zone mit dem letzten Auftreten eines älteren Zonen-Ceratiten beginnen läßt, während Verf. in Übereinstimmung mit älteren Autoren das erste Auftreten eines neuen Zonen-Ceratiten mit dem Beginn der neuen, jüngeren Zone zusammenlegt. Eine Trennung muß so oder so gezogen werden; denn die großen, weitnabligen und oft spinos werdenden Formen besonders der oberen *evolutus*-Zone stehen doch zu sehr im Gegensatz zu den vorhergehenden kleinen, flach-ovalen *compressus*-Gehäusen. Verf. hält jedenfalls seine Auffassung und die der älteren Autoren für zweckmäßiger.

## 3.2.1.1. Zum Eisenberg-Profil

Durch die Änderung des Begriffsinhaltes einer Reihe von Ceratiten-Arten durch WENGER ist auch im Eisenberg-Profil (BUSSE 1954, S. 153, 156) eine Anpassung der Abgrenzung der *evolutus*- gegen die *spinosus*-Zone notwendig geworden. Die dort gemachten Angaben werden zur Übersicht wiederholt:

<i>spinosus</i> -Subzone	29	(unterster Teil)	
		30 cm	dicke Kalkplatten, wenig blaugraue Tonschiefer (im untersten Teil des Eichliede-Profiles <i>Ceratites spinosus</i> )
<i>praespinosus</i> -Subzone	28b	135—142 cm	Wechsellager von überwiegend blaugrauen Tonschiefern, weniger Kalkplatten; letztere besonders über 28a
	28a	9—12 cm	Kalkbank mit seitlichen Hohlräumen und Kalkspatdrusen in 28b: <i>C. praespinosus</i> , <i>C. evolutus subspinosus</i>
<i>evolutus</i> -Zone	27	110—120 cm	graue bis dunkelgraue Tonschiefer, wenig Kalkplatten (3—4 cm), über der Basis und oben <i>C. evolutus</i> et var. <i>subspinosus</i> .

Nach der neuen Fassung des Begriffsinhaltes einer Reihe von Ceratiten-Arten bei WENGER (1957) sind der unter 29) genannte *Ceratites spinosus* zu *Ceratites evolutus subspinosus*, die unter 28b) aufgeführten *Ceratites praespinosus* zu *evolutus praecursor* zu stellen. Dem entsprechend werden die oben aufgeführten stratigraphischen Glieder unter Wegfall der *praespinosus*-Subzone (28) und des tiefsten Teiles der *spinosus*-Zone (29 unten) zur *evolutus*-Zone zusammengezogen, deren Mächtigkeit danach am Eisenberg 2,84—3,04 m beträgt.

### 3.2.2. Die *spinosus*-Zone

Sie wird vom Verf. theoretisch nur noch zweigeteilt in die Subzonen:

- b) *postspinosus-pennendorfi* 10,4–10,7 m
- a) *praespinosus-spinosus* 6,35– 6,6 m

*Ceratites spinosus spinosus* ist im Meißnergebiet nicht häufig, worauf ROTHE (1955, S. 295) für Thüringen auch hinweist. Dadurch wird die Abgrenzung der beiden Subzonen (b + a) etwas erschwert. In Süddeutschland aber ist *Ceratites spinosus* „bei weitem der häufigste Ceratit“ (WENGER 1957, S. 86).

Mit der Zweiteilung stimmen die Feststellungen GROETZNER'S (1962, S. 78) gut überein:

„Die wenigen Funde spinoser Ceratiten erlauben nicht das Ausscheiden der weiteren Subzonen RIEDEL'S (*C. . . praespinosus* RIEDEL, *C. . . spinosus* PHILIPPI, *C. . . post-spinosus* RIEDEL). In mehreren Fällen . . . wurde überdies *C. spinosus praespinosus* zusammen oder über *C. spinosus* geborgen, was auf eine schlechte Trennbarkeit dieser beiden Subzonen hindeutet. Der abschließende Teil der *spinosus*-Zone ist nicht allein durch *C. spinosus postspinosus* gekennzeichnet, sondern auch durch das Auftreten von *C. spinosus pennendorfi* ROTHE, der wiederholt . . . dicht unterhalb der . . . Bänke mit *C. enodis* und *C. laevigatus* anzutreffen war.“

### 3.2.3. Die Ceratiten der *compressus-evolutus-spinosus*-Zonen

#### 3.2.3.1. *Ceratites armatus* PHILIPPI s. l.

WENGER (1957, S. 78) hat alle in den Mittleren bis Oberen Ceratitenschichten auftretenden binodos gebliebenen Arten dem *Ceratites armatus* s. str. als Unterarten angeschlossen. BUSSE (1962) wies darauf hin, daß *Ceratites armatus* s. str. eine bereits nodos und etwas spinos werdende Art sei, die nicht geeignet ist, als Großart auch die „primitiveren“, binodos gebliebenen Ceratiten der Mittleren/Oberen Ceratitenschichten zu umfassen. Verf. wendet deshalb vorläufig nur die alten Artnamen dieser binodosen Ceratiten an.

Auch WELZEL (1963, S. 69) äußert in dieser Frage Bedenken:

„Ob man alle binodosen Ceratiten, die über der Robustus-Zone vorkommen, zu der Gruppe des *Ceratites armatus* vereinigen soll (wie WENGER es tut), oder nicht, bleibt eine Frage der persönlichen Auffassung. Mitunter kommen in den Mittleren Ceratitenschichten binodose Ceratiten vor, die erheblich von dem Holotypus des *Ceratites* (. . .) *armatus* PHILIPPI abweichen, und WENGER'S Diagnose (. . .) ist unzureichend und zu schematisch. Es werden ja auch nicht alle binodosen Ceratiten, die unterhalb und in der Robustus-Zone vorkommen, zu einer Art zusammengefaßt.“

#### 3.2.3.2. *Ceratites evolutus* PHILIPPI und *Ceratites spinosus* PHILIPPI

Der Autor beider Arten (PHILIPPI 1901, S. 61 bzw. 405) schreibt bei *Ceratites evolutus*:

„Die hier zu beschreibende Art (= *C. evolutus* – Verf.) steht der vorigen hinsichtlich ihrer Berippung und ihres Querschnittes so nahe, daß ich ursprünglich beide nicht getrennt hielt. Ich glaube jedoch, daß ihre für nodose Ceratiten höchst eigenthümlichen Auf-

rollungsverhältnisse es rechtfertigen, wenn ich sie von der vorigen Art (*C. spinosus* — Verf.) abtrenne. Ich kann aber kaum etwas dagegen einwenden, wenn andere Autoren in beiden Arten nur verschiedene Varietäten eines und desselben Typus erblicken wollen.“

RIEDEL (1916, S. 56) folgert daraus:

„PHILIPPI hat also offenbar unter dem Namen *Ceratites spinosus* auch dem *Ceratites evolutus* recht ähnliche spinose Formen zusammengefaßt. Deshalb muß der Name *Ceratites spinosus* auf evolute Formen mit starken Außendornen beschränkt bleiben.“

Nun ist es die Tendenz dieser Ceratitenzeit, daß alle „Arten“ spinos werden. Wir verdanken es ROTHE und WENGER, daß die trennenden Begriffe exakt festgestellt wurden. ROTHE (1955, S. 294) tut dies besonders bei *Ceratites spinosus spinosus* mit der Feststellung größerer Involution gegenüber *Ceratites evolutus*; seine Abbildung illustriert treffend den Gesamtcharakter. WENGER (1957, S. 86) faßt die bisherigen Arten *praespinosus*, *spinosus*, *postspinosus* und *penndorfi* als Unterarten zu *Ceratites spinosus* zusammen und fügt die neuen Unterarten *obesus*, *capricornu* und *multicostatus* hinzu. Zu diesem *Ceratites spinosus* s. l. schreibt WENGER (1957, S. 86) unter „Diagnose“:

„Die Nabelweite (bei *C. spinosus* — Verf.) ist meist etwas geringer als beim gleichgroßen Exemplar von *evolutus*. . . Kennzeichnend sind kräftige Externknoten, die sich gelegentlich zu langen Dornen entwickeln können“

und zu *Ceratites evolutus*:

„Der einfach berippte Teil kann bis über einen Umgang anwachsen, wobei die Rippen bis zur Externkante die gleiche Höhe behalten. Ein Marginalknoten kann aufgesetzt sein, erhebt sich jedoch nie sehr über den normalen Rippenquerschnitt.“

Unter Berücksichtigung dieser Eigenheiten kann man sich eine evolutere Reihe mit schwächeren und eine involutere Reihe mit stärkeren Externknoten etwa in dieser stratigraphischen Folge vorstellen:

evolute Reihe:	involute Reihe:
<i>spinosus penndorfi</i>	<i>spinosus postspinosus</i>
<i>spinosus capricornu</i>	<i>spinosus spinosus</i>
<i>evolutus bispinatus</i>	
<i>evolutus subspinosus</i>	<i>spinosus praespinosus</i>
<i>evolutus tenuis</i>	
( <i>compressus apertus</i> ?) <i>praecursor</i> ( <i>armatus</i> ?)	
<i>compressus compressus</i>	

*Ceratites praecursor*, im artlichen Begriffsinhalt von WENGER wesentlich verändert, ist der Nachfolger von *Ceratites compressus compressus* und im wesentlichen auch der Stammvater der beiden Reihen. WENGER betont besonders (1957, S. 87) den kontinuierlichen Übergang *evolutus praecursor* — *spinosus praespinosus* — *spinosus spinosus*. Wegen der Wichtigkeit des *Ceratites praecursor* für beide Reihen wird vom Verf. empfohlen, den Artnamen beizubehalten, zumal *Ceratites praecursor* nur mäßig evolut und kaum spinos ist.

Daneben kommt für die evolutere Reihe auch *Ceratites compressus apertus* als Vorläufer in Frage; WENGER nennt ihn in Verbindung mit *Ceratites evolutus tenuis*.

*Ceratites armatus* s. str. wurde von RIEDEL als der älteste spinose Ceratit angesehen. Da dieser auch in die *evolutus*-Zone hineinreicht, ist es möglich, daß er entsprechend der Entwicklungsrichtung und nach den skulpturellen Eigenschaften sich dem *Ceratites spinosus praespinosus* angleicht.

Die neue Unterart *Ceratites evolutus bispinatus* WENGER ist eine wohl etwas jüngere, extremer skulptierte Form des *Ceratites evolutus subspinosus* STOLLEY. Sie kommt nach WENGER im oberen Teil der *evolutus*-Zone, vielleicht auch in der *spinosus*-Zone vor. Tatsächlich konnte vom Verf. das Auftreten auch noch in der unteren *spinosus*-Zone festgestellt werden. Darüber hinaus kommen in der *spinosus*-Zone auch Übergänge zwischen *evolutus bispinatus* und dem weitgenabelten! *Ceratites spinosus capricornu* vor, welche die angedeuteten Reihen unterstreichen. Zu *Ceratites evolutus bispinatus* sind auch relativ weitgenabelte Stücke zu stellen, die früher vielfach — auch vom Verf. — zu *Ceratites spinosus praespinosus* gerechnet wurden. Daraus erklärt sich wohl auch bei ROTHE „Idealprofil“ (1955, S. 313) die außerordentlich große vertikale Ausdehnung des *Ceratites praespinosus* (alter Fassung). Durch die Revision der Diagnose auch bei *Ceratites spinosus praespinosus* durch WENGER (Variationsstatistiken) sind hier die Umgrenzungen eindeutiger geworden.

Während *Ceratites spinosus capricornu* WENGER noch  $\pm$  weitgenabelt ist, wird die Nabelweite bei *Ceratites spinosus penndorfi* ROTHE mittelmäßig. Wir beobachten hier ähnliches wie bei *spinosus spinosus* zu *spinosus postspinosus*: Die Nabelweite geht relativ zurück.

*Ceratites evolutus bispinatus* wird noch größer als WENGER (:DE 7,6—10,9 cm) angibt. Verf. besitzt zwei Exemplare von 11,5 und 11,9 cm DE. — WENGER (1957, S. 101, Taf. 19 Fig. 2) erwähnt ein von Dr. LINCK in Neudenu gefundenes Doppelstück mit *Ceratites spinosus/enodis*; Verf. fand am Eisenberg ein Doppelstück mit *Ceratites riedeli/enodis* in den Schichten mit *Ceratites postspinosus/penndorfi* (Naturkunde-Museum, Kassel).

Über das stratigraphische Vorkommen von *Ceratites spinosus penndorfi* bestehen unterschiedliche Auffassungen zwischen ROTHE (1955, S. 310) und WENGER (1957, S. 104). In dem Profil von Großvargula bei Langensalza gibt ROTHE das Zusammenkommen von *Ceratites spinosus penndorfi* mit *Ceratites nodosus minor* über der *cycloides*-Bank an. Das läßt sich, wenigstens in Niederhessen, nicht bestätigen. WENGER stellt dagegen das stratigraphische Lager unter der *cycloides*-Bank fest:

„Vorkommen: Oberer Abschnitt der *spinosus*-Zone. Einzelne Stücke bis unter Tonhorizont  $\beta$ . ROTHE'S Ansicht, *penndorfi* komme in der Region um und über der *Cycloides*bank vor, vermag ich nicht zu teilen. Obwohl mir viel mehr und auch größere, also wohl phyletisch jüngere Exemplare zur Verfügung stehen, reicht keines an die *Cycloides*bank heran.“

Eine Bestätigung von WENGER'S Auffassung kann Verf. aus einer während des letzten Krieges bei Greußen — zwischen Großenehrich und Thüringenhausen — in Thüringen gemachten Feststellung geben. Unweit Thüringenhausen befand sich ein Aufschluß in den Mittleren Ceratiten-Schichten, im Hangenden mit der dort gut ausgebildeten *cycloides*-Bank, darunter tonig-mergelige, relativ mürbe Schichten. Im tieferen Teil dieser Tonplatten fand Verf. verschiedene große Exemplare von *Ceratites spinosus penndorfi*, während im höheren Teil etwa bis 1 m unter der *cycloides*-Bank nur kleinere binodose (schlecht erhaltene) Ceratiten vorkamen.

Diese Differenz zwischen beiden Autoren wäre noch zu klären. Es ist möglich, daß die *cycloides*-Bank in Thüringen stratigraphisch nicht so beständig ist wie vielleicht in Südwestdeutschland. So schreiben WEBER & KUBALD (1951, S. 129):

„... Zugleich ist die Lage der Cycloidesbank an der Grenze der *Spinusus*- und der *Postspinusus*-Zone, d. h. an der Basis des Oberen Teiles der Mittleren Ceratitenschichten, wahrscheinlich geworden, was mit den Beobachtungen bei Ohrdruf (BÖTTCHER 1938a, S. 55) übereinstimmen würde.“

Auf die Verhältnisse im Meißnergebiet übertragen, würde das bedeuten, daß die *cycloides*-Bank an der Grenze *praespinusus-spinusus*- und *postspinusus-pennendorfi*-Subzone liegen müßte — ca. 10,5 m unter den „*enodis*-Platten“.

*Coenothyris cycloides* wurde bisher in Niederhessen noch nicht gefunden; nach der Lage fester harter Platten mit *Ceratites enodis* QUENST. wurden vom Verf. die der *cycloides*-Bank  $\gamma$  offenbar gleichaltrigen „*enodis*-Platten“ (BUSSE 1954, S. 157) aus-  
geschieden.

### 3.2.3.3. *Ceratites riedeli* STOLLEY, *Ceratites münsteri* PHILIPPI, *Ceratites humilis* PHILIPPI, *Ceratites „armatus“ exiguus* WENGER, *Ceratites „armatus“ perceo* WENGER

Die binodosen Arten (von WENGER als Unterarten zu „*armatus*“ gerechnet) *riedeli*, *münsteri*, *humilis* und „*armatus*“ *exiguus* wurden vom Verf. in der *spinusus*-Zone, überwiegend in der *postspinusus-pennendorfi*-Subzone, gefunden. Dagegen wurde *Ceratites hercynus* RIEDEL nicht in der *spinusus*-Zone (PENNDORF 1951, S. 9) festgestellt, vom Verf. aber in der unteren *nodosus*-Zone zusammen mit *Ceratites nodosus praenodosus* WENGER gefunden.

Der von WENGER ausgeschiedene *Ceratites „armatus“ perceo* erinnert außerordentlich an jugendliche *Nodose*; die langanhaltende Lobendrängung spricht allerdings gegen eine juvenile Form.

## 3.3. Obere Ceratiten-Schichten

In Niederhessen sind die Oberen Ceratitenschichten kaum noch, und dann ungenügend, aufgeschlossen. Die Zeiten sind längst vorbei, in denen H. PENNDORF vor 4 und 5 Jahrzehnten in den durch umfangreiche Bahnbauten entstandenen Aufschlüssen des randlichen Meißnergebietes die Oberen Ceratitenschichten ausmessen und ausbeuten konnte und bei Hess. Lichtenau ein Kalkwerk den Unteren Keuper und die Oberen Ceratitenschichten bis in die *spinusus*-Zone aufschloß. Leider sind die Profile nur z. T. von PENNDORF festgehalten worden. So bleibt in bezug auf Niederhessen über die Oberen Ceratitenschichten nur wenig zu sagen, und wir müssen uns im wesentlichen an das halten, was PENNDORF schriftlich hinterlassen hat; er schreibt (1951, S. 5, 6) u. a.:

„... Hierbei wurden jedoch die Ceratiten-Schichten am Meißner gar nicht oder nur beiläufig erwähnt, obwohl sie hier wie selten in Deutschland lückenlos anstehen und dadurch den Vorteil eines geschlossenen Untersuchungsgebietes bieten. Ein gewisser Nachteil liegt allerdings in den häufigen Störungen gerade dieses Gebietes. Die

Gesamtmächtigkeit ist daher nicht genau festzustellen, sie übersteigt jedoch nicht 60 m.“

„... Zeigt auch keiner der zahlreichen Aufschlüsse die gesamte Schichtenfolge, so kann diese doch einwandfrei aus günstigen Teilaufschlüssen zusammengestellt werden.“

Tatsächlich sind die durch  $\pm$  intensive tektonische und nachtektonische Beanspruchung hervorgerufenen Störungen im Meißnergebiet erheblich und oft einer genauen stratigraphischen Bearbeitung hinderlich. (Das Eisenberg-Profil, vom oberen Mittleren Muschelkalk lückenlos bis an die Basis der Oberen Ceratiten-Schichten reichend, war einmalig.) Die von PENNDORF angegebene Gesamtmächtigkeit: nicht über 60 m, ist aber sicher zu niedrig gegriffen. Das liegt einmal an seinen Feststellungen über den unteren Teil der Oberen Ceratitenschichten = von der Basis der *enodis-laevigatus*-Zone bis zur Oberkante der *nodosus*-Zone. Für diesen stratigraphischen Komplex kommt PENNDORF (1951, S. 18) auf etwa 13 m, Verf. theoretisch auf mindestens 20 m. Zur Erläuterung die Angaben bei PENNDORF (1951, S. 12):

„Mit *Ceratites nodosus laevis* beginnt im Meißner-Gebiet die *nodosus*-Zone wie einwandfrei im Bahneinschnitt bei Walburg festgestellt werden konnte.“

„*Ceratites nodosus minor* liegt vergesellschaftet mit *Ceratites nodosus laevis* in der unteren *nodosus*-Zone“.

Dabei ist aber nicht berücksichtigt oder nicht erkannt der unterste Teil der *nodosus*-Zone mit dem relativ kleinen *Ceratites nodosus praenodosus* WENGER (dieser stratigraphisch tiefste Teil der *nodosus*-Zone war seinerzeit bei Uengsterode im „Pfaffengrund“ gut aufgeschlossen). Nach PENNDORF (1951, S. 7) beträgt die Mächtigkeit der *nodosus*-Zone (einschließlich einer von diesem Autor ausgeschiedenen *levalloisi*-Zone mit 2 m) am Bahnhof Walburg nur 6 m; dagegen wurden bei einer Neu-Aufwältigung des klassischen Bremsbahn-Profiles durch das Hessische Landesamt für Bodenforschung gelegentlich der Tagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Marburg (1958) vom Verf. bereits 8,5 m der *nodosus*-Zone festgestellt, ohne daß die Schichten mit dem kleinen *Ceratites nodosus praenodosus* erreicht waren! PENNDORF hat am Bahnhof Walburg zweifellos nicht die gesamte *nodosus*-Zone vor sich gehabt. Vielleicht lief an der Basis des Bahnaufschlusses eine Verwerfung durch, oder das Profil war nur bis 6 m unter der Oberkante der *nodosus*-Zone aufgeschlossen. Wahrscheinlich muß auch noch zwischen *nodosus*- und *enodis-laevigatus*-Zone eine *sublaevigatus*-Zone eingeschaltet werden, wie WENGER (1957, S. 99) erwähnt und auf die auch — gelegentlich mündlicher Unterhaltung — PENNDORF schon aufmerksam geworden war.

Auch in Südwestdeutschland ist dieser Schichtabschnitt: *enodis-laevigatus*- (*sublaevigatus*-?) *nodosus*-Zone mächtiger als PENNDORF (13 m) annimmt; nach GEISLER (1938, S. 206) und WENGER (1957, S. 101) liegt die Mächtigkeit hier zwischen 20 und 25 m.

Für die Unteren/Mittleren Ceratitenschichten lieferte das Eisenberg-Profil exakte Zahlen, die ebenfalls um einige Meter über PENNDORFS Werte hinausgehen.

Die Ceratiten-Schichten betragen im Meißnergebiet nach begründeter Überzeugung des Verf. mindestens 70 m.

Nach den bis jetzt vorliegenden Unterlagen wird die Durchschnittsmächtigkeit des gesamten Oberen (Haupt-) Muschelkalks, zwischen Mittlerem Muschelkalk und

Lettenkohlenkeuper, für das Meißnergebiet errechnet und in Tab. 2 den Mächtigkeitsangaben für Südwestdeutschland (WENGER 1957, S. 101) gegenübergestellt.

Horizont der Discoceratiten (festgestellt an der Bremsbahn/Laudenbach 1958)	ca. 13,5 m
<i>enodis-laevigatus</i> - bis <i>nodosus</i> -Zone (angenommen wie oben erläutert)	ca. 20 m
Untere bis Mittlere Ceratiten-Schichten (nach dem Eisenberg-Profil, BUSSE 1954)	ca. 38,5 m
Haupttrochitenkalk/mol (nach BUSSE 1952)	ca. 12 m
Gelbe Basisschichten (= Myophorien-Undularen-Schichten nach BUSSE 1952)	ca. 8 m
	ca. 92 m

Es ist natürlich nur ein Zufall, daß Verf. genau auf die gleiche Meterzahl wie WENGER für den gleichen Schichtenkomplex kommt, nämlich auf 92 m; denn die einzelnen Schichtmächtigkeiten wechseln ja  $\pm$  vor allem auch auf größere Entfernung. Aber einzelne Schichten unterschiedlicher Stärke können sich insgesamt ausgleichen. Das wäre m. E. vor allem möglich bei einer zusammenhängenden Störungs- bzw. Schwächezone der Erdrinde mit  $\pm$  gleichartiger Senkungstendenz — wie sie vom Verf. von Südwestdeutschland in etwa südnördlicher (rheinischer) Richtung über das Meißnergebiet angenommen wird. Damit wäre vielleicht auch die Richtung für die Verschwemmung der Trochiten und der allmähliche Wanderweg der Ceratiten nach Nord- und Mitteldeutschland vorgezeichnet.

Wenn es auch nur Zufall ist, daß WENGER und der Verf. auf die gleiche Mächtigkeitsangabe (92 m) kommen, so ist das doch vorläufig die einzige Möglichkeit, die Schichten beider Gebiete gegenüberzustellen und einigermaßen Übereinstimmungen und Abweichungen zu demonstrieren. —

R. WENGER (1957, S. 99) unterteilt die Oberen Ceratiten-Schichten von oben nach unten in: Horizont der Discoceratiten

- nodosus*-Zone
- (*sublaevigatus*-Zone?)
- enodis-laevigatus*-Zone

Die bisher im oberen Teil unterschiedenen:

- semipartitus*-Zone
- dorsoplanus*-Zone
- intermedius*-Zone

faßt WENGER zu dem Horizont der Discoceratiten zusammen und begründet diesen Entschluß wie folgt:

„Eine Unterteilung bei (*Discoceratites*) scheint stratigraphisch nicht so wertvoll, weil sich die Verbreitungsbereiche zu sehr überschneiden.“

Tatsächlich geht aus WENGER'S Abb. 7 (S. 101), „Fränkischer oberer Hauptmuschelkalk“, mit stratigraphisch geordneten Ceratiten gegenüber Niederhessen eine relativ starke Überschneidung der einzelnen Ceratiten-Arten und -Zonen hervor. Da dieses Profil nach G. WAGNER (1913) zusammengestellt ist, ein großer Teil der Stücke auch von ihm selbst gesammelt und „dementsprechend ausgezeichnet horizontal“ wurde, soll die Richtigkeit dieser Angaben nicht bezweifelt werden.

Tab. 2. Vergleich des Oberen (Haupt-) Muschelkalks vom Meißner und von Südwest-Deutschland

Meißner-Gebiet (nach BUSSE)		Südwest-Deutschland (nach WENGER 1957, S. 101)	
m		m	m
92	Horizont der Discoceratiten	(0)	92
88		(4)	88
84		(8)	84
80		(12)	80
76	IV	(16)	76
72		(20)	72
68		(24)	68
64		(28)	64
60	III	(32)	60
56		(36)	56
52		(40)	52
48		(44)	48
44	II	(48)	44
40		(52)	40
36	I	(56)	36
32		(60)	32
28		(64)	28
24		(68)	24
20	Haupt-Trochitenkalk	(72)	20
16		(76)	16
12		(80)	12
8		(84)	8
4	Gelbe Basis-Schichten (= Myophorien-Undu- larien-Schichten)	(88)	4
0		(92)	0

-78,5 —————  
 -58,5 —————  
 Mittl. C.-Sch. ———  
 Unt. ———  
 (1. Auftreten *atavus, pulcher*)  
 unt. Trochitenbänke

Für Niederhessen konnten wir ein derartig starkes Überschneiden der einzelnen Arten und Zonen nicht feststellen; es übersteigt nach unseren Beobachtungen nicht die Mächtigkeit der „Übergangsfelder“ in den Unteren und Mittleren Ceratitenschichten Niederhessens.

So wurden bei der bereits erwähnten Wiederaufwältigung des klassischen Bremsbahn-Einschnittes bei Laudenbach im Jahre 1958 aus dem Hauptlager des *Ceratites dorsoplanus* etwa 15–20 ± große Ceratiten geborgen, von denen nicht einer noch zu *Ceratites intermedius* oder schon zu *Ceratites semipartitus* gerechnet werden konnte; alle konnten bei *Ceratites dorsoplanus* PHILIPPI und bei *Ceratites alticella diversus* WENGER (= *Ceratites dorsoplanus* alpha und beta BEN.) untergebracht werden. — Ähnliche Erfahrungen konnte Verf. mit *Ceratites semipartitus* MONTFORT machen, den er immer nur — an der Bremsbahn — in der *semipartitus*-Zone fand.

Für Niederhessen ist also die Beibehaltung der alten Zonenbezeichnungen im Rahmen des „Horizontes der Discoceratiten“ zu empfehlen.

### 3.1.1. Die Ceratiten der Oberen Ceratiten-Schichten

Sie wurden ausführlich von PENNDORF (1951) und WENGER (1957) behandelt. Wir können uns hier auf wenige Anmerkungen beschränken.

#### 3.3.1.1. *Ceratites hercynus* RIEDEL

Dieser Ceratit wurde vom Verf. in vier Exemplaren in der tiefsten *nodosus*-Zone, den Schichten mit *Ceratites nodosus praenodosus* WENGER, gefunden. Das strati-

#### Anmerkungen zu Tab. 2:

Die Meter-Angaben nach WENGER (in Klammern) wurden umgekehrt: 92 oben, 0 unten. — Die „Fränkischen Grenzsichten“ entsprechen der *semipartitus*-Zone + Ostracoden-(Bairdien-)Tonen, die „Oberen Gervilliensichten“ der *intermedius*-Zone; mit letzteren beginnt der Horizont der Discoceratiten. Die im oberen Teil (rechts) aufgeführten verschiedenen Terebratelschichten (O. T., H. T. etc.) entfallen am Meißner; in den gesamten Oberen Ceratiten-Schichten wurden hier bisher keine Terebrateln gefunden.

Die vier Linien bedeuten (von unten): 1. Das erste Auftreten von Ceratiten. — 2. Beginn der *evolutus*-Zone. — 3. Beginn der *enodis-laevigatus*-Zone. — 4. Beginn des Horizontes der Discoceratiten. — Mit Beginn des „Horizontes der Discoceratiten“ (Ob. Gervilliensichten) scheint nach vorhergehenden Mächtigkeitsschwankungen ein Ausgleich eingetreten zu sein.

Selbstverständlich soll diese Tabelle vorerst nur für die Senkungszone Südwestdeutschland-Meißner angewandt werden. Für das gesamte germanische Muschelkalkgebiet werden auch stärkere Mächtigkeitsschwankungen zu berücksichtigen sein.

Besonders kraß scheinen die Verhältnisse bei Bielefeld zu sein. ALTHOFF (1922, S. 9) berichtet, daß hier die gesamten Unteren Ceratitenschichten mit *Ceratites atavus*, *pulcher*, *robustus* in einer vertikalen Ausdehnung von nur 1,80 m gegenüber der normalen Mächtigkeit von 15 m vertreten sind. Allerdings müßte, wenn möglich, eine Bestimmungsüberprüfung dieser Ceratiten vorgenommen werden, denn die u. a. erwähnten Ceratiten: *riedeli*, *münsteri*, *laevigatus* und *compressus* dürften kaum in diesem stratigraphischen Niveau zu erwarten sein.

Auch für Thüringen stellt H. WEBER (1955, S. 109) — nach BÖTTCHER und POSSECKER — große Unterschiede fest. So sind die Ceratitenschichten bei Ohrdruf nur 26–28 m, bei Erfurt aber etwa 76 m mächtig! Letztere Zahl nähert sich den Angaben in Tab. 2.

graphische Niveau stimmt etwa mit RIEDELS Angaben überein: „Dicht über der Cycloidesbank“. Die flachen Gehäuse stehen zu dem  $\pm$  dicken Querschnitt des *Ceratites nodosus* im Gegensatz; sie erinnern noch stark an die von *Ceratites sublaevigatus* WENGER, auf den *Ceratites hercynus* zurückgehen dürfte. In diesem Niveau wurde *Ceratites sublaevigatus* WENGER vom Verf. nicht mehr gefunden.

Die Skulptur ist bei den vorliegenden Exemplaren  $\pm$  schwach; die binodose Skulpturierung reicht noch bis zum Beginn der Wohnkammer, die inneren Windungen werden  $\pm$  glatt. Nachfolgend die Meßwerte im Vergleich mit jenen von RIEDEL (1916) und WENGER (1957):

	Gr.	Qu.	S.	W.	I.	N.	K.
(Samml.Nr. 199a)	10	66	44	57	64	23	—
( „ „ 199b)	8,6	—	47	—	—	21	—
( „ „ 200)	9,5	65	44	57	58	25	12
( „ „ 200a)	8,1	69	43	63	55	23	10
RIEDEL:	9	78	42	61	68	—	—
WENGER:	8/10	73	46/45	—	—	20/23	13/10

### 3.3.1.2. *Ceratites similis* RIEDEL

WENGER schreibt dazu (1957, S. 96):

„Der RIEDELSchen Abbildung zufolge ist *C. similis* am ehesten noch mit *C. (Ceratites?) sublaevigatus* zu identifizieren. Da aber der Holotyp, der für die Klärung der Frage allein maßgebend wäre, im Krieg verloren ging, schlage ich vor, den Namen *similis* nicht mehr zu verwenden.“

Ob die Streichung des *Ceratites similis* RIEDEL und die Vereinigung mit *Ceratites sublaevigatus* WENGER angebracht ist, möchte Verf. nicht entscheiden, da ihm aus der Nachkriegszeit nur ein Exemplar zur Verfügung steht. Nach der Abbildung bei RIEDEL (Taf. 10 Fig. 3) ist ebenso wie bei dem eben erwähnten Exemplar mindestens der letzte Umgang einfachrippig, während bei *sublaevigatus* nach WENGER (S. 89) „mindestens ein Teil der Wohnkammer, höchstens aber etwas mehr als ein halber Umgang einfachrippig ausgebildet ist.“ Das ist ein bedeutender Unterschied. Mindestens müßte die Diagnose bei *sublaevigatus* entsprechend erweitert werden. A. H. MÜLLER (1954, S. 33, Taf. 1 Fig. 10) bemerkt zu *Ceratites similis*:

„*C. similis* . . . zeigt . . . im Gegensatz zu *C. evolutus* wohl mindestens 20 Einfachrippen, die sich weit auf die inneren Windungen erstrecken.“

Auch diese Feststellung entfernt sich sehr von der Skulptur-Beschreibung des *Ceratites sublaevigatus*. ROTHE (1955, S. 304) gibt von *Ceratites similis* die Meßwerte an, die bei RIEDEL noch fehlen.

Daß der Holotyp im Kriege verloren ging, dürfte nicht so entscheidend sein, da auch Holotypen anderer Arten mit der Braunschweiger Sammlung verloren gingen, ohne daß deshalb die Arten aufgegeben wurden.

### 3.3.1.3. *Ceratites nodosus* BRUGUIÈRE

WENGER (1957, S. 91) schreibt bei Behandlung des *Ceratites nodosus nodosus* unter Bemerkungen:

„Die von GEISLER und PENNDORF aufgestellten Unterarten *gibber*, *major*, *optimus* und *subpostspinus* lassen sich bei dem mir vorliegenden Material nicht vertreten. — Der Ceratit, auf den ROTHE die Unterart *lateumbilicatus* gründet, ist, milde ausgedrückt, als Holotyp einer neuen Art ungeeignet. Kein Wunder, daß er bei dieser fortgeschrittenen Anlösung weitnablig wird.“

Derartig angelöste *nodosus*-Formen, wie sie ROTHE als *nodosus lateumbilicatus* beschreibt und abbildet, finden sich auch in den überwiegend tonigen Sedimenten der *nodosus*-Zone des Meißners. Sie gaben keinen Anlaß, als besondere Unterart herausgestellt zu werden. Ob die Einziehung der oben genannten vier Unterarten notwendig war, sei dahingestellt. Verf. möchte aber auf STOLLEYS Ausführungen (1916, S. 137) verweisen:

„Insbesondere ist der Formenkreis des eigentlichen *Ceratites nodosus* von RIEDEL nur gestreift worden. . . . Ohne Zweifel herrscht in diesen oberen Horizonten eine ganz entsprechende Mannigfaltigkeit der Formen . . . wie in den Zonen der mittleren und unteren Ceratiten-Schichten . . ., so daß eine besondere ausführliche Bearbeitung . . . dringend erwünscht ist. . . .“

WENGER hat die von ihm getrennt gehaltenen Unterarten wesentlich durch die Größe unterschieden:

<i>Ceratites nodosus praenodosus</i>	DE 7,7— 9,5 cm
„ „ <i>minor</i>	DE 10 —13,7 cm
„ „ <i>nodosus</i>	DE 14 —26 cm

Doch schreibt er zu *Ceratites nodosus minor* PHILIPPI unter „Bemerkungen“:

„Eine Erhebung zur Art dürfte möglich sein, doch fehlt es vorläufig an exakt horizontiertem Material.“

Es bleibt zu hoffen, daß gerade der Formenkreis des *Ceratites nodosus* s. l. noch einmal an Hand stratigraphisch einwandfrei gesammelten Materials eine gründliche Bearbeitung erfährt, damit die angeführten Forderungen STOLLEYS auf ihre Berechtigung hin geprüft werden können.

Bei *Ceratites nodosus praenodosus* WENGER fällt der schon große einfachrippige Abschnitt auf. Bei einem besonders kleinen, sehr gut erhaltenen Exemplar des Verf. aus der untersten *nodosus*-Zone entsprechen nur den ersten drei Seitenknoten der letzten Windung je zwei Externknoten; der größere Teil des Phragmocons und die gesamte Wohnkammer sind bereits einfachrippig skulptiert.

Die Meßwerte dieses Ceratiten:

	Gr.	Qu.	S.	N.	K.
	6,5	88	43	28	11
bei WENGER:	7,2—9,5	84—94	39—45	21—32	8—12.

#### 4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden im losen Zusammenhang einige Fragen über Ceratiten und Abgrenzungen von Ceratiten-Arten, über ihr stratigraphisches Vorkommen und über entsprechende Angaben in der Literatur kritisch erörtert. Es werden ferner Vergleiche in der stratigraphischen Gliederung und in der Zonen-Unterteilung

des Oberen (Haupt-) Muschelkalks angestellt. In einer Tabelle wird versucht, die entsprechenden Schichten Südwestdeutschlands und des Meißnergebietes (Niederhessen) gegenüberzustellen. Darin werden die geringen Mächtigkeits-Unterschiede beider Gebiete im Endergebnis deutlich gemacht, die in Zusammenhang mit einer angenommenen Schwächezone der Erdrinde etwa in süd-nördlicher (rheinischer) Richtung und  $\pm$  gleicher Senkungstendenz gebracht werden.

Die Abgrenzung der Ceratiten-Arten wird im Sinne WENIGERS (1957) aus einer allmählichen kontinuierlichen Entwicklung heraus, ohne sichtbare Mutationssprünge, verstanden. Auch in der Ceratiten-Entwicklung „hat jede Zeit ihr (besonderes) Gesicht“. So wird man keinen *Ceratites spinosus spinosus* in der *compressus*-Zone und keinen *Ceratites compressus* in der *atavus-pulcher*-Zone finden.

Diese Arbeit ist keine neue zusammenhängende Ceratiten-Monographie oder Ceratiten-Stratigraphie; sie soll durch Erörterung von Einzelfragen zur Klärung von Zweifeln beitragen.

#### Schriftenverzeichnis

- ALTHOFF, W.: Ein Beitrag zur Kenntnis des Oberen Muschelkalkes bei Bielefeld. — 4. Ber. naturw. Ver. Bielefeld, S. 1—11, Taf. 9, Bielefeld 1922.
- BUSSE, E.: Feinstratigraphie und Fossilführung des Trochitenkalks im Meißnergebiet, Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. (VI) 3, S. 118—137, Wiesbaden 1952.
- Profil der Unteren und Mittleren Ceratitenschichten vom Eisenberg bei Hess. Lichtenau und Walburg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 82, S. 152—167, Taf. 7, Wiesbaden 1954.
- Stratigraphische Beziehungen des Oberen Muschelkalkes im Diemelgebiet und am Meißner in Niederhessen. — Z. deutsch. geol. Ges., 111, 1. T., S. 245—246, Hannover 1959.
- HANS PENNDORF †. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 89, S. 451—452, Wiesbaden 1961.
- *Ceratites armatus* PHILIPPI im Oberen Muschelkalk des Meißners (Niederhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 90, S. 87—92, Taf. 10, Wiesbaden 1962.
- Die Gastropoden-Gattungen *Undularia* KOKEN und *Pustularia* KOKEN im obersten Mittleren Muschelkalk des westlichen Meißner-Vorlandes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 92, S. 29—51, 5 Tab., Taf. 1—2, Wiesbaden 1964.
- & RÖSING, F.: 2. Muschelkalk. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, S. 48—79, Wiesbaden 1966.
- GEISLER, R.: Zur Stratigraphie des Hauptmuschelkalks in der Umgebung von Würzburg mit besonderer Berücksichtigung der Ceratiten. — Jb. preuß. geol. L.-A., 59, S. 197 bis 248, Taf. 4—8, Berlin 1938.
- GROETZNER, J. P.: Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen des Oberen Muschelkalks im südöstlichen Niedersachsen zwischen Weser und Oker. — Mitt. Inst. Geol. Paläont. T. H. Braunschweig, S. 1—125, Braunschweig 1962.
- HIEKE, W.: Feinstratigraphie und Paläogeographie des Trochitenkalkes zwischen Leinetal-Graben und Rhön. — Geologica et Paläontologica, 1, S. 57—86, 35 Abb., 4 Tab., Marburg 1967.
- KLEINSORGE, H.: Paläogeographische Untersuchungen über den Oberen Muschelkalk in Nord- und Mitteldeutschland. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, 15, S. 57—106, Hamburg 1935.
- LINCK, O.: Die Muschelkalk-Seelilie *Encrinurus liliiformis*. — Aus der Heimat, 62, 11/12, S. 225—235, Taf. 49—56, Öhringen 1954.
- Stratigraphische, stratonomische und ökologische Betrachtungen zu *Encrinurus liliiformis* LAMARCK. — Jh. geol. L.-Amt Bad.-Württ., 7, S. 123—148, Taf. 14—17, Freiburg i. Breisgau 1965.

- MÜLLER, A. H.: Zur Entwicklungsgeschichte der Ceratiten des germanischen Oberen Muschelkalks, mit einigen Bemerkungen über Abnormitäten. — *Geologie*, **3**, 1, S. 28—40, Taf. 1—2, Berlin 1954.
- PENNDORF, H.: Zur Gliederung der Ceratitenschichten in Niederhessen. — *Cbl. Mineral.*, 1924, S. 50—53, Stuttgart 1924.
- Die Ceratiten-Schichten am Meißner in Niederhessen. — *Abh. senckenberg. naturf. Ges.*, **484**, S. 1—24, Taf. 1—6, Frankfurt/Main 1951.
- PHILIPPI, E.: Die Ceratiten des oberen deutschen Muschelkalkes. — *Paläont. Abh.*, N.F., **4**, 4, S. 347—458, Taf. 34—54, Jena 1901.
- RIEDEL, A.: Beiträge zur Paläontologie und Stratigraphie der Ceratiten des deutschen Oberen Muschelkalks. — *Jb. kgl. preuß. geol. L.-A. f.* 1916, **37**, T. 1, S. 1—116, Taf. 1 bis 18, Berlin 1918.
- ROTHE, H. W.: Die Ceratiten und die Ceratitenzonen des Oberen Muschelkalks (Trias) im Thüringer Becken. — *Beitr. Geol. Thür.*, **8**, 6, S. 257—323, Taf. 1—10, Frankfurt/Main, 1955.
- RÖSING, F.: *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 4621 Wolfhagen. Wiesbaden 1966.
- SCHMIDT, H.: Ökologie und Erdgeschichte. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **96**, S. 113—123, Berlin 1944.
- STILLE, H. & LOTZE, F.: *Erl. geol. Übersichtskte. Umgebung von Göttingen (Hochschul-Exkursionskarte Nr. 3)*. 67 S., 14 Abb., Berlin 1933.
- STOLLEY, E.: Über einige Ceratiten des deutschen Muschelkalks. — *Jb. kgl. preuß. geol. L.-A. f.* 1916, **37**, T. 1, S. 117—143, Taf. 19—20, Berlin 1918.
- Der stratigraphische Wert des Trochitenkalks für die Gliederung des deutschen Oberen Muschelkalks. — *Jb. Mineral etc.*, **72**, B., S. 351—366, Stuttgart 1934.
- SCHRAMMEN, A.: Ergebnisse einer neuen Bearbeitung der germanischen Ceratiten. — *Jb. preuß. geol. L.-A.* 1933, **54**, S. 421—439, Taf. 26—28, Berlin 1934.
- TATGE, U.: Conodonten aus dem germanischen Muschelkalk. — *II. Paläont. Z.*, **30**, S. 129—147, Stuttgart 1956.
- TRUSHEIM, F.: Ein neuer Leithorizont im Hauptmuschelkalk von Unterfranken. — *N. Jb. Mineral. etc.*, **71**, B., S. 407—421, Stuttgart 1934.
- VOLLRATH, A.: Ein neuer Leithorizont im Hauptmuschelkalk. — *Jb. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N.F., **34**, S. 42—51, 1953.
- WAGNER, G.: Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalks und der unteren Lettenkohle in Franken. — *Geol. u. paläont. Abh.*, N.F., **12**, S. 1—180, Taf. 1—9, Jena 1913.
- WEBER, H. & KUBALD, P.: Der Obere Muschelkalk an der Autobahn bei Eisenach. — *Hall. Jb. mitteldt. Erdgeschichte*, **1**, S. 124—131, Halle (Saale) 1951.
- WEBER, H.: Einführung in die Geologie Thüringens. S. 1—201, 114 Textabb., 81 Bild., 2 Ktn., Berlin 1955.
- WELZEL, E.: Stratigraphie der Ceratitenschichten im Gebiet Bayreuth—Kronach. — *Geol. Bl. NO-Bayern*, **13**, 2, S. 63—73, Taf. 2 u. 3, Erlangen 1963.
- WENGER, R.: Die germanischen Ceratiten. — *Paläontographica*, **108**, Abt. A, S. 57—129, Taf. 8—20, Stuttgart 1957.

Manuskript eingegangen am 28. 3. 1969

## Ein Profil durch den Nordteil des Kasseler Grabens bei Burghasungen, Nordhessen (Blatt 4621 Wolfhagen)

Von

ERWIN BUSSE, Kassel, DIETRICH RAMBOW und FRANZ RÖSING, Wiesbaden

Mit 1 Abbildung und Tafel 7

### Einleitung

Beim Bau der Bundesautobahn Kassel–Dortmund wurde nördlich von Burghasungen (km 19,8 bis 20,8) ein bis 20 m tiefer Einschnitt geschaffen, der den nördlichen Teil des Kasseler Grabens, nämlich die nördliche Grabenmulde, und seine nördliche Randstörung aufschloß. Der angrenzende Bereich des Einschnittes in der Zierenberg-Scholle am Osthang des Rohrberges wird hier nicht berücksichtigt, da gegenüber den Angaben von H. J. MARTINI (1937) und RÖSING (1966) keine bemerkenswerten neuen Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Der Aufschluß wurde in den Monaten September und Oktober 1969 von RAMBOW & RÖSING aufgenommen. Die paläontologische Bearbeitung nahm BUSSE vor.

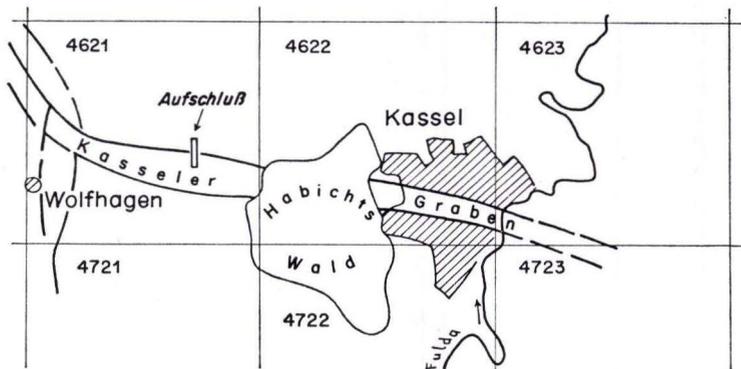
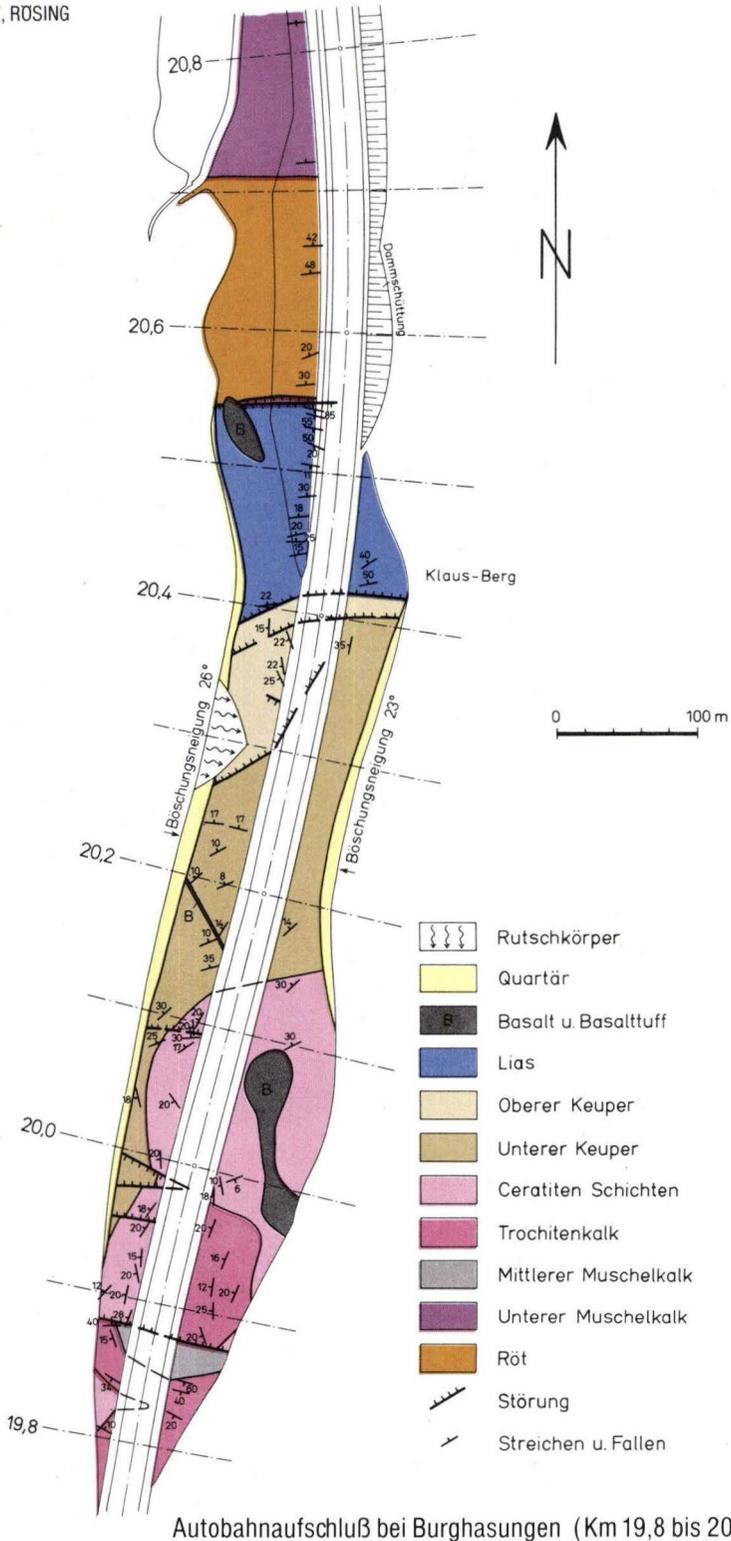


Abb. 1. Lage des beschriebenen Aufschlusses.

### Stratigraphie

Aufgeschlossen waren Schichten vom Mittleren Muschelkalk bis zum Lias, allerdings mit tektonisch bedingten Lücken, ferner tertiäre Basalttuffe und Basalte sowie pleistozäne Deckschichten.



Autobahnaufschluß bei Burghasungen (Km 19,8 bis 20,8)

Die Gesteine des Mittleren und Oberen Muschelkalks treten in der für dieses Gebiet typischen Ausbildung auf (BUSSE, 1956; BUSSE & RÖSING, 1966). Auf eine weitere Beschreibung kann daher hier weitgehend verzichtet werden. Lediglich ein Profil von den Mittleren Ceratitenschichten bis zum Unteren Keuper wird im folgenden aufgeführt, da derartige Aufschlüsse selten sind.

#### Unterer Keuper

- 21) — — Mergelstein, grau—dunkelgrau, dünn-schichtig
- 20) ca. 40 cm Mergelstein, gelbgrau, uneben—brockig zerfallend
- 19) ca. 50 cm Mergelstein, bräunlich—gelbgrau, fest, mitunter quarzitisches, dolomitisch, häufig Drusen
- 18) ca. 400 cm Mergelstein, gelbgrau, uneben—brockig zerfallend

#### Untere *spinosus*-Zone

- 17) 20 cm Kalkstein, hart, teils löcherig, mit Muschelquerschnitten
- 16) ca. 90 cm Mergelstein, grüngrau, bröcklig
- 15) 25—28 cm Kalkstein, teils mergelig, plattig
- 14) ca. 40 cm Mergelstein, bräunlich—gelbgrau
- 13) ca. 50 cm Tonmergelstein, graublau, feinschichtig
- 12) 20—25 cm Kalkstein, hart, kristallin, teils löcherig, 2 Bänke
- 11) ca. 15 cm Mergelstein, bräunlich, mürbe zerfallend, *Ceratites spinosus praespinosus* RIEDEL (2×)
- 10) ca. 80 cm Tonmergelstein, blaugrau, feinschichtig, mürbe zerfallend, *Ceratites* sp. (*spinosus*)
- 9) ca. 80 cm 15—20 cm Mergelstein, fahlgrau, mürbe zerfallend  
50 cm Kalksteinplatten, Mergelstein, mürbe, im Wechsel  
10—15 cm Mergelkalkstein, fahlgrau, mürbe zerfallend

#### *evolutus*-Zone

- 8) 200—250 cm Kalkstein, plattig, mit grauem mergeligem Zwischenmittel, *Ceratites evolutus subspinosus*, ca. 100 cm von unten

#### *compressus*-Zone

- 7) 40 cm Kalkstein, 4 Bänkechen, hart, dicht bis kristallin
- 6) 30 cm Tonmergelstein, graublau, dünn-schichtig, *Ceratites compressus*
- 5) 40—60 cm Tonmergelstein, graublau bis grüngrau, feinschichtig, *Ceratites compressus*
- 4) ca. 70 cm Kalkstein, plattig, wechselnd mit bräunlichen Mergeln, *Ceratites compressus*
- 3) 8—10 cm Kalkstein, blaugrau, hart, eine Bank
- 2) ca. 100 cm Kalkstein, grau—blaugrau, dünnplattig (2—3 cm), mergelig; Mergelstein, grau, mürbe zerfallend, *Ceratites compressus*
- 1) 25—30 cm Kalkstein, 3 dicke Platten, blaugrau, viele kleine Fossilquerschnitte

Liegendes: Überrollt (*robustus*-Zone?)

Bei der Untersuchung der Ceratitenschichten im Bereich des Blattes 4621 Wolfhagen hatten BUSSE & RÖSING (1966, S. 79) bereits angenommen, daß hier die Oberen Ceratitenschichten fehlen; denn Ceratiten aus der *nodosus*-, *intermedius-dorso-planus*- und *semipartitus*-Zone sind nie gefunden worden. Außerdem lagen Lesesteine

der Mittleren Ceratitenschichten stets in unmittelbarer Nähe von Gesteinen des Unteren Keupers.

Nach dem obigen Profil fehlen also die Oberen Ceratitenschichten. Von der *spinus*-Zone ist nur der tiefere Teil mit *Ceratites spinosus praespinosus* RIEDEL belegt. Hierauf folgt unmittelbar der Untere Keuper, und zwar scheint er — kontinuierlich — aus den Mittleren Ceratitenschichten überzugehen. Charakteristisch für den Unteren Teil des Unteren Keupers sind einerseits das Fehlen harter, splittiger, fossilführender Kalksteine, andererseits die zwischen den Ton- und Mergelsteinen eingeschalteten eigelben, dolomitischen, z. T. drusig-löcherigen oder festen mergeligen Bänke. Die Tonsteine des tiefsten Teils des Unteren Keupers (bis etwa 24 m über der Basis) sind überwiegend grau gefärbt (dunkelgrau, graublau, braungrau, untergeordnet grüngrau). Darüber folgen rote und graugüne Farben.

Daß die tiefsten Schichten des Unteren Keupers der „Zone der Unteren Letten mit Dolomiten“ auf Blatt 4621 Wolfhagen zuzurechnen sind, hatten bereits BUSSE & RÖSING (1966, S. 80) festgestellt. Nachdem nun nachweislich die höheren Teile der Ceratitenschichten im Raum Wolfhagen–Burghasungen nicht in ihrer typischen Ausbildung entwickelt sind, bleibt zu prüfen, ob zumindest der untere Teil (ca. 24 m) der „Zone der Unteren Letten mit Dolomiten“ hier zeitlich den Oberen Ceratitenschichten entspricht. Die Beobachtungen im Autobahneinschnitt bei Burghasungen lassen eine solche Annahme möglich erscheinen, ohne daß im Augenblick ein Beweis hierfür vorgebracht werden kann.

Gesteine des Mittleren Keupers sind im Aufschluß tektonisch unterdrückt.

Der Obere Keuper, das Rhät<sup>1)</sup>, besteht aus grauen, dunkelgrauen und schwarzgrauen, meist gut geschichteten Ton- und Mergelsteinen. Obwohl die Fossilien fast immer schlecht erhalten sind und sich nur schwer aus den meist unregelmäßig brechenden und sehr schnell zerfallenden Gesteinen bergen ließen, gelang es doch, die folgende Fossilliste aufzustellen:

*Lingula keuperea* ZENKER [syn.: *Lingula deitersensis* PFLÜCKER, *Lingula cloacina* QUENSTEDT]

*Pteria* [syn.: *Avicula*] *contorta* PORTLOCK

*Pecten* (*Chlamys*) *acutauritus* SCHAFHÄUTL

*Leda* ? sp.

*Anoplophora* aff. *lettica* QUENSTEDT

*Anoplophora* ? sp.

*Protocardia rhätica* OPPEL

*Cardium cloacinum* QUENSTEDT

*Taeniodon praecursor* SCHLOENBACH

*Taeniodon ewaldi* BORNEMANN

*Hybodus* sp. [Zähnen]

*Saurichthys acuminatus* AGASSIZ [Zähnen, Schnauzen-Oberseite]

*Gyrolepis albertii* AGASSIZ [Schuppen]

*Nemacanthus monilifer* AGASSIZ [Flossenstachel]

„Problematica“

selten: Treibholz.

Eine Bonebed-Lage enthielt nur einige wenige unbestimmbare Wirbeltierreste.

<sup>1)</sup> Zur Schreibweise von Rhät siehe WILL, 1969, S. 11, Fußnote.

Auffallend ist das Fehlen von *Anoplophora postera* DEFFNER & FRAAS. Nach JÜNGST (1928) muß diese Form im Unterrhät häufig bis massenhaft vorkommen, im Oberrhät aber sehr selten sein oder ganz fehlen. Aus faunistischen Gründen scheint es daher durchaus berechtigt zu sein, die hier gefundenen Schichten in das Oberrhät einzustufen, zumal Mittelrhät aus petrofaziellen Gründen nicht in Betracht kommt. Nach WILL (1969) sind die aufgefundenen Schichten den *contorta*-Schichten des Rhätkeupers zuzuordnen.

Der untere Teil des Hettangiums, die *Psiloceras*-Schichten (Lias  $\alpha 1$ ), ist im Autobahneinschnitt unterdrückt, aber ca. 250 m westlich hiervon nachgewiesen (BUSSE & RÖSING, 1966, S. 83).

Ob die *Schlotheimia*-Schichten (Lias  $\alpha 2$ ) vollständig aufgeschlossen waren, konnte nicht ermittelt werden. Immerhin enthielten die schwarzgrauen, oft schluffig-feinsandigen Tonsteine und Schwefelkiesknollen folgende Fossilien:

*Schlotheimia* cf. *angulata* (SCHLOTHEIM) — Fragmente  
*Schlotheimia angulata eumegethes* W. LANGE  
*Schlotheimia* cf. *polyptycha* W. LANGE  
*Schlotheimia* cf. *oxygonia* W. LANGE  
*Pentacrinus tuberculatus* MILLER  
*Cardinia* sp.  
*Pleuromya* cf. *liasina* (ZIETEN).

Die dem Unteren Sinemurium angehörenden *Arietites*-Schichten (Lias  $\alpha 3$ ) bestehen aus schwarzen bis schwarzgrauen, karbonathaltigen Tonsteinen, denen 30—50 cm starke dunkle, harte Kalksteinbänke mit zahllosen Exemplaren von *Gryphaea arcuata* eingeschaltet sind. Insgesamt wurden folgende Fossilien bestimmt:

*Coroniceras* cf. *rotiformis* (SOWERBY) juv.  
*Coroniceras* ? sp. indet. [größere verdrückte Exemplare]  
*Cidaris* sp. [Stachelwarze]  
*Pteria inaequivalvis* (QUENSTEDT)  
*Gryphaea arcuata* LAMARCK  
*Aequipecten* cf. *priscus* (SCHLOTHEIM)  
*Chlamys subulata* (GOLDFUSS)  
*Lima* sp.  
*Lucina* sp.  
*Inoceramus* aff. *pinnaeformis* DUNKER  
*Ceromya* sp.  
*Pleuromya* cf. *liasina* (ZIETEN)  
*Belemnites* cf. *acutus* MILLER

Jüngere Liassedimente konnten nicht nachgewiesen werden. Demnach behält die bisherige Feststellung, daß bei und westlich Kassel die jüngsten Jurasedimente den *Arietites*-Schichten angehören, bis zum Beweis des Gegenteils weiterhin Gültigkeit.

Nach GLAESSNER (1913) treten dagegen im Volkmarsener Graben Jura-Schichten bis zum untersten Lias  $\gamma$  auf.

### Lagerungsverhältnisse

Nach MARTINI (1937, S. 109) dürfte die Entstehung des Kasseler Grabens der jungkimmerischen Gebirgsbildung zuzuschreiben sein. Bei der Aufnahme des Autobahneinschnittes haben sich diesbezüglich keine neuen Gesichtspunkte ergeben.

Der größte Teil des auf Taf. 7 dargestellten Einschnittes gehört, wie bereits erwähnt, der nördlichen Grabenmulde des Kasseler Grabens an. Diese weist nach MARTINI (1937) und RÖSING (1965) hier ein axiales Gefälle nach Westen auf. Dies und das daraus resultierende, im östlichen Teil der Mulde vorhandene umlaufende Streichen ist im südlichen Teil des Einschnittes erkennbar. Der Nordflügel der Mulde ist durch die weiter unten beschriebenen Störungen — im Gegensatz zu den bisherigen Darstellungen — gekappt.

Insgesamt ist nach der hier vorgebrachten Aufnahme die Tektonik der nördlichen Grabenmulde noch komplizierter, als sie MARTINI und RÖSING bereits dargestellt haben. (Der Aufschluß liegt zwischen den Profilen 4 und 5 der Taf. 7 bei MARTINI.)

Neu ist unter anderem der Nachweis einer ca. 140 m breiten Lias-Scholle unmittelbar am nördlichen Grabenrand unter einer Schuttdecke. Entlang der Randstörung ist diese Scholle nicht von Röt-Gesteinen, sondern von einer 2 m breiten Scholle aus Muschelkalk-Gesteinen begrenzt (zwischen km 20,5 und 20,6). Diese schwillt von hieraus nach Westen, jenseits des Rohr-Berges, bis auf 100 m Breite an.

Die Sprunghöhe der nördlichen Grabenrandstörung beträgt — wenn man die kleine Muschelkalk-Scholle außer Betracht läßt — im Bereich des Einschnittes 500—550 m.

Die bei km 20,4 parallel zum Graben verlaufenden beiden steilen Störungen sind bereits von MARTINI weiter westlich angedeutet worden, ebenso die bei km 20,3 von Westen heranziehende, flach einfallende schaufelförmige Störung, die im Bereich der Trasse an der südlichen der eben erwähnten beiden steilen Störungen endet.

Außer dieser listrischen Störung — deren Mechanik etwas unklar ist — konnten im Gegensatz zu anderen Bereichen des Kasseler Grabens in dem hier beschriebenen Teilstück keine Anzeichen für einengende Tektonik nachgewiesen werden.

Die Basalt- und Tuffschlote liegen, wie allgemein im Kasseler Raum, in eggischer Richtung aneinandergereiht. Dieselbe Richtung zeigt nicht nur der bei km 20,2 eingetragene Basaltgang, sondern auch noch mehrere weithin verfolgbare 10—20 cm breite Gänge, die auf der Karte nicht eingetragen sind.

#### Schriftenverzeichnis

- BUSSE, E.: Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk des westlichen Kasseler Grabens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**, S. 170—175, Wiesbaden 1956.  
 — & RÖSING, F.: Muschelkalk, Keuper, Jura. — Erl. geol. Kte. 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, S. 48—84, 2 Tab., Wiesbaden 1966.
- GLAESSNER, R.: Beiträge zur Kenntnis der hessischen Jurarelikte. — Abh. u. Ber. Ver. Naturk. Cassel, **53**, S. 51—146, Cassel 1913.
- JÜNGST, H.: Rät, Psilonoten- und Schlotheimienschichten im nördlichen Harzvorland. — Geol. paläontol. Abh., N.F., **16**, 1, 194 S., 10 Abb., 8 Taf., Jena 1928.
- MARTINI, H. J.: Großschollen und Gräben zwischen Habichtswald und Rheinischem Schiefergebirge. — Geotekt. Forsch., **1**, S. 70—123, 36 Abb., 3 Taf., Berlin 1937.
- RÖSING, F.: Geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, Wiesbaden 1965.  
 — Lagerungsverhältnisse. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, S. 136—160, Wiesbaden 1966.
- SCHMIDT, M.: Die Lebewelt unserer Trias. 462 S., 1220 Abb., Nachtrag 144 S., zahlr. Abb., 1 Tab., Öhringen (Rau) 1928 und 1938.
- WILL, H. J.: Untersuchungen zur Stratigraphie und Genese des Oberkeupers in Norddeutschland. — Beih. geol. Jb., **54**, 240 S., 50 Abb., 4 Taf., Hannover 1969.

## Die Tertiär-Relikte am Nordrand der Niederhessischen Senke

Von

**MATTHIAS KAEVER**, Münster und **PETER MEIBURG**, Den Haag

Mit 5 Abbildungen

**Kurzfassung:** Die Vorkommen tertiärer Sedimente im Warme-Diemel-Gebiet werden zusammengestellt. Prämitteloligozäne, wahrscheinlich obereozäne/unteroligozäne isolierte Quarzitblöcke liegen dem mesozoischen Untergrund auf. Sie zeugen von einer ehemals geschlossenen limnisch-fluviatilen Bedeckung. Marines Ober-Oligozän wird durch einen Foraminiferenführenden Auswürfling verkieselten Kasseler Meeressandes nachgewiesen. Quarzsande in Tuffauswürflingen können dem limnisch-fluviatilen Unter-Miozän angehören. Seit dem jüngsten Unter-Miozän überwiegen Denudationsvorgänge, unterbrochen von wahrscheinlich obermiozänen bis unterpliozänen magmatischen Eruptionen, die auch im Pliozän andauern und zur Bildung der präglazialen Rumpffläche führen.

**Abstract:** A survey on the Tertiary sediments in the area of the rivulets Warme and Diemel (Eastern Westphalia-Northern Hessen, W-Germany) is given.

Isolated quartzitic rocks of Pre-middle Oligocene — probably Upper Eocene to Lower Oligocene — age overlay the mesozoic strata. They show that once there must have been a fluviolacustrine cover.

Upper Oligocene in marine facies is represented by a block of quartzitic „Kasseler Meeressand“, containing numerous foraminifera. Fluviolacustrine quartzose sands, found within tuffitic ejectamenta, may be of Lower Miocene age.

Since the Lower Miocene the area has undergone denudation, that was interrupted only by an eruption phase probably during the Upper Miocene and Lower Pliocene. This denudation created the pre-pleistocene peneplain.

**Résumé:** Cette note contribue à l'étude des sédiments tertiaires de la région de la Warme et Diemel (Westphalie orientale — Hesse du NE; Allemagne occidentale).

Des quartzites isolées et d'âge pré-oligocène moyen (probablement éocène supérieur — oligocène inférieur), recouvrent le substratum mésozoïque. Elles témoignent du milieu fluviolimnique de l'époque.

L'Oligocène supérieur marin est démontré par la présence d'un bloc de „Kasseler Meeressand“, à Foraminifères abondants.

Des sables quartzeux, contenus dans les faciés volcaniques, pourraient appartenir au Miocène inférieur fluvio-limnique.

Dès le Miocène inférieur basal la région subit une intense érosion, interrompue par une activité éruptive, d'âge vraisemblablement miocène supérieur à pliocène inférieur.

Cette dénudation conduira à la pénéplaine pré-pleistocène.

## Inhalt

1.	Einleitung . . . . .	152
2.	Paläogen . . . . .	152
	2.1. Ober-Eozän/Unter-Oligozän . . . . .	154
	2.2. Mittel- und Ober-Oligozän . . . . .	157
3.	Neogen . . . . .	162
	3.1. Miozän . . . . .	162
	3.2. Pliozän . . . . .	163
4.	Überblick . . . . .	163
	Schriftenverzeichnis . . . . .	164

### 1. Einleitung

Über das Tertiär der Kasseler Senke und des Habichtswaldes sind zahlreiche petrographische und faunistische Untersuchungsergebnisse mitgeteilt worden. Aus dem nach Norden anschließenden Warme-Diemel-Gebiet, das den Raum zwischen Warburg und dem Reinhardswald umfaßt (TK 25 Bl. Liebenau a. Diemel 4521; TK 25 Bl. Hofgeismar 4522, westlicher Teil) liegen dagegen nur spärliche Angaben vor. Eine geschlossene Tertiär-Bedeckung ist nur noch im Igelsbett bei Oberlistingen erhalten. Bei allen weiteren Vorkommen handelt es sich um sporadisch verstreute Relikte. Die Hauptkomponente bilden „Braunkohlen-Quarzite“, von denen der überwiegende Anteil obereozänen bzw. unteroligozänen limnisch-fluviatilen Bildungen zugeordnet wird. Kartierungsergebnisse zeigen, daß datierbares marines Oligozän nicht mehr in situ, sondern nur noch als Füllmaterial älterer Erdfälle, als Einschlüsse in Basalten oder Auswürflinge in Tuffen erwartet werden kann.

Die bis auf die Schlotte oder schlotnahen Decken denudierten vulkanischen Fördermassen enthalten neben zahlreichen mesozoischen Fremdgesteins-Beimengungen nur an wenigen Eruptionspunkten größere Anteile lockerer Quarzsande. Fossilführende Relikte gehören zu den sehr seltenen Funden. Vor Beginn der Eruptionstätigkeit, die allgemein in das Ober-Miozän bzw. Unter-Pliozän gestellt wird, sind postliassische Gesteine einer im jüngsten Unter-Miozän einsetzenden Denudationsperiode weitgehend zum Opfer gefallen.

### 2. Paläogen

Paleozän sowie Unter- und Mittel-Eozän konnten bisher in Nordhessen noch nicht nachgewiesen werden. Limnisch-fluviatile Obereozän- bzw. Unteroligozän-Relikte sind über das gesamte Untersuchungsgebiet sporadisch verteilt. Mit Fauna belegtes Mittel-Oligozän, dessen marine Sedimente – paläogeographischen Erwägungen zufolge – wohl das gesamte oder wenigstens bedeutende Teile des Warme-Diemel-Gebietes bedeckt haben dürften, wurden nirgends angetroffen. Marines fossilführendes Ober-Oligozän fand sich nur allochthon in Tuffauswürflingen nördlich der „Hängen“ bei Wettessingen und des Grebensteiner Stadtwaldes. Fein- bis mittelkörnige, glaukonit- und fossilfreie Sande, die auch aus miozänen Ablagerungen stammen können, wurden mehrfach in vulkanischen Lockerprodukten beobachtet.

In präbasaltischer Zeit müssen die tertiären Sedimente in weiten Teilen des Warme-Diemel-Gebietes schon abgetragen worden sein, da in den Tuffen größere Anteile postmesozoischer Komponenten nur lokal enthalten sind.

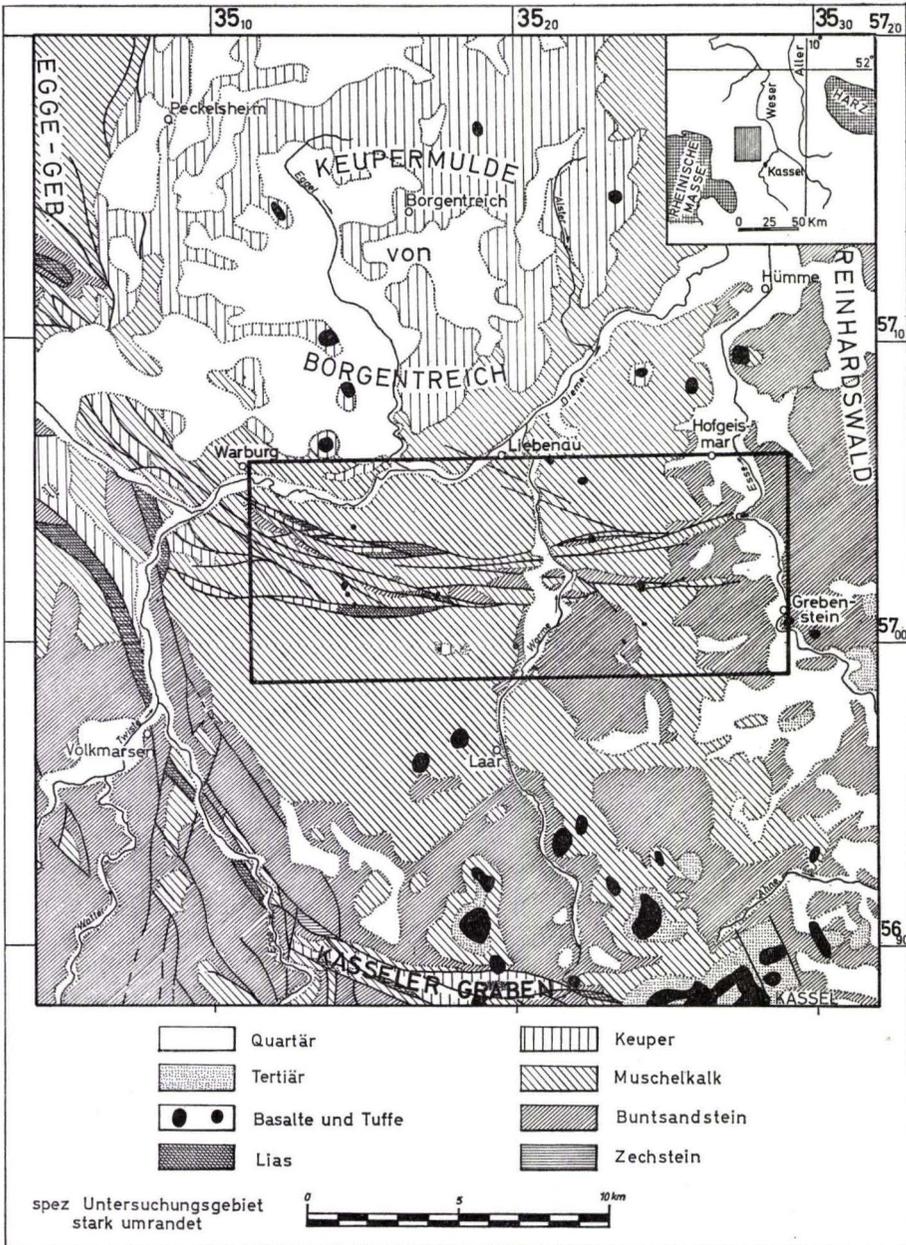


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte.

## 2.1. Ober-Eozän/Unter-Oligozän

Im Warme-Diemel-Gebiet finden sich zahlreiche isolierte Quarzitblöcke (ihre Verbreitung wurde in Kartendarstellungen besonders berücksichtigt), die lokal noch als eine mehr oder weniger geschlossene Bedeckung dem mesozoischen Untergrund diskordant auflagern.

Von den parautochthonen Vorkommen seien die wichtigsten genannt<sup>1)</sup>:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Nordwestlich Niedermeiser, nördlich des Weges zum Brat-Berg (r 35 20 950, h 57 03 350)  | 180 m ü. NN     |
| 2. Westlich Niedermeiser, an der Straße nach Ersen (r 35 20 950, h 57 02 770; r 35 20 550, h 57 02 700; r 35 20 500, h 57 02 800)  | 180—200 m ü. NN |
| 3. Südlich des Ruhr-Baches bei Niedermeiser (r 35 20 850, h 57 01 950; r 35 20 900, h 57 02 150; r 35 21 100, h 57 02 300)   | 190—220 m ü. NN |
| 4. Westlich der Straße Niedermeiser-Obermeiser (r 35 21 150, h 57 01 600)  | 200—215 m ü. NN |
| 5. Nordwestlich Obermeiser (r 35 20 150, h 57 01 350)  | ca. 240 m ü. NN |
| 6. Südwestlich Westuffeln (r 35 21 800, h 56 99 650)   | ca. 200 m ü. NN |
| 7. Südlich des Watt-Berges bei Friedrichsdorf (r 35 22 600, h 57 05 250)   | bei 280 m ü. NN |
| 8. Nordöstlich der Höllewiese bei Grebenstein (r 35 28 400, h 57 00 000)   | 210—230 m ü. NN |
| 9. Westlich Grebenstein, Straße nach Friedrichsthal (r 35 27 700, h 57 01 300)   | bei 200 m ü. NN |
| 10. In weiter Verbreitung im Gebiet nordwestlich Grebenstein (r 35 28 100, h 57 01 800; r 35 28 200, h 57 02 350; r 35 27 650, h 57 02 650; r 35 27 750, h 57 03 250; r 35 28 100, h 57 03 150). | 180—210 m ü. NN |

Auffallend ist die Konzentration der parautochthonen Relikte in einem Niveau zwischen 180 und 220 m ü. NN (Abb. 2). Das einzige sicher autochthone Vorkommen liegt im Igelsbett-Gebiet in einer Höhe von 350 m (!).

Der Ansicht von G. SEIDEL (1938) hinsichtlich der beobachteten Anordnung der Quarzite zu etwa 170° (eggisch) streichenden Zügen, aus denen er eine tektonische Ausrichtung ableitet, muß widersprochen werden, da, wie vorliegende Untersuchung zeigt (Abb. 2), diese Relikte eine bedeutend größere Verbreitung besitzen und nicht an schmale neogen angelegte Depressionen gebunden sind. Außerdem ergab eine detaillierte tektonische Bearbeitung, daß jüngere eggisch gerichtete Graben- oder Senkungszonen renegant zum herzynischen Streichen des Warburger Störungssystems nicht existieren.

Die „Älteren Quarzitsande“ (F. RÖSING 1958, 1966) im Igelsbett-Gebiet bestehen aus gelben Sanden, in die unregelmäßig geformte Quarzitblöcke unterschiedlicher Festigkeit eingelagert sind. Einem Aufschluß (r 35 18 380, h 57 00 160) entnommene Proben (Nr. D.5.4—307, D.5.4—308) lieferten keine Fossilien<sup>2)</sup>.

Die Quarzite sind außen oft mit Löchern oder groben Poren versehen und teilweise von einer Fe-Kruste überzogen. Im Innern einiger Blöcke wurden mit unverfestigtem Sand gefüllte Kammern beobachtet (D.5.4—168).

<sup>1)</sup> Herrn Dr. W. LANGER sei an dieser Stelle für die Durchsicht der Proben gedankt.

<sup>2)</sup> Das Material wird im Geologisch-Paläontologischen Institut Münster aufbewahrt.

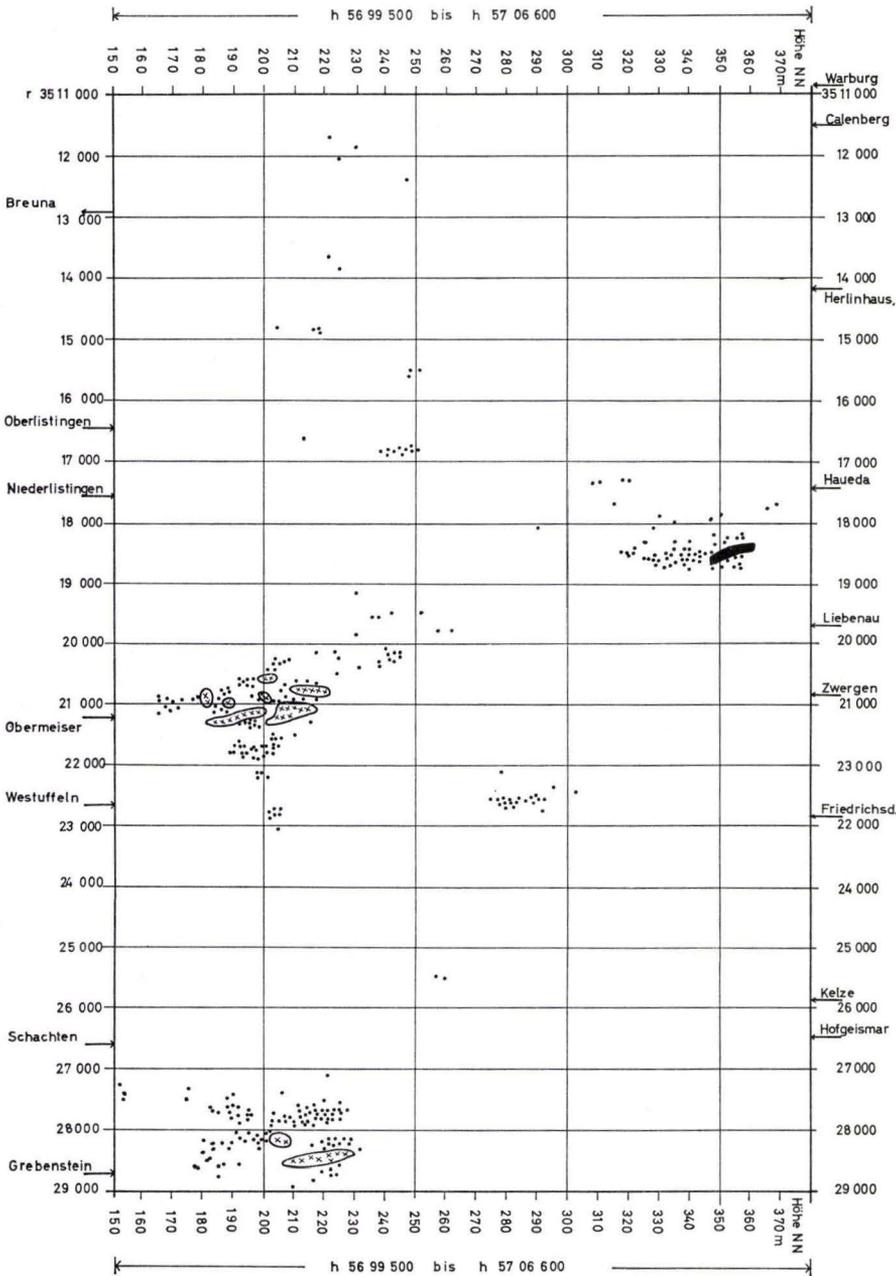


Abb. 2. Verbreitung der obereozänen/unteroligozänen Quarzite im Warme-Diemel-Gebiet und ihre Höhen-Abhängigkeit.

Eine mikroskopisch untersuchte Probe (D.5.4-19) aus einem isolierten Quarzitblock südlich des Watt-Berges bei Friedrichsdorf (r 3522570, h 5705330) erwies sich als ein ziemlich reiner und nur wenig opakes Erz führender, sehr dichter, mittelkörniger Quarzit. Die scharfkantigen oder wenig gerundeten Quarzkörner liegen

■ autochthones Vorkommen; ○ x parautochthone Relikte; ● allochthone Relikte.

eingebettet in ein Basalzement aus mikrokristalliner Quarzsubstanz. Kleine Rutilkörnchen sind selten.

Auf Grund der petrofaziellen Ähnlichkeit mit Sedimenten in der Kasseler Senke können in den Quarziten des Warme-Diemel-Gebietes Äquivalente der Älteren Braunkohlen-Stufe mit den Älteren Quarzitsanden vermutet werden.

Braunkohlen oder sonstige organische Reste sind in den Tertiär-Relikten nicht nachgewiesen. Wenn auch das Fehlen mariner Fossilien nicht beweisend für ein limnisches Sediment sein kann, so müssen doch auf Grund petrographischer Vergleiche mit den Älteren Quarzitsanden der Kasseler Senke in den sterilen Sanden und Quarziten fluviatile Bildungen angesehen werden.

Hinsichtlich des Alters der Älteren Quarzitsande besteht noch keine völlige Klarheit. Gesichert ist nur, daß in ihnen prä-mitteloligozäne Bildungen vorliegen. F. SCHWARZ (1932, 1948) und M. BLANCKENHORN (1950) haben sich für Ober-Eozän, H. UDLUFT (1950) und F. RÖSING (1958) für Unter-Oligozän, F. RÖSING (1966) für Ober-Eozän/Unter-Oligozän ausgesprochen.

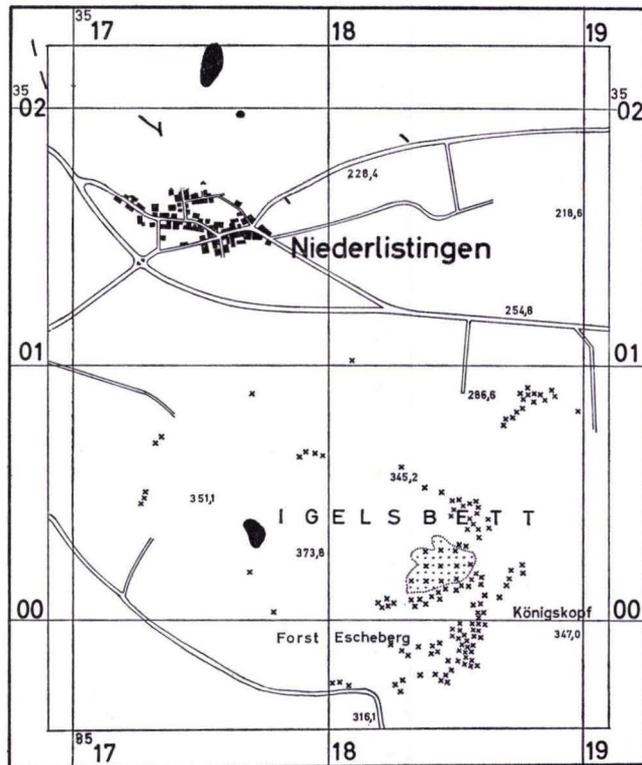


Abb. 3. Tertiär-Relikte in der Umgebung von Niederlistingen.

\* \* isolierte Braunkohlen-Quarzite; \*<sup>\*</sup> parautochthone Quarzite;

⊙ Sande mit Quarziten in situ; / Basaltgänge; ● Basalte.

O. v. LINSTOW & H. BREDDIN (1928, S. 17) schreiben zur Altersfrage der Quarzite im Raum südlich Hofgeismar:

„Wenn man sich überlegt, daß die Unsumme der Lesesteine von Braunkohlenquarziten jedenfalls dem eindringenden Meere der Oligozänzeit zum Opfer gefallen wäre (unter Annahme eines eozänen Alters dieser Knollensteine), so gewinnt die Vermutung an Wahrscheinlichkeit, daß man es bei der Mehrzahl der losen Steine mit einer jüngeren, also miozänen Bildung zu tun hat.“

Diese Vermutung kann mit der gegebenen Begründung nicht zutreffen, denn sie geht von der Voraussetzung aus, daß den marinen Ablagerungen des Mittel- und Ober-Oligozäns eine Denutationsperiode vorausging, in der die Ältere Braunkohlenstufe unter Einschluß der Quarzitbänke abgetragen wurde. Eine Festlandsperiode, in der die überwiegend lockeren Bildungen des Oligozäns denudiert werden konnten, ist aber von M. BLANCKENHORN (1950) und H. UDLUFT (1950) in diesem Teil Niederhessens erst für das obere Unter-Miozän und Mittel-Miozän nachgewiesen.

Die isolierten Quarzitblöcke sind von außerordentlicher Härte und können, wie bereits erwähnt wurde, der chemischen und physikalischen Verwitterung auch über längere Perioden hinweg widerstehen. Daß in den Relikten Zeugen eines limnisch-fluviatilen Unter-Miozäns, das aus dem Habichtswald (F. RÖSING, 1958) und anderen Gebieten bekannt ist, vorliegen, ist nicht wahrscheinlich. Es ist vielmehr anzunehmen, daß die Quarzite des Ober-Eozän/Unter-Oligozäns der bis in die Gegenwart andauernden Denudation länger widerstanden haben bzw. von dieser später erfaßt worden sind als die jüngeren und weniger massigen unter-miozänen Gesteine.

Die Basistone, mit denen überall im Kasseler Raum die Sedimentation des Paläogens einsetzt (F. RÖSING, 1958, 1966), sind im Warme-Diemel-Gebiet nirgends anzutreffen. Es ist wahrscheinlich, daß sie schon primär nicht zum Absatz gelangten, da sie auch im Liegenden der autochthonen Älteren Quarzitsande im Igelsbett fehlen. Braunkohlen und lateritische Tone, die O. v. LINSTOW & H. BREDDIN (1928) aus dem westlichen Reinhardswald (TK 25 Bl. Hofgeismar 4522) beschrieben und dem Eozän zugeordnet haben, sind im untersuchten Gebiet nicht mehr erhalten. Zur Stützung dieser Behauptung wurden in der Umgebung des Watt-Berges bei Friedrichsdorf und nördlich des Rosen-Berges, wo im Schutz massiger Basaltkörper unter einer Decke pleistozäner Lockermassen die nicht oder nur wenig verfestigten tertiären Ablagerungen noch am ehesten erhalten geblieben sein könnten, mehrere Handbohrungen vorgenommen. Auch in der morphologischen Senke südlich des Meßhagen und nördlich des Tünken-Berges bei Niedermeiser wurden mittels Bohrstock größere Flächen untersucht. In allen Fällen im Hinblick auf das Vorhandensein tertiärer Ablagerungen mit negativem Erfolg.

## 2.2. Mittel- und Ober-Oligozän

Ein großer Teil der von O. v. LINSTOW & H. BREDDIN (1928) auskartierten Eozän-Vorkommen in der östlichen Hälfte des Bl. Hofgeismar 4522 muß nach Untersuchungen von H. BARTENSTEIN (1958) wahrscheinlich verschiedenen Oligozän- und Miozän-Stufen zugeordnet werden. Das bisher nur von Kalden, Burguffeln und Hohenkirchen (TK 25 Bl. Hofgeismar 4522) bekannte autochthone Mittel-Oligozän nimmt voraus-

sichtlich im westlichen Reinhardswald wesentlich größere Flächen ein, wie H. BARTENSTEIN durch den Nachweis eines weiteren, zuvor als Eozän kartierten Vorkommens ca. 4 km östlich Grebenstein glaubhaft machen konnte. Rupelton mit der Leitform *Leda deshayesiana* (NYST), der im Kasseler Raum (aus dem Habichtswald und vom Bühl bei Weimar) bekannt ist, konnte im Warme-Diemel-Gebiet nicht nachgewiesen werden. Es besteht jedoch kein Grund für die Annahme, daß marine Sedimente dieser Stufe hier nicht zur Ablagerung gelangten.

Aus dem Tuffvorkommen am Nordrand des Grebensteiner Stadtwaldes barg E. SCHEKORR (1966) einen mittelkörnigen, glaukonithaltigen Sandstein-Auswürfling (Probe Nr. D. 5.4—437; r 35 24 400, h 57 02 250), aus dem durch thermische Beeinflussung ein fester Quarzit mit rostbraunen Fe-Schlieren hervorgegangen ist. Dieser Auswürfling birgt eine artenarme aber individuenreiche Foraminiferen-Fauna. Insgesamt wurden folgende Arten nachgewiesen:

- häufig: *Quinqueloculina juleana* D'ORBIGNY  
*Quinqueloculina oblonga* REUSS  
*Quinqueloculina* sp. sp.  
*Cancris auriculus* (FICHTEL & MOLL)
- nicht selten: *Quinqueloculina akneriana* D'ORBIGNY  
*Cibicides dutemplei* (D'ORBIGNY)  
*Cibicides tenellus* (REUSS)
- selten: *Spiroplectammina deperdita* (D'ORBIGNY)  
*Triloculina austriaca* D'ORBIGNY  
*Globulina gibba* D'ORBIGNY  
*Cibicides lobatus* (WALTER & JACOB)  
*Globigerina* cf. *bulloides* (D'ORBIGNY)
- Begleitfaunen: *Ditrupa incurva* RENIER  
*Dentalium* sp.  
Echiniden-Stacheln  
Ostracoden

Einige allochthone Foraminiferen-Fragmente entziehen sich durch ihre schlechte Erhaltung einer näheren Bestimmung, lassen jedoch Merkmale kretazischer Formen erkennen.

Die angetroffene Foraminiferen-Fauna gehört dem Ober-Oligozän an und entspricht den im Kasseler Meeressand nachgewiesenen Formen. Die Dominanz miliolider Foraminiferen, insbesondere die der *Quinqueloculina juleana*, *Quinqueloculina oblonga* sowie das nicht seltene Auftreten von *Quinqueloculina akneriana* und *Cancris auriculus* verweisen diese Fauna in den oberen Teil des Kasseler Meeressandes, dem Horizont 3 nach E. KÜMMERLE (1963) und S. RITZKOWSKI (1965).

Hierfür spricht auch das völlige Fehlen des Genus *Asterigerina*, das in tieferen Schichten dieser Folge mit *Asterigerina gürichi* (FRANKE) als Charakterspezies vertreten ist.

Diese Fauna ermöglicht erstmals eine genaue stratigraphische Fixierung eines ober-oligozänen Reliktes im Warme-Diemel-Gebiet. Stratigraphisch vergleichbare Faunen sind aus dem Ober-Oligozän NW-Deutschlands, den Niederlanden und Belgien häufig beschrieben worden. Nach der von C. ELLERMANN (1958, 1960) durchgeführten Foraminiferen-Gliederung im Schachtprofil Kapellen, südwestlich Moers, wird die

obere *Asterigerina-gürichi*-freie Zone als Horizont 5 ausgeschieden und dem Mittel-Eochatt nach F. STRAUCH & H. SCHAUB (1958) zugeordnet. In diesem Horizont ist *Cancris auriculus* nicht selten. Quinqueloculinen, die im Kasseler Meeressand dominieren, fehlen weitgehend. Im tieferen Teil dieser Zone findet sich jedoch *Quinqueloculina oblonga*, die schon im Horizont 4 einsetzt.

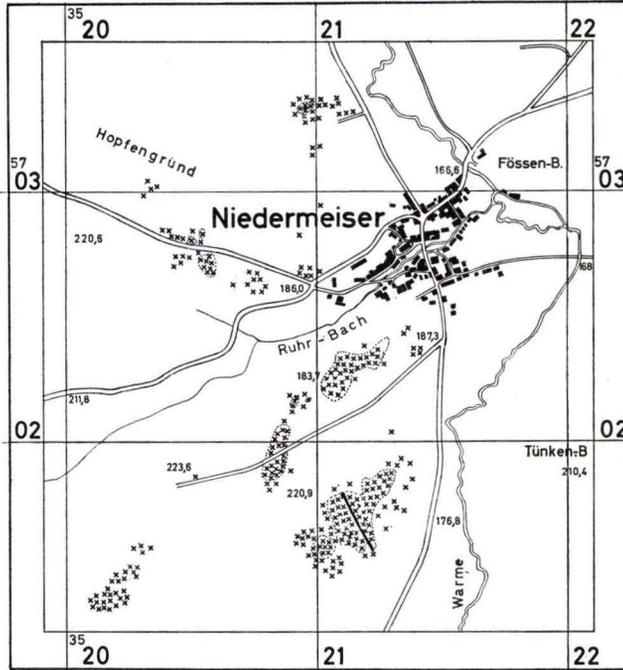


Abb. 4. Tertiär-Relikte in der Umgebung von Niedermeiser.  
Erläuterung s. Abb. 3.

Ähnliche Verhältnisse liegen in dem von J. INDANS (1958) untersuchten Schachtprofil Rossenray I, nördlich Moers, vor. Das als Horizont F ausgeschiedene höhere Ober-Oligozän entspricht im stratigraphischen Niveau der in vorliegender Arbeit berichteten Fauna. Charakteristisch ist auch hier das Fehlen von *Asterigerina gürichi* sowie die Häufigkeit von *Cancris auriculus*. Miliolide Foraminiferen sind, wie auch im Schachtprofil Kapellen, nur untergeordnet anzutreffen; sie sind mit *Quinqueloculina oblonga* auf den Grenzbereich zum liegenden Horizont E beschränkt.

Es liegt nahe, die Fauna des Auswürflings und eventuell den gesamten von E. KÜMMERLE (1963) ausgeschiedenen Horizont 3 mit dem tieferen *Quinqueloculina oblonga*-führenden Teil des Horizontes 5 im Schacht Kapellen und des entsprechenden Teiles des Horizontes F im Schachtprofil Rossenray I zu parallelisieren. Der fossilarme „Kasseler Meeressand mit Ophiomorphensand“ (E. KÜMMERLE) würde dann dem höheren Teil dieser beiden im niederrheinischen Raum ausgeschiedenen Horizonte entsprechen. Ob jedoch eine solche Parallelisierung lediglich auf Grund eines

Faziesfossils berechtigt ist, mag bei dem unterschiedlichen biofaziellen Charakter der hier verglichenen Sedimente dahingestellt bleiben.

Eine größere faunistische Übereinstimmung herrscht zwischen den Faunen des Kasseler Meeressandes und denen des Dobergs bei Bünde. Ein feinstratigraphischer Vergleich ist jedoch mangels einer befriedigenden mikropaläontologischen Gliederung der Doberg-Sedimente zur Zeit noch nicht möglich. Mit Sicherheit ist die hier erwähnte Fauna des Auswürflings jünger als die der Schicht 7 des Doberges (Gliederung nach H. HUBACH, 1957), da diese nach den Untersuchungen von J. INDANS (1965) ein zeitliches Äquivalent des Asterigerinen-Horizontes darstellt.

Schon 1910 fand A. KRAISS im westlichen Teil des Warme-Diemel-Gebietes bei Herlinghausen eine Brekzie, die er als Ausfüllungsmasse einer Tuffröhre gedeutet hat. Diese enthielt neben älteren Komponenten „. . . oberoligozäne Kasseler Meeressande, die in mehrfacher Ausbildung auftreten. Zuunterst sind es kalkige grüne Glaukonit-sande, wie sie von Blatt Wilhelmshöhe [TK25 Bl. Kassel West 4622] beschrieben sind. Sie enthalten massenhaft weiße Schalenreste von Schnecken und Muscheln, unter denen eine kleine Pecten-Art deutlich zu erkennen ist. Außerdem ist das Oberoligozän durch Stücke braunen stark eisenschüssigen Sandsteines mit zahlreichen großen Steinkernen von *Pectunculus obovatus* LAM. [= *Glycimeris obovatus* (LAM.)] vertreten“ (A. KRAISS, 1910, S. 388).

Aufgrund dieses Fundes nimmt A. KRAISS einen von Kassel aus in nördlicher Richtung verlaufenden oberoligozänen Meeresarm an. Aus seiner Publikation ist nicht zu entnehmen, ob und wo das Belegmaterial aufbewahrt wird. Neues Material kann von der angegebenen Fundstelle nicht mehr gewonnen werden, da der Aufschluß verfüllt ist. Eine Überprüfung, ob das glaukonitisch-sandige Gestein Foraminiferen enthielt und somit einen feinstratigraphischen Vergleich mit dem vorliegenden Fund gestattet, ist demnach nicht möglich.

Der hier beschriebene neue Fund ist derzeit der einzige greifbare Beleg für das Vorhandensein von marinen oberoligozänen Sedimenten am Nordrand der Niederhessischen Senke westlich des Solling-Gewölbes<sup>3)</sup>. Die Fundstelle liegt 10 km östlich der von A. KRAISS angegebenen Lokalität, ebenfalls 10 km entfernt von den beiden benachbarten Vorkommen des Kasseler Meeressandes in situ, nördlich des Hangarsteines (TK25 Bl. Kassel-West 4622) und östlich Mariendorf (TK25 Bl. Hofgeismar 4522).

Aus der Verteilung der beiden Funde darf geschlossen werden, daß das Warme-Diemel-Gebiet zwischen Warburg und der Esse-Niederung bei Grebenstein-Hofgeismar sowie die östlich angrenzenden Gebiete zumindest zeitweise von einem mehr oder weniger geschlossenen oberoligozänen marinen Flachwasserbecken bedeckt waren.

<sup>3)</sup> H. BARTENSTEIN (1958) vertrat die Auffassung, daß das norddeutsche Unter-Oligozän über den Nordrand des Solling hinaus mit einem Meeresarm bis in den Reinhardswald vorgedrungen sein muß, da er sandschalige Foraminiferen in situ aus einer Sandgrube nördlich Hombressen (TK 25 Bl. Trendelburg 4422) bergen konnte, die er als beweisend für „marines Unteroligozän (oder sogar Eozän?)“ (S. 272) hielt. Nach einer Revision (H. BARTENSTEIN, 1959) wird der Mikrofauna von Hombressen ein oberoligozänes Alter zugeordnet und das Sandvorkommen in das Hangende der Kasseler Meeressande gestellt. Da kontemporäre marine Sedimente in südlicheren Gebieten nicht mehr vorkommen, hat demnach der Küstenraum im jüngsten Ober-Oligozän — wahrscheinlich nur kurzzeitig — im mittleren Reinhardswald gelegen.

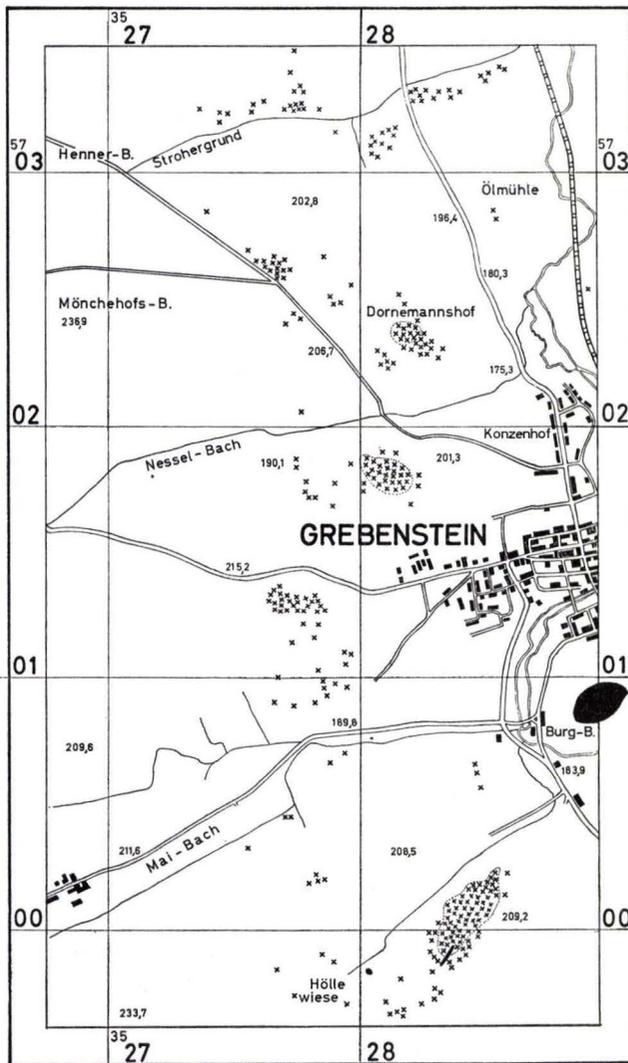


Abb. 5. Tertiär-Relikte in der Umgebung von Grebenstein.  
Erläuterung s. Abb. 3.

Auf der Höhe zwischen Schachten und Grebenstein (r 3328350, h 5699990) kommen mittel- bis grobkörnige quarzistische Sandsteine vor (D. 5.4–305), die bis zu etwa 10% Brauneisen enthalten können. Derartige „Eisensteine“ nennen O. v. LINSTOW & H. BREDDIN (1928) vom weiter östlich gelegenen Krönicken-Berg, 1,5 km südlich Udenhausen, die sie als eozäne Süßwasserbildungen deuten. H. REGENHARDT (nach einer Mitteilung von H. BARTENSTEIN) fand am gleichen Orte marine Fossilien, die eindeutig oberoligozänes Alter belegen.

### 3. Neogen

#### 3.1. Miozän

Limnisch-fluviatile Sedimente mit Quarziten und Braunkohlen („Jüngere Braunkohlen-Stufe“) sind in der Kasseler Senke über marinem Ober-Oligozän noch auf kleinen Flächen in situ erhalten (F. RÖSING, 1958, 1966). Die isolierten Tertiärquarzit-Blöcke im Warme-Diemel-Gebiet werden in ihrer Gesamtheit in das Ober-Eozän/Unter-Oligozän gestellt (vgl. S. 157), ohne entscheiden zu können, ob nicht unter ihnen auch unter-miozäne Relikte auftreten.

H. BARTENSTEIN (1959) vermutet, daß ein Teil der von O. v. LINSTOW & H. BREDDIN (1928) als Eozän auskartierten Sandvorkommen im Westen des Reinhardswaldes außer oligozänen noch miozäne Anteile enthalten.

In den Tuffen am Nordrand des Grebensteiner Stadtwaldes und im Kontakt mit dem Basaltvorkommen an der Straße Westuffeln–Friedrichsthal, von dem schon O. v. LINSTOW & H. BREDDIN berichtet haben, wurden lockere Sande beobachtet, denen (ohne Beweis) ein miozänes — aufgrund der allgemeinen paläogeographischen Entwicklung des nordhessischen Raumes wohl ein unter-miozänes — Alter zukommen könnte. Die im Habichtswald vermutlich gegen Ende des Unter-Miozäns einsetzende und mindestens bis in das Mittel-Pliozän anhaltende Hebungstendenz und daraus resultierende Abtragungsvorgänge müssen auch im Warme-Diemel-Gebiet stattgefunden haben. Es ist anzunehmen, daß der überwiegende Teil der neogenen und paläogenen Sedimente durch lebhafte Erosion und Denudation vor Beginn der Eruptionstätigkeit vielfach restlos bis auf den mesozoischen Unterbau abgetragen war, da einerseits nur in relativ wenigen Vulkaniten tertiäre Einschlüsse und Auswürflinge nachzuweisen sind und andererseits im Schutze der Basaltkörper, deren posteruptive Abtragung weniger stark vorangeschritten ist (Beispiel: Watt-Berg bei Friedrichsdorf), kein anstehendes Tertiär mehr hervortritt.

Die Hauptphase der vulkanischen Ereignisse liegt wahrscheinlich, wie allgemein in der Hessischen Senke, im Ober-Miozän (H. MURAWSKI, 1953 u. a.).

In einigen Tuffvorkommen des Warme-Diemel-Gebietes bilden gut gerundete, mittelkörnige Quarze eine Hauptkomponente. Es liegt nahe, in diesen allothigenen Fragmenten Relikte tertiärer Sedimente zu vermuten, die mehreren stratigraphischen Stufen angehören können. In Spuren vorhandene Glaukonitkörner (Vorkommen: Papen-Berg und Grebensteiner Stadtwald) deuten auf marine Sedimente, wahrscheinlich des Ober-Oligozäns. Eine sichere stratigraphische Zuordnung der Sande in den übrigen Schlottuffen ist nicht möglich, da aus dem Fehlen von Glaukonit nicht zwingend auf limnisch-fluviatile Ablagerungen, also Ober-Eozän/Unter-Oligozän oder Unter-Miozän, geschlossen werden kann.

Von den untersuchten Tuffvorkommen enthielten folgende einen Sandanteil:

1. Südöstlich der Hängen bei Wettelingen, Höhe 303,0 (r 35 14 960, h 57 01 860)
2. Nördlich Niederlistingen, am Südrand des „Wolfsloh“ (r 35 17 510, h 57 02 210)
3. Blocktuff an der Straße Westuffeln–Friedrichsthal (r 35 23 940, h 57 00 380)
4. Grebensteiner Stadtwald, nördlich der Linder Warte (r 35 24 110, h 57 01 480; r 35 24 060, h 57 01 470; r 35 24 150, h 57 01 400)
5. Am Nordrand des Grebensteiner Stadtwaldes (r 35 24 360, h 57 02 400)
6. Papen-Berg in der Esse-Niederung (r 35 27 550, h 57 04 750)
7. Burg-Berg bei Grebenstein (r 35 29 010, h 57 00 920).

### 3.2. Pliozän

Aus Mangel an Zeitmarken ist nicht zu entscheiden, in welchem Ausmaß sich die vulkanische Tätigkeit im Unter-Pliozän fortgesetzt hat. Datierbare unter- und mittelpliozäne Sedimente sind aus dem Warme-Diemel-Gebiet nicht bekannt. Auch die stratigraphische Stellung der älteren Flußschotter auf der Hochebene zwischen Warburg und Liebenau ist unsicher. „Für ein oberpliozänes Alter der Kiese und Sande auf den präpleistozänen Terrassen und Hochflächen“ (bei Kassel) hat sich F. RÖSING (1958, S. 62) ausgesprochen, da „die fazielle Verwandtschaft mit paläontologisch gesicherten oberpliozänen Ablagerungen im Bereich des niederhessischen Flußnetzes, so vor allem im Oberlauf der Fulda“, eine Zuordnung ermöglicht.

Eine präglaziale Felsterrasse vermutet H. WORTMANN (1936) am Hopfen-Berg nordwestlich Zwergen, 100 m über der Talsohle der Diemel (240 m ü. NN). Da Schotter bisher nicht aufgefunden wurden, ist ein Vergleich mit gesicherten niveaugleichen Vorkommen im Ober- und Unterlauf der Diemel weiterhin problematisch. Mögliche präpleistozäne Schotterreste sind nordwestlich der Hängen bei Wettelingen noch in 105 m Höhe über der Talsohle der Diemel (257 m ü. NN) erhalten. Eine Parallelisierung dieses isolierten Vorkommens mit denen der Diemel-Terrassenzüge ist bei einer Entfernung von 3 km zum heutigen Flußlauf nicht opportun, da die Beträge quartärer Schollenverkipfungen nicht eliminiert werden können.

Alle übrigen noch erhaltenen Flußablagerungen und Terrassenreste beiderseits der Diemel zwischen Warburg und Liebenau werden in Übereinstimmung mit der ausführlich begründeten Ansicht H. WORTMANNs als post-pliozäne Bildungen gedeutet.

Gegenüber Sedimentationsvorgängen überwogen im gesamten Pliozän eindeutig die seit Ende des Unter-Miozäns wirkenden Abtragungsprozesse. Neben den vulkanischen Förderprodukten und den Resten tertiärer Ablagerungen müssen auch in erheblichem Umfang mesozoische Sedimente der Erosion und Denudation zum Opfer gefallen sein, da vielfach an den Eruptionskanälen Gesteine der jüngeren Trias erhalten sind, die in der Umgebung nicht mehr auftreten (Beispiele: Desen-Berg, Igelsbett). Im Warme-Diemel-Gebiet sind vor allem im Niveau zwischen 240 und 280 m ü. NN einzelne ausgedehnte Flächenreste zu beobachten, die nicht das Produkt kurz andauernder pleistozäner Erosionsphasen sein können, wie schon O. WILHELM (1937) und L. HEMPEL (1955) bemerken, sondern auf einheitliche pliozäne Denudationsvorgänge zurückgeführt werden müssen. Das präglaziale (wahrscheinlich oberpliozäne) Alter der weiten Verebnungen, die L. HEMPEL als „Esse-Diemel-Trogfläche“ bezeichnet hat, wird durch die Tatsache gesichert, daß die Schotter der Diemel-Hauptterrasse den Flachhängen der Rumpfflächen auflagern.

### 4. Überblick

Über die im Paleozän/Eozän geschaffene Rumpffläche breiten sich im Ober-Eozän bzw. Unter-Oligozän limnisch-fluviatile Sandschüttungen aus („Ältere Quarzitsande“), zwischen denen sich einzelne Braunkohlen-Horizonte ausbilden. Die Basistone, mit denen die Sedimentation im Kasseler Raum einsetzt, scheinen zu fehlen.

Wie aus den paläogeographischen Verhältnissen der Nachbargebiete abgeleitet werden kann, muß die im Mittel-Oligozän bestehende Meeresstraße auch im Warme-Diemel-Gebiet existiert haben. Ob der Rupelton den Melanienton bzw. die Älteren Quarzitsande diskordant überlagert, ist wegen des Fehlens jeglicher Anhaltspunkte nicht zu entscheiden.

Nachdem noch vor Ende des Mittel-Oligozäns die Verbindung zum süddeutschen Sedimentationsraum endgültig unterbrochen wurde, gingen durch Zunahme der Sandkomponente aus dem Rupel- oder Septarienton die Kasseler Meeressande hervor. Im Raum zwischen Warburg und der Esse-Niederung ist mit einer geschlossenen Meeresbedeckung zu rechnen, da aus den Vulkaniten zwei fossilführende Oberoligozän-Relikte überliefert sind. Vor Ablauf des Oligozäns zog sich das Meer bis in den Reinhardswald (H. BARTENSTEIN, 1959) und in der Folgezeit bis an den Nordrand des Sollings zurück.

Noch vor Beginn des Miozäns endet die marine Entwicklung in Nordhessen (H. MURAWSKI, 1953). In weitflächigen Becken fanden im Unter-Miozän noch fluviatile Sandschüttungen und vereinzelte Braunkohlen-Bildungen statt. Schon vor dem Mittel-Miozän werden die Sedimentationsprozesse von einer anhaltenden Denudationsperiode abgelöst. Die vulkanischen Förderprodukte, denen im wesentlichen ein obermiozänes bis unterpliozänes Alter zugeordnet wird, waren offenbar einer rasch voranschreitenden Abtragung ausgesetzt, da die gegenwärtig im Schutz der Eruptionskanäle noch erhaltenen Sedimente in erheblichen Höhenlagen über der präglazialen Rumpffläche anzutreffen sind.

Die oberpliozäne Eintiefung der heutigen Flußläufe (Beispiel: Diemel) in die präglaziale Ebenheit scheint geringer gewesen zu sein, als vielfach angenommen wird.

Jungtertiäre Schollenverkipungen sind aus den gegenwärtig stärker differierenden Höhenlagen der weit verbreiteten Unteroligozän-Relikte nur mit erheblichen Einschränkungen abzuleiten, da es sich mit einer Ausnahme (Igelsbett) nur um parautochthones Material handelt.

#### Schriftenverzeichnis

- BAATZ, H.: *Ophiomorpha* LUNDGREN, ein marines Spurenfossil, im Oberen Quarzitsand Niederhessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 168—171, Wiesbaden 1959.
- BARTENSTEIN, H.: Alttertiäre Mikrofaunen aus dem Reinhardswald, ein Beitrag zur Frage der Südverbreitung marinen Prä-Mitteloligozäns. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 269—280, 1 Abb., Taf. 17—18, Wiesbaden 1958.
- Neue mikropaläontologische Beobachtungen zu den Tertiärvorkommen des Reinhardswaldes und des benachbarten Bramwaldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 367—375, 1 Abb., Taf. 21, Wiesbaden 1959.
- BATJES, D. A. J.: Foraminifera of the Oligocene of Belgium. — Verh. Kon. Belg. Inst. Naturw., **143**, S. 1—188, Taf. 1—13, Brüssel 1958.
- BLANCKENHORN, M.: Das Tertiär Niederhessens. Endergebnisse der geologischen Aufnahmen in Niederhessen von 1911—1946. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **1**, S. 7—82, 9 Abb., Wiesbaden 1950.
- DAM, A. TEN & REINHOLD, TH.: Die stratigraphische Gliederung des niederländischen Oligo-Miozäns nach Foraminiferen. — Meded. geol. Sticht., Ser. C—V, **2**, S. 1—106, Taf. 1—10, Maastricht 1942.

- ELLERMANN, C.: Die mikrofaunistische Gliederung des Oligozäns im Schacht Kapellen bei Moers (Niederrhein). — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **1**, S. 205—214, 3 Taf., 3 Tab., Krefeld 1958.
- Foraminiferen aus dem Oligozän des Schachtes Kapellen (Niederrhein) mit Variationsstatistik von *Elphidium subnodosum* (ROEMER). — Geol. Jb., **77**, S. 645—710, Taf. 51 bis 55, Hannover 1960.
- GÖRGES, J. & PENNDORF, H.: Das niederhessische Tertiär und seine marinen Ablagerungen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**, S. 138—146, Wiesbaden 1952.
- GRAMANN, F.: Das ältere Tertiär im nördlichen Vorland des Vogelsberges. — S.-Ber. Ges. Bef. ges. Naturw. Marburg, **82**, 1, S. 1—113, Taf. 1—3, Marburg 1960.
- Das Oligozän der Hessischen Senke als Bindeglied zwischen Nordseebecken und Rheintalgraben. — Z. deutsch. geol. Ges., **115**, (1962), S. 497—514, 1 Abb., Hannover 1966.
- GROSSHEIDE, K. & TRUNKO, L.: Die Foraminiferen des Dobergs bei Bünde und von Astrup. Mit Beiträgen zur Geologie dieser Profile (Oligozän, NW-Deutschland). — Beih. geol. Jb., **60**, 213 S., 20 Abb., 19 Taf., Hannover 1965.
- GRUPE, O.: Über das Alter der Dislokationen des hannoversch-hessischen Berglandes und ihren Einfluß auf Talbildung und Basalteruptionen. — Z. deutsch. geol. Ges., **63**, (1911), S. 264—316, 7 Abb., Berlin 1912.
- Über das hessische Pliozän und die Altersfrage der Basalte. — Z. deutsch. geol. Ges., **88**, (1936), S. 634—661, 6 Abb., Stuttgart 1937.
- HEDEMANN, A. H.: Die Gewölbstruktur des Sollings und ihre Entstehung. — Geol. Jb., **72**, S. 529—638, 1 Taf., 16 Abb., 2 Tab., Hannover 1957.
- HEMPEL, L.: Studien über Verwitterung und Formenbildung im Muschelkalkgestein. Ein Beitrag zur klimatischen Morphologie. — Göttinger geogr. Abh., 112 S., 13 Abb., 4 Taf., 13 Textfig., 2 Ktn., Göttingen 1955.
- HUBACH, H.: Das Oberoligozän des Dobergs bei Bünde in Westf. — Ber. naturhist. Ges., **103**, S. 5—69, 7 Tab., 3 Taf., Hannover 1957.
- INDANS, J.: Zur mikropaläontologischen Gliederung des Oligozäns in der Bohrung Kühlerhof bei Erkelenz. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **1956**, S. 173—184, Stuttgart 1956.
- Mikrofaunistische Korrelationen im marinen Tertiär der Niederrheinischen Bucht. — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **1**, S. 223—238, 8 Taf., 3 Abb., Krefeld 1958.
- Foraminiferen-Faunen aus dem Miozän des Niederrheingebietes. — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **6**, S. 19—82, 12 Taf., 2 Abb., 2 Taf., Krefeld 1962.
- Nachweis des Asterigerinen-Horizontes im Oberoligozän des Dobergs bei Bünde/Westf. — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **123**, S. 20—24, 1 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1965.
- KAASSCHIETER, J. P. H.: Foraminifera of the Eocene of Belgium. — Mém. Inst. Roy. Sci. Natur., **147**, S. 1—271, Taf. 1—16, Brüssel 1961.
- KIESEL, Y.: Die oligozänen Foraminiferen der Tiefbohrung Dobbertin (Mecklenburg). Ein Beitrag zur Feinstratigraphie des mitteldeutschen Rupels. — Freiberg. Forsch.-H., (C) **122**, S. 1—123, 1 Bild, 12 Taf., 3 Tab., Berlin 1962.
- KRAISS, A.: Der Warburger Sattel, seine Baustörungen und die vulkanischen Durchbrüche. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1910, **31**, S. 377—419, 2 Taf., Berlin 1913.
- KÜMMERLE, E.: Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnatal bei Kassel (Bl. Nr. 4622 Kassel-West). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **45**, 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf., Wiesbaden 1963.
- LINSTOW, O. v.: Die geologischen Verhältnisse von Grebenstein und Umgebung. Grebenstein und seine Geschichte. Festbeitr. 600-Jahr-Feier am 2. bis 4. August 1924, S. 37—44, Hofgeismar 1924.
- & BREDDIN, H.: Erl. geol. Kte. Preußen etc. Lfg. **278**, Bl. Hofgeismar, 38 S., Berlin 1928.
- MEIBURG, P.: Zur Geologie des Warme-Diemel-Gebietes im Raum südwestlich Hofgeismar (Nordhessen). Unveröff. Dipl.-Arb., 204 S., 73 Abb., 10 Taf., Münster 1966.
- Die Warburger Störungzone. Unveröff. Diss., 395 S., 71 Abb., 15 Tab., 50 Taf., 5 Ktn., Münster 1969.

- MURAWSKI, H.: Die Entwicklungsgeschichte des jüngeren Tertiärs westlich des Leinetalgrabens. — *Geol. Jb.*, **67**, S. 495—528, 11 Abb., 1 Tab., Hannover 1953.
- Das Zeitproblem bei der Tektogenese eines Großgrabensystems. Ein taphrogenetischer Vergleich zwischen Hessischer Senke und Oberrhein-Talgraben. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **88**, S. 294—342, 3 Abb., Wiesbaden 1960.
- Einige Bemerkungen zur Frage der Regressionsedimente des oberoligozänen Meeres im Nordteil der Hessischen Senke. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **5**, (1960), S. 220 bis 227, Stuttgart 1960.
- RITZKOWSKI, S.: Mittel-Oligozän, Ober-Oligozän und die Grenze Rupel/Chatt im nördlichen Hessen. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Abh.*, **127**, **3**, S. 293—336, 12 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1967.
- RÖSING, F.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 2. Aufl., 205 S., 9 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1958.
- Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, 246 S., 13 Abb., 8 Tab., 2 Diagr., Wiesbaden 1966.
- Das prätauffische Relief im Tertiär des Habichtswaldes und seiner Umgebung (Vortragsreferat). — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **108**, (1956), S. 267—268, Hannover 1957.
- SCHÉKORR, E.: Geologische Kartierung der östlichen Ausläufer der Warburger Störungzone im Raum südlich Hofgeismar. Unveröff. Dipl.-Arb., 80 S., 28 Abb., 2 Taf., Münster 1966.
- SCHWARZ, F.: Geologie der Gegend zwischen Kassel und dem Reinhardswalde. — *Abh. preuß. geol. L.-A., N.F.*, **132**, 100 S., 43 Abb., 1 Taf., Berlin 1930.
- Zur Tektonik und Morphologie Niederhessens. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **84**, S. 513 bis 537, 3 Abb., Berlin 1932.
- SEIDEL, G.: Die Dislokationszonen zwischen Bonenburg und Volkmarsen. — *Geotekt. Forsch.*, **3**, S. 1—32, 17 Abb., 4 Taf., Berlin 1938.
- STAESCHE, K. & HILTERMANN, H.: Mikrofaunen aus dem Tertiär Nordwestdeutschlands. — *Abh. Reichsst. Bodenforsch., N.F.*, **201**, S. 1—26, Taf. 1—53, Berlin 1940.
- STRAUCH, F. & SCHAUB, H.: Die stratigraphische Gliederung des Oberoligozäns der Schächte Kapellen und Rossenray I auf Grund der Pectiniden. — *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **1**, S. 273—276, 1 Abb., Krefeld 1958.
- STREMMER, E.: Beitrag zur Kenntnis der tertiären Ablagerungen zwischen Cassel und Detmold, nebst einer Besprechung der norddeutschen Pecten-Arten. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **40**, S. 300—354, 2 Taf., Berlin 1888.
- UDLUFT, H.: Ergänzungen und kritische Bemerkungen zu der Arbeit von MAX BLANCKENHORN über das Tertiär Niederhessens. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **1**, S. 83—100, Wiesbaden 1950.
- & JACOBSHAGEN, V.: Zur Gliederung des Pliozäns in Niederhessen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **85**, S. 255—281, 5 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Wiesbaden 1957.
- & LANG, H. D.: Der Untergrund der Niederhessischen Senke. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **84**, S. 184—203, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1956.
- WILHELM, O.: Morphologische Untersuchungen am Nordrand der Niederhessischen Senke. — *Jb. geogr. Ges. Hannover (1936/1937)*, S. 77—165, 7 Abb., 5 Taf., Hannover 1937.
- WORTMANN, H.: Die Terrassen der Diemel zwischen Sauerland und Weser. — *Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1936*, S. 359—413, 6 Abb., 3 Taf., Berlin 1937.
- ZÖBELEIN, H. K.: Über die chattische und aquitanische Stufe und die Grenze Oligozän/Miozän (Palaeogen/Neogen) in Westeuropa. — *Mitt. geol. Ges. Wien*, **52**, S. 245—265, Wien 1959.

## Das Tertiär des Eisenberger Beckens und Grünstadter Bergs (Nordpfalz)\*

Von

WOLFGANG PLASS, Wiesbaden

Mit 1 Tabelle

Das Arbeitsgebiet, das sich westlich Grünstadt a. d. Weinstr. bis nach Ramsen erstreckt, liegt im Schnittpunkt der erzgebirgisch streichenden und hier aushebenden Pfälzer Mulde mit dem Westrand-Störungssystem des Oberrheingrabens, das bei Bad Dürkheim aufspaltet. Ein Teil der Verwerfungen setzt in rheinischer Richtung fort, etliche aber biegen nach NW um und schneiden – auf eine grabenparallel verlaufende Hauptrandverwerfung stoßend – von der Pfälzer Mulde einen keilförmigen Zwickel ab, der nach N abtaucht.

Dadurch bleiben hier als einzige Vorkommen der Nordpfalz größere Flächen von Oberem Buntsandstein und Unterem Muschelkalk erhalten. Auf sie greift das rheinpfälzische Tertiär erstmals im Mitteloligozän und über die Hauptrandstörungen hinweg nach W über, um sich zum Mainzer Becken auszuweiten.

Innerhalb des Arbeitsgebiets lassen sich drei selbständige geologisch-morphologische Einheiten aushalten: 1. Im W das Ramsener Becken, ein quartäres Ausräumungsbecken in permischen Rötelschiefern und Unterem Buntsandstein. 2. In der Mitte das Eisenberger Becken, das an seiner Westseite von einem N–S verlaufenden Höhenzug aus vorwiegend Mittlerem Buntsandstein gequert wird. Den Untergrund des eigentlichen Beckens bilden Oberer Buntsandstein und etwas Unterer Muschelkalk, überlagert von einer Decke jungtertiärer und quartärer Sedimente. 3. Im E erheben sich über einem Sockel aus Oberem Buntsandstein und Unterem Muschelkalk die alt- und jungtertiären Schichten des Grünstadter Bergs.

Der erste Teil der Arbeit befaßt sich nach einem Überblick über die permotriassischen Gesteine mit der Stratigraphie, Tektonik und Paläogeographie des Eisenberger Beckens. Die Frage nach ältestem Tertiär ist nicht sicher zu beantworten. Funde

---

\*) Kurzfassung der Dissertation. Diese Kurzfassung wurde am 25. 2. 1967 der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Mainz vorgelegt, die Dissertation am 28. 4. 1964 im Geologischen Institut der Universität Mainz eingereicht.

von „Foraminiferen“ (?) führenden Tonen an der Wattenheimer und Tiefenthaler Autobahnbrücke (SPUHLER) sowie von glimmerig-sandigen Mergeltonen westlich Eisenberg machen es wahrscheinlich, daß oligozäne Sedimente vor der Anlieferung fluvio-lakustrischer Ablagerungen, der Älteren Kiese, Sande und Tone (= Ä. K. S. T.), fast völlig entfernt wurden. Mit diesen Ä. K. S. T. kann man das sichere Tertiär beginnen lassen. Sie liegen über Unterem Muschelkalk und stellenweise auch über Oberem Buntsandstein. Die groben Komponenten bestehen meist aus Milchquarz, bunten Hornsteinen (des Mittl. Muschelkalks) und grauen Quarziten (des Devons), was auf ein west- bis nordwestliches Liefergebiet schließen läßt. Hangende Teile der Ä. K. S. T. sind zu einer Quarzitbank eingekieselt. Sie bildet in Hettenleidelheim eine deutliche morphologische Kante und taucht nach N unter die Feuerfesten Tone des Hettenleidelheim-Eisenberger Reviers ab. Nach den bisherigen Aufschlüssen kann man annehmen, daß die Ä. K. S. T. im Tongrubengebiet von den feinkörnigeren Unreinen Sand- und Tonschichten vertreten werden. Diese sowie Oberer Buntsandstein und im südwestlichen Tonrevier die Quarzitbank bilden das Liegende der Feuerfesten Tone. Sie bauen sich aus verschiedenen hochwertigen Tonen auf und enthalten im unteren Abschnitt eine tonreiche Braunkohle. Eine Pollenanalyse der Braunkohle und ein petrographischer Vergleich der Ä. K. S. T. mit den Quarzitsanden des Grünstadter Bergs ergab für die genannten Ablagerungen ein unteraquitanes Alter.

Anhand der Literatur und eines Abrisses der geologisch-paläogeographischen Situation im Raume nördlich des Eis- und Rodenbachs ist anzunehmen, daß die kleine Lagerstätte feuerfester Tone bei Lautersheim (nördlich des Untersuchungsgebiets) gleichzeitig mit den Hettenleidelheim-Eisenberger Tonen entstanden ist. Über diesen stellen sich örtlich bunte sandige Deckentone unbekanntes Alters ein. Darüber folgt die mächtige, vermutlich insgesamt oberpliozäne Klebsandserie. Als jüngste Deckschichten konnten pleistozäne Terrassenschotter und Löss ausgeschieden werden.

Aus der Tatsache heraus, daß die Feuerfesten Tone des Eisenberger Beckens um 160 m tiefer liegen als das Lautersheimer Tonlager, die Klebsandserie im W gegen Oberen Buntsandstein verworfen ist und altpleistozäne Terrassenkörper des südlichen Beckenteils verstellt sind, resultiert ein Einbruch des Eisenberger Beckens, der in die Zeit nach der Klebsandschüttung und vor Absatz der mittelpleistozänen Terrasse am Ebertsheimer Hang (der NW-Seite des Grünstadter Bergs) fallen dürfte. Eine genauere zeitliche Einordnung ist nicht möglich, da das Alter mancher Terrassen nicht eindeutig zu ermitteln ist.

Im zweiten Teil der Arbeit wird das Tertiär der Südwesthälfte des Grünstadter Bergs feinstratigraphisch und mikrofaunistisch untersucht. Es beginnt bei Neuleiningen mit einer brauneisenreichen, kalk- und fossilfreien Abfolge aus Brandungsschutt, Kieslagen und Bausanden des Meeressandes. Sie lagert an die recht steile Brandungsküste aus Oberem Buntsandstein an und keilt nach W mehr oder weniger aus. Der überlagernde Schleichsand besteht aus einer Serie tonig-mergelig-sandiger Sedimente, die an der Südseite der Bitternell aber nicht mehr vorhanden sind. Im W und NW finden sich im oberen Teil fossilreiche *multinodosa*-Mergel und Papillaten-Sande, die im Mainzer Becken allgemein als oberster Schleichsand gelten. Die genauere stratigraphische Stellung des liegenden Teils (*Nonionella*-Mergel, Tone und Sande) und damit auch des Meeressandes ist vorerst nicht zu klären.

Darüber folgt — außer nordwestlich Neuleiningen — die chattische Süßwasser-serie, die hier den Cyrenenmergel des Mainzer Beckens mitsamt seinen Süßwasser-bildungen vertritt. Die sandig-tonig-mergeligen Ablagerungen enthalten neben einer allochthonen Fremdfauna kretazischer und alttertiärer Foraminiferen noch Charo-phyten-Oogonien, Fischreste und Süßwasser(?) -Ostrakoden. Dazu ist am Ebertshei-mer Hang eine geringmächtige Glimmerzone (glimmerreiche, mergelige Feinsande und feinsandige Tone und Mergel) vorerst zu rechnen, die eine ähnliche Mikrofauna ent-hält.

Über tektonisch verstellter Unterlage aus Schleichsand und Süßwasserreihe beginnt das Jungtertiär mit den Quarzitsanden, die an der Bitternell teilweise zu einer Quarzit-bank eingekieselt sind und Hornsteine, Milchquarze und graue Devonquarzite ent-halten. Sie stellen die Fortsetzung der Ä. K. S. T. dar, die noch an der Tiefenthaler Autobahnbrücke mit ihrer hangenden Quarzitbank anstehen. Die Quarzitsande, die nach N auskeilen, werden von dem Landschneckenkalk überlagert, der sie am Eberts-heimer Hang in größerer Mächtigkeit vertritt. Der Landschneckenkalk ist i. a. als Sandkalk, kalkiger Sandstein, Kalkbrekzie, Kalkkonglomerat, Calcarenit und klotzi-ger Algenkalk ausgebildet und enthält neben *Terebralia rathi* und *Pomatias antiquum* wenig brackische Foraminiferen und Ostrakoden. Anhand der Petro- und Biofazies kann man annehmen, daß der Landschneckenkalk der Bitternell in einem litoral-ästuarinen Bereich zum Absatz kam. Am Ebertsheimer Hang hingegen beginnt er mit brack-marinen, fossilreichen Kalken, die außer *Terebralia* und *Pomatias* auch *Plebu-cula ramondi*, Pirenellen, *Tympanotonus*, „*Cyrena*“, *Ostrea*, *Balanus*-Schillbänke und eine charakteristische Foraminiferen- und Ostrakodenfauna führen.

Über Quarzitsanden + Landschneckenkalk, die als Untere Cerithien-Schichten zu-sammengefaßt werden, folgen die Oberen Cerithien-Schichten (= frühere Cerithien-schichten des Mainzer Beckens), die *inflata*-Schichten und Reste der Hydrobien-Schichten. Es handelt sich allgemein um feinplattige bis grobbankige Kalke, seltener sind Mergelkalke und Algenkalke eingeschaltet. Ihr Fauneninhalt gleicht in wesent-lichen Zügen dem der seit alters her im Mainzer Becken beschriebenen Schichten.

Im letzten Drittel der Arbeit werden die jungtertiären Sedimente des Untersuchungs-gebiets denen des Mainzer Beckens und Oberrheingrabens gegenübergestellt. Die weitverbreiteten fluviolakustrischen, meist kiesig-sandigen Ablagerungen, die über dem Chatt und noch vor der großen Transgression der Oberen Cerithien-Schichten zum Absatz kamen und an vielen Stellen ebenfalls eingekieselt sind, werden als Vil-beler Schichten zusammengefaßt. Da der untere Landschneckenkalk des Grünstadter Bergs eine Fauna führt, die den ersten Vorstoß des Aquitanmeeres bezeugt, und auch an den klassischen Fundstätten der Kleinen Kalmit bei Landau, in Rheinhessen, des Falkenbergs bei Flörsheim/Main und im Steinbruch Weisenau diese Fauna zu finden ist, wird die Chatt/Aquitane-Grenze im Mainzer Becken vorerst an die Unterkante der Unteren Cerithien-Schichten gelegt.

Des weiteren wird die Verbreitung und Ausbildung zahlreicher Vorkommen von Landschneckenkalk, Vibeler Schichten und Süßwassermergel Rheinhessens disku-tiert, die sich — wie man annehmen muß — gegenseitig vertreten. Mit Hilfe mikro- und makrofaunistischer und auch petrofazieller Merkmale sind in den brack-marinen Ablagerungen heute 6 Leitzonen auszuscheiden, die es ermöglichen, diese Sedimente



über weite Strecken zu parallelisieren. U. a. geht daraus hervor, daß die Oberen Cerithien-Schichten nicht die eigentliche Aquitan-Transgression darstellen, sondern daß das Aquitanmeer bereits an der Basis des Landschneckenkalks (= 1. Leitzone) in das Mainzer Becken vorgedrungen ist.

Abschließend werden die Ablagerungen des Mainzer Beckens denen des nördlichen und mittleren Oberrheingrabens gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß mittels feinstratigraphisch untersuchter Profile des Grünstadter Bergs und des Weisenauer Steinbruchs eine Parallelisierung nicht möglich ist, wohl aber eine Koordinierung. Am deutlichsten lassen sich die mittleren Oberen Hydrobienschichten des Grabens (DOEBL) mit den Unteren Hydrobien-Schichten des Beckens, die Unteren Hydrobienschichten der Grabenfazies (DOEBL) mit den Oberen Cerithien-Schichten des Beckens koordinieren. Auch entsprechen sich sehr gut die übrigen Schichtglieder, so z. B. die von BOZORGNIA als „Chattien (?)“ ausgeschiedenen Sedimente des Weisenauer Steinbruchs, die unter dem dortigen Landschneckenkalk liegen und als Weisenauer Schichten bezeichnet werden sollen, den früheren Cerithienschichten (DOEBL) des Grabens. Es ist zu vermuten, daß während der Ablagerung der Weisenauer Schichten, die ebenfalls dem Aquitan zuzurechnen sind, im übrigen Mainzer Becken Schichtverstellungen wirksam waren (Savische Phase), die zu größeren Abtragungen führten. Der Beginn des Aquitans ist also im Graben an die Unterkante der Weisenauer Schichten zu legen. Einen Überblick über die neue zeitliche Einstufung und über die Faziesverteilung der diskutierten Ablagerungen des Mainzer Beckens und Oberrheingrabens gibt Tab. 1.

#### Schriftenverzeichnis

- BOZORGNIA, F.: Das Tertiär zwischen Weisenau und Gau-Bischofsheim mit besonderer Berücksichtigung mikropaläontologischer Untersuchungen im Steinbruch Weisenau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**, S. 266—282, Wiesbaden 1960.
- BUCHER, W.: Beitrag zur geologischen Kenntnis des jüngeren Tertiärs der Rheinpfalz. — Geogn. Jh., **26**, S. 1—102, München (Piloty & Loehle) 1914.
- DOEBL, F.: Fazies und Mikropaläontologie im Rheintalgraben und seine Verbindung zu den benachbarten Tertiärgebieten. — Meyniana, **10**, S. 89—93, Kiel 1961.
- & MALZ, H.: Tertiär des Rheintalgrabens. In: Leitfossilien der Mikropaläontologie, **1**, S. 379—398, **2**, Taf. 56—59, Tab. 22, Berlin-Nikolassee (Borntraeger) 1960.
- FALKE, H.: Rheinhessen und die Umgebung von Mainz. — Samml. geol. Führer, **38**, 156 S., Berlin-Nikolassee (Borntraeger) 1960.
- NOTTMEYER, D.: Stratigraphie und tektonische Untersuchungen in der rheinischen Vorbergzone bei Siebeldingen-Frankweiler. — Mitt. Pollichia, **3.R.**, **2**, S. 36—93, Bad Dürkheim 1954.
- REIS, O.: Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg (Nr. XXI) der Geognostischen Karte von Bayern. 320 S., München (Piloty & Loehle) 1921.
- SCHAD, A.: Einige Ergebnisse des Erdölaufschlusses bei Landau/Rheinpfalz. — Geol. Jb., **74**, S. 243—268, Hannover 1957.
- SPUHLER, L.: Einführung in die Geologie der Pfalz. — Veröff. pfälz. Ges. Förd. Wiss., **34**, 432 S., Speyer 1957.
- THEWS, J. D.: Die Oppenheimer Fazies und ihre Lebewelt an der Wende Alt- zum Jungtertiär. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**, S. 179—205, Wiesbaden 1957.
- WAGNER, W.: Das Aquitan zwischen Schweizer Jura und Niederhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**, S. 376—397, Wiesbaden 1959.
- WEILER, W.: Pliozän und Diluvium im südlichen Rheinhessen. II. Teil: Das Diluvium. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 206—235, Wiesbaden 1953.

- WENZ, W.: Das Mainzer Becken und seine Randgebiete. 315 S., Heidelberg (W. Ehrig) 1921.
- ZÖBELEIN, H. H.: Die chattische und aquitanische Stufe und die Grenze Oligozän/Miozän (Palaeogen/Neogen) in Westeuropa. — Mitt. geol. Ges. Wien, **52**, (1959), S. 245—265, Wien 1960.

## Nachtrag aus den Jahren 1964—1969

- BEST, G. & WIESNER, E.: „Cerithien“ aus den Hydrobienschichten von Frankfurt am Main und Umgebung. — Jb. nass. Ver. Naturk., **98**, S. 55—63, 6 Abb., Wiesbaden 1966.
- BIK, E. T.: An aberrant Nonionid from the Miocene of the Mayence basin. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**, S. 68—74, 3 Abb., Taf. 5, Wiesbaden 1964.
- DOEBL, F.: The Tertiary and Pleistocene Sediments of the Northern and Central Part of the Upper Rhinegraben. — Abh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **6**, (The Rhinegraben Progress Report), S. 48—54, 11 Abb., Freiburg i. Br. 1967.
- & WEILER, H.: Neue Untersuchungen im Gebiet der Kleinen Kalmit bei Landau/Pfalz. — Senck. leth., **46a** (Weiler-Festschr.), S. 45—60, 6 Abb., Frankfurt a. M. 1965.
- FALKE, H.: Das Aquitan im Ostplateau des nördlichen Rheinhessen. — Senck. leth., **46a** (Weiler-Festschr.), S. 61—84, 3 Abb., 4 Tab., Frankfurt a. M. 1965.
- GOLWER, A.: Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 157—184, 8 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1968.
- KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., 209 S., 19 Abb., 17 Tab., 2 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.
- MICHELS, F. & WIESNER, E.: Ein Grenzprofil Inflata-Hydrobienschichten im Dyckerhoff-schen Steinbruch am Hambusch, südöstlich Wiesbaden. — Jb. nass. Ver. Naturk., **99**, S. 22—26, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- PLASS, W.: Zur Chatt/Aquitane-Grenze im Mainzer Becken und Rheintal-Graben. Vorläufige Mitteilung. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1**, S. 55—57, Stuttgart 1965.
- PRELL-MÜSSIG, R.: Das jüngere Tertiär (Oberes Rupel bis Aquitan) bei Bruchsal (Foraminiferen, Fazies, Stratigraphie). — Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **7**, S. 229—301, Abb. 22—25, Taf. 19—20, Tab. 6—11, Freiburg i. Br. 1965.
- SCHAD, A.: Feingliederung des Miozäns und die Deutung der nacholigozänen Bewegungen im Mittleren Rheingraben. — Abh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **5**, S. 1—56, 4 Abb., 8 Taf., Freiburg i. Br. 1964.
- SONNE, V.: Die Ablagerungen des Aquitans in der Umgebung von Mainz. — Senck. leth., **46a** (Weiler-Festschr.), S. 377—388, 4 Abb., Frankfurt a. M. 1965.
- WIESNER, E.: Das Chatt im östlichen Mainzer Becken, Mikrofauna und Herkunft des Sediments. — Z. deutsch. geol. Ges., **116**, S. 1030—1031, Hannover 1966.
- Das Miozän im östlichen Mainzer Becken unter besonderer Berücksichtigung der Mikrofauna. Diss., 111 S., 14 Taf., 22 Abb., 5 Anl., Frankfurt a. M. 1967.

Manuskript eingegangen am 18. 3. 1970

# Der Zusammenhang von Karsthohlformen mit der Lithofazies und dem tektonischen Flächengefüge der devonischen Dolomite in der Waldalgesheimer Mulde bei Bingen/Rhein (Rheinisches Schiefergebirge)

Von

**HEINZ BOTTKE**, Clausthal-Zellerfeld

Mit 8 Abbildungen, 2 Tabellen und Tafel 8

**Kurzfassung:** Geologisch-petrographische Aufnahmen und tektonische Gefügeanalysen der devonischen Dolomite der Waldalgesheimer Mulde im Aufschlußbereich der Grube Dr. Geier wurden in Beziehung gesetzt zum Dolomit-Karst. Dabei zeigen plattige Dolomite und dickbankige bis massige Dolomite unterschiedliche Grade der Karstgunst. Höhlen, Dolinen und Uvalas zeigten deutliche Abhängigkeiten von Schichtflächen, Klüften und Störungen sowie von statistisch wechsellvollen Homogenbereichen der variskischen Faltung. Diese wirkten während der Initialgenese der Karsthohlformen als Zonen optimaler Wasserwegsamkeit und Korrosion.

**Abstract:** The devonian dolomites of a strongly folded syncline near Waldalgesheim, SW of the Rhine valley, near Bingen (Rheinisches Schiefergebirge) show relations between the karst, the petrofabric and the tectonic structures. Cavities and caverns, sink-holes and dolines depend on fractures, jointsets (hol, ac, okl) and bedding-planes of a monocline fabric of Folding. The tectonic structures of the massive dolomites have been the ways for the corrosive Karst-water.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	174
2. Die geologische Position der Waldalgesheimer Mulde . . . . .	174
3. Die Anlage und Ausbildung der Karsthohlformen des Dolomitkarstes . . . . .	175
3.1. Der Zusammenhang zwischen der Lithofazies der Dolomite und den Karsthohlformen . . . . .	175
3.2. Der Zusammenhang zwischen dem tektonischen Flächengefüge und Karsthohlformen . . . . .	178
3.2.1. Das Flächengefüge und die Karsthohlräume der Plattendolomite . . . . .	178
3.2.2. Das Flächengefüge und die Karsthohlräume des Massendolomites . . . . .	180
4. Zur Genese der Karsthohlräume der Dolomite . . . . .	184
Schriftenverzeichnis . . . . .	184

## 1. Einleitung

Die durch den Eisenmanganerzbau seit 1840 und den Dolomitbergbau seit 1963 in der Waldalgesheimer Mulde bei Bingen/Rhein geschaffenen Aufschlüsse der Grube Dr. Geier wurden für die devonischen Dolomite petrographisch und gefügetektonisch aufgenommen und ausgewertet. Die Auswertung zeigte Zusammenhänge zwischen den statistischen Raumlagen der tektonischen Flächengefüge und den Hohlformen des Dolomitkarstes auf. Diese Zusammenhänge dienen in der montangeologischen Praxis auch einer Voraussage von größeren Dolinen für den kontinuierlichen Blockbruchbau, der im Massendolomit zur Gewinnung von Sinterdolomit umgeht.

Den geologischen Aufnahmen liegen die älteren Arbeiten von A. VIERSCHILLING (1910), F. MICHELS & W. WAGNER (1930), H. FALKE (1957) und V. SONNE (1958) zugrunde.

## 2. Die geologische Position der Waldalgesheimer Mulde

Die Mulde von Waldalgesheim bei Bingen/Rhein gehört im Rheinischen Schiefergebirge dem variskischen Faltenbau an und erstreckt sich am SE-Rand des Hunsrücks auf einer streichenden Erstreckung von etwa 5 km in Richtung WSW–ENE. Ihre südwestliche Fortsetzung findet sie nach einer Querstörungszone in der Stromberger Mulde (Abb. 1).

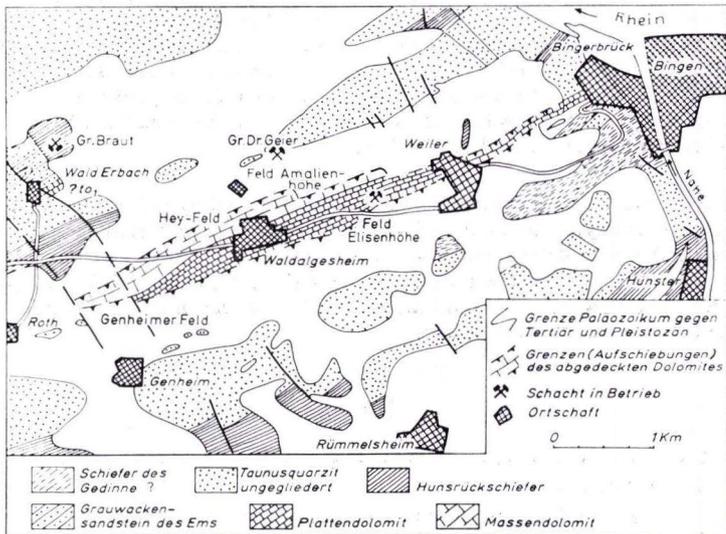
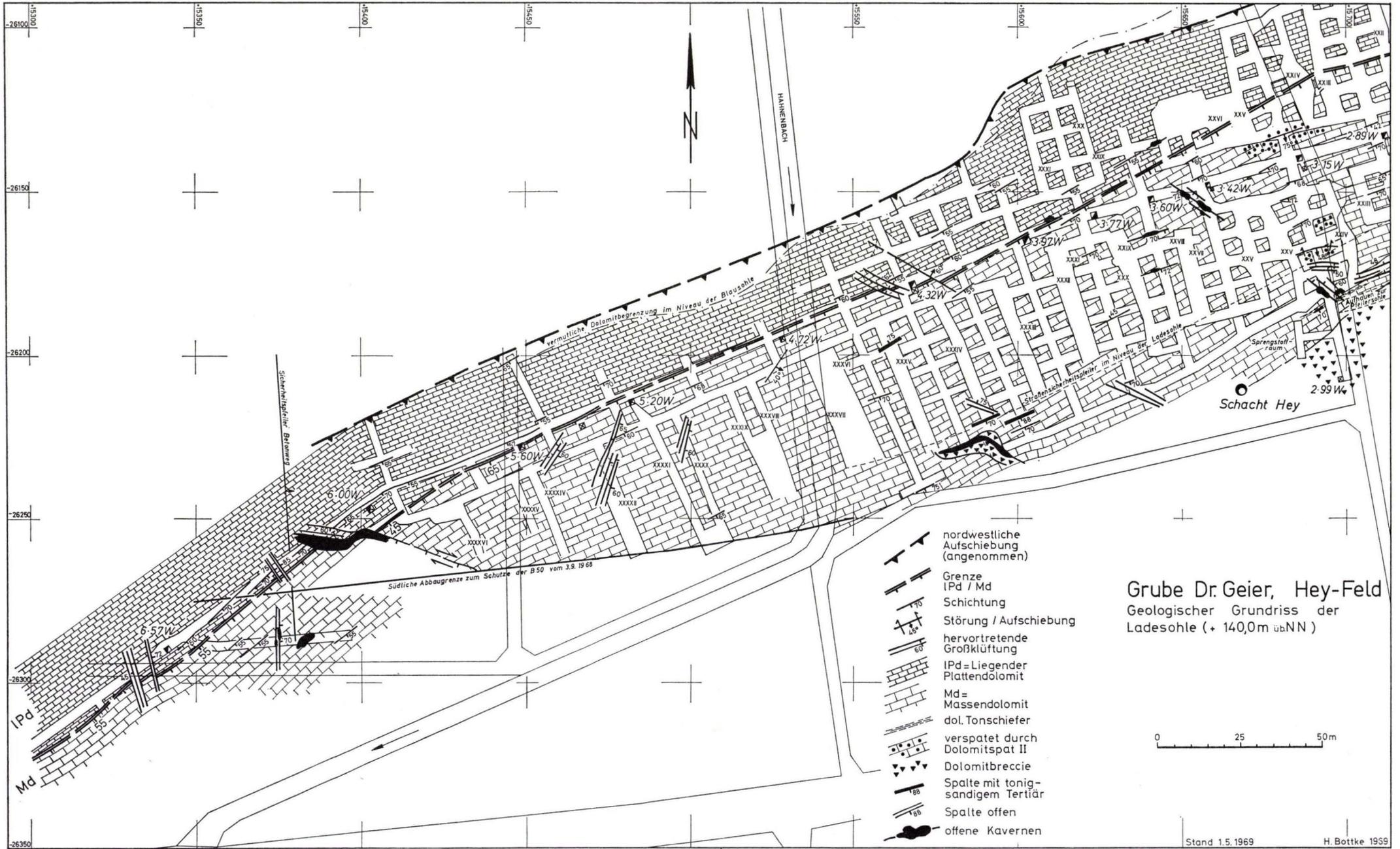


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte der abgedeckten Waldalgesheimer Dolomitmulde mit den Baufeldern der Grube Dr. Geier.

Den Inhalt der isoklinal gefalteten Mulde bildet eine Dolomitserie des Oberen Mitteldevons, die als frühdiagenetische Dolomite eine bis zu 400 m mächtige Folge plattig bis dickbankiger Karbonatgesteine mit einem ausgeprägten Kluftgefüge darstellen. Diese tektonisch kompetente Serie ist im NW an streichenden Aufschiebungen



Geologische Karte der Ladesohle im Blockbruchfeld Hey der Grube Dr. Geier

gegen unterdevonische Tonschiefer und Quarzite und mitteldevonische Sandsteine abgegrenzt. Auch die südöstliche Begrenzung ist eine südöstlich einfallende, streichende Störung, an der inkompetente Tonschiefer des Unterdevons auf den Muldenkern aufgeschoben worden sind (Abb. 2).

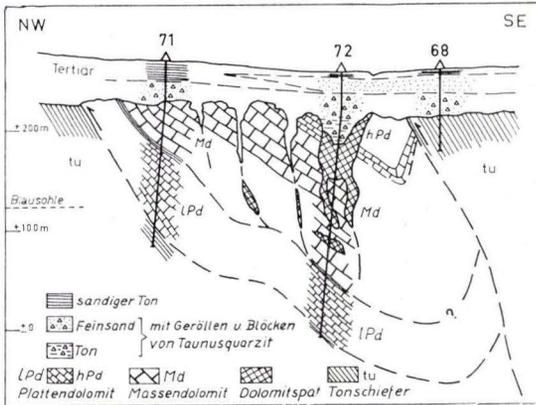


Abb. 2. Schematisches geologisches Bohrprofil der verkarsteten Waldalgesheimer Mulde im Waldalgesheimer Feld (SW-Teil).

Der variskische Muldenbau wird vom marinen Tertiär des Mainzer Beckens diskordant überlagert. Es sind Meeressande des Mittleren Oligozäns, welche mit flacher Lagerung im Hangenden von Feinsanden, Tonen und Geröllagen auftreten. Letztere bilden die Dolinenfüllungen der devonischen Dolomite und werden als Verwitterungsserie bezeichnet. Sie weisen auf eine intensive Verkarstung vor der Ablagerung der marinen Sande hin. Ihnen eingelagert sind die aus deszendenden Verwitterungslösungen des Tertiärs entstandenen tonig-mulmigen oder konkretionären Eisenmanganerze, welche von der Grube Dr. Geier bei Waldalgesheim gebaut werden. K. C. TAUPITZ (1965) hat über diese Lagerstätten zusammenfassend berichtet.

### 3. Die Anlage und Ausbildung der Karsthohlformen des Dolomitkarstes

Allgemein stehen Anlage und Ausbildung der Hohlformen des Karbonatkarstes einmal in Abhängigkeit vom petrographischen Aufbau, der Struktur und der Lithofazies der Karbonatgesteine, zum anderen aber in Abhängigkeit von ihrer tektonischen Beanspruchung und damit von der Gestaltung des tektonischen Flächengefüges, von dem aus der Angriff der Lösungswitterung erfolgte.

#### 3.1. Der Zusammenhang zwischen der Lithofazies der Dolomite und den Karsthohlformen

Die Entwicklung der größeren Karsthohlformen steht im Aufschlußbereich der Grube Dr. Geier zunächst in Beziehung zur Lithofazies der Dolomitserie. Diese ist bei maximaler Gesamtmächtigkeit vom Liegenden zum Hangenden stratigraphisch zu gliedern in:

1. 0 m bis 50 m liegenden Plattendolomit,
2. 120 m bis 150 m massigen bis dickbankigen Dolomit (Massendolomit),
3. bis zu 200 m hangenden Plattendolomit.

Diese Folge ist im SW-Teil der Waldalgesheimer Mulde vollständig entwickelt (Vorratsfeld Genheim und Abbaufeld Hey). Nach NE, so im mittleren Abbaufeld Amalienhöhe, nimmt der liegende Plattendolomit an Mächtigkeit ab oder ist an der nördlichen Randstörung tektonisch unterdrückt. Im weiteren Fortstreichen nach NE geht nördlich des Schachtes Elisenhöhe der massige bis dickbankige, helle Dolomit des mittleren Teiles der Dolomitfolge in dunkle Plattendolomite mit Tonschieferlagen über.

Nach den Bergbauaufschlüssen sind die größeren Dolinen und Höhlen ausschließlich an den Massendolomit gebunden; dies gilt in besonderem Maße für die Baufelder Elisenhöhe und Hey. In letzterem Feld bestehen zudem Beziehungen einer wannenförmigen Dolinenzone zu einer bis 100 m in die massigen Dolomite hinabsetzenden Breccienzone, die bisher als tektonische Breccie gedeutet wurde. Sie stellt aber nach Neuaufschlüssen des Dolomitbergbaues eine prätektonische Dolinenfüllung dar, welche mit hellem Dolomitspat verkittet worden ist. Diese Breccie wurde von der achsenbezogenen Klüftung der jüngeren variskischen Faltung zerklüftet, so daß danach erneut die tertiäre Verkarstung mit Dolinen- und Höhlenbildung weiter in ihr bevorzugt wirksam werden konnte.

Diese Mehrphasigkeit der Lösungsvorgänge ist typisch für die massigen Dolomite, welche eine stärkere Karstgunst im Sinne von K. PRIESNITZ (1969) aufweisen als die liegenden und hangenden Plattendolomite. Letztere sind dagegen mit Bankmächtigkeiten von 5–40 cm und zahlreichen Tonschieferbelägen auf ihren Schichtflächen frei von größeren Lösungshohlräumen. Das Fehlen von tiefen Karsttrichtern im nordöstlichen Teil des Dolomitzuges, in dem durch den primären Fazieswechsel ausschließlich Plattendolomite die gesamte Dolomitfolge aufbauen, ist hierfür ein Beweis. Lediglich kleine Schichtfugenhöhlen mit 5–200 cm Hohlraummächtigkeit  $\perp$  ss wurden in dieser Dolomitart angetroffen. Bei höherer Beteiligung von Tonschieferbestegen oder -lagen fehlt jede sekundäre Höhlenbildung.

Die unterschiedlichen Größenordnungen der Höhlen in Abhängigkeit von den Schichtungstypen der Dolomite entsprechen gleichartigen Feststellungen von H. FRANK (1963) über die Höhlenbildung in Jurakalken der Frankenalb und von M. MALEZ (1962) in Kalksteinen des istrischen Karstes. Über die petrographischen Kriterien der unterschiedlichen Karstgunst der Plattendolomite und der massigen, dickbankigen Dolomite unterrichtet die Tab. 1.

Die geologische Kartierung der Ladesohle in der bergmännischen Vorrichtung eines Blockbruchbaues im Baufeld Hey zeigt deutlich die in der Taf. 8 dargestellte Verbreitung von offenen oder geschlossenen Höhlen mit unterschiedlichen Graden der Sedimentfüllung im Verbreitungsbereich des Massendolomites. Die hierin nicht dargestellten Kleinstkavernen (mm- bis -cm-Hohlräume) erwiesen sich bevorzugt an die feinschichtigen Dolomittypen gebunden, wozu außer den Plattendolomiten auch feinschichtige Partien der massigen Dolomite gehören, deren Feinschichtung auf lagenweisen Korngrößenunterschieden der Karbonatgrundmasse und auf Farbgegensätzen beruht.

Tab. 1. Vergleichende Übersicht des Zusammenhanges zwischen Lithofazies und Karsthohlformen im Dolomitkarst der Waldalgesheimer Mulde

Dolomittyp und Bankung	Struktur und Textur	Lösungsrückstand	Lösungshohlformen
massiger bis dickbankiger Dolomit Bankung: 0,9—3,0 m	Pflasterstruktur ∅ 0,1—2,2 mm, untergeordnet Lagentextur durch Fe-Oxide, Bitumen, Muskovit	Lösung des Karbonatanteiles von ss-, Kluftflächen und von Korngrenzen aus. Rückstand aus: Fe-Mn-Oxiden, wenig Muskovit mit 25facher Anreicherung. Pseudoschichtung parallel zur Dolomitoberfläche.	Lösungs- und Einsturz-Dolinen, Karsttrichter, Klein- und Mittelhöhlen in Generationsfolge (//ss und //Klüftung). Kleinstkavernen //ss in feinschichtigen Partien.
plattiger bis dünnbankiger Dolomit Bankung: 0,05—0,45 m	Pflasterstruktur ∅ 0,01—0,5 mm, Lagentextur durch Tonschieferlagen und Pyrit. Bitumen (0,1—0,8%) Muskovit (0,2—15,0%)	Lösung des Karbonatanteiles von ss-Flächen und Korngrenzen aus. Rückstand aus: Muskovit und Kaolinit, mit 10—15facher Anreicherung. Pseudoschichtung parallel zu ss-Flächen.	flache Wannendolinen, Karren und Schratzen. Sekundäre Kleinhöhlen (//ss = Ellipsenhöhlen) Kleinstkavernen //ss.

Darüberhinaus wurden im Massendolomit schichtgebundene Höhlen angefahren, die verfestigte Dolomitbreccien mit sandig-dolomitischer Grundmasse als Füllungen enthielten. Diese sind, wie Geopetalgefüge beweisen, durch die variskische Faltung mit der Schichtung verstellt worden. Somit ist eine prätektonische Verkarstungsphase nachzuweisen, welche die größere Karstgunst des Massendolomites betont.

### 3.2. Der Zusammenhang mit dem tektonischen Flächengefüge und den Karsthohlformen

Über den von der petrographischen Ausbildung der Dolomittypen her bestimmte Anteil der Karstgunst hinaus besitzt das Flächengefüge der tektonischen Beanspruchung einen großen Einfluß auf die Anlage und die Ausgestaltung der Karsthohlräume. Insbesondere spielen nach A. BÖGI (1969) die tektonisch gebildeten Schichtfugen, parallel zur Schichtung (ss), für die Karsthydrographie und damit für die Korrosion eine bedeutende Rolle. Nach den Untersuchungen von G. R. KOMARDINKINA und G. A. JURIN (1962) über die Durchlässigkeiten karbonatischer Erdölspeichergesteine der Sowjetunion haben darüber hinaus die statistische Raumordnung des Flächen- und Hohlraumgefüges sowie dessen unterschiedliche Frequenzen Bedeutung für ein Initialstadium der Hohlraumbildung im Karbonatkarst. Dabei kann, wie H. TRIMMEL (1968) gezeigt hat, die sekundäre Hohlraumbildung teilweise von offenen Spalten, den tektonischen Zugklüften, ausgehen (Urhohlräume).

Im Aufschlußbereich der Grube Dr. Geier besteht für die Dolomitserie eine faziesgebundene monokline Falten tektonik. Sie bestimmt nicht nur die Gestaltung der Randaufschiebungen und das Flächengefüge des Tonschiefer-Quarzitrahmens, sondern auch die statistischen Raumlagen der Klüftung der Dolomittypen sowie die Klüftdichten.

#### 3.2.1. Das Flächengefüge und die Karsthohlräume der Plattendolomite

Die tektonische Fazies des monoklinen Gesamtgefüges der plattigen bis dünnbankigen Dolomite wird entscheidend bestimmt von den zahlreichen ss-Flächen, welche bei der Blattparallelfaltung der Dolomitmulde als Scherflächen betätigt worden sind. Tonschieferbestege oder -lagen, welche sich den Dolomitbänken einschalten, bilden darin dm-mächtige Scherzonen mit eigenständigen hol-Flächen einer in kleinsten Homogenbereichen belegbaren schiefen Pressung.

Die Plattendolomitfolgen sind mit ihren zahlreichen ss-Flächen von Scherflächen durchzogen, die in ihren Raumlagen den streichenden Randaufschiebungen parallel gehen. Für die Klüftung sind nach der räumlichen Nähe zu derartigen Scherzonen, insbesondere in den hangenden Plattendolomiten mit Annäherung an die Scherzone einer Tonschieferlage an der Liegendgrenze gegen den Massendolomit zu unterscheiden:

1. ein einfaches Klüftbild bei größerem Abstand von der liegenden Scherzone (30—50 m) mit Maxima der ss-Flächen und der auf die örtlichen Scherachsen ( $\beta$ ) beziehbaren Querklüftung in ac- und okl-Raumlagen,

2. ein Kluftbild mit zahlreichen Maxima und geringerer Tropie des Gesamtgefüges bei verringertem Abstand von der liegenden nach SE einfallenden Scherzone. Kennzeichnend sind zu dieser gegenfallende (nach NW) hol-Klüfte, welche mit Diagonalklüften in hkl-Raumlagen Scherachsen ( $\beta$ ) bilden.

Diese stehen senkrecht auf dem Großkreis der Scherzone. In ähnlicher Weise ist das Flächengefüge der liegenden Plattendolomite, die im Liegenden und im Hangenden von streichenden Aufschiebungen begrenzt werden, ausgebildet. In allen tektonisch stärker beanspruchten Bereichen ist zudem die Querkluftung in breiten Maxima (ac, okl) deutlich entwickelt und zeigt in den liegenden Plattendolomiten Doppelmaxima um die ac- und okl-Raumlage von WSW-ENE streichenden  $\beta$ -Achsen (Abb. 3 und 4).

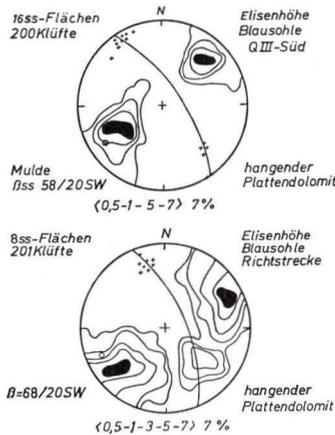


Abb. 3. Gefügebilder des hangenden Plattendolomites außerhalb der streichenden Scherzonen (karstungünstige tektonische Fazies).

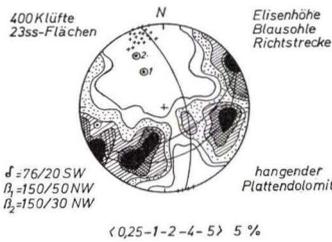


Abb. 4. Gefügebild des hangenden Plattendolomites 15 m im Hangenden der zerscherten liegenden Grenzschieferzone (karstgünstige tektonische Fazies).

Entsprechend dem starken Anteil der ss-Flächen am Flächengefüge und der hohen Kluftdichte einerseits sowie der daraus resultierenden geringen Kluftkörpergröße andererseits sind für die Plattendolomite kleine Schichtungshöhlen typisch. Diese liegen als Kleinsthöhlen mit cm-dm-Hohlräumen senkrecht zu ss mit flachen bis linsenförmigen Querschnitten vor. Aus steil einfallenden ss-Flächen und flach, gegenvergent einfallenden hol-Flächen entwickelten sich zumeist Kleinsthöhlen mit

elliptischem Querschnitt. Häufig sind Höhlen, die sich aus kreuzenden Quer- und Diagonalklüften gebildet haben und dann mit kreisförmigen oder unregelmäßigen Querschnitten Durchmessergrößen von einigen Metern erreichen. Diese Klufthöhlen bleiben aber auf die tektonisch stärker beanspruchten Bereiche der Plattendolomite beschränkt.

Für diese Hohlformen der Verkarstung aber ist allgemein festzustellen, daß es sich meist um geschlossene Systeme handelt, die nur örtlich über Bruchhöhlen in Einsturzdolinen umgewandelt worden sind. Nur nahe der nordwestlichen und südöstlichen Randstörungen, den Zonen engständiger hol-Flächen und verstärkter Querklüftung, sind bis zu 90 m tiefe Karsttrichter geringer Durchmessergrößen entwickelt. Insgesamt sind daher die Plattendolomite für die Bildung von Großdolinen außerhalb der Störungszonen ungeeignet. Dies liegt auch begründet in dem geringen Genitätsgrad der Flächengefüge, welche in den Raumlagen der Maxima innerhalb einzelner Bänke oder Bankfolgen variabel sind. Somit liegen engräumige tektonische Homogenbereiche vor, die für die Initialgenese von Karsthohlräumen ungünstig waren.

### 3.2.2. Das Flächengefüge und die Karsthohlräume des Massendolomits

Auch im massigen bis dickbankigen Dolomit lassen sich für das Flächengefüge von Klüften und Störungen bei im Vergleich zum Plattendolomit größeren Homogenbereichen, Zonen unterschiedlicher tektonischer Beanspruchung aus den Gefügediagrammen ablesen:

1. im grauen, festen Massendolomit, in dem eine kluftgebundene Hohlraum-bildung fehlt und nur an die Schichtung gebundene Kleinhöhlen auftreten, wurden zweischarige, steil einfallende hol-Klüfte sowie die den konstruierbaren  $\beta$ -Achsen zuordenbare ac- und okl-Klüfte festgestellt (Tab. 2).

Tab. 2. Übersicht des Zusammenhanges zwischen dem auf Scherachsen ( $\beta$ ) bezogenen Kluftgefüge und den Karsthohlformen im karstgünstigen Massendolomit der Waldalgesheimer Mulde

Massendolomit- typ	Streichende Klüftung	Quer- klüftung	Diagonal- klüftung	Karst- hohlformen
grauer, fester Massendolomit	hol-Klüfte, flach nach NW fallende hol-Klüfte	ac- und okl- Klüfte	nicht entwickelt	Kleinst- Schichtungs- höhlen
gelber bis braun- gelber, gebräucher Massendolomit	hol-Klüfte, flach nach NW fallende hol-Klüfte	ac- und okl- Klüfte	hkl-Klüfte in zwei Kluftscharen	Kleinkluft- höhlen, Mittelhöhlen, Dolinen
brecciöser Massendolomit und verfestigte Dolomitbreccie	flache nach NW und SE fallende hol-Klüfte in stark belegten Maxima	ac- und okl- Klüfte	hkl-Klüfte in zwei Kluftscharen	Mittelhöhlen, Dolinen, Dolinenzüge

Um die N-S- und E-W-Richtung im Streichen schwankende hkl-Klüfte sind in den Bereichen mit geringer Karstgunst nicht entwickelt (Abb. 5).

2. In denjenigen Partien des Massendolomites, welche zahlreiche Klufthöhlen enthalten, tritt eine Diagonalklüftung dagegen deutlich hervor und ist in Kombination mit einer ausgeprägten zweisecharigen ac- und okl-Klüftung vorhanden. Außerdem besitzen hol-Klüfte mit stark belegten Maxima ein flaches Einfallen. Für die Dolomitbreccien des Massendolomites, welche durch den weißen Dolomitspat verheilte Einsturzbreccien älterer, prätektonischer Dolinen oder Bruchhöhlen darstellen, sind Doppelmaxima flach nach NW und SE einfallender hol-Klüfte kennzeichnend (Tab. 2 und Abb. 6).

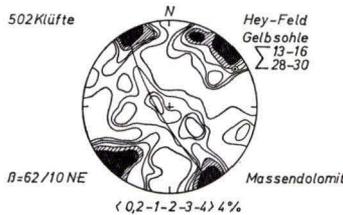


Abb. 5. Gefügebild des grauen, dichten Massendolomites mit ausgeprägtem Maxima steil einfallender Längs- und Querklüfte (ac, okl, hol) (karstgünstige tektonische Fazies mit klufftgebundenen Kleinhöhlen).

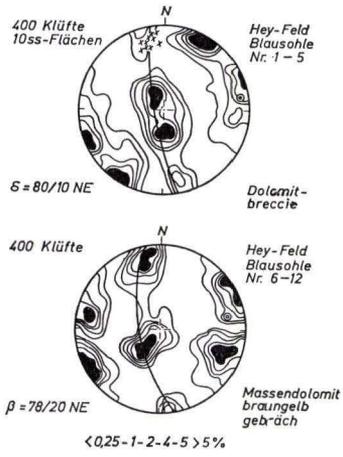


Abb. 6. Gefügebilder der Dolomitbreccie und des gelbgrauen, dichten Massendolomites in Nähe der nordwestlichen Aufschubungszone (karstgünstige tektonische Fazies mit klufftgebundenen Mittelhöhlen und tiefen Karstrichtern).

Entsprechend der stärkeren Zerklüftung des Massendolomites können steil einfallenden Quer- und Diagonalklüften steil stehende Klufthöhlen zugeordnet werden, welche als nach oben offene Systeme häufig mit tertiären Kiesen und Sanden erfüllt sind. Sie besitzen zumeist schmale linsenartige Profile mit Hohlraumweiten von wenigen dm bis zu 5 m. Sie werden von H. TRIMMEL (1968) als Kluffugenprofile bezeichnet. So sind im Massendolomit Kleinhöhlen dort häufig, wo durch tektonische

Spalten vorgegeben, eine Kluftrichtung dieser Kluftarten bestimmend wird. Bei Kombination mehrerer steil einfallender Kluftarten mit ausgeprägten, flachen Holflächen entstehen aber im Grundriß  $\pm$  rundliche Querschnitte mittlerer Höhlen, die dann durch Inkasion aus dem Hangenden in Einsturzdolinen, besonders auf den oberen Niveaus, unter der Tertiärbasis übergehen. So sind in dem stärker geklüfteten Massendolomit wie auch in der Dolomitbreccie größere trichterförmige Dolinen entstanden, die wie in den Baufeldern Elisenhöhe und Hey als bis zu 100 m tiefe Karstrichter im unteren Teil rundliche Grundrisse besitzen. Wie der Niveauvergleich der Nordflanke des Dolomitzuges im Feld Elisenhöhe in der Abb. 7 zeigt, erreichen diese Dolinen dort ihre größte Ausdehnung und Häufigkeit, wo der Massendolomit direkt mit der nordwestlichen Aufschiebungszone tektonisch an unterdevonische Tonschiefer und Quarzite grenzt. Vor allem auf den oberen Sohlniveaus wurde durch die flächige Korrosion, die nach SE mit  $65\text{--}80^\circ$  steil einfallende Störungszone

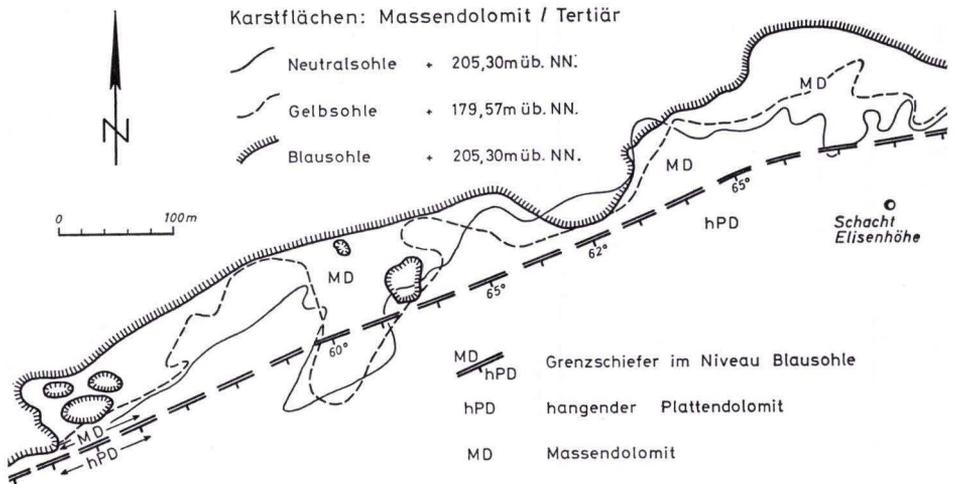


Abb. 7. Grundrißvergleich von Dolinen im Massendolomit auf verschiedenen Sohlniveaus des Baufeldes Elisenhöhe.

in einen buchtig sich nach SE verbreiternden Karstspiegel umgewandelt, welcher nach NW einfällt. Die Morphologie der Karsthohlformen hat hier die tektonische Grenze gänzlich verwischt. Eine Übersicht der Kluftgefüge des Massendolomites und der ihm zugehörigen Karsthohlformen vermittelt Tab. 2.

3. Die größten Dolinen des Massendolomites haben sich entlang der nordwestlichen Aufschubung der Dolomitmulde bevorzugt dort entwickelt, wo entlang der Aufschubung Massendolomit auf Sandsteine der Eifel-Stufe aufgeschoben worden ist. Dort grenzen Gesteinsarten guter Wegsamkeit für Karstgrundwasser und Verwitterungslösungen tektonisch aneinander.

Diese im Baufeld Amalienhöhe (Mittelfeld) bestehende tektonische Nachbarschaft wird zudem durch ein allgemein flacheres Einfallen von  $40^\circ\text{--}55^\circ$  des Massendolomites nach SE kompliziert, so daß dieser an der sich hier verflachenden Aufschubung auf

die Eifelsandsteine in den Niveaus der oberen Sohlen überschoben worden ist. Entsprechend sind letztere unterhalb der Störungsfäche zu Spezialfalten zusammengeschoben worden, deren Achsen ( $b_2$ ) mit  $45^\circ$ – $62^\circ$  im Streichen der Aufschiebung nach ENE abtauchen. Nach NE, in Richtung auf das Baufeld Elisenhöhe, versteilt sich das südöstliche Einfallen der Randaufschiebung wie auch der ss-Flächen des Dolomites wieder auf  $60^\circ$  bis  $70^\circ$ . Hierdurch wird auf verschiedenen Sohlenniveaus das Vorspringen der Dolomitgrenze nach NNW bedingt. Querstörungen sind nicht festzustellen. Das in Abb. 8 dargestellte Kluftbild des Massendolomites zeigt neben deutlichen und stark belegten Doppelmaxima der Querklüftung in ac- und okl-Raumlagen zu den delta-Achsen (ss/kl) steil bis mittelsteil einfallende Kluftscharen von hol-Klüften sowie steil einfallende hkl-Klüfte. Es ist das Kluftbild eines tektonisch stärker beanspruchten Homogenbereiches, der hier bei Vergleich mit Homogenbereichen verschiedener Sohlenniveaus einen hohen Genitätsgrad aufweist.

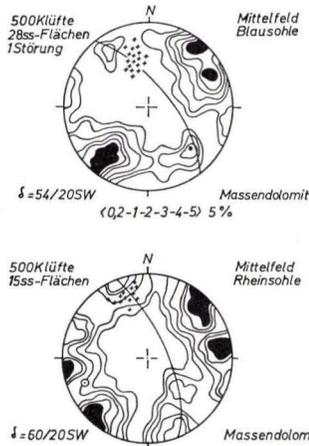


Abb. 8. Gefügebilder des stark geklüfteten Massendolomites in der Aufschiebungszone des Feldes Amalienhöhe. Der Vergleich der Oleaten zeigt den auf der höheren Blausohle mit dem flacheren Einfallen der ss-Flächen zunehmenden Regelungsgrad der Klüftung (karstgünstige tektonische Fazies mit tiefen Reihendolinen im Bereich der Störungszone).

Entsprechend der karstgünstigen Nachbarschaft von Massendolomit und klüftigen Sandsteinen war der Störungsbereich der nördlichen Randaufschiebung ein Abschnitt stärkerer Verkarstung, in dem Einzeldolinen durch Korrosion von oben wie auch durch Höhleninkasion von unten zusammenwachsen konnten. So ergaben sich in diesem tektonischen Grenzbereich langgestreckte, bis zu 350 m tiefe und bis zu 200 m breite Karstmulden, welche mit J. GLAZEK (1964) als Uvalas bezeichnet werden.

Sie zeigen entsprechend dem vom unterschiedlichen Einfallen bestimmten, gebogenen, streichenden Verlauf der Randaufschiebung ebenfalls eine gebogene Längserstreckung in ihren Grundrissen mit im einzelnen unregelmäßiger Begrenzung.

Auffällig sind in Richtung der hol-Klüftung (ENE–WSW) in den Massendolomit vorstoßende schmale Großkarren, welche deutlich kluftgebunden sind. Ihnen entsprechen etwa gleichgerichtet, kluftgebundene Vererzungszonen der Eifel-Sandsteine

mit Eisenmanganerzen, welche örtlich auch schein-konkordant ( $\pm$  parallel ss) angeordnet sein können. Dies wird aus den eng benachbarten Raumlagen von ss-Flächen und SE einfallenden ( $60-80^\circ$ ) hol-Klüften verständlich. Wie Profilserien zeigen, verringert sich nach NE die Ausdehnung des Dolinenzuges mit dem lithofaziellen Wechsel von Eifel-Sandstein in Hunsrückschiefer und Taunusquarzit entlang der tektonischen Grenze. Die Dolinenfüllung des Feldes Amalienhöhe weist aus dem Auftreten großer Nebengesteinsblöcke und von Rutschungsbreccien darauf hin, daß neben der Lösungsverwitterung des Massendolomites besonders in den teilweise serizitreichen Eifel-Sandsteinen nach Gefügelockerung Hangrutschungen wirksam waren, die wohl durch Unterschneidung der hangparallelen Schichtung der Sandsteine an den nördlichen Rändern der Uvalas hervorgerufen wurden.

#### 4. Zur Genese der Karsthohlräume der Dolomite

Prätektonische Schichtungshöhlen des Massendolomites zeigen, daß die Verkarstung der Waldalgesheimer Mulde ein erdgeschichtlich langzeitiger Vorgang war, der schon nach der Diagenese einsetzte.

Mit F. KUTSCHER (1954), H. D. PFLUG und L. WERDING (1964) ist eine Periode intensiver Verkarstung im Verlauf der alttertiären Hebungsphase anzunehmen, die unter subtropischem bis tropischem Klimaeinfluß verlief. Dabei weisen die allochthonen Tone, Sande, Kiese und Rutschungsbreccien der Einzeldolinen des Massendolomites darauf hin, daß diese auch als morphologische Depressionen vorlagen und sich langfristig erweiterten. Auch die sandig-tonigen Höhlensedimente sind, wie A. W. H. BÖGLI (1961/1963) gezeigt hat, allochthone Bildungen.

Die Karsthohlräume sind im karstgünstigen Massendolomit durch Korrosion und Inkassation entstanden. Dabei muß für die Lösungsverwitterung des Dolomites unter Wasserfilmen mit karbonataggressivem  $\text{CO}_2$  in der vadosen Zone des Karstes die kombinierte Einwirkung biogener  $\text{CO}_2$  und des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes der Höhlenluft angenommen werden. Für die phreatische Karstzone, unterhalb des Kluftwasserspiegels, ist mit A. W. H. BÖGLI (1964) eine Mischungskorrosion anzunehmen. Danach kann in Gleichgewichtswässern unterschiedlicher Karbonatgehalte nach deren Mischung durch eine Erniedrigung des Kalkgehaltes  $\text{CO}_2$  zur weiteren Lösung frei werden. Gerade für die Entwicklung der tiefen Dolinen entlang der nordwestlichen Randstörung der Dolomitmulde würde diese genetische Deutung möglich sein. Hier konnte sich karbonatgesättigtes Kluftwasser des Massendolomites mit in den klüftigen Eifel-Sandsteinen absinkenden, karbonatarmlen Kluftwässern mischen. Korrosion und nachfolgende Inkasson waren so optimal in dem tektonisch stark beanspruchten und karstgünstigen Massendolomit wirksam.

#### Schriftenverzeichnis

- AUBERT, I.: Structure, Activité et Evolution d'Doline. — Bull. Soc. Neuchat. Sei. Taur., **89**, S. 113–120, 1 Abb., 1 Taf., Neuchatel 1966.  
 BÖGLI, A. W. H.: Der Höhlenlehm. — Ref. III, Intern. Kongr. f. Speläologie, **2**, S. 21–23, Wien 1963.  
 — Höhlenkarren. — Ref. 3, Intern. Kongr. f. Speläologie, **2**, S. 25–28, 1 Abb., Wien 1963.

- BÖGLI, A.W.H.: Mischungskorrosion — ein Beitrag zum Verkarstungsproblem. — Erdkunde, Arch. wiss. Geogr., S. 83—92, Bonn 1964.
- The Role of Corrosion by mixed water in Cave Forming. — Problems of the Speleological Research 1965, S. 125—131, 2 Tab., Prag 1965.
- Karstwasserfläche und unterirdische Karstniveaus. — Erdkunde, Arch. wiss. Geogr., S. 11—19, Bonn 1966.
- Neue Anschauungen über die Rolle von Schichtfugen und Klüften in der karst-hydrographischen Entwicklung. — Geol. Rdsch., 58, S. 395—408, 8 Abb., Stuttgart 1969.
- BOTTKE, H.: Unveröff. Gutachten zur Geologie und den Vorräten der Dolomitgrube Dr. Geier bei Waldalgesheim. Arch. Mannesmann-AG., Düsseldorf 1967.
- EHRENBERG, K.: Über Alter und Lebensdauer der Höhlen. — Z. Karst- und Höhlenk., 11, S. 89—97, Wien 1960.
- Marine Küstenhöhlen — Probleme ihrer Gliederung und Erforschung in speläologischer Sicht. — Die Höhle, 17, S. 25—28, Wien 1966.
- ERNST, L.: Zur Frage der Mischungskorrosion. — Die Höhle, 15, S. 71—75, Wien 1964.
- FALKE, H.: Zur Geologie der Umgebung von Stromberg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 85, S. 75—113, 7 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1957.
- FRANK, H.: Verschiedene Höhlentypen der Schwäbischen Alb. — Ref. III, Intern. Kongr. f. Speläologie, 2, S. 145—147, Wien 1963.
- FRANKE, H.W. & ILMIG, H.: Beobachtungen in der Dachstein-Mammuthöhle (Oberösterreich). — Die Höhle, 14, S. 36—40, 2 Abb., Wien 1963.
- GLAZEK, J.: Karst unter Moränenablagerungen im Panszczyca-Tal, Hohe Tatra (polnisch). — Kwart. geol. Warszawa, 8, S. 161—170, Warschau 1964.
- HERAK, M.: Geologische Übersicht des Dinarischen Karstes. — Nase Jame, 7, S. 5—11, 1 Taf., Ljubljana 1965.
- HODGKIN, E.P.: Rate of erosion of intertidal limestone. — Z. Geomorphol., N.F. 8, S. 385—392, 4 Abb., Berlin 1964.
- V. HOYNINGEN-HUENE, E. & REUTER, F.: Zur Terminologie von Auslaugungserscheinungen. — Z. angew. Geol., 9, S. 537—541, Berlin 1963.
- HRENKO, P.: Die Korrosions-, Rutschungs- und Karstformen unserer heimischen Hügellandschaft. — Geodäsie u. Kartographie, 11, S. 285—291, Budapest 1959.
- KOMARDINKINA, G.R. & JURIN, G.A.: Über die Klüftung oberjurassischer Karbonatablagerungen. — Razwedka i ochrana nedr., 28, S. 14—19, 3 Abb., 2 Tab., Moskau 1962. (Russisch.)
- KOPPENWALLNER, F.X.: Versuch einer Erklärung für die Häufung von Großhöhlen am Südrande der Salzburger Vachalpen. — Die Höhle, 14, S. 29—36, 1 Abb., Wien 1963.
- KRASON, J. & WOJCIK: Tiefer Karst in der Synklinale von Boleslawiec in den Sudeten. — Acta geol. Pol., 15, S. 179—212, 2 Abb., 3 Taf., 1 Tab., Warschau 1965. (Polnisch.)
- KUTSCHER, F.: Die Verwitterungsrinde der voroligozänen Landoberfläche und tertiäre Ablagerungen im östlichen Hunsrück (Rhein. Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 82, S. 202—212, 1 Abb., Wiesbaden 1954.
- MALEZ, M.: Die Höhlen des Gebietes von Cicarija und des Ucak-Gebirges in Istrien. — Acta geol. Jugoslav., 2, S. 163—260, 47 Abb., 4 Taf., Zagreb 1960. (Serbo-kroatisch.)
- MICHELIS, F. & WAGNER, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. Bingen-Rüdesheim, 167 S., 3 Taf., Darmstadt 1930.
- PFLUG, H.J. & WERDING, L.: Kalksinter und Rotlehme in Karstspalten des Massenkalkes von Pohl-Göns (Blatt 5518 Butzbach). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 92, S. 126—138, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1964.
- PRIESNITZ, K.: Über die Vergleichbarkeit von Lösungsformen auf Chlorid-, Sulfat- und Karbonatgesteinen — Überlegungen zu Fragen der Nomenklatur und Methodik der Karstmorphologie. Geol. Rdsch., 58, S. 427—438, 3 Abb., Stuttgart 1969.
- REUTER, F.: Zu Fragen des Karstphänomens. — Z. angew. Geol., 11, S. 202—205, 5 Abb., Berlin 1965.
- RIEDL, H.: Versuch einer speläogenetischen Korrelationsmethode. — Ref. III, Intern. Kongr. f. Speläologie, 2, S. 115—119, Wien 1963.

- RUTE, E.: Karst- und Überdeckungsbildungen im Gebiet von Kelheim-Donau. — Quartär, **14**, S. 69—80, 1 Abb., Bonn 1962/63.
- SMITH, N. M., SUNDERMAN, J. A. & MELHORN, W. N.: Breccia and Pensylvanian cave filling in mississippian St. Louis Limestone, Potnam County, Indiana. — J. Sediment. Petrol., **31**, S. 275—287, Menasha 1961.
- SONNE, V.: Obermitteloligozäne Ablagerungen im Küstenraum des nordwestlichen Mainzer Beckens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 281—315, 9 Abb., Wiesbaden 1958.
- TAUFITZ, K. G.: Die Dolomit- und Manganerzlagerstätte von Waldalgesheim. — Bergbauwiss., **12**, S. 13—19, 5 Abb., Goslar 1965.
- TRIMMEL, H.: Höhlenkunde. 300 S., 88 Abb., Braunschweig 1968.
- VIERSCHILLING, A.: Die Eisen- und Manganerzlagerstätten im Hunsrück und Soonwald. — Z. prakt. Geol., **18**, S. 393—431, 10 Abb., Halle 1910.
- ZOGOVIĆ, D.: Charakteristik der Karstphänomene und der hydrogeologischen Rolle der Dolomite im dinarischen Karst. Ref. IV., Kongr. Geol. Jugosl., **2**, S. 9—15, Beograd 1962. (Serbo-kroatisch.)
- ZWITTKOVITS, F.: Alters- und Höhengliederung der Karren in den nördlichen Kalkalpen — Geol. Rdsch., **58**, S. 378—395, 2 Abb., Stuttgart 1969.

Manuskript eingegangen am 23. 7. 1969

# Zur Tektonik des Schlüchterner Beckens und seiner Umrahmung

Von

**GISBERT DIEDERICH** und **HELMUT HICKETHIER**, Wiesbaden

Mit 5 Abbildungen und den Tafeln 9-10

**Kurzfassung:** Das Schlüchterner Becken zeichnet sich durch eine eigenständige Tektonik gegenüber der Umgebung aus; seine Entstehung erklärt sich aus der Lage im Schnittpunkt zweier Muldenstrukturen.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	187
2. Geländeergebnisse . . . . .	188
3. Die Entstehung des Schlüchterner Beckens . . . . .	190
4. Weitere Ausgestaltung . . . . .	194
5. Zusammenfassung . . . . .	196
Schriftenverzeichnis . . . . .	197

## 1. Einleitung

Im Zuge der Neuaufnahme der Geologischen Karte von Hessen 1:25000 sind in den letzten Jahren das Kinzig-Tal oberhalb Gelnhausens und angrenzende Teile im nordöstlichen Spessart sowie am Südostrand des Vogelsberges bearbeitet worden.

Die erste geologische Spezialkartierung dieses Gebietes wurde bereits in der Zeit um die Jahrhundertwende ausgeführt. In dieser Erstaufnahme sind zwar wesentliche Einheiten der Schichtenfolge vielfach richtig erkannt, jedoch sind tektonische Linien nur spärlich eingetragen oder fehlen auf weiten Flächen ganz. Das mag zu einem Teil am Fehlen einer weiteren Untergliederung des Buntsandsteins liegen, zu einem guten Teil aber wohl auch an der damals herrschenden Auffassung einer wenig gestörten Triasplatte. Dennoch zeichnet sich auf Übersichtskarten das Schlüchterner Becken deutlich ab. Es ist sowohl auf topographischen Karten als kesselförmige Senke gegen das umgebende Bergland wie auch auf geologischen Karten durch die Verbreitung von Gesteinen des Oberen Buntsandsteins, des Muschelkalks und des Tertiärs von den in der Umgebung anstehenden Schichten des Mittleren Buntsandsteins deutlich abgesetzt.

Trotz der im Kartenbilde auffallenden Form haben sich bislang die Geologen wenig mit der Entstehung und dem erdgeschichtlichen Werdegang des Schlüchterner Beckens beschäftigt. SEYFRIED (1913) erwähnt nur, daß durch „konzentrische Neigung der Triasschichten bei Schlüchtern eine Art Mulde oder ein kesselartiger Einbruch entstanden ist“. Mit Hilfe der Höhenlage der Muschelkalkbasis errechnete er eine Einsenkung im Betrag von 180–200 m. Er setzte den Muldenrand praktisch gleich mit der äußeren Verbreitungsgrenze des Unteren Muschelkalks, im Norden insbesondere mit der Schwelle des Landrückens. HUMMEL (1929, S. 37/38) sieht das Schlüchterner Becken als Teil seiner herzynisch verlaufenden „Mulde von Schlüchtern“ an, die seiner Kellerwaldachse im SW vorgelagert ist. Er hält ihre tektonische Entstehung für gesichert und führt ihre Anlage auf die kimmerische — nach heutiger Bezeichnung jungkimmerische — Faltungsphase zurück. CARLÉ (1955) übernimmt weitgehend die Ansichten von HUMMEL, er bekräftigt noch einmal die tektonische Anlage der Mulde. NÖRING (1961) sieht das Schlüchterner Becken als Teil einer WSW–ENE gestreckten Einmündung. Er nennt sie Kinzigmulde und verfolgt ihre erzgebirgische Erstreckung fast von der Kinzig-Mündung bis über die Wasserscheide des Landrückens anhand einer Reihe tief eingesenkter Schollen. Die erste Beschreibung dieser Muldenzone geht jedoch auf THÜRACH (1893) zurück, der auch die Bezeichnung „Kinzigthalmulde“ eingeführt hat (THÜRACH 1894, S. 29).

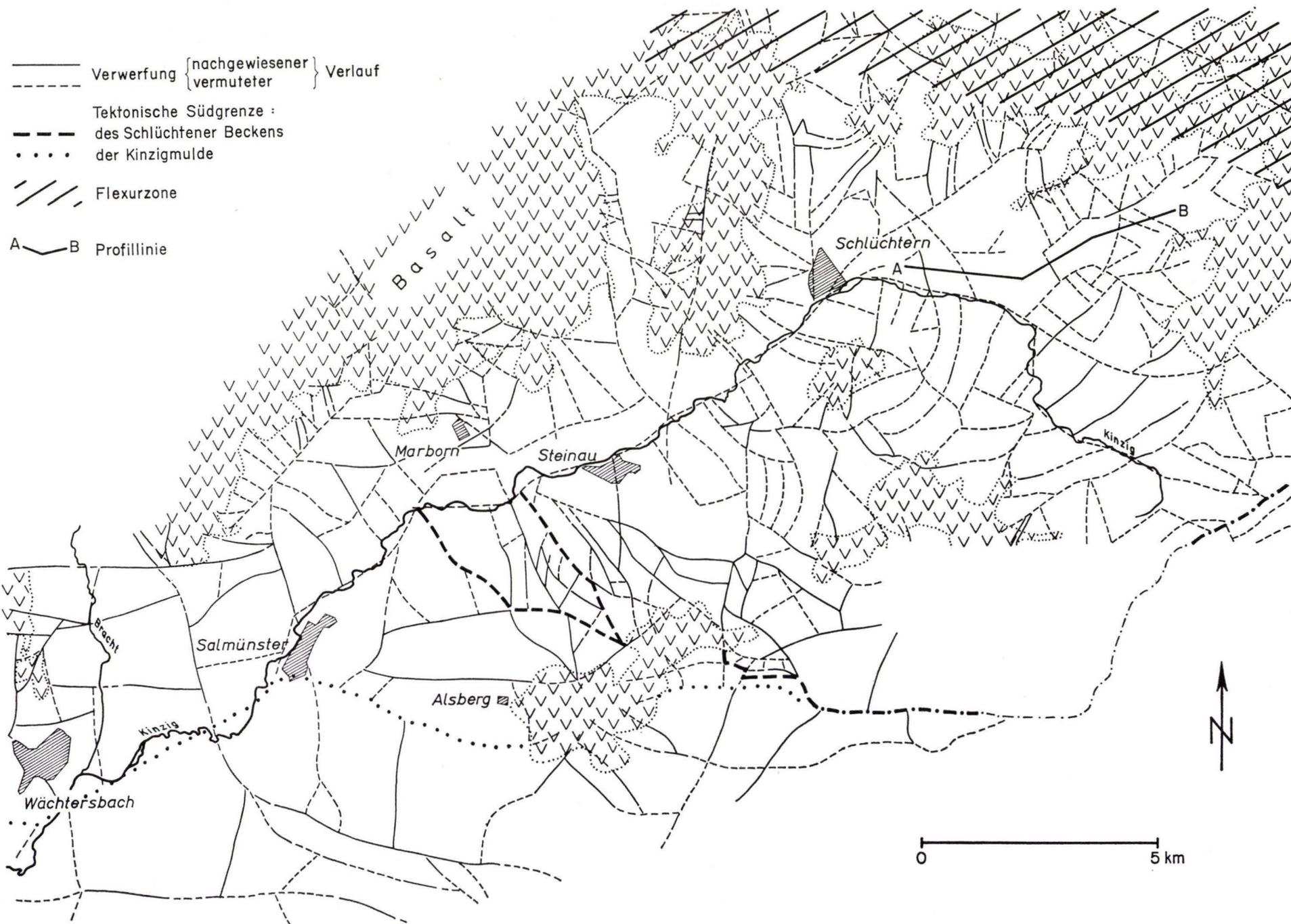
## 2. Geländeergebnisse

Bei der Neuaufnahme dieses Gebietes in den letzten Jahren ergab sich, daß das Schlüchterner Becken in mancher Hinsicht eine besondere Struktur darstellt.

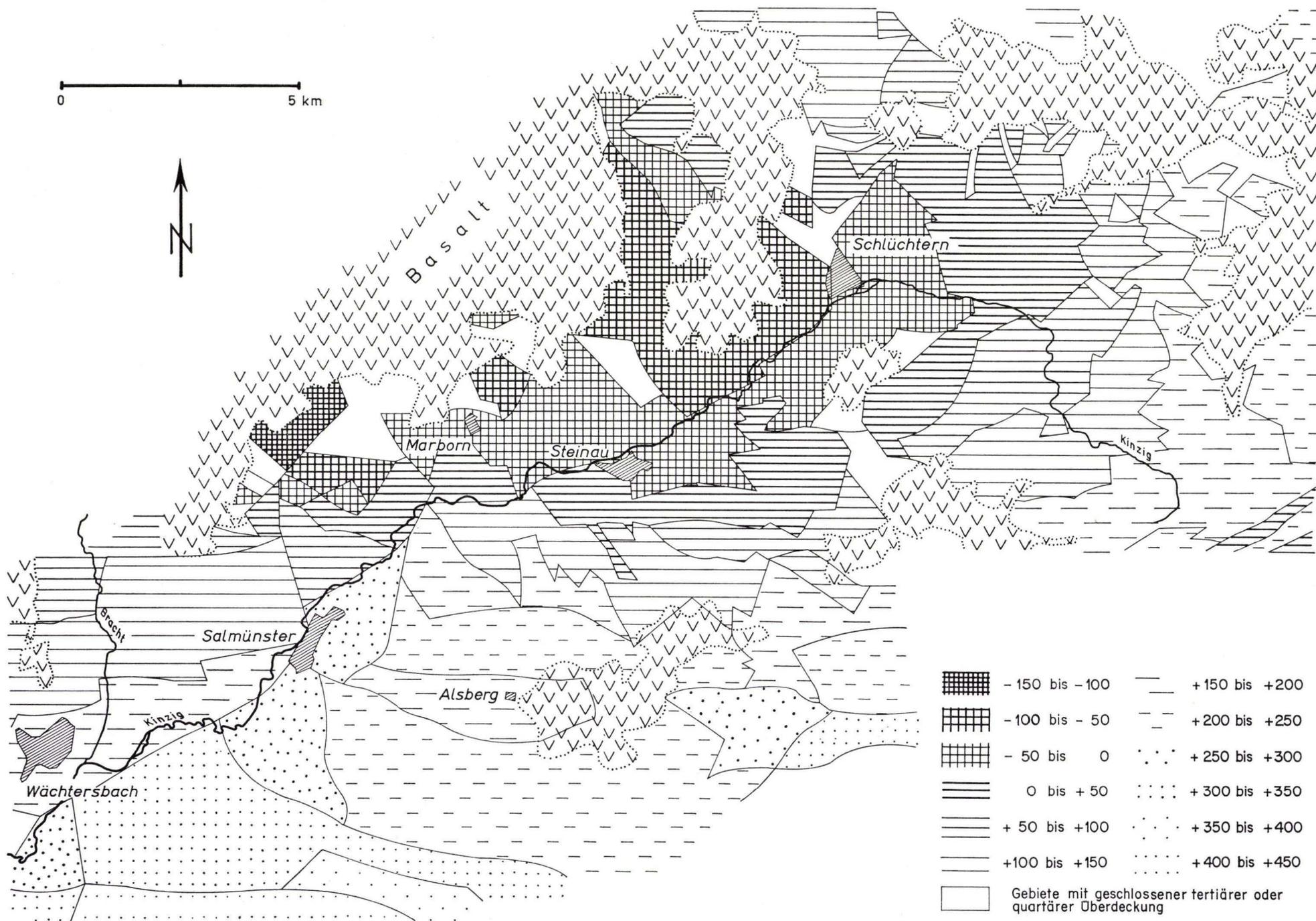
Bei der Kartierung im Bereich des Kinzig-Oberlaufes ergaben sich folgende Besonderheiten:

Es soll im folgenden als „Schlüchterner Becken“ stets der besonders tief eingesenkte Teil um Schlüchtern bezeichnet werden, unter „Schlüchterner Mulde“ wird dagegen weiterhin die herzynisch über Schlüchtern verlaufende Mulde im Sinne HUMMELS verstanden.

Auch auf der tektonischen Karte (Taf. 9) hebt sich das Schlüchterner Becken deutlich ab. Dabei sind die Grenzen der Struktur nicht ident mit dem Außenrand der Muschelkalkvorkommen im Schlüchterner Becken, sondern liegen unterschiedlich weit entfernt außerhalb derselben. Im Norden und Osten überdecken die tertiären Bildungen des Landrückens den Beckenrand, der in der Schichtlagerung gekennzeichnet ist durch Abbiegen in Form einer Schulter, von der aus die Schichten in Richtung nach Süden und Westen stark absinken, während sie nach Norden und vermutlich auch nach Osten hin in geringem Maße ansteigen. Im Südosten bildet der Graben von Neuengronau–Mottgers [nach LAEMMLEN & PRINZ (1968) Grabenzone von Schwarzenfels–Weichersbach] eine scharfe Grenze. Im Süden erfaßt die Struktur noch Bereiche im Verbreitungsgebiet des Mittleren Buntsandsteins am Spessart-Nordhang. Die Grenze zur Spessartschwelle bildet eine Verwerfung, die von der Südspitze des Grabens von Neuengronau–Mottgers nach W zu umschwenkt. Sie gabelt sich nordöstlich Marjoß in ein nach NW in Richtung Marborn ziehendes Astpaar, von dem an die Schichten an konzentrischen Verwerfungen zum Beckenzentrum



Übersicht der Bruchtektonik des Schlüchterner Beckens



Die Höhenlage der Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein im Bereich des Schlüchterner Beckens (etwas schematisiert)

hin absinken (Taf. 9 u. 10), und in einen  $\pm$  E-W über das Alsberger Basaltplateau nach Salmünster zu laufenden Ast. Von hier aus folgt die durch Brüche gebildete Grenze dem Kinzigtal bis etwa zur Einmündung des Orbtals und tritt dann auf die Nordseite der Kinzig über. Eine klare tektonische Grenze läßt sich dort vorerst ohne weitere Neukartierungen nicht angeben. Die östlich des Orbtals an einer Verwerfung größeren Ausmaßes erfolgte Tieferlegung des Spessart-Vorlandes geschieht in diesem Gebiet nämlich an mehreren staffelförmigen Brüchen mit geringerer Sprunghöhe. Nach der Höhenlage der Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein zieht die Grenzzone  $\pm$  in herzynischer Richtung über Breitenborn A. W. in Richtung auf Büdingen. Damit deutet sich vom Schlüchterner Becken entlang der oberen Kinzig bis Büdingen eine langgestreckte Mulde an, die weitgehend mit der Kinzigmulde NÖRINGS identisch ist und auch hier so benannt werden soll. Sie bildet eine spitzwinklig in den Nordhang der Spessartschwelle hineinragende Struktur. Gegenüber der Umrahmung zeigt insbesondere der Ostteil dieser Mulde, der durch das Schlüchterner Becken gebildet wird, sowohl eine eigene Form als auch eine andere Intensität der Tektonik. Richtung, Häufigkeit und Sprunghöhe der Verwerfungen unterscheiden sich nämlich auffallend von denen außerhalb des Schlüchterner Beckens.

So ist z. B. von Steinau an kinzigabwärts die Richtungskonstanz der Verwerfungen im allgemeinen gut; es lassen sich rheinische, eggische, herzynische, erzgebirgische und schwäbische Verwerfungen feststellen. Die Sprunghöhen sind sehr unterschiedlich; jedoch behalten Störungen mit einem Verwerfungsbetrag von beispielsweise 60 oder 100 m diesen häufig fast unverändert über einen ganzen Blattbereich hinweg bei. Weiterhin ist der Verwerfungsabstand recht regelmäßig, so daß sich eine Zerblockung mit  $\pm$  gleicher Schollengröße ergibt. Die Schichtlagerung ist im allgemeinen nahezu söhlig oder zeigt nur ein geringfügiges nördliches bis nordöstliches Einfallen.

Im Gegensatz hierzu gilt für das Schlüchterner Becken: die Verwerfungen verlaufen häufig bogenförmig und sind konzentrisch angeordnet; deutlich definierbare Verwerfungsrichtungen treten im Vergleich zur Umrahmung sehr zurück. Die Verwerfungsichte ist durchweg hoch, das Aushalten der Verwerfungen und die Sprunghöhen durchweg gering. Hieraus resultiert ein Mosaik scheinbar regellos umgrenzter Schollen. Die Muldenatur des Schlüchterner Beckens ist durch das z. T. starke Schichtfallen zum Zentrum hin deutlich ausgeprägt; bei den im allgemeinen synthetisch wirkenden Verwerfungen im Beckenbereich kommen Versetzungsbeträge über 50 m selten vor.

Die Grenze zwischen diesen beiden tektonisch unterschiedlich geprägten Gebieten, und damit die Grenze des Schlüchterner Beckens, wird durchweg von weit verfolgten Störungen mit teilweise beträchtlichen Sprunghöhen oder von Schichtverbiegungen gebildet.

Vergleicht man nun die Kartiererergebnisse mit den bisherigen Ansichten über die Umgrenzung dieses Beckens, so ergeben sich — vorausgesetzt man legt das tektonische Bild zugrunde! — einige Korrekturen. Besonders deutlich wird dies anhand einer Schichtlagerungskarte (Abb. 1 u. Taf. 10). NÖRING deutete (1961) den „kesselförmigen Einbruch“ (SEYFRIED 1914) — noch anhand der alten geologischen Karten — zum Bestandteil seiner Kinzigmulde um, einer von WSW nach ENE, allerdings hier

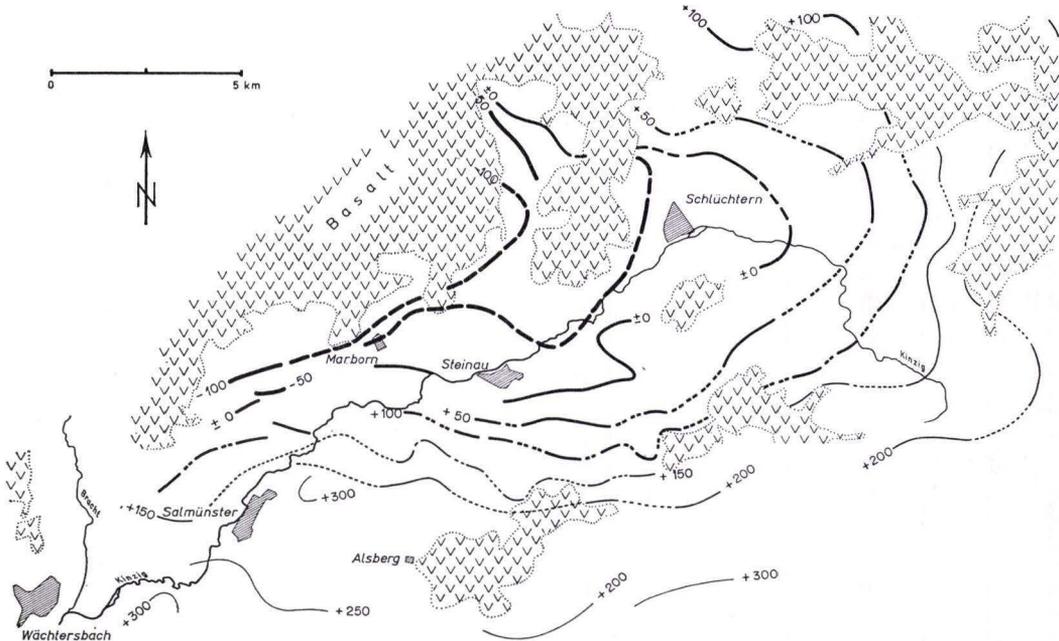


Abb. 1. Streichkurvenkarte der Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein im Bereich des Schlüchterner Beckens (vereinfachte Darstellung unter Vernachlässigung der Verwerfungen).

über die Wasserscheide des Landrückens reichenden Struktur. Dies im großen zutreffende Bild läßt sich auch nach der auf einer Feingliederung des Buntsandsteins basierenden Neukartierung so beschreiben:

Das Schlüchterner Becken stellt den auffälligsten Teil einer  $\pm$  W-E streichenden Mulde dar und bildet mit seiner morphologisch deutlichen Beckenform um Schlüchtern zugleich deren Ostrand. Die Muldenform entsteht durch Schichtfallen und Bruchtektonik teilweise beträchtlichen Ausmaßes. Nach W wird der Nordflügel der Mulde von den südlichen Ausläufern des Vogelsberg-Basaltes überdeckt, so daß eine genaue Abgrenzung nicht möglich ist. Durch das Verfolgen der Verwerfungen, die im Kinzig-Oberlauf ihren Südrand bilden, läßt sich für den Muldensüdrand auch kinzigabwärts im Buntsandsteingebiet eine ungefähre Begrenzung festlegen. Sie fällt  $\pm$  mit der Kinzigmulde NÖRINGS zusammen.

### 3. Die Entstehung des Schlüchterner Beckens

Über die Entstehung des am tiefsten abgesunkenen Teils der Kinzigmulde, des Schlüchterner Beckens, insbesondere über Ursache und Zeitpunkt der Entstehung, liegen bislang nur die Ansichten von HUMMEL (1929) bzw. von CARLÉ (1955) vor. HUMMEL hält die Anlage seiner herzynisch bis zur Frankenger Bucht verlaufenden Schlüchterner Mulde für jungkimmerisch. CARLÉ schließt sich der Auffassung über

die tektonische Entstehung der Muldenzone an, hält jedoch die jungkimmerische Anlage für hypothetisch. Insgesamt aber muß man wohl eine über Schlüchtern in herzynischer Richtung verlaufende Einmuldung älterer Anlage (Wende Kreide/Tertiär?) voraussetzen (s. a. S. 196).

Die Entstehung des besonders eingetieften Schlüchterner Beckens dagegen führt HUMMEL auf teilweise Wiederbelebung der Senkungsachse im Tertiär und ältesten Quartär zurück.

Unserer Ansicht nach sind weitere Hinweise auf die Entstehung dieser auffallenden Senke um Schlüchtern insbesondere durch ihre eigenständige Tektonik gegeben. Die halbkreisförmigen Teilmulden am südöstlichen Rand des Schlüchterner Beckens scheinen mit ihren konzentrisch angeordneten Verwerfungen und dem durch Einfallen unterstützten Absinken der Schichten zum Kern der Teilmulden auf Sackungsvorgänge der Deckschichten zu deuten.

Als Ursache für ein solches kräftiges Einsinken wären beim Schlüchterner Becken in Betracht zu ziehen:

1. Salzauslaugung,
2. Vorsenkungsbildung bei der Spessarthebung.

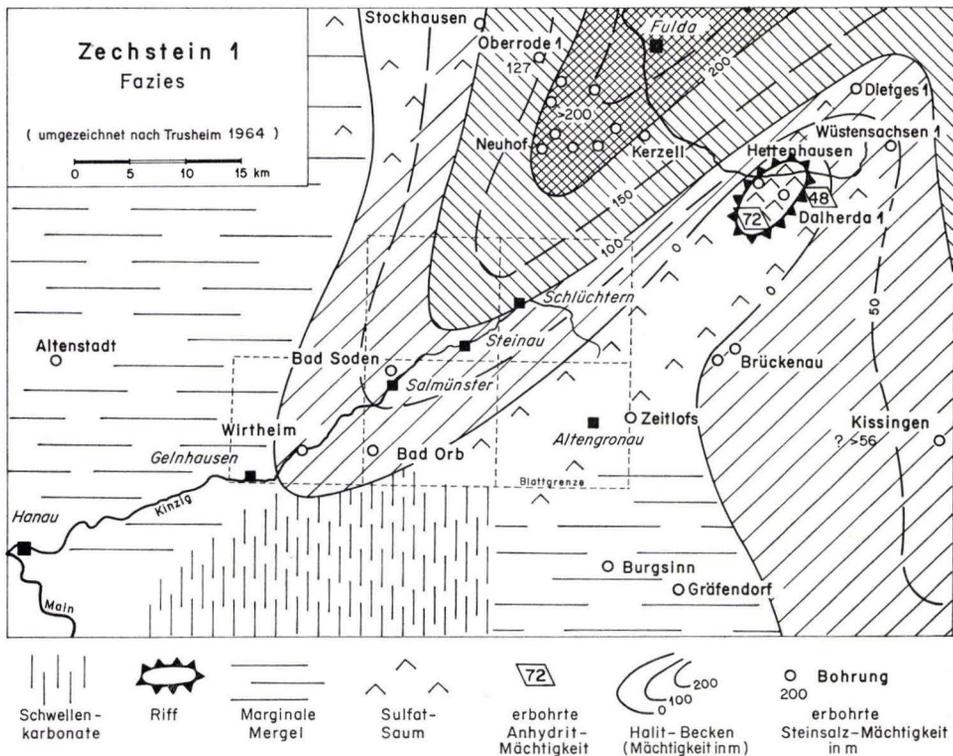


Abb. 2. Vermutete primäre Salzmächtigkeit nach TRUSHEIM (1964).

1. Für die Entstehung durch Salzauslaugung spricht die Lage des Schlüchterner Beckens im Randbereich der Zechsteinsalzverbreitung, die Form des Beckens insgesamt und auf den ersten Blick die Form seiner Tektonik. Weiterhin unterstützt diese Deutung die am Südwestrand im Bereich der Sackungstektonik festzustellende postbasaltische Bewegung. Die Sprunghöhen von 40–50 m dürften allerdings schon die nach den Zusammenstellungen von TRUSHEIM (1964) für den Südrand des Schlüchterner Beckens anzunehmende Salzmächtigkeit übersteigen (Abb. 2).

Ein gewichtiges Argument gegen die Entstehung des Schlüchterner Beckens durch Salzauslaugung ist die Einsenkung des Schlüchterner Beckens um rund 200 m. Eine solche Salzmächtigkeit dürfte in diesem Gebiet unwahrscheinlich sein. Auch wäre dann nicht vorstellbar, daß bei der Tiefenlage des Beckens bis heute eine vollständige Auslaugung erfolgt ist; es müßten Subrosionssenken in typischer (geschlossener) Form auftreten, gerade sie fehlen aber völlig. Dolinenartige Tertiärfüllungen im Muschelkalk um Schlüchtern gehen wohl nicht auf Salzauslaugung zurück. Salztektonik kann allenfalls für die z. T. recht schwankende Mächtigkeit tertiärer Sedimente und für die örtlich sehr starke tektonische Zerstückelung mit zur Erklärung herangezogen werden.

2. Die hauptsächliche Entstehung des Schlüchterner Beckens als muldenförmige Vorlandstruktur beim Aufstieg des Spessarts findet demgegenüber Stützen sowohl in der Beckenform wie auch im Ausmaß der Vertikalbewegungen und in deren zeitlichem Verlauf.

Auf das im Kinzigtalbereich gelegene Bewegungsscharnier, das erdgeschichtlich immer wieder in Erscheinung getreten ist, weist bereits MURAWSKI (1963) hin. NÖRING (1951) und MURAWSKI (1963) beschreiben eine Sedimentationsgrenze in rotliegenden Sedimenten im Bereich des Kinzig-Tales. Nach TRUSHEIM (1964) liegt der Südrand der Zechsteinsalzverbreitung im Fuldabecken am Spessart-Nordrand. Vom Kinzigtal aus nach Norden treten demnach in der Erdgeschichte mehrfach Beckenstrukturen auf, die sich durch Sedimente zuletzt für das ältere Mesozoikum belegen lassen; im Buntsandstein tritt in der Eichsfeld-Folge vom Südrand der heutigen Struktur nach N zu in das Buntsandsteinbecken hinein eine auffällige Zunahme der Sedimentmächtigkeit auf. Danach ist zwar für den größten Teil des Mesozoikums und des Tertiärs über die vorher so mobile Zone des Scharnierbereichs kein sedimentäres Zeugnis vorhanden. Die große Wahrscheinlichkeit, daß sie ihre Mobilität auch in festländischer Zeit vom Dogger bis zum Alttertiär nicht verloren hat, wird jedoch durch die ausgedehntere Erhaltung triassischer und tertiärer Sedimente nördlich des Kinziglaufes belegt. So sind Muschelkalk- und Rötorkommen nur nördlich einer W–E verlaufenden Linie Breitenborn A. W.–Wächtersbach–Alsberger Basaltplateau, d. h. nördlich der tektonischen Südgrenze der Kinzigmulde (S. 188), erhalten geblieben. Da Muschelkalk und Röt von Sedimenten des älteren Miozäns überdeckt werden, ist eine prämiozäne, d. h. alttertiär angelegte Senke im Kinzigtalbereich anzunehmen. Sie bildete u. U. eine erste Andeutung der Kinzigmulde, führte aber hauptsächlich im älteren Senkungsfeld um Schlüchtern zu einer verstärkten Eintiefung. Immerhin bewirkte diese erste leichte, W–E verlaufende Depression

nördlich der Spessartschwelle, daß während des Restes der Festlandsperiode im Alttertiär im Kinzigtalbereich, insbesondere natürlich im Schlüchterner Becken, Unterer Muschelkalk und Röt erhalten blieben. Auf den umgebenden Schwellen bzw. Hochflächen wurden diese Sedimente aber wohl großenteils bereits damals erodiert (vgl. a. GOLWER 1968).

Für eine tektonische Entstehung des Schlüchterner Beckens spricht auch die Kinematik der einzelnen Bruchschollen. Viele von ihnen müssen im Verhältnis zu ihrer Umgebung wechselnd einmal als Tiefscholle, einmal als Hochscholle fungiert haben. Bei der Vorstellung einfacher tektonischer Hebung und Senkung wäre man zur Annahme mehrfacher Bewegungsumkehr („Fahrstuhltektonik“) bei beträchtlichen Bewegungsgrößen gezwungen. Dies ist jedoch von der Dynamik wie von der Kinematik her im Schlüchterner Becken, das wohl im gesamten Tertiär und Quartär eine

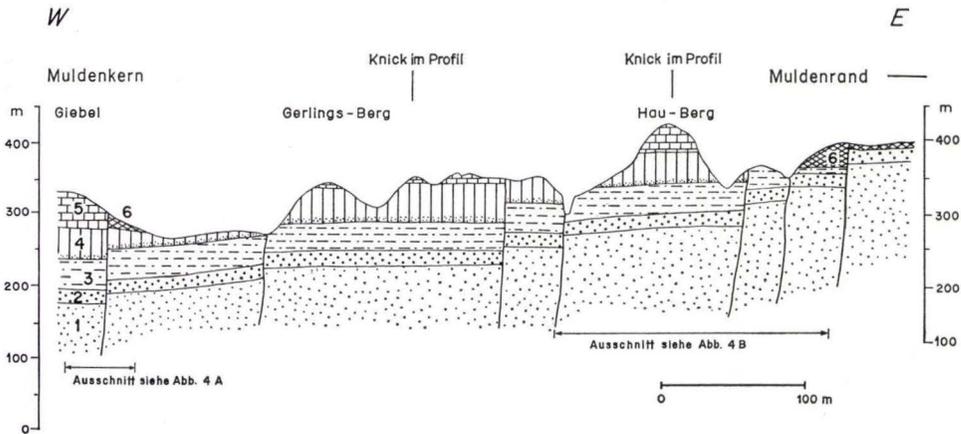


Abb. 3. Profil durch den Ostteil des Schlüchterner Beckens.

Deutlicherkennbar ist das treppenartige Ansteigen der Triasschichten zum Muldenrand hin. Signaturen: 1 = Mittlerer Buntsandstein; 2 = Solling-Folge; 3 = Untere Röt-Folge; 4 = Obere Röt-Folge; 5 = Unterer Muschelkalk (Wellenkalk); 6 = sedimentäres Tertiär.

Muldenstruktur besessen hat, schwer vorstellbar. Eine einfache Erklärung bietet hingegen eine im Verlauf der Erdgeschichte unterschiedlich starke Senkungstendenz der Einzelschollen im Beckenbereich. Dadurch kann eine Hochscholle durch schnelleres Absinken zur Tiefscholle werden, dann aber durch Abschwächung der Senkungstendenz wieder Hochschollencharakter erhalten (Abb. 3 u. 4). Eine solche aus Kartierergebnissen ablesbare Erklärung paßt sich dem skizzierten tektonischen Werdegang vollkommen ein; sie steht mit der nahezu für die gesamte jüngere Erdgeschichte zu fordernden Muldenatur des Schlüchterner Raumes und der beim Aufstieg des Spessarts für dieses Gebiet anzunehmenden verstärkten relativen Senkungstendenz sehr gut in Einklang. Die heutige Lage der Schollen zueinander, wobei die jeweils beckenwärtige Scholle die Tiefscholle darstellt, spricht ebenfalls für einen solchen Werdegang.

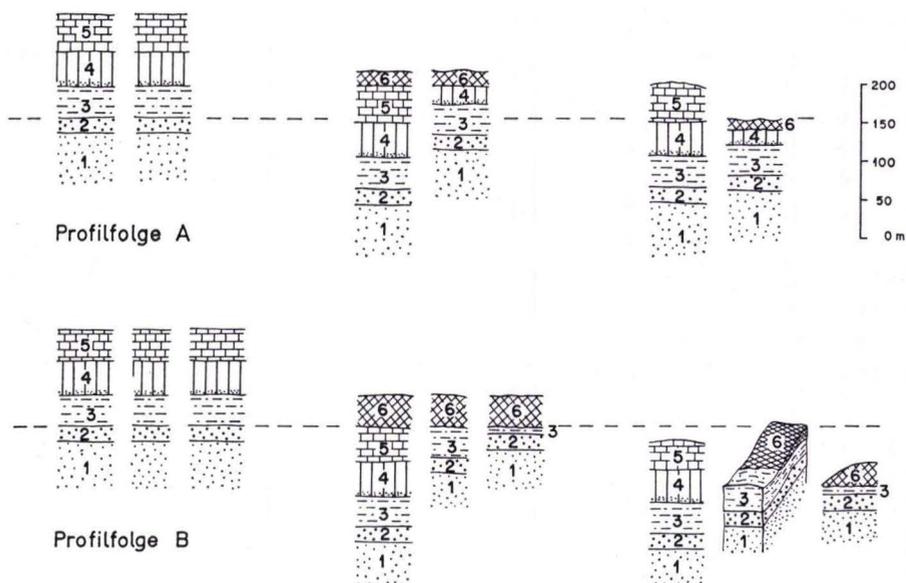


Abb. 4. Schematische Darstellung des unterschiedlich schnellen Absinkens von Schollen im Schlüchterner Becken.

Lage und Signaturen s. Abb. 3. Profilfolge A: Giebel und östlich angrenzende Scholle. Profilfolge B: Hau-Berg und zwei östlich angrenzende Schollen.

Bild links A + B: Ausgangssituation; dargestellt ist die heute noch erhaltene Muschelkalkmächtigkeit.

Bild Mitte A + B: Durch verzögertes Absinken der Ost-Scholle(n) werden auf ihr (ihnen) Teile der Triasschichten erodiert; die Senkungsunterschiede zwischen den Schollen wachsen bis auf ca. 70 m (A) bzw. ca. 90 m (B); danach überlagern tertiäre Sedimente alle Schollen. Bild rechts A + B: Durch Nachsinken der Ostscholle(n) entsteht ein weitgehender Ausgleich der Sprunghöhe (A ca. 15 m, B ca. 30 m); bezogen auf die Tertiärbasis erscheinen die ursprünglichen Hochschollen heute als Tiefschollen.

#### 4. Weitere Ausgestaltung

Während die prämiözäne Erstanlage des Schlüchterner Beckens sich allein schon aus der Muschelkalk- und Röterhaltung ergibt (weiteres s. w. u.), geht die zunehmende Ausgestaltung mit dem postbasaltischen, starken Spessartaufstieg Hand in Hand. Dies wird durch einen Vergleich der Basaltbasis am Schwellenrand (Alsberger Basalt-Plateau) mit der im Becken und übrigen Vorland deutlich. Dabei zeigt sich, daß die Unterkante des Basaltes sowohl im Schlüchterner Becken als auch nördlich von Salmünster gegenüber dem Alsberger Basaltplateau zwischen 100 und 200 m tiefer liegt (Abb. 5). Das Schlüchterner Becken gehört tektonisch also in postbasaltischer Zeit dem Schwellenvorland an und macht die Absenkungsbewegungen gegenüber der Schwelle voll mit. Interessant ist auch, daß sogar annähernd — annähernd sei besonders betont! — die Verbreitung größerer Basaltvorkommen an der tektonischen Südgrenze der Kinzigmulde zu enden und auf ihr Inneres beschränkt zu sein scheint. Eine wenigstens schwache präbasaltische Erstanlage der Kinzigmulde wäre auch hiernach wahrscheinlich (vgl. Abb. 1 u. 5).

Die Verbreitung der Basaltvorkommen und die Streichkurven der Basaltbasis zeigen somit in erster Linie eine Abhängigkeit von der Kinzigmulde. Die Schlüchterner Mulde deutet sich dagegen in der Einsenkung entlang der Kinzig oberhalb Schlüchtern als herzynisch gerichtetes Element in der Streichkurvendarstellung der Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein an (Abb. 1), ist jedoch in der Darstellung der Basaltauflagerung (Abb. 5) nicht mehr zu erkennen. Hieraus geht das unterschiedliche Alter der beiden Muldenstrukturen im Bereich des Schlüchterner Beckens klar hervor. Die Kinzigmulde ist ein vorwiegend nachbasaltisch geformtes, die Schlüchterner Mulde dagegen ein rein präbasaltisches Element.

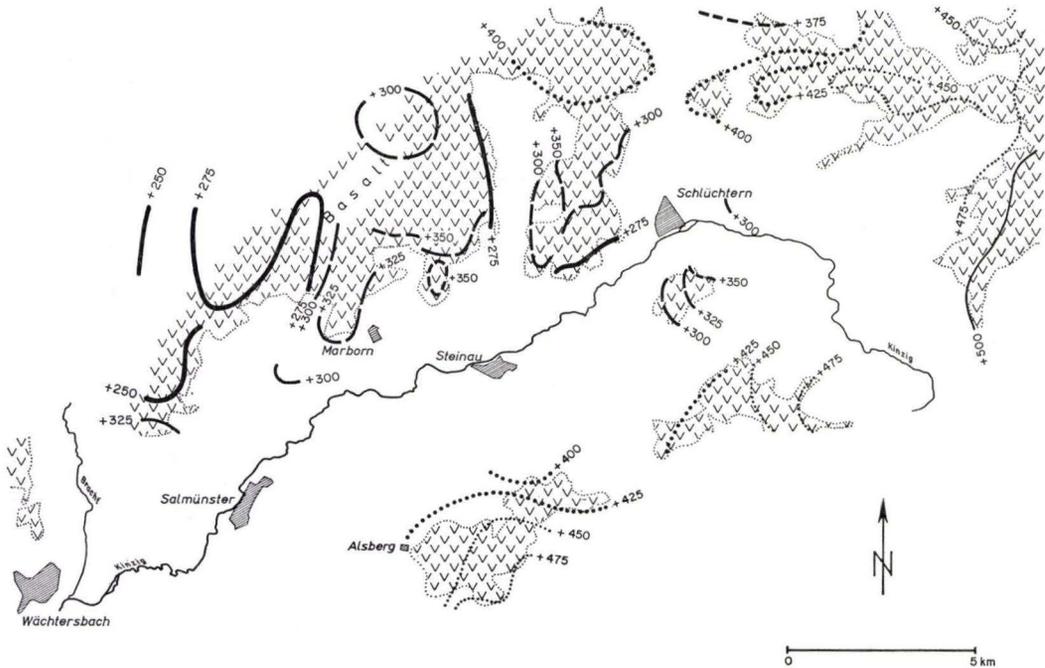


Abb. 5. Auflagerungshöhen der großflächig verbreiteten Basaltfolgen im Bereich des Schlüchterner Beckens.

Die tektonische Karte zeigt schließlich (Taf. 9), daß auf der Spessartschwelle fast ausschließlich die herzynische Richtung auftritt, während in der Kinzigmulde W–E gerichtete, d. h. schwäbische, und erzgebirgische Störungen größere Bedeutung erlangen. Die Nordabdachung der Spessartschwelle bildet somit eine sich nach Westen verbreiternde Schollentreppe, deren fächerartige Schollengrenzen im Schlüchterner Becken zusammenlaufen. Dieses Zusammentreffen und Vergittern der  $\pm$  W–E streichenden jungen vorwiegend aus Bruchtektonik hervorgegangenen Kinzigmulde mit der älteren NW–SE gerichteten Schlüchterner Mulde im Sinne HUMMELS dürfte im Zusammenhang mit dem Spessartaufstieg zur besonders tiefen Absenkung des Schlüchterner Beckens geführt haben.

Die Entstehung und die besondere Tektonik der Schlüchterner Mulde stellen für das Triasgebiet keinen Einzelfall dar. So wurden von GRUMBT & LÜTZNER (1966) in Thüringen ebenfalls herzynische Sättel und Mulden beschrieben. Hier wie dort finden wir am Rande und in der Umrahmung größere Bruchlinien, die die Strukturen jedoch nicht oder nur sehr abgeschwächt durchsetzen. Das deutet darauf hin (in Thüringen wie bei Schlüchtern!), daß die Hauptbruchtektonik jünger ist als die Erstanlage der Sättel und Mulden, die Bruchtektonik in deren Kern aber mehr oder weniger sogar nur Sekundärtektonik darstellt, da die Intensität der Hauptbruchlinien nicht ausreichte, die Strukturen zu durchschlagen. Daß die erste initiale Bruchfaltung im Bereich der Schlüchterner Mulde (ebenso wie bei den Sätteln in Thüringen!) keinen großen Tiefgang besessen hat, wird durch die allmähliche Abnahme des erhaltenen Muschelkalks zum Beckenrand und auch noch durch die relativ einheitliche Verbreitung der miozänen Sedimente belegt. Präbasaltisch aber lebte die Bruchtektonik kräftig auf. Die miozänen Sedimente wurden auf Hochschollen teilweise vollständig abgetragen, so daß schließlich der Basalt unmittelbar Schichten der Trias oder nur wenigen Metern miozäner Sedimente aufliegt. Spätestens mit dem Einsetzen dieser präbasaltischen Bruchtektonik wird die Kinzigmulde vorgezeichnet. Die Hauptausgestaltung des Schlüchterner Beckens begann wahrscheinlich spätbasaltisch, fand ihren Höhepunkt in den postbasaltischen Bewegungen und schwächte sich im Oberpliozän und Pleistozän wieder ab. Vermutlich sind aber die Bewegungen bis heute noch nicht völlig abgeklungen.

Das Schlüchterner Becken ist somit komplexer Entstehung. Es muß als Teil zweier tektonischer Mulden, einer älteren herzynisch und einer jüngeren  $\pm$  W-E verlaufenden angesehen werden. Seine Anlage erfolgte bei der Aufwölbung der Mitteldeutschen Schwelle in der Zeit ab jüngster Kreide (?) bis ältestem Tertiär (?). Daß die tektonische Erstanlage des Schlüchterner Beckens älter ist als die tertiär entstandene Kinzigmulde, geht aus den abgeschwächten oder sogar um das Schlüchterner Becken herumführenden Bruchgrenzen der Kinzigmulde hervor; daß hingegen die nachbasaltische Vorsenkungsbildung der Kinzigmulde während der Spessarthhebung sich im altangelegten Senkungsgebiet um Schlüchtern gleichfalls stark auswirkte, zeigt die dort besonders tief eingesenkte Basaltbasis an (Taf. 9 u. Abb. 5).

Hinweise auf ein auch heute noch andauerndes Absinken dieses Gebietes hat schließlich SCHNEIDER (1961, 1963) erbracht. SCHNEIDER wertete Feinnivellementmessungen aus und kam dabei zu dem Ergebnis, daß sich der Schlüchterner Raum gegenüber seiner Umgebung um mehrere Millimeter pro Jahr absenkt. Ein bei der Kartierung festgestellter jungpleistozäner Schotterkörper nördlich von Schlüchtern könnte die These der jungen Senkung stützen. Zwar führt SCHNEIDER die Senkung auf Salzauslaugung zurück, sie kann jedoch ebenso Ausdruck eines heute noch andauernden Absinkens des Schwellenvorlandes im Vergleich zur Spessartschwelle sein.

### 5. Zusammenfassung

Das Schlüchterner Becken liegt in einer erdgeschichtlich seit alter Zeit mobilen Zone. Seine Erstanlage geht auf die herzynisch verlaufende Schlüchterner Mulde zurück, deren Entstehung evtl. vor, spätestens aber an der Wende Kreide/Tertiär vermutet werden kann. Die nächste Phase begann mit dem Einsetzen der Bruch-

tektonik, die zur Ausbildung der Kinzigmulde führte. Größere Bruchlinien in der Umgebung des Schlüchterner Beckens scheinen nämlich vielfach — ebenso wie die von Verwerfungen gekennzeichnenden Außengrenzen der Kinzigmulde in ihrer heutigen Form (!) — ein etwas jüngeres Alter als die Erstanlage der schüsselförmigen Einsenkung zu haben. Die letzte bruchtektonische Ausgestaltung des Schlüchterner Beckens ist postbasaltisch und steht in Zusammenhang mit dem Aufstieg der Spessartschwelle im Jungtertiär und Quartär. Salzauslaugung dürfte bei der Ausgestaltung des Schlüchterner Beckens allenfalls modifizierend mitgewirkt haben.

## Schriftenverzeichnis

- BÜCKING, H.: Erl. geol. Spec.-Kte. Preußen u. thür. St., Lfg. **49**, Bl. Gelnhausen, Berlin 1891.  
 — Der nordwestliche Spessart. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F., **12**, Berlin 1892.
- CARLÉ, W.: Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle. — Beih. geol. Jb., **16**, 272 S., 4 Taf., 45 Abb., Hannover 1955.
- GOLWER, A.: Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 157—184, 8 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1968.
- GRUMBT, E. & LÜTZNER, H.: Störungszonen im Deckgebirge des thüringischen Werra-Kalgebietes und ihre Beziehungen zum Basaltvulkanismus und zur Auslaugung. — Geologie, **15**, S. 531—544, 8 Abb., Berlin 1966.
- HUMMEL, K.: Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes. — Fortschr. Geol. Paläontol., **8**, 24, 234 S., 12 Abb., 3 Taf., Berlin 1929.
- KLÜPFEL, W.: Über die natürliche Gliederung des hessischen Tertiärs und den Bewegungsmechanismus in tektonischen Senkungsfeldern. — Geol. Rdsch., **19**, S. 263—283, Berlin 1928.
- LAEMMLEN, M. & PRINZ, H.: Der Heubacher Graben im westlichen Rhönvorland als Teilstück der Grabenzone Heubach-Thalau-Friesenhausen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**, S. 137—156, 1 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1968.
- MURAWSKI, H.: Die Bedeutung der „Kinzigtalzone“ als Scharnierbereich zwischen der (Spessart-) Schwelle und dem nördlich vorgelagerten (Hessischen) Becken. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 217—230, 4 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1963.  
 — Spessartschwelle und Wetteraubecken (Funktion und Bild). — Veröffentl. Geschichts- u. Kunstver. Aschaffenburg, **10**, S. 71—89, 2 Abb., 1 Tab., 1 Kte., Aschaffenburg 1967.
- NÖRING, F.: Die Fortsetzung der Saar-Saale-Senke in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **2**, S. 22—40, 1 Taf., Wiesbaden 1951.  
 — Geologie. In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Kinzig. Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. u. Forsten) 1961.
- SCHNEIDER, H.: Geomorphologische Probleme in der Umgebung von Schlüchtern (Erste Fortsetzung). — Jb. Ulrich v. Hutten-Schule, S. 15—23, Schlüchtern 1961.  
 — Geomorphologische Probleme in der Umgebung von Schlüchtern (Zweite Fortsetzung). — Jb. Ulrich v. Hutten-Schule, S. 26—36, 2 Abb., Schlüchtern 1963.
- V. SEYFRIED, E.: Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. B.-St., Lfg. **172**, Bl. Steinau, Berlin 1911.  
 — Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. B.-St., Lfg. **172**, Bl. Salmünster, Berlin 1912.  
 — Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. B.-St., Lfg. **172**, Bl. Altengronau, Berlin 1914.  
 — Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. B.-St., Lfg. **172**, Bl. Schlüchtern, Berlin 1914.
- THÜRACH, H.: Über die Gliederung des Urgebirges im Spessart. — Geogn. Jh., **5**, 1892, S. 1—160, 31 Abb., Cassel 1893.  
 — Allgemeines über den geologischen Aufbau des Haardtgebirges. — Ber. Versamml. oberrhein. geol. Ver., 27. Vers., S. 28—31, Stuttgart 1894.
- TRUSHEIM, F.: Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953—1960. — Geologica Bavarica, **54**, 92 S., 11 Abb., 13 Beil., München 1964.

## Die Bleichung der Sandsteine bei Marburg/Lahn – eine hydrothermale Bildung

Von

**KLAUS HEINE, Bonn**

Mit 1 Abbildung und den Tafeln 11–12

**Kurzfassung:** Die Untersuchung der Tonsubstanz gebleichter Sandsteine aus der näheren Umgebung Marburgs unter Zuhilfenahme des Elektronenmikroskops ergab folgende Ergebnisse: In allen Proben wurde Sarospatakit und sehr gut kristallisierter Kaolinit gefunden. Beide Minerale können in der hier beschriebenen, besonderen Ausbildungsform nur unter hydrothermalen Einflüssen gebildet worden sein. Ein Vergleich der elektronenmikroskopischen Ergebnisse mit denen verschiedener tertiärer und pleistozäner Bodenbildungen bestätigt diese Befunde. Die Bleichung der Sandsteine bei Marburg ist aufgrund tonmineralogischer Untersuchungen nicht auf tertiäre Verwitterungseinflüsse zurückzuführen, sondern sie erfolgte unter hydrothermalen Bedingungen.

### Inhalt

I. Einleitung . . . . .	198
II. Beobachtungen im Gelände . . . . .	200
III. Beobachtungen im Labor . . . . .	201
IV. Folgerungen . . . . .	203
Schriftenverzeichnis . . . . .	204

### I. Einleitung

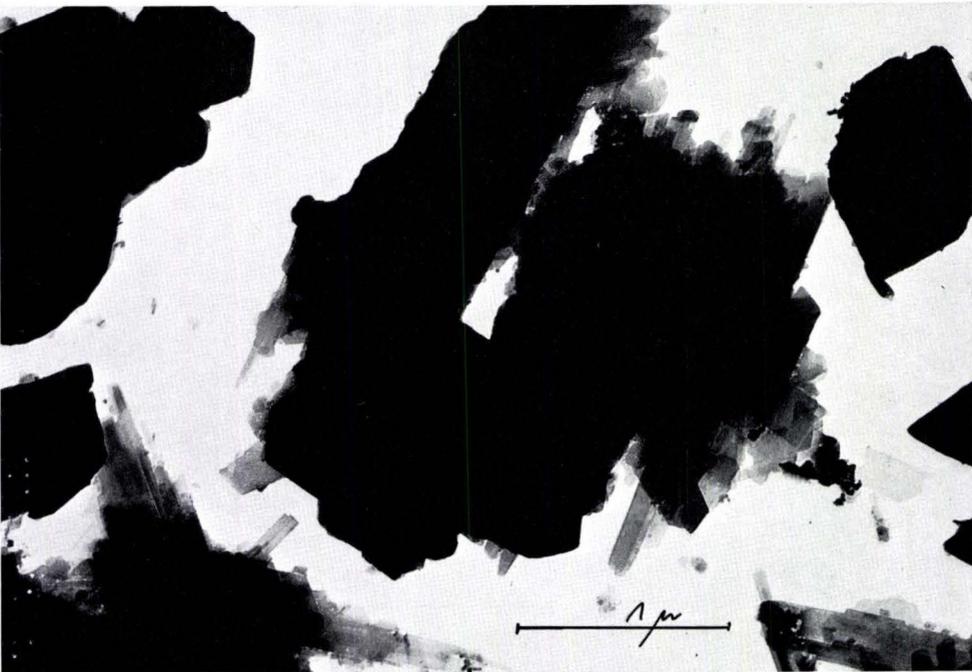
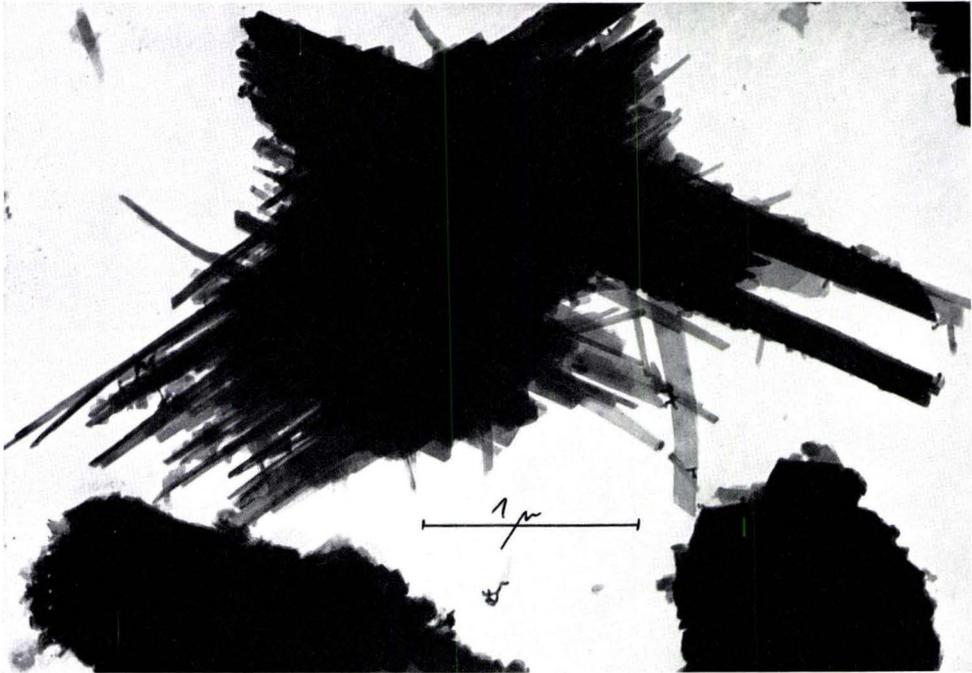
Auffällig in der Umgebung Marburgs ist eine mehr oder weniger intensive Bleichung des Buntsandsteins (oft Formsand-Folge). Deutlich läßt sich eine N-S-gerichtete Zone gebleichter Sandsteine von Marburg über Wehrda, Goßfelden und Göttingen bis zum Großen Geißkopf zwischen Simtshausen und Mellnau verfolgen (Abb. 1). Auch im Bereich der Lahnberge sind an verschiedenen Stellen weiße sandige Partien im Buntsandstein beobachtet worden (BLUME, 1949, 8; KOCKEL, 1958, 142; HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI, 1964, Taf. 2; LENZ & BORN, 1966, 136). KAYSER & PAECKELMANN (1915, 25) erwähnen eine auffällige Bleichung des Unteren Buntsandsteins auf der Nordseite der Zwester Ohm bei Hachborn. Doch nicht nur die Sandsteine des Buntsandsteins haben eine Bleichung erfahren, sondern auch die sandigen Ablagerungen

**Tafel 11**

### Tafel 11

Fig. 1. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des gebleichten Sandsteins vom Ricksheller Sattel. Deutlich zu erkennen ist der leistenförmige Sarospatakit.

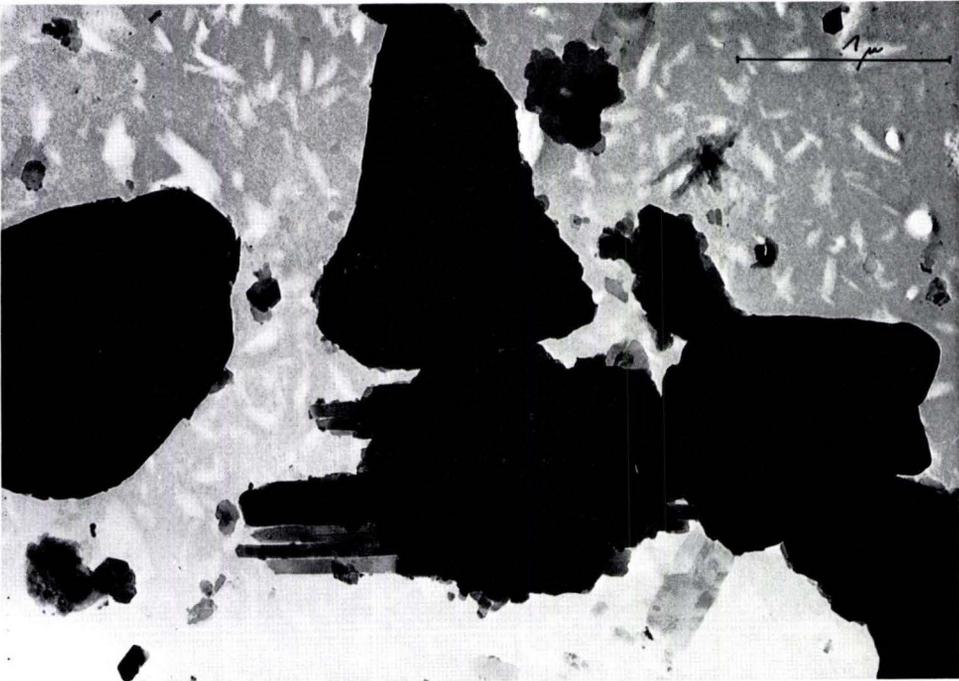
Fig. 2. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des gebleichten Sandsteins vom Ricksheller Sattel. Die gut ausgebildeten, pseudohexagonalen Kaolinitminerale sind hydrothermale Bildungen.



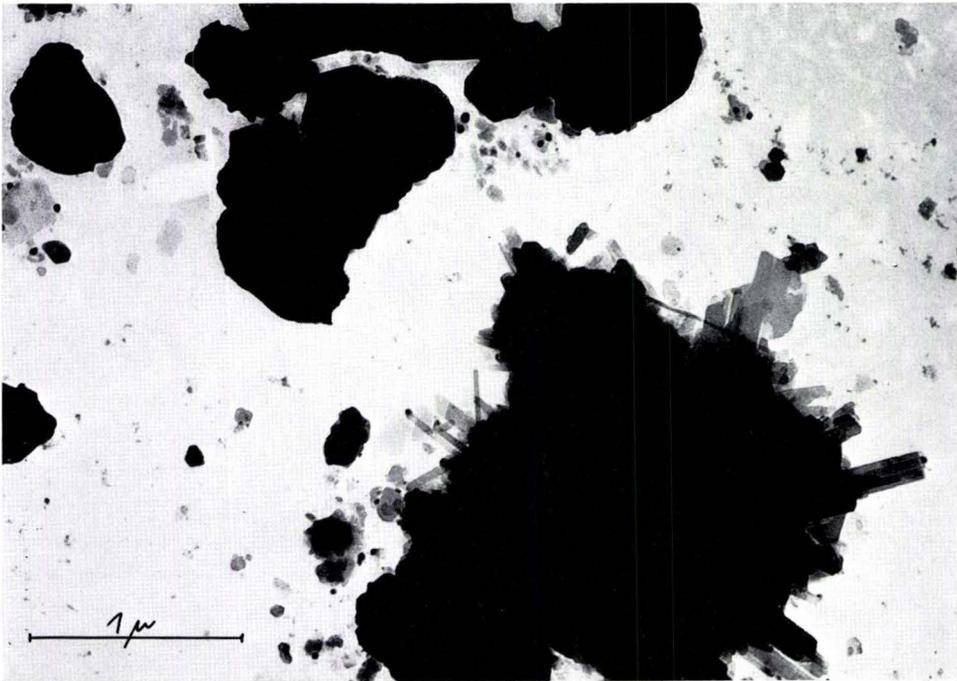
Tafel 12

Tafel 12

- Fig. 3. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des hydrothermal zersetzten und anschließend von einer Stagnogleybildung überprägten Zechsteinmaterials mit den Mineralen Hydroglimmer, Sarospatakit und Kaolinit.
- Fig. 4. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des hydrothermal zersetzten und nachträglich von einer Bodenbildung überprägten Buntsandsteinmaterials vom Rabennest östlich Schweinsberg mit Hydroglimmer, Sarospatakit und Kaolinit.



3



4

des Oberen Zechsteins zwischen Roth und der Einmündung der Zwester Ohm in die Lahn und südöstlich von Siehertshausen. Die Bleichungszonen an den Rändern des Lahntales sind verhältnismäßig scharf begrenzt und oft gegeneinander versetzt. Zuweilen sind gebleichte Sandsteine im gleichen stratigraphischen Niveau neben ungebleichten zu finden, so z. B. bei Goßfelden (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI, 1964, 20). Nicht selten treten in der Nähe der Bleichungszonen kieselige Eisenanreicherungen auf (BLUME, 1949, 8; HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI, 1964, 21; LENZ & BORN, 1966, 135; KAYSER, 1915, 34; LENZ 1966, 102f. u. a.).

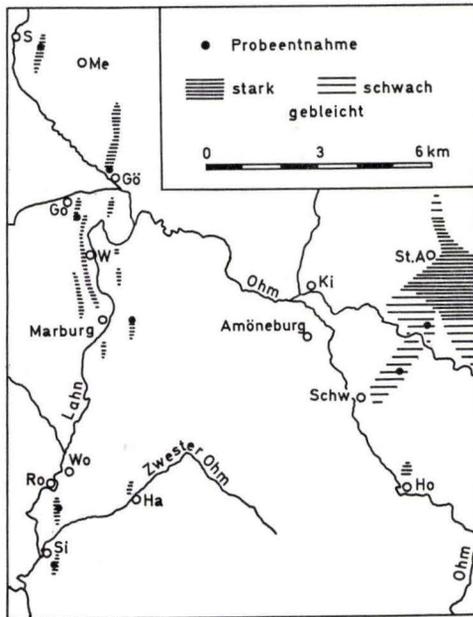


Abb. 1. Bleichungszonen im Sandstein (nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964, geringfügig ergänzt).

Go = Goßfelden, Gö = Göttingen, Ha = Hachborn, Ho = Homberg, Ki = Kirchheim, Me = Mellnau, Ro = Roth, S = Simtshausen, Schw = Schweinsberg, Si = Siehertshausen, St. A = Stadt Allendorf, W = Wehrda, Wo = Wolfshausen.

Weitere, randlich relativ scharf begrenzte Zonen mit gebleichten Sandsteinen sind von Schweinsberg durch den Staatsforst Neustadt, weiter nordöstlich bis Neustadt und Wasenberg zu verfolgen. WEYL (1967, 38) erwähnt, daß die das Tertiär unterlagernden Gesteine des Paläozoikums bzw. des Buntsandsteins vielfach auffallend gebleicht sind, so in der Umgebung von Ortenberg, am Nordrand des Vogelsberges bei Homberg/Ohm, auf der Hochfläche des Krofdorfer Forstes nordwestlich von Gießen und an anderen Orten.

Als Ursache für die Bleichung des Mittleren Buntsandsteins nennt KOCKEL (1958, 140–142) eine tiefgreifende Verwitterung unter feuchtem Tropenklima während der Kreide- und Tertiärzeit; tektonische Verstellungen führten zu Absenkungen mancher

Teilgebiete; dadurch sind die Bleichungszonen verstellt und nicht abgetragen worden. ROTH (1964, 28f.) schließt sich dieser Auffassung an. Auch LENZ (1966, 102f.) und LENZ & BORN (1966, 134f.) sehen in einem feuchten tropisch-subtropischen Klima die Erklärung für eine intensive Bleichung. Nach WEYL (1967, 38f.) ist die Bleichung der Gesteine in der Umgebung Gießens das Ergebnis einer sicherlich bis in die Kreide zurückreichenden und durch das Tertiär hindurch anhaltenden intensiven Verwitterung unter tropischen bis subtropischen Klimabedingungen. Aufgrund der höheren Verteilung an freier Kohlensäure in den Brunnenwässern im Gebiet der gebleichten Sandsteine und in tektonisch stärker beanspruchten Gegenden vermuten HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 19ff.) „eine hydrothermale Verwitterung durch kohlen-säurehaltige oder stärker konzentrierte, azsendente Lösungen im Gefolge des Vulkanismus“. Diese Annahme einer hydrothermalen Bleichung haben tonmineralogische Untersuchungen an gebleichten Gesteinen bestätigt.

## II. Beobachtungen im Gelände

Die engen Beziehungen zwischen der Tektonik im Marburger Raum und den Bleichungszonen, die sich in Gebieten befinden, die auch heute noch einen erhöhten Gehalt an freier Kohlensäure im Grundwasser aufweisen, haben HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964) deutlich hervorgehoben. Es erübrigt sich daher an dieser Stelle, darauf ausführlicher einzugehen.

Darüber hinaus fällt auf, daß die Bleichungserscheinungen des Sandsteins im Bereich der Lahnberge, des Marburger Rückens und des westlichen Burgwaldes nicht mit den hier nachgewiesenen tertiären Verebnungsflächen (HEINE, 1970) in Zusammenhang zu bringen sind. Nimmt man eine klimatische Verwitterung als Ursache für die Bleichung an, dann müßten die Bleichungszonen in erster Linie dort auftreten, wo auch heute noch tertiäre Verwitterungsprodukte zu finden sind, bzw. wo altquartäre Sedimente die tertiäre Landoberfläche bedecken, m. a. W. in Gebieten, in denen die Abtragung seit dem Tertiär äußerst gering war. Das ist aber nicht der Fall. Natürlich ist auch an eine selektive Tiefenverwitterung entlang bestimmter Verwerfungen, Schwächelinien und Zerrüttungszonen zu denken, doch dagegen spricht die Beobachtung, daß keine Abnahme der Verwitterungsintensität zur Tiefe hin festzustellen ist. Außerdem besteht der Eindruck bei fast allen gebleichten Sandsteinen, daß das Material weniger intensiv verwittert ist als pedogenetische Bodenbildungen tertiären und altquartären Alters.

An verschiedenen Stellen, so z. B. östlich der Hansenhäuser bei Marburg, konnte eine Wechsellagerung von fast weißen, gebleichten sandigen Schichten und intensiv rot gefärbten Tonlagen beobachtet werden. Dies und die Feststellung, daß tonarme und z. T. nur wenig verfestigte Sandsteine bevorzugt gebleicht worden sind (Formsand-Folge), deutet ebenfalls nicht auf eine tertiäre Verwitterung, sondern auf hydrothermale Vorgänge, da anzunehmen ist, daß sich hydrothermale Lösungen bevorzugt in sandigen Schichten bewegten, während die tonigen Lagen aufgrund ihrer hohen Wasserspannung ein Zirkulieren der Lösungen unterbinden konnten.

HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 21) verweisen auf eine weitere Beobachtung: ein unter tropischem bis subtropischem Klima gebildeter Boden hat eine polyedrische

Struktur, während hydrothermal verwittertes Gestein zähplastisch und strukturlos ist; die letztgenannten Eigenschaften zeigt gebleichtes Material aus Kernbohrungen bei Stadt Allendorf. Diese Feststellung kann für die Bleichungsgebiete östlich von Stadt Allendorf bestätigt werden. Im Mittellahntal jedoch haben die gebleichten Sandsteine in der Regel nicht genügend toniges Material, um ähnliche (Kohärent-)Gefüge auszubilden. Hier sind vielmehr die einzelnen Teilchen nur lose miteinander verklebt, so daß das Material bei Wasserübersättigung zerfließen und im trockenen Zustand leicht zerrieseln kann. Die gebleichten Zechsteinsedimente zu beiden Seiten der Zwester Ohm-Mündung haben eine polyedrische Struktur im Hangenden, dazu zeigen sie die Merkmale eines Pseudo- (oder Stagno-)Gleys; die Geländebefunde deuten also nicht auf hydrothermale Einflüsse, sondern auf eine echte Bodenbildung. Daß aber auch hier hydrothermale Lösungen wirksam waren, beweisen die Laboruntersuchungen. Die gleichen Beobachtungen wurden an gebleichten Sandsteinen zwischen Schweinsberg und Niederklein gemacht.

### III. Beobachtungen im Labor

Viele Beobachtungen im Gelände weisen auf eine hydrothermale Entstehung der Bleichungszonen hin. Allerdings ist es im Einzelfall nicht immer möglich, von vornherein pedogenetische Bildungen auszuschließen. Die polyedrische Struktur des gebleichten Materials im Bereich der Zwester Ohm-Mündung und im Gebiet von Schweinsberg-Niederklein ist sicherlich auf echte Bodenbildungsprozesse zurückzuführen, doch hat sich herausgestellt, daß hier hydrothermal entstandene Zersetzungsprodukte nachträglich von einer Bodenbildung überprägt wurden.

Bei der Aufklärung der Pedogenese (einschließlich hydrothermalen Bleichungsvorgänge) können röntgenographische und besonders elektronenmikroskopische Untersuchungen der Boden-Tonsubstanz helfen (MÜCKENHAUSEN, 1964). Tertiäre Bodenbildungen liegen meistens als Graulehme oder Rotlehme vor. Die Graulehme zeigen in der Tonfraktion überwiegend Kaolinit, daneben hin und wieder etwas Illit, manchmal auch Halloysit in Spuren, sofern sie aus vulkanischem Ausgangsmaterial gebildet wurden. Die klare Dominanz des Kaolinit ist auch für die Rotlehme typisch, doch findet sich in ihnen der Halloysit immer bei vulkanischem Ausgangsgestein. Elektronenmikroskopische Aufnahmen tertiärer Böden zeigen im allgemeinen gut ausgebildete Tonminerale, im Röntgendiagramm spiegelt sich das durch deutliche Röntgen-Interferenzen wider.

Tonmineralogische Untersuchungen an tertiären (und pleistozänen) Böden im Marburger Raum haben dies bestätigt (HEINE, 1970). Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse echter tertiärer Bodenbildungen mit denen verschiedener gebleichter Zersetzungsprodukte zeigt Unterschiede, die sich nur aufgrund unterschiedlicher Bildungsbedingungen (pedogenetische Prozesse einerseits – hydrothermale Einflüsse andererseits) erklären lassen.

Für umfangreichere Untersuchungen an gebleichten Sandsteinen wurden 3 Gebiete ausgewählt: (1) die Sandgruben zu beiden Seiten der Straße Wehrda-Goßfelden zwischen den Bergen Rickshell und Buchholz (R 34 82 30, H 56 35 50), (2) der im Jahre 1966 neu geschaffene Straßeneinschnitt der B 3 ca. 1 km südlich Wolfshausen (R 34

81 37, H 56 20 60) und der Hohlweg südöstlich Sichertshausen (R 34 80 75, H 56 17 50), (3) eine Sandgrube am Rabennest zwischen Schweinsberg und Niederklein (R 34 99 42, H 56 27 40).

Zu (1): Die Hauptbestandteile der Tonsubstanz der gebleichten Sandsteine sind hier Sarospatakit, Quarz und Hydroglimmer, als Nebenbestandteile tritt Sepiolith auf, während Kaolinit nur in Spuren zu finden ist. Auffällig ist der hohe Anteil des eisenarmen illitischen Minerals Sarospatakit. Aus den elektronenmikroskopischen Bildern (Taf. 11 Fig. 1) geht hervor, daß der Sarospatakit ein ausgezeichnetes Kristallisationsvermögen besitzt. Es treten gut ausgebildete leisten- und plättchenförmige Teilchen mit definierten Endbegrenzungen auf, die pseudohexagonalen Habitus mit bevorzugtem Längenwachstum erkennen lassen. Die gleichen Beobachtungen schildern BEUTELSPACHER & VAN DER MAREL (1968, 123) von einem Sarospatakit der Lagerstätte Nagyörzsony (Ungarn) in der Nähe von Sarospatak, wo sich dieses Mineral in Schiefen unter hydrothermalen Bedingungen gebildet hat. Das elektronenmikroskopische Bild zeigt einen derart gut ausgebildeten Sarospatakit, wie er in pedogenetischem Material noch nicht gefunden wurde. Seine Bildung ist nur unter hydrothermalen Bedingungen möglich. Darauf weist auch die Tatsache hin, daß Sarospatakit einzig und allein in gebleichten Gesteinen vorkommt, während er in allen fossilen und rezenten Böden des Marburger Raumes fehlt.

Ein weiterer Beweis für hydrothermale Vorgänge als Ursache für die Bleichung ist das Auftreten von Sepiolith in der Tonsubstanz. In nennenswertem Umfang konnte Sepiolith nur in gebleichtem Material nachgewiesen werden. Alle tertiär und pleistozän gebildeten Böden enthielten keinen Sepiolith.

Interessant ist auch der mengenmäßige Anteil und die Ausbildung des Kaolinites. Nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 21) und WEYL (1967, 38) ist die Bleichung mit einer Kaolinisierung insbesondere der Feldspäte verbunden. Zu dieser Ansicht kann man gelangen, wenn man lediglich röntgenographische und DT-analytische Untersuchungen an der Tonsubstanz vornimmt, denn die Röntgendiagramme bzw. die DTA-Kurven aller Proben zeigen steile und scharfe Interferenzen bzw. Ausschläge für Kaolinit; selbst bei Diagrammen äußerst kaolinitreicher tertiärer Böden konnten derart gut ausgeprägte Interferenzen nicht beobachtet werden. Das elektronenmikroskopische Bild jedoch zeigt, daß der Kaolinit – wie auch der Sarospatakit – ausgezeichnet kristallisiert ist; sein charakteristischer pseudohexagonaler Habitus tritt klar und deutlich hervor. Die Feinsubstanz des gebleichten Sandsteins enthält also sehr gut ausgebildeten Kaolinit, der sich einwandfrei von dem pedogenetisch gebildeten Kaolinit unterscheiden läßt. Diese besondere Ausbildungsform des Kaolinites (Taf. 11 Fig. 2) ist nur bei einer hydrothermalen Umbildung möglich (MÜCKENHAUSEN, 1964); sie ist verantwortlich für die scharfen, starken Interferenzen auf den Röntgendiagrammen, obgleich unter dem Elektronenmikroskop nur Spuren von Kaolinit beobachtet wurden. Von einer Kaolinisierung der Feldspäte darf also nicht gesprochen werden. Der geringe Anteil und die sehr gute Kristallisation des Kaolinites schließen eine Verwitterung unter tropischem bis subtropischem Klima, d. h. eine Bodenbildung, aus. Nach dem heutigen Stand der Tonmineralforschung lassen sich diese Erscheinungen nur durch hydrothermale Vorgänge erklären (vgl. auch JARITZ, 1966).

Zu (2): Eine makroskopische Betrachtung der gebleichten Zechsteinablagerungen zu beiden Seiten der Zwester Ohm-Mündung deutet nicht auf hydrothermale Zersetzungen sondern auf pedogenetische Prozesse (Stagnogleybildung). Die Röntgendiagramme unterscheiden sich hingegen nur wenig von denjenigen der gebleichten Buntsandsteine des Ricksheller Sattels und bei Göttingen. Doch die elektronenmikroskopischen Aufnahmen helfen bei der Aufklärung der Pedogenese. Die Tonmineralgarnitur besteht überwiegend aus Hydroglimmer, Illit (besonders Sarospatakit) und daneben Kaolinit (Taf. 12 Fig. 3).

Auffällig ist wieder der geringe Gehalt an Kaolinit, obgleich die Röntgendiagramme exakte Interferenzen des Kaolinit zeigen. Neben den bekannten, gut kristallisierten, hydrothermal gebildeten Kaolinitmineralen treten auch kleinere, weniger gut ausgebildete auf, wie sie in fast allen Verwitterungsprodukten des Marburger Raumes nachgewiesen werden konnten (HEINE, 1970). Der Nachweis des hydrothermal gebildeten Kaolinit und auch Sarospatakits dokumentiert einwandfrei hydrothermale Vorgänge bei der Bleichung der Zechsteinsande. Die Bildung des weniger gut kristallisierten Kaolinit ist auf kontinentale Verwitterungsprozesse zurückzuführen (Stagnogleybildung). Die hydrothermal gebleichten Sandsteine sind also nachträglich von einer Bodenbildung überprägt worden; dafür sprechen auch viele andere Beobachtungen, wie z. B. das Gefüge, die Farbe (z. T. Marmorierung), der mit der Tiefe abnehmende Tongehalt etc.

Zu (3): Das Material für die Laboruntersuchungen entstammt den stark gebleichten Horizonten der mürben Buntsandsteinsedimente am Rabennest zwischen Schweinsberg und Niederklein. Die Beobachtungen im Gelände, wie auch die meisten Laborbefunde ergaben keine Anhaltspunkte für eine hydrothermal entstandene Zersetzung des Sandsteins. Erst das elektronenmikroskopische Bild (Taf. 12 Fig. 4) zeigt wieder Sarospatakit und Kaolinit mit ausgezeichnetem Kristallisationsvermögen neben weniger schön ausgebildetem Kaolinit und Hydroglimmer. Hydrothermale Einflüsse sind daher nicht auszuschließen, obgleich auch hier mit nachträglichen echten Bodenbildungsprozessen gerechnet werden muß, zumal die Proben nur bis maximal 10 m unter der Oberfläche entnommen wurden.

#### IV. Folgerungen

Die tonmineralogischen Untersuchungen an gebleichten Sandsteinen im Marburger Raum ergeben bei vorsichtiger Auswertung folgende Erkenntnisse: Die schmalen und oft scharf begrenzten Bleichungszonen im Buntsandstein und Zechstein im Bereich des Mittellahntales und im westlichen Burgwald sind nachweislich auf hydrothermale Zersetzungsvorgänge zurückzuführen. Eine Bleichung als Folge einer tertiären und/oder altpleistozänen Verwitterung ist ausgeschlossen. Die Tonminerale Sarospatakit, Sepiolith und sehr gut ausgebildeter Kaolinit sind hier, wie auch in anderen Zersetzungsprodukten (BEUTELSPACHER & VAN DER MAREL, 1968; MÜCKENHAUSEN, 1964), nur in dem von der hydrothermalen Bleichung betroffenen Material zu finden. Echte Verwitterungsböden tertiären, pleistozänen oder holozänen Alters sind durch andere Tonmineralvergesellschaftungen, durch andere quantitative Mineralzusammensetzungen und durch eine schlechtere Kristallisation der einzelnen Minerale gekenn-

zeichnet (HEINE, 1970). Auch die Reste umgelagerter tertiärer Grau- und Rotlehme, die in günzzeitlichen Terrassenschottern der Lahn bzw. auf den Höhen östlich des Amöneburger Beckens gefunden wurden, unterscheiden sich in ihrer Tonmineralgarnitur und in der Ausbildung der Tonminerale von den hier beschriebenen gebleichten Sandsteinen.

In Gebieten, in denen die hydrothermal zersetzten Sandsteine eine großflächigere Verbreitung an der tertiären bzw. altpleistozänen Landoberfläche hatten (östlich von Schweinsberg – Stadt Allendorf und im Bereich der Zwester Ohm-Mündung), wurden die gebleichten Sandsteine von echten Bodenbildungen überprägt. Es hat den Anschein, daß die bereits hydrothermal zersetzten Gesteine die Bodenbildungen begünstigen. Nur so ist zu erklären, daß – obgleich auf weiten Flächen des Burgwaldes seit dem Tertiär nur geringfügige Abtragungsvorgänge nachzuweisen sind – hier keine tertiären Bodensedimente und fossile Böden zu finden sind. Offenbar konnten die tertiären und altpleistozänen Verwitterungseinflüsse nur dann die Sandsteine in starkem Maße pedogenetisch umwandeln, wenn diese zuvor hydrothermal zersetzt worden waren. Vielleicht ist auch die Ablenkung der Lahn bei Cölbe nach Süden wesentlich durch die gerade in diesem Gebiet verbreiteten gebleichten Zonen mürben Sandsteins mitbestimmt worden.

Der Bleichungsvorgang selbst, d. h. die Fortführung von Eisenverbindungen und die anschließende Ablagerung von Eisenschwarten, ist auf hydrothermale Vorgänge zurückzuführen. Nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 19) ist wiederholt im Lahntal festzustellen, daß außer den Kohlensäuregehalten im Grundwasser auch die Chlorid- und Sulfatanteile erhöht sind. Es ist daran zu denken, daß im Zusammenhang mit den hydrothermalen Erscheinungen Chloride aufstiegen und auf schwefelangereichertes Grundwasser trafen; durch chemische Reaktionen konnten die Chloride u. a. Salzsäure bilden. Die Salzsäure schließlich löste die Eisenverbindungen, die fortgeführt und später wieder ausgeschieden wurden. Ähnliche Vorgänge haben im Bereich der Nordeifel in weiten Gebieten zur Bleichung von Sandsteinen und zu abbauwürdigen Eisenanreicherungen geführt (frdl. mdl. Mitt. von Herrn Dr. H. GEWEHR, Bonn).

Danksagung: Ganz besonders möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. E. MÜCKENHAUSEN danken, daß er durch sein freundliches Entgegenkommen diese Untersuchung in seinem Institut ermöglichte. Ferner danke ich den Herren Dr. H. GEWEHR und Dr. H. BECKMANN für viele wertvolle Ratschläge und Diskussionen und Fr. BÖDEWADT für die Anfertigung der elektronenmikroskopischen Aufnahmen.

#### Schriftenverzeichnis

- BEUTELSPACHER, H. & VAN DER MAREL, H. W.: Atlas of Electron Microscopy of Clay Minerals and their Admixtures. Amsterdam 1968.
- BLUME, H.: Die Marburger Landschaft. — Marburger geogr. Schr., **1**, Marburg 1949.
- HEINE, K.: Fluß- und Talgeschichte im Raum Marburg, eine geomorphologische Studie. — Bonner geogr. Abh., **42**, 1970.
- HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **47**, Wiesbaden 1964.
- JARITZ, G.: Untersuchungen an fossilen Tertiärböden und vulkanogenen Edaphoiden des Westerwaldes. Diss., Bonn 1966.

- KAYSER, E.: Erl. geol. Kte. etc., Bl. Marburg, Berlin 1915.  
— & PAECKELMANN, W.: Erl. geol. Kte. etc., Bl. Niederwalgern, Berlin 1915.
- KOCKEL, C. W.: Schiefergebirge und Hessische Senke um Marburg/Lahn. — Sammlung geol. Führer, **37**, Berlin 1958.
- LENZ, K.: Das naturlandschaftliche Gefüge des Marburger Raumes. — Marburger geogr. Schr., **30**, S. 97—110, Marburg 1966.  
— & BORN, M.: Exkursionen durch die Marburger Landschaft. — Marburger geogr. Schr., **30**, S. 127—147, Marburg 1966.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Das elektronenmikroskopische Bild verschiedener Bodentypen. 8th Intern. Congress of Soil Science, Bucharest, Romania, 1964, Vol. III, Commission VII (soil mineralogy), Paper 6, S. 1125—1133, 1964.
- ROTH, W.: Die Geologie des Marburger Rückens. Unveröff. Dipl.-Arb., Marburg 1964.
- WEYL, R.: Geologischer Führer durch die Umgebung von Gießen. Gießen 1967.

Manuskript eingegangen am 12. 1. 1970

## Der Bentonit vom Roßberg bei Darmstadt

Von

**GEORG AGIORGITIS**, Darmstadt

Mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen

**Kurzfassung:** Von einem Bentonit aus dem Basaltvorkommen des Roßberges bei Darmstadt werden die Ergebnisse der Durchlichtmikroskopie, DTA, Röntgenographie, Ultrarotspektroskopie und der chemischen Untersuchungen mitgeteilt. Die Entstehung wird kurz erörtert.

**Abstract:** A sample of bentonite from the occurrence of basalt from Roßberg, near Darmstadt, has been analysed. The results of transmitted light microscopy, DTA, X-ray diffraction, infrared-spectroscopy and the chemical investigations are to be considered as a short essay.

### Inhalt

Einleitung . . . . .	206
Mikroskopie . . . . .	207
Differential-Thermoanalyse . . . . .	207
Ultrarotspektroskopie . . . . .	207
Röntgenuntersuchung . . . . .	209
Chemische Untersuchung . . . . .	209
Schriftenverzeichnis . . . . .	211

### Einleitung

In den tertiären Vulkaniten des nördlichen Odenwaldes nimmt der Roßberg, 9 km östlich von Darmstadt, eine Sonderstellung ein. Wegen der erheblichen Oberflächenausdehnung des Eruptivkörpers, sowie der Qualität des abgebauten Basaltes, ist dieser seit längerer Zeit einer der größten Aufschlüsse des nördlichen Odenwaldes.

Bei wiederholter Bearbeitung des Basaltes in jüngerer Zeit durch verschiedene Autoren, wie BECKER (1904), KLEMM (1910) und BEISLER (1955), ist der hier in Linsen oder Schlieren im basaltischen Tuff auftretende, leicht rosagefärbte Bentonit nicht beschrieben worden. Die Fundstelle befindet sich gleich nach dem Eingang im Westen des Basaltbruches. Der Bentonit ist unregelmäßig in dem Tuffkörper verteilt. Seine durchschnittliche Größe reicht von einigen Millimetern bis zu einigen

Zentimetern. Größere Mengen des Bentonits sind schwer zu bekommen, da er durch den lockeren Tuff leicht verunreinigt wird. Das Material zeigt das für Bentonit typische seifige Aussehen.

In der vorliegenden Arbeit wird der Bentonit eingehend untersucht und versucht, seine Entstehung kurz zu erläutern.

### Mikroskopie

Für die mikroskopische Untersuchung wurden 2 Gramm von dem Probenmaterial mit destilliertem Wasser und einigen Tropfen Dispergensenlösung eluiert. Anschließend wurde die Probe mit Ultraschall behandelt und bei 105 °C getrocknet. Unter dem Mikroskop ist das Probenmaterial je nach der Partikeldichte lichtbraun bis farblos. Eine aschenartige Struktur ist schwer zu erkennen. Primär sind außer Montmorillonit auch Apatit und Erz zu beobachten. Daneben treten Plagioklase (basisch bis intermediär), sowie etwas Kalzit und Glimmer auf. Vulkanisches Glas ist wenig vorhanden. Als Hinweis für die Genese sind Glas, Plagioklas und Biotit als Relikte zu betrachten (PAULITSCH, 1953).

### Differential-Thermoanalyse

Die DTA-Kurve wurde mit einer Apparatur von Fischer, USA, durchgeführt.

In Abb. 1 sind folgende charakteristische Reaktionen zu sehen:

Endotherm 189 °C Verlust des Zwischenschichtwassers

Endotherm 655 °C Abgabe des Konstitutionswassers

Endotherm 812 °C Abgabe der letzten OH-Ionen und  
Zusammenbruch des Gitters

Exotherm 910 °C Phasenumwandlung (in Spinell).

Der bei 189 °C auftretende Doppelpeak ist für Hydro-Montmorillonite charakteristisch. McCONNEL (1950) nimmt an, daß die bei 812 °C auftretende endotherme Reaktion von der in der Tetraederschicht untergebrachten Hydroxylradikalen stammt.

### Ultrarotspektroskopie

Die Anwendung der Ultrarot-Spektroskopie zur Untersuchung von Tonmineralen ist in den letzten zwanzig Jahren intensiviert worden, da diese Untersuchungsart Klarheit über die Bildungsverhältnisse der OH-Gruppen sowie anderer Moleküle bringt. Sie trägt in Verbindung mit DTA- und Röntgenuntersuchung zur Strukturauflklärung bei.

Das Ultrarot-Spektrum wurde mit einem Perkin-Elmer (125)-Gitterspektrographen aufgenommen. Das Spektrum von Bentonit zeigt im Spektralbereich von 400  $\text{cm}^{-1}$  bis 4000  $\text{cm}^{-1}$  die in Abb. 2 wiedergegebenen Absorptionsbanden auf. Im Bereich von 1000  $\text{cm}^{-1}$  tritt eine starke Absorptionsbande auf, welche charakteristisch für Silikate ist.

Sie ist den Si-O-Si-Valenzschwingungen zuzuordnen. Die schwachen, bei 910  $\text{cm}^{-1}$  auftretenden Banden dürften den Al-Si-Schwingungen zuzuordnen sein. Die OH-

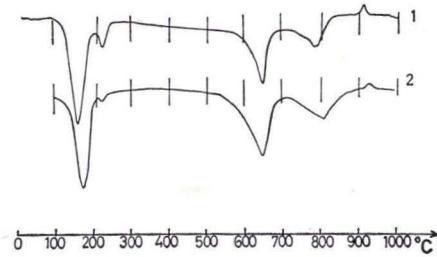


Abb. 1. DTA-Kurven vom Roßberg-Bentonit (1) und des nach GRIM (1953) Tatatila-Montmorillonits.

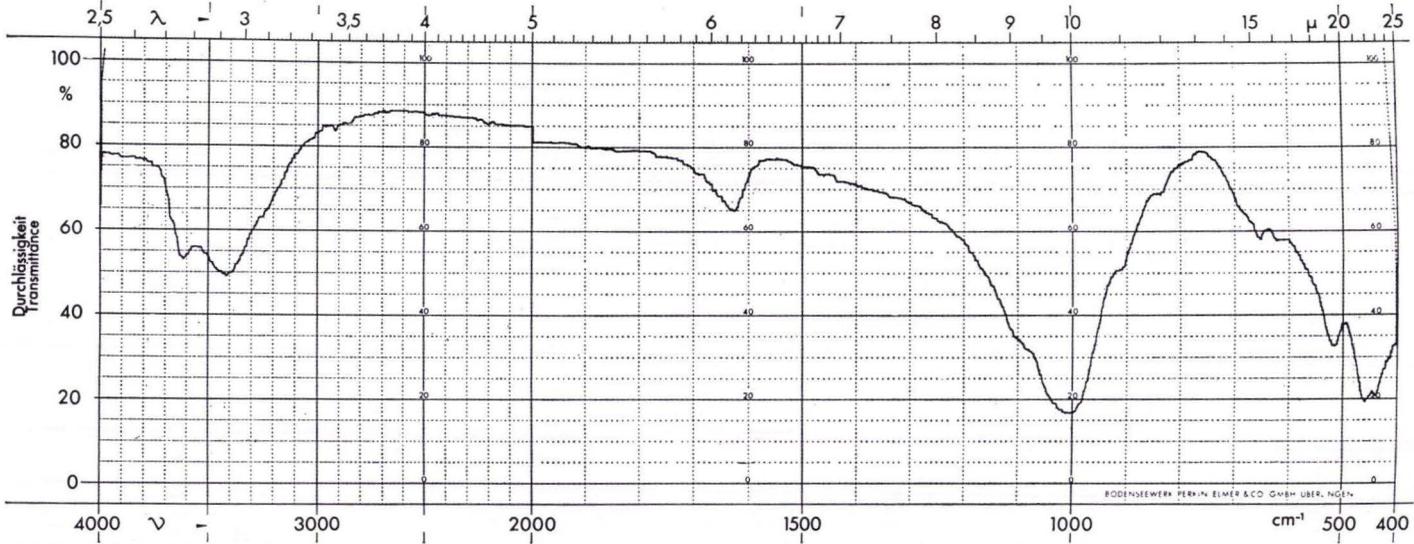


Abb. 2. Ultrasch-Spektrum von Bentonit.

Gruppen lassen sich hier gut unterscheiden, wobei Form und Intensität dieser Banden nicht immer die gleiche ist. Sie werden außerdem mit fortschreitender Entwässerung abgebaut. Die Banden der  $H_2O$ -Moleküle sind durch die OH-Valenzschwingung bei  $3400\text{ cm}^{-1}$  und die Deformationsschwingung bei  $1628\text{ cm}^{-1}$  zu erkennen.

### Röntgenuntersuchung

Zur leichteren Unterscheidung des Bentonits von Mineralien, wie z. B. Illit, wurde außer der normal bei  $105^\circ\text{C}$  getrockneten Probe eine Probe mit Glycerin behandelt und anschließend bei  $90^\circ\text{C}$  getrocknet aufgenommen. Die Auswertung der Diffraktometer-Aufnahmen ergab die in Tab. 1 zusammengestellten Werte.

Tab. 1. Werte der Diffraktometer-Aufnahmen

Normalprobe		mit Glycerin behandelt	
d/nÅ	Int.	d/nÅ	Int.
12,83	s.st.	17,73	s.st.
4,48	m.st.	8,87	schw.
3,54	schw.	4,45	st.
2,97	m.	3,54	schw.
2,54	m.	2,95	m.
2,25	schw.	2,25	schw.
1,71	schw.	1,69	schw.
1,51	m.	1,45	m.st.
1,49	m.st.	1,29	m.
1,29	m.		

Nach HENDRICKS & JEFFERSON (1938) kann die Feuchtigkeit verschieden sein.

### Chemische Untersuchung

Von der Bentonit-Probe (Korngröße  $< 2\mu$ ) wurde eine Vollanalyse gemacht. Die Analysenergebnisse sind nach der Struktur-Formel von ROSS & HENDRICKS (1945) berechnet worden. Außerdem wurden einige Spurenelementgehalte emissionspektrographisch bestimmt. Der Chemismus zeigt Ähnlichkeit mit den zwei zum Vergleich angeführten, rosa gefärbten Montmorilloniten aus Montmorillon (3) und Großer Dolmar (2) nach SCHÜLLER (1953) auf. STRUNZ (1960) berichtet von einem tiefroten Montmorillonit mit einem Mangangehalt von 0,37%. Die Spurenelementgehalte von tuffitischem Muttergestein sind als Vergleich mitanalysiert.

Berechnung der Strukturformel aus der Analyse:

- 1)  $Ca_{.18} Al_{1,45} Fe_{.37} Mg_{.47} Si_{3,76} Al_{.14} O_{10}(OH)_2$
- 2)  $Ca_{.20} Al_{1,43} Fe_{.03} Mg_{.72} Si_{3,84} Al_{.16} O_{10}(OH)_2$
- 3)  $Si_{3,38} Al_{.12} O_{10}(OH)_2 Al_{1,64} Fe_{.05} Mg_{.36} Ca_{.38}$

Die Verteilung der Spurenelemente in Bentonit kann für seine Genese maßgebend sein. In Tab. 2 sind einige Spurenelemente von Bentonit angegeben. Als Vergleich dazu sind die Werte von tuffitischem Muttergestein, angeführt. Es ist zu sehen, daß im Bentonit keines von den angeführten Elementen der zum Vergleich stehenden tuffitischen Proben eine gleiche Konzentration aufweist. Fast alle haben eine Veränderung erfahren. Die Elemente Cr, Co, Cu, Sr, Pb und Mn sind wegen ihrer Mobilität im alkalischen Bereich sehr verdünnt. Ihre Mobilität hängt von der Löslichkeit ihrer Sulfate ab. Ni, V und Zn sind erstaunlicherweise etwas angereichert.

Tab. 2. Analysen des Bentonits von Roßberg

Hauptelemente <sup>1</sup>		Spurenelemente <sup>2</sup>		
in	Gew. %	in		ppm
		tuffitisches		Bentonit
		Muttergestein		
SiO <sub>2</sub>	49,10	Cr	35	25
TiO <sub>2</sub>	0,15	Ni	40	150
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,26	Co	28	10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,20	Cu	25	14
MgO	4,15	V	25	430
CaO	1,70	Zr	120	100
MnO	0,05	Sr	500	100
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	24,57	B	n.d.	30
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>				
	<u>99,18</u>			

<sup>1</sup> Analytikerin E. PREUSS.

<sup>2</sup> Analytiker G. AGIORGITIS.

Es ist bekannt, daß Nickel anstelle des Magnesiums im Olivin- oder Pyroxengitter fixiert ist. Man könnte hier denken, daß das Nickel bei Fällung dreiwertiger Ionen mitgerissen sein könnte. Nickelreiche Montmorillonite sind von VAN VOORTHULJSEN & FRANZEN (1951) beschrieben worden. Ob zur Vanadium-Anreicherung biogene Prozesse beigetragen haben, ist fraglich.

Das Element Bor bleibt hier eher indifferent, da solche Borgehalte in dem Sediment bzw. Verwitterungsbereich charakteristisch sind.

Die vorliegende Untersuchung des Roßberg-Bentonits ist in erster Linie eine Beschreibung des neuen Vorkommens und der Eigenschaften des Bentonits. Seine Entstehung kann im hydrothermalen, sedimentären, sowie im Verwitterungsbereich erfolgen, wobei er im letzteren Falle meist in zersetztem vulkanischen Material in situ gebildet wird.

Man unterscheidet die Bentonite nach der Vormacht der Elemente Al, Ca, Mg, Na usw. — GRIM & KULBICKI (1961) unterscheiden zwei Typen: die Cheto- und Wyoming-Bentonite. Der untersuchte Bentonit dürfte dem ersten Typ ähnlich sein. Außer der DTA läßt der leicht rosagefärbte Bentonit (die leichte Rosafärbung könnte wahrscheinlich von dem in Spuren vorkommenden Element Mangan herrüh-

ren) einige Hinweise für seine Entstehung geben. Das tuffitische, kataklastische Muttergestein und die Feststellung der Verteilung einiger Spurenelemente, sowie die Beobachtung von Glaspartikeln zeigt, daß es sich um ein in situ gebildeten Bentonit handelt. Als Ausgangsmaterial sind mit einiger Sicherheit Feldspäte und vulkanische Gläser anzunehmen.

Herrn Professor Dr. P. PAULITSCH danke ich recht herzlich für die Anregung zu dieser Arbeit.

#### Schriftenverzeichnis

- BECKER, E.: Der Roßbergbasalt bei Darmstadt. — Diss. Univ. Halle, Halle 1904.
- BEISLER, W.: Der Roßbergbasalt und seine Minerale. Neue Beiträge zur Kenntnis der Mineral- und Gesteinswelt des Odenwaldes, II. Folge. — Aufschluß, Sonderh., S. 57 bis 61, Darmstadt 1955.
- GRIM, R. E.: Clay Mineralogy. — Ser. in Geol., New York (McGray-Hill Co.) 1953.
- & KULBICKI, G.: Montmorillonite: High temperature Reactions and Classification. — Amer. Miner., **46**, S. 1329—1369, 1961.
- HENDRICKS, S. B. & JEFFERSON, M. E.: Structures of Kaolin and Talcphyrophyllite Hydrates and their bearing on water sorption of the clays. — Amer. Miner., **23**, S. 863 bis 875, 1938.
- KLEMM, G.: Odenwald. — Samml. geol. Führer, **15**, 1910.
- PAULITSCH, P.: Relikte in steirischen Bentoniten. — Mitt. Natur. Ver. Steiermark, **78**, S. 20—24, 1953.
- ROSS, C. S. & HENDRICKS, S. B.: Minerals of the montmorillonite group, their origin and relation to Soils and Clays. — U.S.G.S., Prof. Paper 205 B, S. 23—79, Washington 1945.
- SERRATOSA, S. M. & BRADLEY, W. F.: Determination of the orientation of OH-bond axes in Layer Silicates by Infrared Absorption. — J. Phys. chem., **62**, S. 1164—1167, 1958
- SCHÜLLER, A.: „Eine natürliche Mineralsynthese von Montmorillonit in Nephelinbasalt des Großen Dolmar bei Meiningen“. — Hdbg. Beitr. Min. Petr. Bd. 3, Heidelberg (1953), S. 472—494.
- STRUNZ, H.: „Die Kluft- und Drusenminerale der Fichtelgebirgsgranite“. Der Aufschluß, 11, Heidelberg (1960), S. 245.
- VOORTHUIJSEN, VAN & FRANZEN, J.: Rec. Trav. Chim. Pays-Bas., **70**, S. 793, Amsterdam 1951.

Manuskript eingegangen am 9. 9. 1969

## Hydrogeologische Neuerkenntnisse in Nordhessen\*)

Von

**ALFRED FINKENWIRTH**, Wiesbaden

Mit 1 Abbildung, 8 Tabellen und den Tafeln 13–14

**Kurzfassung:** Durch die rege Wassererschließungstätigkeit im vergangenen Jahrzehnt konnten in Nordhessen zahlreiche Neuerkenntnisse auf hydrogeologischem Gebiet gewonnen werden, insbesondere auch über Zusammenhänge zwischen „Subrosions-Tektonik“ und Brunnenleistung. Aus den zahlreichen Bohrungen ergab sich aber auch eine wertvolle Bereicherung der geologischen und hydrochemischen Kenntnisse, aus denen auf die primäre und rezente Steinsalzverbreitung in der Zechsteinabfolge geschlossen werden konnte. Es werden charakteristische Brunnendaten von ausgewählten Gebieten, aufgeschlüsselt nach Mittlerem und Unterem Buntsandstein, nach Unterabteilungen des Mittleren Buntsandsteins und nach der strukturellen Position gegeben. Abschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse in einem großräumigen Rahmen auf ihre Gültigkeit überprüft. Die besonderen Anforderungen an die Erschließungstechnik in den in hydrogeologischer Hinsicht als schwierig einzustufenden Gebieten Nordhessens (natürliche Grundwasserversalzung, Unterschiede in der Lithofazies des Buntsandsteins, graduelle Intensitätsunterschiede der echten Tektonik durch Dämpfungseffekt des Salinars auf die Untergrundtektonik, Alter der Subrosion und der dadurch hervorgerufenen Pseudotektonik usw.) haben auf die Entwicklung der Bohrtechnik befruchtend gewirkt. Ein kurzer Überblick über den heutigen Stand der technischen Entwicklung wird angefügt. Die Erschließungsaussichten in den anderen, nicht aus Buntsandstein bestehenden Formationen werden kurz behandelt.

**Abstract:** During the last decade, increased activity in groundwater exploration in northern Hesse has resulted in a number of new scientific findings with regard to hydrogeology, especially concerning the relationship between ‘pseudo-tectonics’ caused by the subterranean solution of rock salt and the yield of wells. Drilling results and hydrochemical analysis enabled the author to reconstruct primary and recent occurrence of Zechstein-rock salt in the underground. Characteristical well data of selected areas, classified according to penetrated formations and structural position are being provided. Finally, in order to check the validity, these new findings have been applied to a larger area. In northern Hesse, a rather complicated area in hydrogeological respects (natural groundwater salinity, differences in litho-facies of the Buntsandstein, gradually different intensity of tectonics due to the damping effect of the rock salt on the structural deformation of the deeper underground, time of origin of the ‘pseudo-tectonics’ caused by the dissolving of the rock-salt

---

\*) Nach einem Vortrag, gehalten bei der Monatsversammlung der DGG am 24. 11. 1966 in Wiesbaden.



Brunnenleistungen, Salzverbreitung, Subrosion und Tektonik im Gebiet Hersfeld-Rotenburg



Leistungsfähige Brunnen in NE-Hessen in Abhängigkeit von Tektonik, Subrosion u. durchbohrten Schichten

- Variszisch gefaltetes Gebirge
- ▨ Basaltrand des Vogelsbergs
- ▧ Heutige Verbreitungsgrenze des Werra-Salinars
- ▨ Rand d. Hessischen Tertiär = senke
- Störungen
- ▨ Grabenbrüche
- ▨ Horste

- Brunnen mit Leistungen von > 8 l/s in
- Mittlerem Buntsandstein allgemein
  - Solling-Folge
  - ⊕ Volpriehausen- bzw. Eichsfeld-Sandstein
  - ⊙ Unterem Buntsandstein
  - durch "Subrosions-Tektonik" beeinflusst



etc.), the special requirements of the exploitation technique have had a stimulating effect on the development of drilling methods. A brief survey on the latest state of technical development follows. The chances of groundwater exploitation in other than Buntsandstein formations are summarized.

Résumé: L'exploitation intense d'eau souterraine pendant les derniers 10 ans dans la Hesse septentrionale amenait à de nombreuses connaissances nouvelles hydrogéologiques, qui éclairaient en particulier les rapports entre la «pseudo-tectonique», causée par dissolution de l'halite dans le sous-sol, et le rendement des puits. Mais aussi les nombreux forages augmentaient les connaissances géologiques et hydrochimiques, ainsi permettant des conclusions relatives à l'étendue primaire et récente de l'halite dans la suite des couches du Zechstein. Des données caractéristiques de puits, se trouvant en régions choisies et classifiées d'après les formations forées et la structure tectonique, sont rapportées. Finalement, l'admissibilité des connaissances reçues est vérifiée en les employant une région plus vaste. Les exigences spéciales posées à la technique de l'exploitation dans les régions septentrionales de la Hesse, très difficiles à l'égard de la hydrogéologie (salinité naturelle de l'eau souterraine, différences dans le lithofaciès du grès bigarré, différences graduelles dans l'intensité de la tectonique, causées par l'effet d'affaiblissement des couches de sel sur la déformation des structures plus basses, âge de la «pseudotectonique» causée par dissolution de l'halite, etc.), donnaient de fortes impulsions au développement des méthodes de forage. La situation actuelle du développement technique est résumée. Enfin, les chances de l'exploitation dans les autres formations géologiques, non composées de grès bigarré, sont discutées.

### Inhalt

Vorwort . . . . .	213
Einleitung . . . . .	214
Unterwerra-Gebiet . . . . .	215
Subrosion der Zechsteinsalze . . . . .	215
Hydrogeologie und Subrosion . . . . .	217
Hydrochemie und Subrosion . . . . .	218
Primäre Steinsalzverbreitung und Subrosion . . . . .	219
Tektonik, „Subrosions-Tektonik“ und Stratigraphie . . . . .	220
Gebiet Hersfeld-Rotenburg . . . . .	221
Subrosion der Zechsteinsalze . . . . .	221
Hydrogeologie und Subrosion . . . . .	222
Hydrochemie und Subrosion . . . . .	224
Tektonik, „Subrosions-Tektonik“ und Stratigraphie . . . . .	225
Großräumige Betrachtung . . . . .	226
Bohrtechnik . . . . .	229
Bohrtiefen . . . . .	230
Andere Formationen . . . . .	231
Folgerungen . . . . .	232
Schriftenverzeichnis . . . . .	233

### Vorwort

Nach dem 2. Weltkrieg sind in Nordhessen zahlreiche Grundwasservorkommen neu erschlossen worden, wobei die Bohrtätigkeit insbesondere seit Ende der fünfziger Jahre stark zugenommen hat. Das ist einmal dadurch begründet, daß der allgemeine wirtschaftliche Aufschwung dieses Gebiet verhältnismäßig spät erreicht hat. Zum anderen ließen sich durch verstärkte Anwendung des Rotarybohrverfahrens in der Wassererschließungstechnik größere Tiefen schneller und mit geringerem Investitionsrisiko erreichen.

Herr Prof. Dr. UDLUFT (†) hat das behandelte Gebiet von 1945—1959 hydrogeologisch betreut. In manchen Fällen wird daher im folgenden über hydrogeologische Erschließungsarbeiten berichtet, die noch auf seine Vorschläge zurückgehen. Seit 1957 ist Verf. ebenfalls in Nordhessen auf dem hydrogeologischen Fachgebiet tätig und hat seit dieser Zeit rund 100 Tiefbrunnen angesetzt und eine weit darüber hinausgehende Zahl hydrogeologisch betreut. In diesen Zeitraum fällt auch die Anlage neuer und wesentliche Erweiterung schon bestehender Wasserwerke, wie z. B. Stadt Kassel, Wasserverband Gruppenwasserwerk Fritzlar-Homburg, Stadt Bad Sooden-Allendorf, Stadt Eschwege, Zweckverband Meißner-Verbandswasserwerk, Stadt Melsungen, Stadt Rotenburg a. d. Fulda, Stadt Bebra, Stadt Bad Hersfeld, Wasserbeschaffungsverband Ostteil Kreis Hersfeld, Zweckverband Gruppenwasserwerk Praforst (Stadt Hünfeld und Umgebung) und Gruppenwasserwerk Vorderrhön. Auch der Auf- und Ausbau größerer Industrierwasserversorgungen, wie z. B. Farbwerke Hoechst AG, Werk Bad Hersfeld, Wintershall AG, Kaliwerk Heringen, Vereinigte Kaliwerke Salzdettfurth AG, Werk Hattorf, Philippsthal/Werra und Gummiwerke Fulda GmbH., erfolgte in den letzten 12 Jahren. Es erscheint daher an der Zeit, eine erste Bilanz zu ziehen.

Für wertvolle Anregungen und Hinweise danke ich Fräulein Dr. MOTZKA und den Herren Dr. RÖSING, Dr. KUPFAHL, Dr. REUL, Dr. LAEMMLEN, Dr. HÖLTING und Dr. RAMBOW.

### Einleitung

Nordhessen ist ein geologisch vielgestaltig aufgebautes Gebiet, das weitflächig sehr intensiv von germanotyper Tektonik geprägt ist. Beherrschend sind die großen Buntsandsteinflächen, die aber häufig von tektonischen Gräben unterbrochen werden, in die Muschelkalk, Keuper und z. T. auch Lias eingesenkt sind. Im Untergrund sind in weiten Gebieten Zechsteinsalze verbreitet. Tertiäre Ablagerungen kennzeichnen junge Senkungsgebiete. Variszisch gefaltete Sedimente sind ebenso wie kleinere Aufbrüche von Rotliegendem am geologischen Aufbau Nordhessens beteiligt.

Vielgestaltig wie der geologische Bau sind auch die Vorkommen und physikalisch-chemischen Erscheinungsformen des unterirdischen Wassers. Das Aufsuchen von Grundwasservorkommen ähnelt in manchen Zügen der Erdölexploration. Der vielleicht bis Anfang der 30er Jahre noch gültige Spruch: „Oil is where you find it“ ist durch die Erfolge der modernen Erdölgeologie längst überholt. Daß sich auch bei der Aufsuchung, Erschließung und Beurteilung von Grundwasservorkommen eine ähnliche Entwicklung vollzogen hat, soll anhand einiger Beispiele gezeigt werden.

Für die Wassererschließung hat der Buntsandstein in Nordhessen von allen Schichtgliedern die größte Bedeutung. Mittels Bohrbrunnen lassen sich aus ihm in hydrogeologisch günstigen Gebieten größere Wassermengen von einwandfreier chemischer Beschaffenheit erschließen. In diese Schichtenfolge sind daher die meisten Brunnenbohrungen niedergebracht, und zwar vornehmlich in den Mittleren Buntsandstein.

Der Untere Buntsandstein ist gegenüber dem Mittleren Buntsandstein bedeutend toniger und die Sandsteine sind feinkörnig. Die für den Mittleren Buntsandstein charakteristischen Grobsandsteinbänke fehlen. Klüfte und Störungen sind oft tonig verschmiert. So wurde der Untere Buntsandstein lange Jahre hindurch als schlechter Grundwasserleiter angesehen. In den letzten Jahren hat sich immer mehr die Notwendigkeit ergeben, auch in Schichten des Unteren Buntsandsteins Grundwasser zu erschließen, was in vielen Fällen Erfolg gehabt hat. Als Beispiel sei hier das Unterwerra-Gebiet angeführt.

**Unterrerra-Gebiet**

(Abb. 1)

Wichtige tektonische Einheiten dieses Gebietes sind der Eichenberg-Gothaer Graben, die Muschelkalkhochfläche der Gobert, der Unterrerra-Sattel, ein Aufbruch variszisch gefalteter Sedimente, der Graben von Netra, die Muschelkalkhochfläche des Ringgaus und der Graben von Sontra.

Eine der schwierigsten Aufgaben in diesem Gebiet war es, die Wasserversorgung der Stadt Eschwege sicherzustellen, die bis vor wenigen Jahren ein 70° dH hartes Wasser in ihr Leitungsnetz einspeiste. Dieses Wasser wurde den Sanden und Kiesen der Werra-Talaue entnommen, die z. T. von Zechsteingipsen unmittelbar unterlagert werden.

Nach einem gutachtlichen Vorschlag von DAMMER & UDLUFT (1947) brachten die Stadtwerke Eschwege im Schlierbachswald, einem aus Mittlerem Buntsandstein aufgebauten Gebiet, vier Brunnen in den Mittleren Buntsandstein nieder, aus denen sich auf die Dauer etwa 21 l/s entnehmen lassen (Brunnendaten Tab. 7). Das in ihnen erschlossene Grundwasser fließt in erster Linie aus dem Basis-Sandstein des Mittleren Buntsandsteins, dem Volpriehausen-Sandstein, zu. Herr Direktor Lüttich, Stadtwerke Eschwege, hat mit einem selbst konstruierten Flügel nach Art des Flow-Meters festgestellt, daß aus dem Unteren Buntsandstein nur ganz geringe Wassermengen in die Brunnen eintreten.

Die Stadtwerke Eschwege brachten dann weitere bis maximal 70 m tiefe Bohrungen am südlichen Werratalhang im Gebiet von Aue nieder, einem aus Unterem Buntsandstein aufgebauten Gebiet. Die hier gebohrten Brunnen erbrachten sehr große Leistungen, bis zu 35 l/s. Durchschnittlich werden in Brunnen im Unteren Buntsandstein Leistungen von 2–4 l/s erzielt. Häufig sind auch Leistungen von weniger als 2 l/s erreicht worden. Diese Werte entsprechen etwa auch den Angaben von HOPPE (1961) für das benachbarte Thüringer Gebiet.

Tab. 1. Brunnendaten Wasserwerk Aue östlich Eschwege

Bezeichnung	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Aue 1	70	27,8	7,92	3,6
Aue 2	65	34,7	8,45	4,1
Aue 3	50	16,9	8,0	2,1
Aue 4	60	26,4	5,6	4,7

**Subrosion der Zechsteinsalze**

In einer Stellungnahme aus dem Jahre 1961 vertrat Verf. die Ansicht, daß die überraschend hohen Brunnenleistungen auf Zerbrechung des Deckgebirges infolge Salzauflösung im Untergrund zurückzuführen seien.

Diese Auffassung hat sich in der Folgezeit bestätigt. — Über die Zechsteinsalzverbreitung war um 1961 nur bekannt, daß in der Bohrung „Großer Kurfürst III“ bei

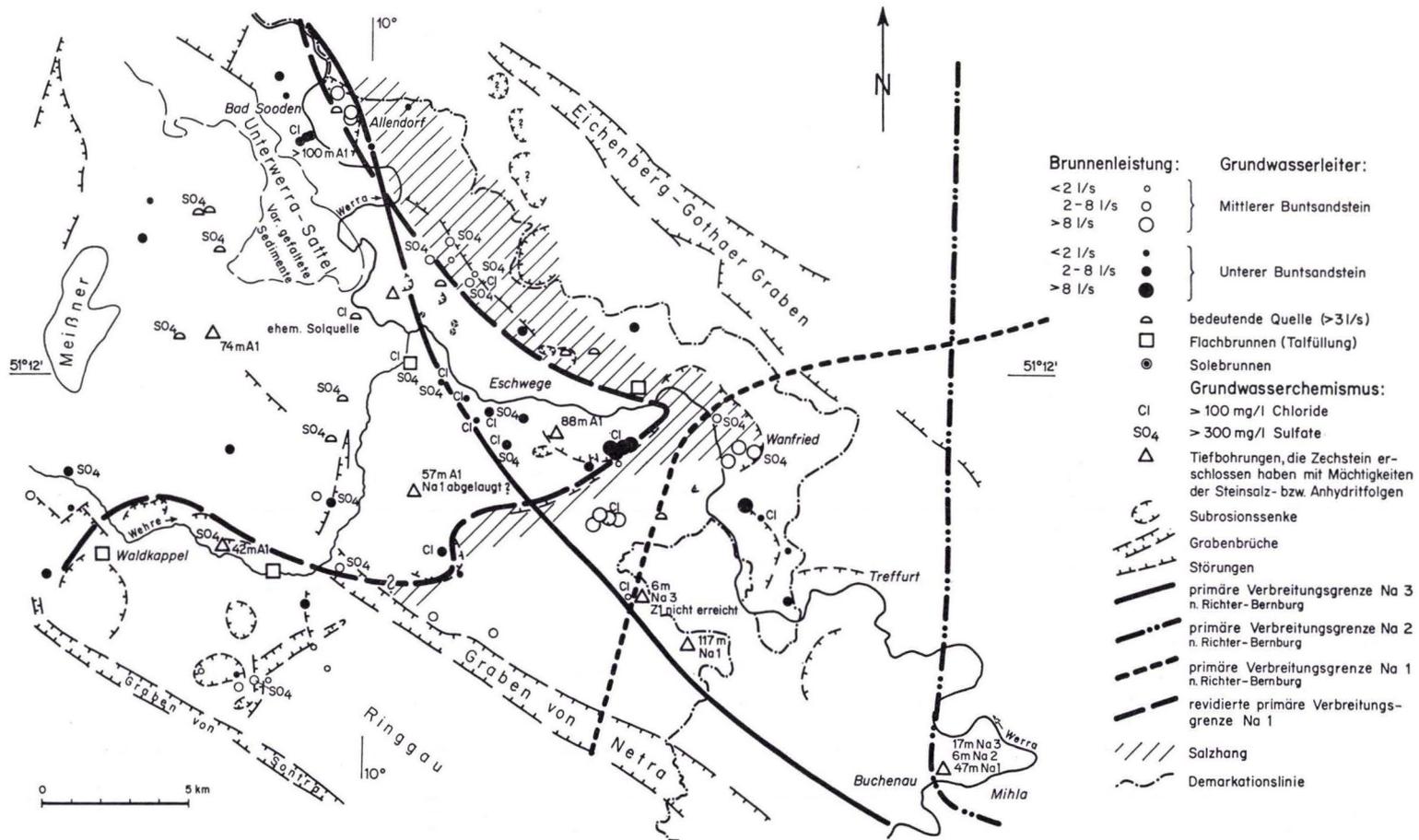


Abb. 1. Brunnenleistungen, Salzverbreitung, Subrosion und Tektonik im Unterwarra-Gebiet.

Rambach 117 m Werra-Steinsalz angetroffen worden war, und daß RICHTER (1941/42) die primäre Verbreitungsgrenze des Werra-Steinsalzes aus dem Gebiet von Richelsdorf herkommend, östlich des Schlierbachswaldes auf Wanfried zu verlaufend darstellte. Das westlich dieser Grenze gelegene Gebiet sollte primär salzfrei gewesen sein, und es sollte im Zechstein I nur zur Ausscheidung mächtiger Sulfate gekommen sein. Bei Geländebegehungen konnten jedoch am NW-Rand des Schlierbachswaldes kleinere und größere Subrosionssenken festgestellt werden, die auf Steinsalzauflösung hinwiesen. Im Gebiet von Jestädt, in größerer Nähe des Zechsteinausbisses, waren kleinere Senken und Erdfälle zu beobachten, die auf Gipsauflösung zurückgeführt wurden.

Im Jahre 1961 kartierte KUNZ unter der Leitung von Herrn Dr. Rösing in dem Bergland zwischen Werra und Demarkationslinie und erkannte ebenfalls eine größere Subrosionssenke nördlich Jestädt (KUNZ, 1962). Nach der Kartierung von KUNZ (1962) sind hier große abgerutschte Muschelkalkschollen verbreitet. Erscheinungen dieser Art sind auch aus anderen Subrosionsgebieten bekannt. Als große Subrosionssenke, die auf Steinsalzauflösung zurückgeht, dürfte ihrer morphologischen Form nach auch die Senke von Kella in der DDR anzusprechen sein. Die verschiedenen Stadien der Subrosion, mit Übergang vom Gipslösungsbereich zum Steinsalzlösungsbereich, die WEBER (1967) für den Salzhang aufstellte, sind hier also verwirklicht.

Bei einer Begutachtung einer südlich des Bahnhofs Schwebda am Rande der Werratalaue austretenden Quelle fiel auf, daß sich selbst in der Werratalaue Geländedepressionen zeigen, die Verf. auf Subrosion zurückführt.

Mit einer Bohrung für die Gemeinde Neuerode wurde eine Subrosionssenke angebohrt, in die Röt-Folge und Mittlerer Buntsandstein eingebrochen waren, so daß die Bohrung wegen übergroßer Wasserhärte — die Röt-Folge ist in diesem Gebiet besonders stark gipsführend — abgebrochen werden mußte.

In der Versuchsbohrung Altenburschla 1 südlich von Wanfried wurden Wässer mit erhöhten Chloridgehalten erschlossen. In der Brunnenbohrung Altenburschla wurden 46 m mächtige quartäre Ablagerungen über Unterem Buntsandstein angetroffen, die als Schuttffüllung einer Subrosionssenke gedeutet wurden.

Aus diesen Bohrergebnissen ergab sich dann auch die Suche nach morphologisch erkennbaren Subrosionsstrukturen, die auch tatsächlich im Werratal zwischen Heldra und Wanfried nachzuweisen waren. Verbreitet sind hier auffällige Talweitungen und morphologische Steilhänge, deren Ursprung auf Subrosionserscheinungen zurückgeht.

### Hydrogeologie und Subrosion

Typisch für das durch Subrosion stärker beanspruchte Gebiet ist auch das Auftreten weniger, aber stark schüttender Kluftquellen, auf die sich der Grundwasserabfluß aus den verhältnismäßig quellenarmen Gebieten mit hoher Versickerungsrate konzentriert. Als Beispiele seien hier die folgenden Quellen genannt:

Quelle südlich Bahnhof Schwebda bei R 35 76 59 H 56 74 88

Quelle Wolfsborn bei Schwebda bei R 35 77 32 H 56 75 00

Quelle der Gemeinde Jestädt im Schambachtal bei R 35 72 35 H 56 77 13

Quelle Rockenroth der Stadt Bad Sooden-Allendorf R 35 68 84 H 56 82 84.

Sehr leistungsfähige Brunnen befinden sich in Wanfried am Südrand einer ebenfalls als Subrosionsstruktur gedeuteten Talweitung. In einer ähnlichen Position wurde der Bohrbrunnen der Gemeinde Altenburschla angesetzt. Auch die von Herrn Dr. W. Pickel, Kassel, für die Stadt Bad Sooden-Allendorf im Quellgebiet Rockenroth und am Heuerkopf angesetzten Brunnen dürften am Rand einer Subrosionssenke stehen.

Charakteristisch für Salzhanggebiete und Subrosionssenken sind auch Flachbrunnen mit sehr guter Leistung, die unter der Talfüllung nur wenig tief in den Buntsandstein eintauchen. In vielen Fällen muß angenommen werden, daß hier in sehr starkem Maße Grundwasser aus dem Buntsandstein in die Talfüllung übertritt, wie z. B. bei den Flachbrunnen des Wasserverbandes Werratal in Frieda, der Gemeinde Bischhausen, Landkreis Eschwege, und der Stadt Waldkappel.

Tab. 2. Brunnendaten Altenburschla (Unterer Buntsandstein), Bad Sooden-Allendorf (Mittlerer Buntsandstein), Wanfried (Mittlerer Buntsandstein)

Bezeichnung des Tiefbrunnens	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Gem. Altenburschla, Krs. Eschwege	93	6,9	1,0	6,9
Bad Sooden-Allendorf Br. 1	91	11	33	0,30
Bad Sooden-Allendorf Br. 2	90	9,3	45,0	0,21
Bad Sooden-Allendorf VB Heuerkopf	103	13,8	2,4	5,8
Wanfried Spinnhütte	51,99	9,7	9,55	1,02
Wanfried Leistersberg	80,2	8,1	0,5	16,2
Wanfried Roter Rain	70,0	6,8	0,8	8,5

### Hydrochemie und Subrosion

Eine Begleiterscheinung der rezenten Subrosion sind die chloridischen und sulfatischen Wässer, die in den Buntsandstein aufsteigen. Erhöhte Chloridgehalte fanden sich in den Wässern der Versuchsbohrung Altenburschla 1, der Kernbohrung Schlierbachswald ab 200 m Tiefe im Unteren Buntsandstein, der Brunnenbohrungen Aue der Stadtwerke Eschwege in Tiefen über 70 m, verschiedener Tiefbrunnen im Stadtgebiet von Eschwege und der ehemaligen Flugplatzbrunnen der Stadt Eschwege. Nach WEISS (1851) lag bei Niederhone (heute Ortsteil der Stadt Eschwege) in früherer Zeit eine Solquelle, die zu den Solquellen von Bad Sooden-Allendorf überleitet.

Im sulfatischen Faziesbereich des Zechsteins treten auch in Buntsandsteinbrunnen häufig Wässer mit höheren Sulfatgehalten auf. Starke Karstquellen mit überharten Wässern sind charakteristisch für Gebiete mit zutage anstehendem Zechstein, wie das östliche Meißner-Vorland und das Gebiet Eltmannshausen-Niddawitzhausen. Der Zufluß chloridischer Tiefengrundwässer macht sich allerdings wasserwirtschaftlich nicht so gravierend bemerkbar, wie zunächst anzunehmen wäre. Selbst Brunnen mit einigen hundert mg/l Chlorid haben im Laufe der Jahre keine progressiven Verschlechterungen gezeigt, wenn einigermaßen gleichmäßige Leistungen gefahren wurden. Schwankungen in der Höhenlage der „Grenzfläche“ Süßwasser/Salzwasser durch die in den verschiedenen Jahren unterschiedlich hohe Grundwasserneubildung können

aber Konzentrationsänderungen hervorrufen, wie sie im Werra-Kalirevier für einige Beobachtungspunkte gut belegt sind.

Nach den geschilderten hydrogeologischen und geochemischen Beobachtungen ist eine durch Subrosion besonders stark beeinflusste Zone im Bereich des Werratales zwischen Treffurt (DDR) und Frieda, Landkreis Eschwege, und im Bereich der Gobert auf der nördlichen Werraseite anzunehmen.

### Primäre Steinsalzverbreitung und Subrosion

Eine geologisch interessante Frage ist nun, welche Steinsalz-Folge des Zechsteins im Untergrund diese Subrosions-Erscheinungen hervorruft oder hervorgerufen hat. Damit Formen der geschilderten Art entstehen, muß die der Auflösung unterworfenene Steinsalz-Folge sicher eine Mächtigkeit von 100 m haben, so daß zunächst an die Werra-Folge zu denken ist. Aus dem Werra-Kalirevier setzt sich die Steinsalzverbreitung im Zechstein 1 bis nach Bleicherode in das Südharz-Kalirevier fort. Der genaue Verlauf der primären Verbreitungsgrenze nach RICHTER (1941/42) war bereits in dem Abschnitt „Subrosion der Zechsteinsalze“ erläutert worden.

Die Verbreitungsgrenze des Staßfurt-Steinsalzes, in das in nicht allzu großer Entfernung vom Gebiet Eschwege im Südharz-Kalirevier Kalisalzlager eingeschaltet sind, reicht ebenfalls bis in diesen Raum. In einer Bohrung bei Mihla in der DDR wurde Staßfurt-Steinsalz in einer Mächtigkeit von 6 m angetroffen. Die 100-m-Mächtigkeitlinie liegt allerdings nach RICHTER-BERNBURG (1953) sehr viel weiter östlich. Für das Gebiet westlich Bleicherode werden von RICHTER (1941/42) Mächtigkeiten von 50–80 m und für das Gebiet Langensalza Mächtigkeiten von 30–50 m angegeben. Bei Heiligenstadt zeigt das Steinsalz bereits die typische Rotfärbung, die auf die Nähe des primären Beckenrandes hindeutet. Bei Mihla finden sich rote und grüne Tone im Bereich des Straßfurt-Salinars.

Während des Zechsteins 3 reichte der Rand des Steinsalzablagerungsbeckens auch bis in das Unterwerra-Gebiet. Allerdings dürfte das Leine-Steinsalz hier noch sehr geringmächtig sein. RICHTER (1941/42) gibt für das Gebiet südlich der Linie Göttingen-Bleicherode weniger als 50 m Steinsalzmächtigkeit an. In der Bohrung „Großer Kurfürst II“ bei Weißenborn wurden 6 m Steinsalz angetroffen.

Die Steinsalzmächtigkeiten des Staßfurt- und Leinezyklus sind also wahrscheinlich zu gering, als daß die geschilderten Erscheinungen auf Subrosion dieser Schichtglieder zurückgeführt werden könnten. Es ist vielmehr anzunehmen, daß der Ablagerungsraum des Werra-Steinsalzes doch eine andere Umgrenzung hatte als bisher angenommen wurde. Wahrscheinlich hat nördlich der Werra eine Ausstülpung des primären Beckenrandes nach NW bestanden, dessen weiterer Verlauf durch die Grenzziehung nicht näher verfolgt werden kann. RICHTER räumt 1941/42 bereits die Möglichkeit ein, daß aus der Gegend von Eschwege oder Heiligenstadt eine schmale Verbindung vom Thüringer Becken nach Westen zur Weser-Senke bestanden hat, und daß hier Salzsedimente in einem schmalen Streifen über die Eichsfeld-Schwelle hinweggegriffen haben. Nun haben allerdings die in den letzten Jahren in der Weser-Senke niedergebrachten Aufschlußbohrungen „Reinhardswald 1“, „Dransfeld 1“ und „Solling 1“ kein Werra-Steinsalz angetroffen, so daß diese Hypothese in Frage zu stellen ist.

Die primäre Verbreitungsgrenze des Werra-Steinsalzes wird unter der Gobert von einem noch nicht weit beckenwärts vorgeschrittenen Salzhang begleitet. Die Herkunft der hochkonzentrierten Kochsalzsole von Bad Sooden-Allendorf wäre demnach in einem nicht allzu weit entfernten Lösungsbereich des Werra-Steinsalzes zu suchen. Unter dem Schlierbachswald wäre das Werra-Steinsalz noch vorhanden, wofür auch der innere Aufbau dieses Gebietes spricht. Nach MARTIN (frdl. mdl. Mitt.) handelt es sich um ein tektonisch ruhiges, wenig gestörtes Gebiet. Diese Erscheinung ist auf den Dämpfungseffekt des Salinars auf die Untergrundtektonik zurückzuführen, worauf bei der Besprechung des Gebietes Hersfeld-Rotenburg noch zurückzukommen sein wird.

Im Verlauf des Wehretales und südlich Waldkappel finden sich Subrosionsstrukturen, die ihrer Form und Ausdehnung nach auf Steinsalzauflösung im Untergrund hinweisen. Es wird daher der Schluß gezogen, daß nicht nur unter dem Schlierbachswald, sondern auch in diesem Buntsandstein-Bergland zwischen der Wehre und dem Graben von Sontra einmal Werra-Steinsalz vorhanden gewesen sein muß.

Südlich des Grabens von Sontra ist die primäre Salzverbreitung noch nicht näher untersucht. Immerhin ergibt sich aus der hier dargelegten Auffassung schon eine gute Unterstützung für die Annahme einer diapirischen Entstehung der auf den Grabenrändern eingeklemmten Zechsteinschollen (MARTINI 1955, S. 834).

Somit ist es also möglich aufgrund der fossilen Subrosionsstrukturen, die außerhalb der heutigen Salzverbreitungsgrenze liegen, die primäre Steinsalzverbreitung im Untergrund zu rekonstruieren. Der primäre Rand des Werra-Steinsalzbeckens würde in diesem Gebiet die herzynische Kontur des Unterwerra-Sattels nachahmen. Durch Kombination geologischer, hydrogeologischer, hydrochemischer und morphologischer Methoden scheint die Annahme wahrscheinlich, daß am NW-Rand des Schlierbachswaldes und unter der Gobert eine Art Salzhang ausgebildet sein muß. Das Werra-Steinsalz reicht in einer verhältnismäßig großen primären Mächtigkeit von etwa 100 m an das Eichsfeld heran und unterliegt der Subrosion. Die Werra folgt unterhalb Mihla (DDR), ähnlich wie die Fulda zwischen Bad Hersfeld und Bebra, in ihrem Lauf den großen Subrosionssenken. Im Südosten wird dieses Gebiet mächtigerer Werra-Steinsalzentwicklung von der Schwelle von Mihla (DDR) begrenzt.

Diese Erkenntnisse sind von großer hydrogeologischer Bedeutung weil auf dem Salzhang und an den Rändern der Subrosionssenken, wo die Salzauflösung offensichtlich noch nicht zur Ruhe gekommen ist, durch Zerbrechen des Deckgebirges die größten Brunnenleistungen zu erwarten sind.

### Tektonik, „Subrosions-Tektonik“ und Stratigraphie

Das Beispiel des Unterwerra-Gebietes zeigt, daß die echte Tektonik hier offensichtlich nicht die Rolle spielt wie die Pseudotektonik, die durch die Subrosion hervorgerufen wurde. Denn auch die auf Störungszonen angesetzten Brunnenbohrungen wie z. B. die Bohrungen Oetmannshausen, Wichmannshausen und Harmuthsachsen, haben nicht die Ergiebigkeiten gezeigt, wie die Brunnen am Salzhang. Wichtig für den Erfolg der Wassererschließung ist auch das Alter der Subrosion. Gebiete mit rezenter aktiver Subrosion, in denen durch die Ausgleichsbewegungen noch offene Klüfte

und Bewegungsbahnen vorhanden sind, bieten bessere Chancen als Gebiete, in denen die Subrosion schon vor langer Zeit zum Stillstand gekommen ist und durch eine gleichmäßige Setzung des Deckgebirges keine klaffenden Klüfte mehr vorhanden sind. Mit den letztgenannten Bedingungen ist z. B. in dem Gebiet zwischen der Wehre und dem Graben von Sontra zu rechnen, wo die Erschließungschancen nicht so günstig sein dürften wie im Werratal.

Die stratigraphische Position der Brunnenbohrungen spielt in diesem Gebiet nicht die Rolle, wie gemeinhin anzunehmen ist. In subrosiv beanspruchten Gebieten finden sich leistungsfähige Brunnen sowohl im Mittleren als auch im Unteren Buntsandstein, wie das Beispiel der Brunnen des Wasserwerks Aue der Stadt Eschwege (Unt. Buntsdst.) und der Stadt Wanfried (Mittl. Buntsdst.) zeigt.

Auch ein anderer Typ von Brunnenlokationen im Buntsandstein kommt in diesem Gebiet vor, und zwar der Brunnen, der vor einem tektonischen Graben angesetzt wurde. Auf den Grabenrändern ist oft toniger Röt eingeschleppt, der als Grundwassersperre wirkt, so daß die Grundwasseroberfläche hoch liegt. Dazu kommt die Auflockerung in Grabennähe, die solche Lokationen sehr günstig erscheinen läßt. Als Beispiel sei die Brunnenbohrung der Gemeinde Datterode genannt.

Von den 59 im Unterwerra-Gebiet (Abb. 1) in den Buntsandstein niedergebrachten Versuchs- und Brunnenbohrungen erbrachten 34% eine Leistung von  $< 2$  l/s, 46% eine Leistung von  $2 - 8$  l/s und 20% eine Leistung von  $> 8$  l/s.

### Gebiet Hersfeld – Rotenburg

(Taf. 13)

Als zweites Beispiel für den Fortschritt der hydrogeologischen Kenntnis in Nordhessen soll das Gebiet Hersfeld–Rotenburg herausgegriffen werden, zu dem auch der hessische Anteil des Werra-Kalireviers gehört. Das Werra-Kalirevier hat seine besonderen hydrogeologischen Probleme, die in der natürlichen Grundwasserversalzung durch die Subrosion der Zechsteinsalze, der Kaliabwasserversenkung (FINKENWIRTH, 1964, 1967) und in dem hohen Wasserbedarf der Kaliwerke begründet liegen.

#### Subrosion der Zechsteinsalze

Von großer hydrogeologischer und hydrochemischer Bedeutung ist ein rund 300 m mächtiges Steinsalzlager, das dem Zechstein 1 (Werra-Serie) angehört. Dieses Werra-Salinar unterliegt auch heute noch der Auflösung, wie das Auftreten von versalzenen Quellen in diesem Gebiet beweist. Auch macht sich die Salzauflösung in Form von Geländesenkungen bemerkbar, wie z. B. im Salzhanggebiet von Leimbach–Widdershausen (NEUWIRTH, 1959).

Die auf Taf. 13 eingetragene Salzhanginnengrenze, die eigentlich keine Linie, sondern eine Zone mehr oder minderer Breite ist, vermittelt zwischen dem Bereich vollständig intakten Salinars und dem Bereich zunehmender Auflösung. Für die Darstellung der Salzhanginnengrenze wurden Bohrerergebnisse, auf Blatt Hersfeld die von MAYRHOFER (1967) aufgrund seismischer Untersuchungen festgelegte 300-m-Isopache des Werra-Steinsalzes und auf thüringischem Gebiet die seismischen Untersuchungen von

WÜSTNER (1964) herangezogen. Die heutige Begrenzung der Lagerstätte (Salzhangaußengrenze) ist im Norden und Nordwesten durch Bohrungen gut belegt, im Westen z. T. vermutet.

Die Subrosionssenken wurden für das Gebiet des Blattes Hersfeld von LAEMMLEN (1967), für das Gebiet des Blattes Friedewald von LANGE & KAEDING (1961), für das thüringische Gebiet von WÜSTNER (1964) übernommen. Die Darstellung der Subrosionsformen in dem übrigen Gebiet, insbesondere bei Tann, Mecklar-Meckbach, Blankenheim, Bebra und im unteren Mündersbachtal, wurden nach eigenen Untersuchungen vorgenommen. Die Subrosionsformen der letztgenannten Gebiete sind von besonderem Interesse, weil sie außerhalb des heutigen Salzverbreitungsgebietes liegen und z. T. auch außerhalb der bisher angenommenen primären Verbreitungsgrenze des Werra-Steinsalzes. Diese Beobachtungen zeigen, daß das Steinsalzbecken, wie im Unterwerra-Gebiet, sehr dicht an die Hunsrück-Oberharzschwelle, die wenige Kilometer nordwestlich von Bebra durch den variszischen Aufbruch von Baumbach gekennzeichnet wird, herangereicht hat. Aus der Darstellung ist das Ausmaß der außerhalb des heutigen Salzverbreitungsgebietes bereits stattgehabten Subrosion zu erkennen; der Lauf der Fulda ist durch die größeren Subrosionssenken vorgezeichnet (vgl. auch SOBOTH, 1932). Die tektonischen Linien wurden für das Gebiet des Blattes Hersfeld von LAEMMLEN (1967), für das Gebiet des Blattes Friedewald von LANGE & KAEDING (1961) und für das thüringische Gebiet von GRUMBT & LÜTZNER (1966) übernommen.

Durch die während des Pleistozäns fortdauernde Salzauflösung sind in den Flußtäälern oft Sande, Kiese und Subrosionsschutt von anomal großer Mächtigkeit abgelagert worden. Diese mächtigen Pleistozänbildungen können für die Wassererschließung von Bedeutung sein. Die Quartärmächtigkeiten betragen in der im Fuldatale gelegenen Brunnenbohrung der Fa. Gies, Mengshausen (Ldkrs. Hersfeld), 61 m, in der im Werratal gelegenen Versuchsbohrung Spangenberg der Wintershall AG. bei Heringen (Ldkrs. Hersfeld) 49 m und in der im Werratal gelegenen Versuchsbohrung 2 der Gemeinde Obersuhl (Ldkrs. Rotenburg) 40 m.

Auch über die Struktur der Subrosionsformen sind in den letzten Jahren neue Erkenntnisse gewonnen worden. So wurde in der Versuchsbohrung 1 der Stadt Bebra in der Gemarkung Meckbach (Ldkrs. Hersfeld) unter Unterem Buntsandstein in 73 m Tiefe Einsturzgebirge aus Mittlerem Buntsandstein angetroffen. Mit dieser Bohrung wurde also der untere kegelförmig erweiterte Teil einer Einsturzröhre angefahren, in die der früher wesentlich höher liegende Mittlere Buntsandstein eingebrochen ist.

In dem hydrographisch-morphologischen Auszug aus der Top. Karte 1:50 000, auf der die Karte (Taf. 13) entworfen wurde, ist der morphologische Gegensatz zwischen dem Gebiet, in dem das Salz generell noch vorhanden ist, und dem stärker aufgelösten Bereich des Salzhanges und der fossilen Subrosionssenken sehr gut zu erkennen.

### Hydrogeologie und Subrosion

Auf Taf. 13 sind die Brunnen nach ihren Leistungen beim Pumpversuch und nach den erschlossenen Grundwasserleitern klassifiziert. Im Werra-Kalirevier gibt es sowohl von früher her bekannte natürlich versalzene Quellaustritte als auch solche, die

auf den Einfluß der Versenktätigkeit zurückzuführen sind. Auf Taf. 13 sind alle Quellen dargestellt, die eine Beeinflussung durch chloridische Wässer erkennen lassen, sei es mit oder ohne Beimischung von Kaliabwasser.

Die Gemeinden des Werra-Kalireviere werden nach einem Vorschlag von UDLUFT (1954) aus Brunnen im Fulda-Gebiet mit Trinkwasser beliefert. Im Jahre 1955 wurde westlich von Friedewald der erste, 137,7 m tiefe Brunnen des heutigen Wasserbeschaffungsverbandes Ostteil Kreis Hersfeld in den Mittleren Buntsandstein niedergebracht, der eine sehr gute Leistung von 18,1 l/s bei 35,2 m Absenkung (0,51 l/s pro m Absenkung) zeigte. Bei den weiteren Erschließungsarbeiten, die im Jahre 1962 fortgesetzt wurden, mußte noch einiges Lehrgeld gezahlt werden, bis erkannt wurde, daß auch unmittelbar auf dem Salzhang bei entsprechender Vorsicht erfolgreiche Brunnenbohrungen niederzubringen sind. Von Salzwasserzuzflüssen beeinflusste Bohrungen, wie z. B. die Brunnen Hohe Luft und Helfersgrund der Stadtwerke Bad Hersfeld, verschiedene Brunnen im Stadtgebiet von Eschwege, der Brunnen der Gemeinde Rückers am Rand der Subrosionssenke von Hünfeld, einige Brunnen des Wasserwerks Fuldaaue der Stadtwerke Fulda und der Brunnen der Gemeinden Löschenrod, Kerzell und Ziegel, Krs. Fulda, wirkten zunächst abschreckend. Erst nach einigen Versuchsbohrungen mit schlechten Ergebnissen wurde daher empfohlen, Versuchsbohrungen bei der Ruine Gißlingskirche auf dem Salzhang niederzubringen. Die im Unteren Buntsandstein stehenden Versuchsbohrungen wurden als Brunnen ausgebaut und zeigen bei einer Tiefe von 163 m eine Leistung von max. 10 l/s bei 85 m Absenkung (0,12 l/s pro m Absenkung). Die Bohrungen hier anzusetzen, war kein ganz leichter Entschluß, da im Salzhangbereich mit verstärktem Aufstieg versalzener Tiefengrundwässer zu rechnen ist. In etwa 2 km Entfernung von den Brunnen tritt an der Autobahnausfahrt Sorga-Kathus bei der Breitzbachs-Mühle eine Quelle aus, deren Salzgehalt in den letzten Jahren ständig zugenommen hat, was auf eine Beeinflussung durch die Versenktätigkeit zurückzuführen ist.

Von den 109 im Gebiet Hersfeld-Rotenburg (Taf. 13) in den Buntsandstein niedergebrachten Versuchs- und Brunnenbohrungen erbrachten 25% eine Leistung von < 2 l/s, 53% eine Leistung von 2–8 l/s und 22% eine Leistung von > 8 l/s. Eine Aufschlüsselung nach Unterem und Mittlerem Buntsandstein ergibt folgendes Bild:

Unterer Buntsandstein

25%	< 2 l/s
58%	2–8 l/s
17%	> 8 l/s

Mittlerer Buntsandstein

25%	< 2 l/s
49%	2–8 l/s
26%	> 8 l/s

Im Salzhanggebiet von Bad Hersfeld finden sich die leistungsfähigsten Brunnen, die überhaupt im Gebiet Hersfeld-Rotenburg vorhanden sind.

Alle diese Brunnen haben die Eichsfeld-Folge des Mittleren Buntsandsteins erschlossen und sind an den Rand der Subrosionssenke von Bad Hersfeld gebunden. Im Inneren der Subrosionssenke von Bad Hersfeld sind die Brunnenleistungen nicht so groß.

Tab. 3. Brunnendaten Gebiet Hersfeld

Bezeichnung	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Farbwerke Hoechst, Werk Bad Hersfeld Br. 1	100	18,9	14,05	1,34
Stadtwerke Bad Hersfeld Br. Laufholz 1	100	20,4	17,99	1,14
Gem. Rotensee, Krs. Hersfeld	130	15,6	21,79	0,72

Auch im Verbreitungsgebiet des intakten Werra-Salinars sind die Brunnenleistungen, bezogen auf die Absenkung, nicht so groß wie auf dem Salzhang. Örtlich kann aber die irreguläre Salzauflösung eine Rolle spielen. Häufig sind im Gebiet des intakten Salinars Leistungen von weniger als 2 l/s aus 100 m oder tiefer in den Mittleren Buntsandstein niedergebrachten Bohrungen beobachtet worden. Als Beispiele seien die Bohrungen 3, 4 und 5 des Wasserbeschaffungsverbandes Ostteil Kreis Hersfeld, Schenklingfeld 1, Oberbreitzbach 1, Philippsthal 1 und 2 (zwischen Oberbreitzbach und Unterbreitzbach) und Philippsthal-Felsenkeller genannt.

Außerhalb des heutigen Subrosionsgebietes sind leistungsfähige Brunnen an tektonisch zerrüttete Zonen oder fossile Subrosionssenken gebunden. Die hohe Leistung der Tiefbrunnen 1—3 der Stadtwerke Bad Hersfeld im Geisbachtal, ist wahrscheinlich auf besonders starke Zerklüftung im Kreuzungsbereich rheinischer und herzynischer tektonischer Linien zurückzuführen. Ein Brunnen steht im Mittleren, zwei Brunnen stehen im Unteren Buntsandstein. Der im Unteren Buntsandstein stehende Tiefbrunnen 3 der Stadtwerke Bad Hersfeld im Geisbachtal erbrachte eine Leistung von 13,19 l/s bei 11,03 m Absenkung (1,19 l/s pro m Absenkung). Zu erwähnen ist hier auch der Tiefbrunnen 3 der Gemeinde Breitenbach (Landkreis Rotenburg) im Lüdersdorfer Grund und der Tiefbrunnen der Gemeinde Gilfershausen (Landkreis Rotenburg). Beide Brunnen stehen im Unteren Buntsandstein. Außerordentlich große Leistungen im Unteren Buntsandstein wurden auch in 2 Bohrungen der Stadt Rotenburg im Mündersbachtal beobachtet. Die 150 m tiefe Versuchsbohrung 1 erbrachte z. B. eine Leistung von 17,5 l/s bei einer Absenkung von 15,5 m (1,13 l/s pro m Absenkung). Die Bohrungen stehen am Südrand einer großen fossilen Subrosionsstruktur.

Die 120 m tiefe Versuchsbohrung Obersuhl 2 steht im Unteren Buntsandstein nördlich der Salzhangaußengrenze. Aber auch hier scheinen von der Subrosion her noch atektonisch entstandene Klüfte vorhanden zu sein, die neben der mächtigen Pleistozänüberlagerung eine sehr gute Brunnenleistung bewirken. Die Leistung betrug 14,74 l/s bei einer Absenkung von 43,10 m (0,34 l/s pro m Absenkung).

### Hydrochemie und Subrosion

Im Werratal hat sich in den letzten Jahren zwischen Heringen und Widdershausen durch die Versenktätigkeit ein Anstieg der Grenzfläche Salzwasser/Süßwasser vollzogen, so daß diese gebietsweise die Tagesoberfläche erreicht hat. Gebirgseinwärts

biegt die Grenzfläche Salzwasser/Süßwasser aber zur Teufe hin ab. Mit nicht zu tiefen Bohrungen ist es daher durchaus noch möglich, das in diesem Gebiet sich neu bildende Süßwasser abzuschöpfen. Ein deutlicher Gang der Versalzung mit dem Abflußverhalten ist in vielen Fällen zu erkennen.

Im Stadtgebiet von Bad Hersfeld und in der näheren Umgebung befindet sich eine ganze Reihe von Brunnen, die ebenfalls erhöhte Chloridgehalte aufweisen, da die natürlich versalzene Tiefengrundwässer im Bereich der Subrosionssenke in den Buntsandstein aufsteigen. Dasselbe gilt für das Gebiet der Subrosionssenke von Bebra und das Fuldataal bei Mecklar (Landkreis Hersfeld).

### Tektonik, „Subrosions-Tektonik“ und Stratigraphie

Gute Ergebnisse wurden in Tiefbrunnen im Buntsandstein nur dann erzielt, wenn das Gebirge durch tektonische oder atektonische Vorgänge zerbrochen war. Brunnen mit hohen Leistungen bezogen auf die Absenkung sind häufig nicht an tektonische Strukturen, sondern an den Salzhang mit seiner intensiven Zerrüttung des Deckgebirges gebunden. Bevorzugt sind hier Ränder von Subrosionssenken, die durch die Ausgleichsbewegungen auf Zerrung beansprucht sind.

Im Gebiet des intakten Salinars sind atektonische Beanspruchungen dieses Ausmaßes seltener, mit Ausnahme der Ränder großer irregulärer Subrosionssenken. Die Brunnenleistungen sind daher allgemein niedriger als im Salzhangbereich und viele Bohrungen zeigen minimale Zuflüsse. Im Gebiet des intakten Salinars fehlt außerdem eine intensive Deckgebirgstektonik, da das 300 m mächtige Salinar die Verformungen des Untergrundes teilweise bruchlos aufgenommen und aufgrund seines mechanischen Verhaltens abgemildert hat.

An den Salzhang mit rezenter Subrosion schließt sich das heute oder primär salzfreie Gebiet an, in dem die echte Tektonik wieder eine größere Rolle spielt. Brunnen mit guter Leistung sind hier an Störungszonen gebunden. Großräumig gesehen, handelt es sich dabei um rheinische und herzynische Brüche, an denen Rotliegendes und Varistikum westlich der Fulda und im Richelsdorfer Gebirge aus größeren Tiefen bis zutage aufsteigt.

Aber auch in Gebieten, unter denen die Subrosion bereits hindurchgeschritten ist, können atektonisch entstandene Brüche gut wasserwegsame Zonen bilden, sofern diese noch nicht durch eine gleichmäßige Konsolidation wieder geschlossen sind.

Allgemein bieten aber Gebiete mit rezenter aktiver Subrosion, in denen durch die Ausgleichsbewegungen noch offene Klüfte und Bewegungsbahnen vorhanden sind, bessere Erschließungsaussichten als Gebiete, in denen die Subrosion z. B. schon im Tertiär zum Stillstand gekommen ist.

Die stratigraphische Position des Brunnens spielt in diesem Gebiet gegenüber der strukturellen Position erst eine nachgeordnete Rolle. In subrosiv oder tektonisch beanspruchten Gebieten können große Brunnenleistungen sowohl im Mittleren als auch im Unteren Buntsandstein erzielt werden. Verschiedene Grobsandsteine des Mittleren Buntsandsteins, so z. B. Eichsfeld-Sandstein und Rhön-Sandstein, sind im Gebiet Hersfeld bedeutend tonreicher als die entsprechenden Schichtglieder Volpriehausen-Sandstein und Detfurth-Sandstein im Gebiet Kassel. Im Werra-Kalirevier

enthalten die Grobsandsteine oft mehr Tonsteineinlagen als die Wechselfolgen. Die Wechselfolgen sind verhältnismäßig sandig und es fehlen die weiter nördlich entwickelten stark tonigen Endglieder, wie z. B. Detfurth-Ton und Hardeggen-Ton, so daß sich in hydraulischer Hinsicht Mittlerer Buntsandstein ohne Solling-Folge und Unterer Buntsandstein ähnlich verhalten. Auch kommt es dadurch nicht zu so einer so differenzierten Entwicklung von Grundwasserstockwerken wie im Gebiet Kassel.

Ein wichtiger Faktor ist auch das Ausmaß der prae- und frühtertiären Verwitterung, die zu einer Kaolinisierung der Sandsteine geführt hat. Hierdurch werden die Porositäten herabgesetzt. Auf der anderen Seite kann diese kaolinige Verwitterungsrinde des Buntsandsteins als schlecht durchlässige Deckschicht einen guten Schutz gegen Oberflächeneinflüsse bieten.

Die Solling-Folge liegt im Gebiet Hersfeld-Rotenburg fast überall über Vorfluterniveau. Wo das nicht der Fall ist, ist sie ein genau so verlässlicher und guter Grundwasserleiter wie im übrigen Nordhessen. Die Solling-Folge ist die am stärksten sandig entwickelte Folge des Mittleren Buntsandsteins mit entsprechend guter Klüftigkeit. Die Sandsteine sind mittelkörnig bis grobkörnig und oft bindemittelarm. Häufig kommen karbonatische Sandsteine vor. Wenn der karbonatische Zement oder die Karbonatknollen herausgelöst sind, bleiben Lösungshohlräume zurück, die eine gute Porosität hervorrufen. Besonders in tektonischen Gräben, wo die Solling-Folge unter der abdichtenden Röt-Folge in größere Tiefen versenkt ist, lassen sich erfolgreiche Brunnenbohrungen ansetzen. Ein Beispiel ist der Tiefbrunnen der Gemeinde Friedlos (Landkreis Hersfeld). Beim Pumpversuch betrug die Leistung 8,89 l/s bei einer Absenkung von 22,10 m (0,40 l/s pro m Absenkung).

### Großräumige Betrachtung

Die an den Beispielen Unterwerra-Gebiet und Hersfeld-Rotenburg gewonnenen Erfahrungen sollen im folgenden in einer Betrachtung, die ein größeres Gebiet umfaßt, überprüft werden. Dieses Gebiet reicht von der Hessischen Senke im Westen bis zur Demarkationslinie im Osten und vom Leinetalgraben im Norden bis zum Landrücken im Süden.

Grundlage der Betrachtung bildet eine tektonische Karte (Taf. 14), die nach den verschiedensten, nicht ganz gleichwertigen Unterlagen zusammengestellt wurde. In die Karte sind alle in den Buntsandstein niedergebrachten Versuchsbohrungen und Bohrbrunnen eingetragen, die Pumpversuchsleistungen von mehr als 8 l/s aufweisen.

Tab. 4. Daten von Brunnen im Unteren Buntsandstein

Bezeichnung des Brunnens	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Brunnen Untergeis, Krs. Hersfeld	120	22,22	34,41	0,65
Brunnen Ellingerode, Krs. Witzzenhausen	77,0	12,5	32,0	0,39

Neben den bereits erwähnten Brunnen, die im Unteren Buntsandstein größere Wassermengen erschlossen haben, sind noch der Brunnen Ellingerode westlich von Witzenhausen und der Brunnen Untergeis (Landkreis Hersfeld) zu nennen (Tab. 4). Der letztgenannte Brunnen steht nach frdl. mdl. Mitt. von Herrn Dr. Rambow in der Nähe der Weststrandstörung des Kirchheimer Grabens, der sich bis in das Geistal fortsetzt.

Die bereits erwähnte stratigraphische Position „Solling-Folge unter Röt-Folge“ ist in den Randstaffeln und innerhalb der tektonischen Gräben häufig anzutreffen, so z. B. beim Hessisch Lichtenau-Altmosphener Graben, beim Kirchheimer Graben, beim Michelsrombacher Graben, beim Fuldaer Graben, beim Großenlüderer Graben, bei der Grabenzone von Heubach-Thalau-Friesenhausen und bei verschiedenen kleineren Gräben (Tab. 5). An größeren Wasserwerken liegen in derartiger Position das Wasserwerk Fuldaaue der Stadt Fulda (mögliche Spitzenförderung  $7000 \text{ m}^3/\text{d} = 81,09 \text{ l/s}$ ), das Wasserwerk Vogelsberg der Stadt Fulda (durchschnittliche Entnahme ca.  $50 \text{ l/s}$ ) und das im Bau befindliche Gruppenwasserwerk Praforst westlich Hünfeld. Aus den 5 Brunnen des letztgenannten Werkes, die z. T. innerhalb des Michelsrombacher Grabens stehen, wurden beim gemeinsamen Pumpversuch  $7369 \text{ m}^3/\text{d} (= 85,29 \text{ l/s})$  gefördert.

Tab. 5. Daten von Brunnen mit stratigraphischer Position  
„Solling-Folge unter Röt-Folge“

Bezeichnung des Tiefbrunnens	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Wasserverband Witzenhausen Br. 2	120	22,2	60	0,37
Stadt Großalmerode 1965	230	11,1	190,0	0,06
Gem. Epterode, Krs. Witzenhausen	90	13,8	3,05	4,5
Gem. Landefeld, Krs. Melsungen	160	11,1	30,3	0,37
Gem. Altmorschen bei Eubach Krs. Melsungen	230	13,8	123,0	0,11
Gem. Kirchheim, Krs. Hersfeld	100	16,7	21,0	0,8
Gem. Hattenbach, Krs. Hersfeld	122	8,3	43,0	0,19
Gem. Niederellenbach bei Licherode, Krs. Rotenburg	100	13,8	17,35	0,8
Gruppenwasserwerk Praforst Br. 5	160	33,98	30,5	1,11
Br. 4 Gummiwerke Fulda	216,5	21,4	20,4	1,05
Br. 1 Wasserwerk Fuldaaue Stadtwerke Fulda	64,65	14,9	2,2	6,9
Br. 4 Vogelsberg-Wasser- werk Stadtwerke Fulda	119,5	13,6	26,2	0,52

Auch in der Hünfelder Senke, der Fuldaer Senke und der Marbacher Senke ist das Grundwasser der Solling-Folge unter Röt-Überdeckung mit Erfolg erschlossen worden (Tab. 6).

Tab. 6. Daten von Brunnen in Röt-Senken

Bezeichnung des Tiefbrunnens	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Ondal-Werke Hünfeld	117,25	11,6	32,8	0,35
Brunnen Großenbacher Straße Stadtwerke Hünfeld	150,2	9,5	71,8	0,13
Gem. Marbach, Krs. Fulda	75	16,6	31,7	0,52
Kreisbrunnen Künzell, Krs. Fulda	57	13,8	8,85	1,4

Ein sehr guter Grundwasserleiter innerhalb des Mittleren Buntsandsteins ist neben der Solling-Folge der Volpriehausen- bzw. Eichsfeld-Sandstein. Vor allem im westlichen Teil des betrachteten Gebietes haben verschiedene Bohrungen dieses basale Schichtglied des Mittleren Buntsandsteins erschlossen und Leistungen von mehr als 8 l/s erzielt (Tab. 7).

Tab. 7. Daten von Brunnen mit Zufluß aus der Volpriehausen- bzw. Eichsfeld-Folge

Bezeichnung des Tiefbrunnens	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Helsa 1938 II, Krs. Kassel	150,2	22,2	8,8	2,52
Bad Sooden-Allendorf Br. 1	91	11	33	0,30
Gem. Beiseförth, Krs. Melsungen	66,5	9,5	23,95	0,39
Gem. Olberode, Krs. Ziegenhain, Br. 2	100,0	25	38,5	0,65
Gem. Neukirchen, Krs. Ziegenhain	70,0	8,3	4,5	1,84
Wasserverband Obere Eitra, Krs. Hünfeld, Br. 1	182	8,0	57,70	0,14
Stadtwerke Eschwege Br. Schlierbachswald 2	70	27,8	19,1	1,45
Gem. Salmshausen, Krs. Ziegenhain	44	10	21,4	0,47

Aus diesen Beispielen wird die Bedeutung der modernen Buntsandsteinstratigraphie für die Wassererschließung offenkundig, denn erst durch deren Beherrschung war es möglich, einwandfrei festzustellen, ob die betreffende Bohrung z. B. noch im Mittleren Buntsandstein stand oder bereits in den Unteren Buntsandstein eingetieft war. Durch

eingehende Bearbeitung der Bohrproben konnte in vielen Fällen vorausgesagt werden, ob bei Vertiefung der Bohrung ein weiterer gut grundwasserleitender Grobsandstein zu erwarten war oder nicht.

Gerade bei den außerhalb des Salzverbreitungsgebietes niedergebrachten Brunnenbohrungen spielt die stratigraphische Position eine bedeutende Rolle, wenn auch Klarheit darüber bestehen muß, daß hier die Stratigraphie eng mit der Tektonik verknüpft ist, denn die Grobsandsteinpakete reagieren auf tektonische Beanspruchungen mit Brucherscheinungen, die gute Wasserwegsamkeit bedingen. Eine Ausnahme bildet hier die Solling-Folge, in der auch echte Porosität eine wesentliche Rolle spielen kann.

### Bohrtechnik

Die Brunnenbohrtechnik hat durch verstärkte Einführung des Rotarybohrverfahrens in den letzten 10 Jahren einen starken Aufschwung erfahren und in vielen Fällen eine schnellere Aufschließung von Grundwasservorkommen bei vermindertem Investitionsrisiko ermöglicht. Ein sehr starker Anreiz ging dabei gerade von Nordhessen aus, wo z. B. im Kreis Waldeck die Notwendigkeit bestand, sehr tiefliegende Grundwasserleiter (über 200 m Tiefe) zu erschließen (s. a. HÖLTING & GRÖTTCHE, 1965), und wo in den Subrosionsgebieten schnelle und billige Aufschlußbohrungen gefordert wurden, die einen Anhalt über den zu erwartenden Grundwasserchemismus gaben.

In weiten Gebieten Nordhessens wurde angesichts der häufig sehr schlechten Ergiebigkeit des Unteren und Mittleren Buntsandsteins und der schwer vorhersehbaren grundwasserchemischen Verhältnisse die Niederbringung von Versuchsbohrungen im Rotary-Verfahren eine immer häufiger geübte Praxis. So wurden vom Verf. seit 1957 mehr als 80 Versuchsbohrungen mit kleinem Durchmesser angesetzt, die z. T. zur Ausführung der im Vorwort erwähnten 100 Tiefbrunnen führten. In vielen Fällen ermöglichte erst ein Versuchsbohrprogramm, das für die Anlage eines größeren Wasserwerkes wirtschaftlich am besten geeignete Gebiet auszuwählen. Die dabei von der Hydrogeologie gestellten Forderungen haben in der Bohrtechnik besondere Entwicklungen gefördert. Zu erwähnen sind hierbei kleine, mobile Geräte, Bohren mit Klarwasser, Bohren mit Druckluft, Verrohrungen und Zementationen in engen Bohrlöchern, Pumpen mit Druckluftpumpe usw. Viele Anregungen können hierbei vom Hydrogeologen ausgehen, der die möglichen Konsequenzen am besten übersieht. Von Vorteil ist es dabei, wenn er mit den grundsätzlichen Erkenntnissen und Verfahren der Erdölbohrtechnik vertraut ist, da von dieser Seite viele Hinweise empfangen werden können. Der Begriff Versuchsbohrung war in den fünfziger Jahren praktisch identisch mit Kernbohrung, und erst später, als Versuchsbohrungen in immer größerem Umfang notwendig wurden, bürgerte es sich ein, auf Kernstrecken zu verzichten und die Bohrungen lediglich zu weißeln. Hiermit war gegenüber den Kernbohrungen naturgemäß eine erhebliche Kostenersparnis verbunden, außerdem konnten sofort größere Bohrdurchmesser ausgeführt werden, so daß einwandfreie Pumpversuche möglich waren. So werden heute meistens minimale Enddurchmesser von etwa 200 mm verlangt, damit noch der Einbau von Unterwassermotorpumpen ausreichender Leistung möglich ist.

Die Pumpversuche werden meist im unverrohrten Bohrloch durchgeführt. Am Salzhang oder an den Rändern von Subrosionssenken neigen aber viele Bohrlöcher

dazu zusammenzugehen. In diesen Fällen kann der Einbau von Hilfsfilterrohren, meist einfachen gelochten Stahlrohren, notwendig werden.

Eine Versuchsbohrung mit kleinem Durchmesser bietet den Vorteil, daß bei Überbohren der Grenzfläche Süßwasser/Salzwasser eine stufenweise Zementation mit geringerem Kostenaufwand durchgeführt werden kann. Sind die örtlichen Verhältnisse durch eine Versuchsbohrung geklärt, so ist es möglich, sich beim anschließenden Niederbringen einer Brunnenbohrung mit größerem Durchmesser von vornherein darauf einzurichten.

Von Vorteil waren Versuchsbohrungen mit kleinem Durchmesser im Werra-Kalirevier in den Fällen, in denen durch Packerteste geklärt werden sollte, ob der Zufluß sulfathaltiger Wässer aus den hangenden, gipsführenden Schichten der Röt-Folge erfolgt oder auf den Zufluß sulfathaltiger Tiefengrundwässer des tiefen Unteren Buntsandsteins oder des Zechsteins zurückzuführen ist.

Ganz allgemein haben sich geophysikalische Bohrlochvermessungen, besonders das Gammalog, als vorteilhaft erwiesen, wenn anhand der Spülproben eine eindeutige Einstufung der Schichtenfolge nicht möglich war oder wenn über große Strecken Spülungsverluste auftraten. Das Elektriklog kann der Erkennung versalzener Tiefengrundwässer dienen. So konnte im Gebiet Heringen die Salzwasseroberfläche mit Hilfe des Elektriklogs festgelegt werden, und es war eine genaue Bestimmung der erforderlichen Höhe der Zementation möglich.

In neuerer Zeit sind auch Versuchsbohrungen mit noch kleineren Durchmessern von etwa 100—120 mm durchgeführt worden. Die Anwendung dieses Verfahrens ist aber nur in besonderen Fällen möglich, da sich in solchen Bohrlöchern nur Pumpversuche mit Leistungen von 7—10 m<sup>3</sup>/h durchführen lassen. Das Verfahren ist besonders dann brauchbar, wenn lediglich ein Aufschluß über den Grundwasserchemismus und über die Tiefenlage der Grundwasseroberfläche erreicht werden soll.

### Bohrtiefen

Die Bohrtiefen der Buntsandsteinbrunnen sind in den letzten 15 Jahren ständig größer geworden. Wurde vor 15 Jahren eine Brunnenbohrung von 80 m Tiefe noch als tief angesehen, so wurden wenige Jahre später Bohrtiefen von 100—120 m als normal betrachtet, heute sind solche von 160—200 m keine Seltenheit mehr, und in besonderen Fällen, wie in der Hessischen Senke, sind bei mächtiger Röt- und Tertiärüberlagerung auch Tiefen von über 300 m erbohrt worden.

Leider gibt es für die erforderlichen Bohrtiefen keine festen Regeln. Im Gebiet Hersfeld-Rotenburg hat es sich oft gezeigt, daß in der überwiegenden Zahl der Fälle eine weitere Vertiefung keine Erhöhung des Zuflusses gebracht hat, wenn beim Zwischenpumpversuch bei einer Tiefe von 80–100 m nur eine geringe Leistung erzielt wurde, d. h. keine gut wasserwegsamene Klüfte vorhanden waren. Das gilt besonders für den Unteren Buntsandstein oder für die Fälle, in denen die Bohrung in einer feinkörnig-tonigen Wechselfolge des Mittleren Buntsandsteins verbleiben würde. War durch weitere Vertiefung ein gut geklüfteter Grobsandstein zu erreichen, so hat die Vertiefung in Einzelfällen eine erhebliche Verbesserung des Zuflusses gebracht.

### Andere Formationen

Bohrversuche in den devonischen Grauwacken des Unterwerra-Sattels für die Gemeinde Albugen (Landkreis Eschwege) haben gezeigt, daß hier in bezug auf die Wasserleitfähigkeit ähnliche Verhältnisse gegeben sind wie im Schiefergebirgsanteil des Kreises Waldeck (Waldecker Upland). In bis zu 80 m tiefen Bohrungen wurden nur Zuflüsse von max. 1 l/s beobachtet.

In den flächenmäßig nur wenig ausgedehnten Rotliegendengebieten sind bisher keine Brunnenbohrungen niedergebracht worden. Außerdem ist mit einer Infiltration sulfatischer Wässer aus dem Zechstein zu rechnen.

In der Schichtenfolge des Zechsteins kommen verschiedene gute Grundwasserleiter vor. Im Gegensatz zum Gebiet Waldeck sind im ganzen östlichen Teil Nordhessens in den Zechsteinschichten versalzene oder überharte Wässer verbreitet, die für die Trink- und Industriewassergewinnung nicht in Frage kommen. Nur in einem Fall, im Gemeindebezirk Gehau (Landkreis Eschwege), gelang es, aus dem Plattendolomit ein Wasser von noch tragbarer Härte (14 °dH) zu erschließen.

Vom Buntsandstein ist noch der obere tonige Teil, die sog. Röt-Folge zu erwähnen, die als schlechter Grundwasserleiter anzusprechen ist. In weiten Gebieten Nordhessens, vom Unterwerra-Gebiet im Norden bis in das Gebiet von Hünfeld im Süden, ist er gips- und anhydritführend und enthält dann sulfatharte Wässer. Karbonatische Einlagerungen sind weit verbreitet, so daß die hier zuzitenden Wässer auch meist höhere Karbonathärten aufweisen als diejenigen des Mittleren Buntsandsteins. Auf den Mittleren Buntsandstein angesetzte Bohrungen werden aus diesen Gründen im Bereich der Röt-Folge abgesperrt. In Gebieten mit ausgedehnter Röt-Überdeckung ist oft eine Infiltration härterer Wässer aus der Röt-Folge in den Mittleren Buntsandstein zu beobachten. Bohrtechnisch bereitet das Durchbohren der Röt-Folge — besonders im Gebiet Kassel — oft erhebliche Schwierigkeiten, da in diesen Schichten Tone vorkommen, die bei Berührung mit Süßwasser zum Quellen neigen.

Das Grundwasser des Muschelkalks ist nur an wenigen Stellen erschlossen worden, wie z. B. im Unterwerra-Gebiet nördlich Witzenhausen, im Ringgau und in der Kuppenrhön. Das Grundwasser in den häufig verkarsteten Kalksteinen ist einer besonderen hygienischen Gefährdung ausgesetzt, so daß der Wassererschließung aus dem Buntsandstein der Vorzug gegeben wird. Die Gesamthärten liegen ziemlich konstant um 20 °dH, wobei der weitaus überwiegende Anteil auf die Karbonathärte entfällt.

In die Schichtenfolge des Keupers ist nur ein Industriebrunnen in Hess.-Lichtenau niedergebracht, der ein sehr hartes Wasser erschlossen hat.

Tab. 8. Daten von Absenkbrunnen im Tertiär

Bezeichnung	Tiefe in m	Leistung in l/s	Absolute Absenkung in m	Leistung in l/s pro m Absenkung
Tagebau Helenenfeld bei Epterode Br. I	63	16	14	1,14
Tagebau Exbergfeld bei Rommerode Br. I	78	12,5	20,3	0,62

Bohrbrunnen zur Erschließung des in den tertiären Schichten zirkulierenden Grundwassers sind nicht vorhanden. Es hat sich bei der Entwässerung der Braunkohlentagebaue aber gezeigt, daß sich bei geeignetem Brunnenausbau zumindest zeitweilig größere Wassermengen aus diesen feinsandigen Schichten gewinnen lassen (Tab. 8).

Das Grundwasser der quartären Sande und Kiese der Talauen wird nur an wenigen Stellen durch Flachbrunnen erschlossen. Da Flachbrunnen hygienisch stärker gefährdet sind als Tiefbrunnen im Buntsandstein, wird den letztgenannten meist der Vorzug gegeben. Im Werratal besteht außerdem die Möglichkeit, daß versalzene Wässer angezogen werden, wenn ein Uferfiltratanteil von der Werra mitgefördert wird. Oft treten auch gerade in der Werra-Talaue, wie z. B. in Eschwege, überharte oder versalzene Wässer aus dem Untergrund in die Talfüllung über. Der Zufluß ist in den Werra-Kiesen, die überwiegend aus palaeozoischen Geröllen des Thüringer Waldes bestehen, recht beachtlich.

Flachbrunnen in den Fulda-Kiesen bei Bad Hersfeld, Bebra, Rotenburg a. d. Fulda zeigen i. a. keine sehr großen Leistungen ( $< 7 \text{ l/s}$ ). Die Fulda-Kiese bestehen überwiegend aus plattigen Buntsandsteingeröllen und enthalten einen erheblichen Ton- und Schluffanteil.

### Folgerungen

Die geschilderten Erkenntnisse zeigen, daß es für die Wassererschließung im Felsgebirge keine allgemein gültigen Regeln gibt, sondern daß im Einzelfall die besonderen hydrogeologischen Verhältnisse berücksichtigt werden müssen. Der größere Aufwand an Voruntersuchungen bei der Erdölexploration, wie Kartierung, Übertagegeophysik, Bohrlochsgeophysik, Bohrlochsteste und Bohrlochsbehandlungen, wird bei der Grundwassererschließung dadurch z. T. aufgewogen, daß das Grundwasser weiter verbreitet ist. Es ist aber sicher nur eine Frage der Zeit, daß sich diese Methoden, wie in den USA, auch bei der Wassererschließung in der Bundesrepublik mehr und mehr durchsetzen. Weiterhin bleibt es aber die Kunst des Hydrogeologen, im Mittelgebirge die Zonen aufzusuchen, in denen mit guter Durchlässigkeit und damit stärkerem Zufluß zu rechnen ist. Das können tektonisch beanspruchte Gebiete, wie z. B. Grabenschollen und Grabenränder, sein oder durch Subrosion oder Salzauswanderung beanspruchte Gebiete. Durch genaue Erforschung der Paläogeographie des Zechsteins ist es möglich, Brunnenbohrungen gezielter in den von Salzauflösung stärker betroffenen Gebieten anzusetzen. Die Klärung hydrochemischer Verhältnisse, besonders die Erkundung der Tiefenlage der Grenzfläche Salzwasser/Süßwasser ist in diesen Gebieten von großer Bedeutung.

Sehr wichtig ist die genaue Kenntnis von Fazies und Stratigraphie, in Nordhessen besonders der modernen Buntsandsteinstratigraphie, damit bindemittelarme und daher gut poröse oder rein sandige und dabei besser geklüftete Sandsteinabfolgen aufgesucht werden können. Es gibt noch keine unmittelbar Grundwasser anzeigende Instrumente oder Methoden. Versuche, wasserführende Störungs- und Klüftzonen im Buntsandstein durch geoelektrische Untersuchungen festzustellen, haben bisher wenig Erfolg gehabt. Letzten Endes hilft nur detaillierte geologische Arbeit, wobei

sich die Hydrologie möglichst vieler Nachbardisziplinen bedienen muß. Es bleiben aber immer noch Fälle, in denen für die besonders gute oder besonders schlechte Ergebigkeit eines Brunnens keine plausible Erklärung gegeben werden kann.

#### Schriftenverzeichnis

- FINKENWIRTH, A.: Die Versenkung der Kaliabwässer im hessischen Anteil des Werra-Kalireviers. — Z. deutsch. geol. Ges., **116**, 1. T., S. 215—230, Hannover 1964.  
 — Deep Well Disposal of Waste Brine in the Werra Potash Region. — Internat. Ass. Hydrogeologen, Mém., **7**, Kongreß Hannover 1965, S. 123—129, Hannover 1967.
- GRUMBT, E. & LÜTZNER, H.: Störungszonen im Deckgebirge des thüringischen Werra-Kaligebirges und ihre Beziehungen zum Basaltvulkanismus und zur Auslaugung. — Geologie, **15**, S. 531—544, Berlin 1966.
- HÖLTING, B. & GRÖTICKE, W.: Erfahrungen bei Bohrungen im Rotary-Verfahren im Kreis Waldeck. — Bohrtechnik-Brunnenbau-Rohrleitungsbau, **16**, S. 47—51, Berlin 1965.
- HOPPE, W.: Hydrogeologische Karten des Thüringer Beckens. — Wiss. Z. Hochsch. Architektur u. Bauwesen Weimar, **8**, S. 33—42, Weimar 1961.
- LAEMMLEN, M.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5124 Bad Hersfeld, 280 S., Wiesbaden 1967.
- LANGE, P. & KÄDING, K.-CH.: Stratigraphie und Tektonik im Buntsandstein des hessischen Werra-Kaligebietes östlich Bad Hersfeld. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**, S. 242—265, Wiesbaden 1961.
- MARTINI, H. J.: Salzsättel und Deckgebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., **105**, (1953), S. 823 bis 836, 3 Abb., Hannover 1955.
- MAYRHOFER, H.: Isopachenkarte des Werra-Salinars. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5224 Eiterfeld, Taf. 4, Wiesbaden 1967.
- NEUWIRTH, G.: Bewegungsvorgänge im Kalibergbau des Werra-Fulda-Gebietes. Diss. T. U. Berlin 1959.
- RICHTER, B.: Zur vergleichenden Stratigraphie des Zechsteins in Mitteldeutschland. — Kali-Verwandte Salze u. Erdöl, **35** u. **36**, S. 193—197 u. 4—12, Halle 1941/42.
- RICHTER-BERNBURG, G.: Der Zechstein zwischen Harz und Rheinischem Schiefergebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., **105**, S. 876—899, Hannover 1955.
- SOBOTH, E.: Über Salzauslaugung, Tektonik und Oberflächenformen zwischen Westharz und Vogelsberg-Rhön. — Z. deutsch. geol. Ges., **84**, S. 725—732, Berlin 1932.
- WEBER, H.: Die Oberflächenformen des festen Landes. 367 S., Leipzig (B. G. Teubner) 1967.
- WEISS, O.: Über den Ursprung der Solquellen der Kurfürstlich Hessischen Saline Sooden bei Allendorf an der Werra. — Arch. Mineral., Geogn., Bergbau u. Hüttenk., **24**, S. 303 bis 331, Berlin 1851.
- WÜSTNER, L.: Salzauslaugung und Tektonik im Zechstein des Werra-Kaligebietes nach Ergebnissen seismischer Messungen. — Z. angew. Geol., **10**, S. 172—179, Berlin 1964.

#### Unveröffentlichte Gutachten und Berichte

- DAMMER, B. & UDLUFT, H.: Gutachten über die Sicherung des zukünftigen Wasserbedarfs der Stadt Eschwege vom 23. 12. 1947. — Archiv Hess. L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden.
- KUNZ, H.: Geologische Untersuchungen auf Blatt 4726 Grebendorf (Nordhessen). Unveröff. Diplomarbeit Joh. Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt a. M. 1962.
- UDLUFT, H.: Gutachten über die geologisch-hydrologischen Grundlagen einer zusätzlichen Wassererschließung für den Ostteil des Landkreises Hersfeld vom 15. 7. 1954. — Archiv Hess. L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 24. 11. 1969

## Weitere Vorkommen von Sulfatwässern in der Wittlicher Rotliegend-Senke (Südwesteifel)

Von

**KARL ERNST HEYL**, Mainz

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

**Kurzfassung:** Aufschlußbohrungen für die Trinkwasserversorgung in der Wittlicher Rotliegend-Senke und zur Baugrunduntersuchung in Trier haben  $\text{CaSO}_4$ -Mineralwässer und Gipsausscheidungen erschlossen.

Bei Münstermaifeld wurde ein Mineralwasser, jedoch mit normaler Temperatur, erbohrt, das dem von Bad Bertrich bekannten  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -Heilwasser entspricht.

Es werden Herkunftsdeutungen diskutiert und vorläufige Ergebnisse von S-Isotopenuntersuchungen zur Altersbestimmung aller erwähnten Vorkommen mitgeteilt.

**Abstract:** Prospecting-bores for drinkwater-supply in the "Wittlicher Rotliegend-Senke" and for foundation-tests in Trier have revealed  $\text{CaSO}_4$ -mineral waters and segregations of gypsum.

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ -mineral water, as known from Bad Bertrich, however with lower temperature, was found near Münstermaifeld.

Possibilities of origin are discussed and preliminary results of S-isotope-analyses for age-determination of all mentioned occurrences are given.

### Inhalt

Einleitung . . . . .	234
Raum unteres Alfbachtal . . . . .	235
Raum unteres Salmtal . . . . .	239
Raum Trier . . . . .	242
Raum Münstermaifeld . . . . .	242
Möglichkeiten der Herkunftsdeutung . . . . .	245
Zusammenfassung . . . . .	247
Schriftenverzeichnis . . . . .	248

### Einleitung

1962 beobachteten und beschrieben GEIB und HEYL (1963) erstmalig sulfatreiche Wässer aus Sedimenten des Oberrotliegenden im Raume Wengerohr (Wittlicher Senke). Gipsführendes Bohrgut lieferte den Beweis für die Herkunft der Sulfate aus den Kluffüllungen der oberrotliegenden Schiefertone und Sandsteine. Neben den neu

beschriebenen Vorkommen wurden auch Wässer mit hoher Sulfatkonzentration von Wittlich und Altrich erwähnt. Etwa zur gleichen Zeit niedergebrachte Trinkwasserbohrungen aus dem östlichsten Teil der Senke — Raum Bengel — besaßen keine gips-haltigen Kluftbestege; die Sulfatkonzentration war normal.

In der Zwischenzeit wurden durch das Geologische Landesamt Rheinland-Pfalz (1964, 1965) im Auftrage des Kreisbauamtes Wittlich weitere Trinkwasserbohrungen zwischen Bengel und Kinderbeuern und bei Rivenich zur Versorgung von Gemeinden im Moseltal angesetzt. Die durchteuften Schichten, Beschaffenheit und Menge der erschroteten Wässer sollen im Hinblick auf die allgemeinen hydrologischen Erkenntnisse näher beschrieben und ein Zusammenhang mit den bisher bekannt gewordenen Gipswässern aufgezeigt werden. Die Herkunftsfrage der  $\text{CaSO}_4$ -Wässer aus der Wittlicher Senke und eine möglicherweise bestehende Beziehung zu den  $\text{Na-HCO}_3\text{-SO}_4$ -Wässern von Bad Bertrich bzw. zu einem neu erschlossenen Glaubersalzwasser von Sevenich werden behandelt.

### Raum unteres Alfbachtal (Abb. 1)

Für die Erweiterung des Kreiswasserwerkes Wittlich, d. h. zur projektierten Versorgung der Moselgemeinden Reil, Kröv, Wolf und verschiedener Gemeinden im Alfbachtal wurden zuerst vier Bohrungen, später eine fünfte, zwischen Bengel und Kinderbeuern niedergebracht. Die Ansatzpunkte liegen mit etwa 220—320 m Abstand aufgereiht in der Talaue des Alfbaches, zwischen diesem und der Bundesbahnlinie Trier-Koblenz.

Von allen fünf Versuchsbohrungen lagen lückenlos Kerne vor. Die vier Tiefbrunnen selbst wurden an den gleichen Stellen, an welchen die Versuchsbohrungen lagen, im Lufthebe-Bohrverfahren abgeteuft<sup>1)</sup>.—

Die Bohrungen brachten folgende Ergebnisse:

#### Aufschlußbohrung I (Tiefbrunnen III)

Lage: Gemarkung Kinderbeuern, Flur 5

(Meßtischblatt Alf 5908; r = 25 74 760; h = 55 41 840)

Profil (OK Flur = + 154,201 m NN):

- bis 7,25 m Mutterboden, bindige und rollige Überlagerungsschichten
- bis 10,20 m mittelkörniger Sandsteinfels, rotbraun
- bis 19,50 m feinkörniger Konglomeratfels, rotbraun und rötlichgrau, weiße Einsprenglinge (kalkhaltig)
- bis 39,25 m mittelkörniger harter Sandsteinfels mit Konglomeratlagen schwach durchsetzt, rötlichbraun
- bis 101,80 m Wechsel von hartem Konglomeratfels mit fein- und mittelkörnigem Sandsteinfels, rötlichbraun, grünfleckig
- bis 102,70 m sandiger Schiefertorfels, violettrot

<sup>1)</sup> Für die Hilfeleistungen bei der Probenaufnahme danke ich der Fa. Erkelenzer Bohrgesellschaft, insbesondere Herrn Bohrinspektor Werner. Herrn Kreisbauamtsrat Kohlhaas (Landratsamt Wittlich) gilt mein Dank für Überlassen von Wasseranalysenmaterial und Lageplänen.

bis 120,00 m Wechsel von feinkörnigem Sandsteinfels mit hartem fein- bis grobkörnigem Konglomeratfels, violettrot und -grau, schwach grünfleckig (kalkhaltig)

Schichteneinfallwinkel:  $15^{\circ}$ — $30^{\circ}$  (meist um  $20^{\circ}$ )

Stand des Grundwassers: 1,10 m unter Flur am 27. 2. 1964

Pumpversuchergebnis aus dem Kernbohrloch mit der Mammutpumpe

(Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 159 mm  $\varnothing$  bis 4,70 m unter Flur, 128 mm  $\varnothing$  bis 12 m unter Flur) =  $41 \text{ m}^3/\text{h}$ ; abgesenkter Wasserspiegel von 3,35 auf 11,80 m unter Flur.

Pumpversuchergebnis aus dem Tiefbrunnen [Bohrlochdurchmesser = 600 mm;

Durchmesser der Verrohrung = 350 mm; Filterrohre (Poly) von 42—54 u. 58—118 m unter Flur] =  $42,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ; abgesenkter Wasserspiegel von 3,90 auf 23,80 m unter Flur.

### Aufschlußbohrung 2 (Tiefbrunnen II)

Lage: Gemarkung Bengel, Flur 10

Meßtischblatt Alf 5908; r = 25 74 980; h = 55 41 900)

Profil (OK Flur = + 152,407 m NN):

- bis 6,80 m Mutterboden, bindige und rollige Überlagerungsschichten
- bis 34,00 m feinkörniger, harter und tonig-mürber Sandsteinfels, lagenweise mit Konglomeraten durchsetzt, violettrot
- bis 39,00 m toniger Sandsteinfels bis sandiger Schiefer-tonfels, hart und mürb im Wechsel, dunkel- und hellviolettrot
- bis 66,00 m fein- bis grobkörniger, meist harter Sandsteinfels mit einzelnen Konglomeratfelslagen, violettrot, grünfleckig
- bis 90,20 m vorwiegend fein- bis grobkörniger Konglomeratfels mit fein- bis grobkörnigen Sandsteinfelslagen durchsetzt, mürb und hart im Wechsel, violettrot und -grau, wenig grünfleckig
- bis 94,55 m feinkörniger Sandsteinfels bis sandiger Schiefer-tonfels, hellviolettrot (kalkhaltig)
- bis 100,50 m fein- bis grobkörniger Konglomeratfels, z. T. stark mürb, dunkelviolettrot

Schichteneinfallwinkel:  $10^{\circ}$ — $30^{\circ}$  (meist um  $15^{\circ}$ )

Stand des Grundwassers: 2,70 m unter Flur am 27. 2. 1964

Pumpversuchergebnis aus dem Kernbohrloch mit der Mammutpumpe

(Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 159 mm  $\varnothing$  bis 4,70 m unter Flur, 128 mm  $\varnothing$  bis 12 m unter Flur) =  $44,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ; abgesenkter Wasserspiegel von 3,05 auf 16,85 m unter Flur.

Pumpversuchergebnis aus dem Tiefbrunnen [Bohrlochdurchmesser = 600 mm;

Durchmesser der Verrohrung = 350 mm; Filterrohre (Poly) von 34—54 u. 58—98 m unter Flur] =  $83 \text{ m}^3/\text{h}$ ; abgesenkter Wasserspiegel von 1,10 auf 35,50 m unter Flur.

### Aufschlußbohrung 3 (nicht ausgebaut; Auslauf gefaßt)

Lage: Gemarkung Bengel, Flur 10

(Meßtischblatt Alf 5908; r = 25 75 190; h = 55 41 990)

Profil (OK Flur = + 150,647 m NN):

- bis 7,75 m Mutterboden, bindige und rollige Überlagerungsschichten
- bis 15,45 m stark tonig-mürber, sandiger Schiefer-tonfels mit wenigen dünnen Konglomeratfelslagen, violettrot, wenig grünfleckig

- bis 20,05 m allgemein angewitterter, feinkörniger, toniger Sandsteinfels, dunkelvioletrot, violettbraun, grünfleckig
- bis 25,20 m angewitterter fein- bis grobkörniger Konglomeratfels mit einer Schiefer-tonfelslage, violettrot und -grau
- bis 25,80 m harter, feinkörniger Sandsteinfels mit wenigen Gerölleinschaltungen, violettrot

Schichteneinfallwinkel:  $10^{\circ}$ — $25^{\circ}$  (meist um  $20^{\circ}$ )

Stand des Grundwassers: 1,90 m unter Flur am 3. 2. 1964

Artesischer Überlauf aus Kernbohrloch (Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 159 mm  $\varnothing$  bis 6,50 m unter Flur, 128 mm  $\varnothing$  bis 15,0 m unter Flur):  
 Schüttung zwischen 20,10 und 20,40 m Teufe = 9 l/min = 0,54 m<sup>3</sup>/h;  
 Schüttung zwischen 20,40 und 22,50 m Teufe = 40 l/min = 2,4 m<sup>3</sup>/h;  
 Schüttung zwischen 22,50 und 25,80 m Teufe = 120 l/min = 7,2 m<sup>3</sup>/h.

#### Aufschlußbohrung 4 (Tiefbrunnen I)

Lage: Gemarkung Bengel, Flur 10  
 (Meßtischblatt Alf 5908; r = 25 75 430; h = 55 42 020)

Profil (OK Flur = + 148,929 m NN):

- bis 12,95 m Mutterboden, bindige und rollige Überlagerungsschichten
- bis 24,75 m stark verwitterter, grobkörniger Sandsteinfels, dunkelvioletrot
- bis 35,05 m grobkörniger, stark konglomerathaltiger Sandsteinfels mit einzelnen Schiefer-tonfelslagen, mürbe und harte Lagen im Wechsel, dunkelvioletrot, rotbraun
- bis 40,60 m harter, fester, fein- bis grobkörniger Konglomeratfels, violettrot und -grau, weiße Einsprenglinge
- bis 51,75 m Wechsel von grobkörnigem Sandsteinfels mit hartem Konglomeratfels, dunkelviolettblau und -rot
- bis 84,20 m vorwiegend fein- bis grobkörniger, mürber und harter Sandsteinfels, von Konglomeratfelslagen wenig und von Schiefer-tonfelslagen selten durchsetzt, violettrot, rötlichbraun
- bis 92,70 m Wechsel von allgemein hartem, grobkörnigem Sandsteinfels mit Konglomeratfels, violettrot und -grau
- bis 99,45 m fein- bis grobkörniger Sandsteinfels, lagenweise konglomerat- und schiefer-tonhaltig, allgemein hart und fest, violettrot und -grau
- bis 101,00 m harter Konglomeratfels mit fein- bis grobkörnigen Sandsteinfelslagen, dunkelviolettblau

Schichteneinfallwinkel =  $5^{\circ}$ — $15^{\circ}$

Stand des Grundwassers: 0,60 m unter Flur am 9. 12. 1963  
 1,98 m unter Flur am 16. 12. 1963

Pumpversuchergebnis aus dem Kernbohrloch mit der Mammutpumpe  
 (Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 159 mm  $\varnothing$  bis 5,60 m unter Flur; 128 mm  $\varnothing$  bis 23,0 m unter Flur; 108 mm bis 68,0 m unter Flur) = 17,7 m<sup>3</sup>/h; abgesenkter Wasserspiegel von 0,40 m auf 22,75 m unter Flur.

Pumpversuchergebnis aus dem Tiefbrunnen [Bohrlochdurchmesser = 600 mm; Durchmesser der Verrohrung = 350 mm; Filterrohre (Poly) von 28—36, 40—55 und 72—96 m unter Flur] = 47,0 m<sup>3</sup>/h; abgesenkter Wasserspiegel von 1,50 auf 35,5 m unter Flur.

## Aufschlußbohrung 5 (Tiefbrunnen IV)

Lage: Gemarkung Kinderbeuern, Flur 5  
(Meßtischblatt Alf 5908; r = 25 74 440; h = 55 41 760)

Profil (OK Flur = + 155,597 m NN):

- bis 6,15 m Mutterboden, bindige und rollige Überlagerungsschichten
- bis 16,00 m schwach mürber, mittel- und grobkörniger Sandsteinfels mit Schiefertonefslagen, violettrot
- bis 66,70 m Wechsel von fein- bis grobkörnigem Sandstein- und Konglomeratfels, lagenweise Schiefertonefseinschaltungen, allgemein hart und fest, violettrot und -grau, weiße Einsprenglinge
- bis 77,15 m mürber und harter, fein- und mittelkörniger Konglomeratfels mit wenigen dünnen Schiefertonefslagen durchsetzt, violettrot und -grau
- bis 93,30 m Wechsel von fein- und mittelkörnigem Konglomeratfels mit meist mürbem Schiefertonefels, violettrot, grünfleckig
- bis 100,00 m fester fein- bis grobkörniger Sandsteinfels, mehr oder weniger stark von Konglomeratfelslagen durchsetzt, vereinzelt Schiefertonefslagen, violettrot und -grau

Schichteneinfallwinkel =  $5^{\circ}$ – $25^{\circ}$  (häufig wechselnde Schrägrichtung)

Stand des Grundwassers: 1,70 m unter Flur am 15. 4. 1964

Pumpversuchergebnis aus dem Kernbohrloch mit der Mammutpumpe  
(Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 159 mm  $\varnothing$  bis 4,80 m unter Flur, 128 mm  $\varnothing$  bis 9,60 m unter Flur) = 50 m<sup>3</sup>/h; abgesenkter Wasserspiegel von 1,80 auf 20,40 m unter Flur.

Pumpversuchergebnis aus dem Tiefbrunnen [Bohrlochdurchmesser = 600 mm; Durchmesser der Verrohrung = 350 mm; Filterrohre (Poly) von 38–54 u. 58–99 m unter Flur] = 65 m<sup>3</sup>/h; abgesenkter Wasserspiegel von 2,40 auf 27,0 m unter Flur.

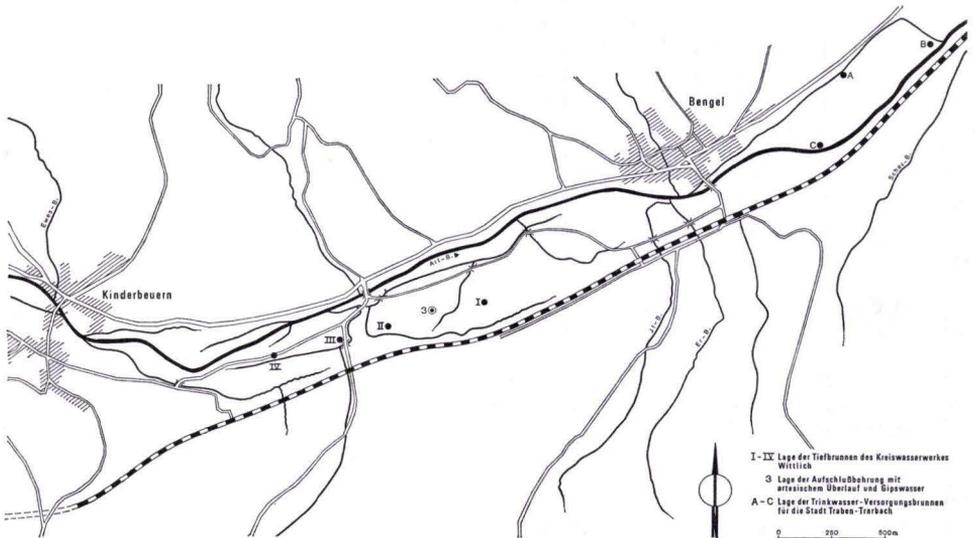


Abb. 1. Bohrungen im Raum unteres Alfbachtal.

Es handelt sich also, zusammenfassend betrachtet, um eine ungleichmäßige Wechselfolge von mehr oder weniger stark tonigen Sandsteinen, Konglomeraten und — stark untergeordnet — Schiefertonen aus dem Oberrotliegenden (Waderner Schichten i. S. von KOPP). Porphyrbreccien, wie sie in den etwa 2 km nordöstlich gelegenen Tiefbohrungen (Abb. 1) für die Ersatzwasserversorgung Traben-Trarbach angetroffen wurden, waren bis zur Endteufe nicht vorhanden. Möglicherweise folgen sie noch im Liegenden (Mittlere Waderner Schichten). Als Kluftfüllungen konnten tonige und kalkige Bestege, häufig auch Kalzitkristalle beobachtet werden; Gips fehlte. Um so überraschender war das Wasseranalysergebnis aus der Aufschlußbohrung 3, aus welcher artesisch ein Ca-Mg-SO<sub>4</sub>-Mineralwasser austrat (Tab. 1, Spalte E). Nur in der benachbarten Aufschlußbohrung 2 wurde ein stark erhöhter Sulfatgehalt (333 mg/l SO<sub>4</sub><sup>--</sup>) festgestellt. In allen übrigen Bohrungen lagen die Sulfatmengen unterhalb des „Grenzwertes“ (250 mg/l SO<sub>4</sub><sup>--</sup>). Diese Verhältnisse blieben auch nach dem Bau der Tiefbrunnen I—IV erhalten, wobei nur im Tiefbrunnen II (= Aufschlußbohrung 2) eine Erhöhung der Sulfatkonzentrationen bis 710 mg/l SO<sub>4</sub><sup>--</sup> auftrat. Die Aufschlußbohrung 3 wurde in 25,80 m Tiefe eingestellt; das aus dem Kernbohrloch überlaufende Wasser gefaßt und abgeleitet. Von einem Verschuß des Bohrloches wurde abgesehen, um keine Veränderung im Druckgefälle zu den benachbarten Tiefbrunnen über die Klüfte zu erhalten.

### Raum unteres Salmtal (Abb. 2)

Ebenfalls zur Versorgung von Moselgemeinden im Bereich der Amtsverwaltungen Klüsserath und Schweich (Landkreis Trier) mußte versucht werden, Trinkwasser außerhalb des Moseltales zu erschließen. Es bot sich das im Kreis Wittlich gelegene Gebiet zwischen Rivenich und Esch an.

Da man sich hier an der Südost-Flanke der Wittlicher Senke befand, konnten grundsätzlich die gleichen geologischen Verhältnisse, wie sie im östlichen Bereich der Senke angetroffen worden waren, erwartet werden: mehr oder weniger stark grobklastische Sedimente, auf deren tektonisch bedingten Klüften Wasser zirkuliert.

Mit Gutachten vom 29. 4. 1964 schlug das Geologische Landesamt Rheinland-Pfalz drei Bohransatzpunkte vor; die Ergebnisse lauten:

#### Aufschlußbohrung 1

Lage: Gemarkung Rivenich, Flur 1

(Meßtischblatt Neumagen 6107; r = 25 61 320; h = 55 27 980)

#### Profil

- bis 0,25 m Mutterboden, rötlichbraun
- bis 3,85 m Schluff, feinsandig, schwach tonig, hellrötlichbraun
- bis 5,60 m Fein- und Mittelkies, grobkiesig, feinsandig-schluffig, schwach mittel- und grobsandig, bunt
- bis 6,65 m Grobkies, steinig, mittel- und feinkiesig, feinsandig-schluffig, bunt
- bis 58,35 m vorwiegend mürber, stark sandiger Schiefertongfels mit wenige festeren, stark tonigen Sandsteinfelslagen, violettrot und grünfleckig, auf Klüften schwarz durch Manganbesteg (Oberrotliegendes)

bis 71,10 m vorwiegend fester und harter toniger, feinkörniger Sandsteinfels, bei 70,10; 70,45 und 70,70 m Klüfte mit Gipsbesteg, dunkelvioletrot, grünfleckig (Oberrotliegendes)

bis 73,20 m mürber, sandiger Schiefertonefels, violettrot und grünfleckig (Oberrotliegendes)

Schichteneinfallwinkel: bis 58,35 m vorwiegend um  $5^\circ$ , zwischen 58,35 und 71,10 m Schrägschichtung bis  $40^\circ$

Kalkgehalt: bis etwa 58,0 m vorwiegend kalkig, nur lagenweise kalkfrei; ab 58,0 m allgemein kalkfrei, wenige kalkige Lagen

Stand des Grundwassers: 1,20 m unter Flur am 28. 4. 1966

0,50 m unter Flur am 2. 5. 1966

ab 53,90 m unter Flur starker, artesischer Überlauf

Spülungsverluste: von 14,00—53,90 m unter Flur = 20%

von 53,90—73,20 m unter Flur = 90%

Pumpversuchergebnis aus dem Kernbohrloch mit der Mammutpumpe

(Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 128 mm  $\varnothing$  bis 14,60 m unter Flur): 30,3 m<sup>3</sup>/h; abgesenkter Wasserspiegel von 0,00 auf 18,16 m unter Flur.

### Aufschlußbohrung 2

Lage: Gemarkung Rivenich, Flur 5

(Meßtischblatt Neumagen 6107; r = 25 61 425; h = 55 28 270)

Profil

bis 0,15 m Mutterboden, dunkelbraun

bis 2,60 m Schluff, feinsandig, schwach tonig, hellbraun

bis 5,75 m Schluff, feinsandig, tonig, allgemein schwach feinkiesig, lagenweise schwach mittel- und grobkiesig, hellrötlichbraun

bis 104,00 m vorwiegend mürber, stark sandiger Schiefertonefels mit festeren, stark tonigen Sandsteinfelslagen, violettrot mit grünen Flecken; auf manchen Klüftflächen schwarze Manganbestege (Oberrotliegendes)

Schichteneinfallwinkel: bei 17,00 m =  $5^\circ$

bei 100,00 m =  $25^\circ$

Kalkgehalt: bis etwa 35,0 m vorwiegend kalkfrei, nur lagenweise kalkig; ab 35,0 m allgemein kalkig mit wenigen kalkfreien Lagen

Stand des Grundwassers: 4,20 m unter Flur am 13. 5. 1966

Spülungsverluste: von 28,00—35,00 m unter Flur = 30%

von 35,00—80,00 m unter Flur = 20%

von 80,00—91,00 m unter Flur = 30%

Pumpversuchergebnis aus dem Kernbohrloch mit der Mammutpumpe

(Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 159 mm  $\varnothing$  bis 6,50 m unter Flur): 5,35 m<sup>3</sup>/h; abgesenkter Wasserspiegel von 4,40 auf 38,00 m unter Flur.

### Aufschlußbohrung 3

Lage: Gemarkung Esch, Flur 2

(Meßtischblatt Neumagen 6107; r = 25 60 800; h = 55 28 655)

Profil

bis 0,15 m Mutterboden, rötlichbraun

bis 3,70 m Schluff und Feinsand, tonig bis stark tonig, hellrot

- bis 5,20 m Kies und Sand aller Korngrößen, schwach steinig, schwach schluffig, rötlichbraun und grau
- bis 5,30 m Stein, violettrot (Mat.: quarzitischer Sandstein)
- bis 5,80 m stark mürber, feinkörniger, toniger Sandsteinfels, violettrot, grünfleckig (Oberrotliegendes)
- bis 101,40 m Wechsel von festem und stark mürbem, feinkörnigem, tonigem Sandsteinfels, lagenweise kavernös, violettrot, grünfleckig (Oberrotliegendes)

Schichteinfallwinkel: 5,50—16,25 m = 25°  
 bei 80,40 m = 30°

Kalkgehalt: der Sandstein ist bis 44,30 m stark kalkig und gipsfrei; darunter gipsführend und kalkfrei (mit Ausnahme weniger Lagen mit sehr schwachem Kalkgehalt!)

Stand des Grundwassers: 1,80 m unter Flur am 4. 4. 1966  
 0,50 m unter Flur am 13. 4. 1966 (Bohrteufe = 53,80 m)  
 ab 69,59 m unter Flur schwacher, artesischer Überlauf

Pumpversuchergebnis aus dem Kernbohrloch mit der Mammutpumpe (Bohrlochdurchmesser = 101 mm; Stand der Verrohrung = 128 mm  $\varnothing$  bis 17,0 m unter Flur): 1,65 m<sup>3</sup>/h; abgesenkter Wasserspiegel von 0,00 auf 80,60 m unter Flur, bei fallender Tendenz.

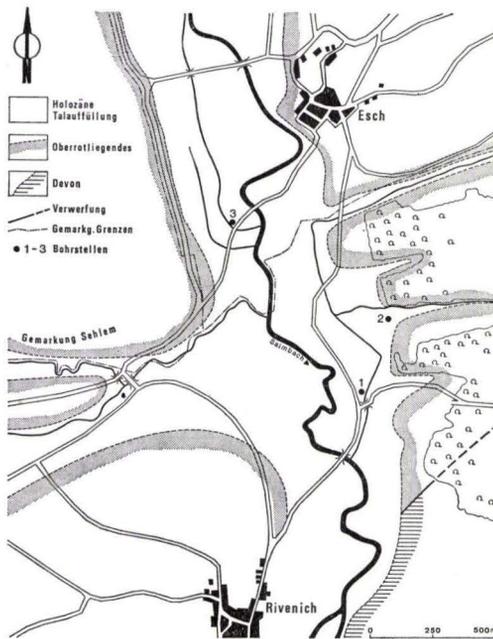


Abb. 2. Bohrungen im Raum unteres Salmtal.

Während die Bohrungen 1 und 2 vorwiegend sandigen Schiefer-ton mit tonigen Sandsteinlagen erschlossen, überwog in der nördlichsten Bohrung (3) toniger Sandstein. Die Profile zeigen demnach andere Faziesverhältnisse als erwartet auf; die Gesteine sind in das Oberrotliegendes („Rötelschiefer“ der Kreuznacher Schichten i. S. von KOPP) zu stellen.

Aus den Bohrprofilen ist zu ersehen, daß in Bohrung 1 etwas Gips zwischen 70,10 und 70,70 m unter Flur angetroffen wurde. Das mit starkem, artesischem Auftrieb austretende Wasser enthielt 1340 mg/l  $\text{SO}_4^{--}$  (Tab. 1, Spalte C). In Bohrung 2 fehlten gipshaltige Kluftfüllungen völlig; das erschotete Wasser hatte einen Abdampfdruckstand von nur 286 mg/l bei einem  $\text{SO}_4^{--}$ -Gehalt von 19,7 mg/l. Leider war die zutretende Menge völlig unzureichend.

Am interessantesten waren die Verhältnisse in Bohrung 3, wo zahllose Kluftfüllungen zwischen 44,80 und 100,25 m unter Flur aus Fasergips bestanden. Die Sulfatkonzentration war entsprechend hoch (1400 mg/l  $\text{SO}_4^{--}$ ), die Wassermenge sehr gering.

Aufgrund der für eine Trinkwasserversorgung ungünstigen Ergebnisse wurden die Bohrlöcher wieder verfüllt und der Bereich des unteren Salmtales von weiteren Erschließungsversuchen ausgenommen.

### Raum Trier

Die 1968 erfolgte Aufnahme von 13 Kernbohrungen für den Neubau einer dritten Moselbrücke in Trier (Mosel-km 194,55) ergab in drei Pfeilerbohrungen auf der linken Flußseite gipsgefüllte Kluftzonen in den sandigen Schiefertönen bis tonigen Sandsteinen des Oberrotliegenden: in Bohrung 4 ein dünner Gipsbesteg kurz vor Erreichen der Endteufe (15,50 m); in Bohrung 5 zahlreiche Gips-Kluftfüllungen ab 26 m bis zur Endteufe (45,85 m) mit Mächtigkeiten zwischen 5 und 25 mm; in Bohrung 6 ab 27 m bis zur Endteufe (30,00 m). In der letztgenannten Bohrung war Gips erstmalig parallel zur Schichtung und als Bindemittel vorhanden. Untersuchungsergebnisse von Wasserproben aus den Bohrlöchern liegen nicht vor.

### Raum Münstermaifeld

Zur Deckung eines Fehlbetrages von mehreren 100 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Tag im Versorgungsbereich Münstermaifeld (Kreiswasserwerk Mayen), empfahl das Geologische Landesamt Rheinland-Pfalz die beim Ortsteil Sevenich der Gemeinde Münstermaifeld gelegene Ottilienquelle durch eine taloberhalb angesetzte Bohrung weiter aufzuschließen. Es wurden folgende Verhältnisse angetroffen:

#### Versuchsbohrung Sevenich (1965)

Lage: Gemarkung Münstermaifeld, Kreis Mayen  
(Meßtischblatt Kaifenheim 5709; r = 25 95 020; h = 55 67 010)

Profil (Aufnahme: Regierungsdirektor Dr. K. W. GEIB):

- bis 1,10 m brauner, feinsandiger Lehm
- bis 5,00 m braunschwarzer, humoser Ton
- bis 6,30 m Grobkies, wasserführend
- bis 9,40 m graubrauner Schiefer
- bis 20,80 m grauschwarze Grauwacke
- bis 26,30 m grauschwarze Grauwacke mit Quarz durchsetzt
- bis 38,00 m grauschwarzer, dichter Schiefer

- bis 40,00 m Grauwacke mit Quarz durchsetzt
- bis 41,20 m Grauwacke und Schiefer mit Quarz durchsetzt
- bis 47,60 m Grauwacke
- bis 48,80 m Verquarzungszone
- bis 51,50 m Grauwacke
- bis 55,00 m Grauwacke und Schiefer
- bis 56,40 m Grauwacke
- bis 63,90 m Verquarzungszone
- bis 71,00 m Grauwacke

Die Schichtenfolge von 6,30—71,00 m gehört dem Unterdevon (Ems-Schichten) an.

Stand des Grundwassers: ab 5 m Bohrteufe Anstieg auf 1,50 m unter Flur  
 ab 30 m Bohrteufe Anstieg auf 0,80 m unter Flur  
 ab 69 m Bohrteufe artesischer Überlauf (ca. 0,62 m<sup>3</sup>/h)

Pumpversuchergebnisse: bei 30 m Bohrteufe: 15 m<sup>3</sup>/h  
 bei 50 m Bohrteufe: 22 m<sup>3</sup>/h  
 bei 70 m Bohrteufe: 41 m<sup>3</sup>/h.

Für eine im Schiefergebirge niedergebrachte Bohrung war das Pumpversuchergebnis sehr zufriedenstellend. Das Wasser konnte jedoch nicht als Trinkwasser verwendet werden, da es sich um ein Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Mineralwasser mit einem Abdampfdruckstand

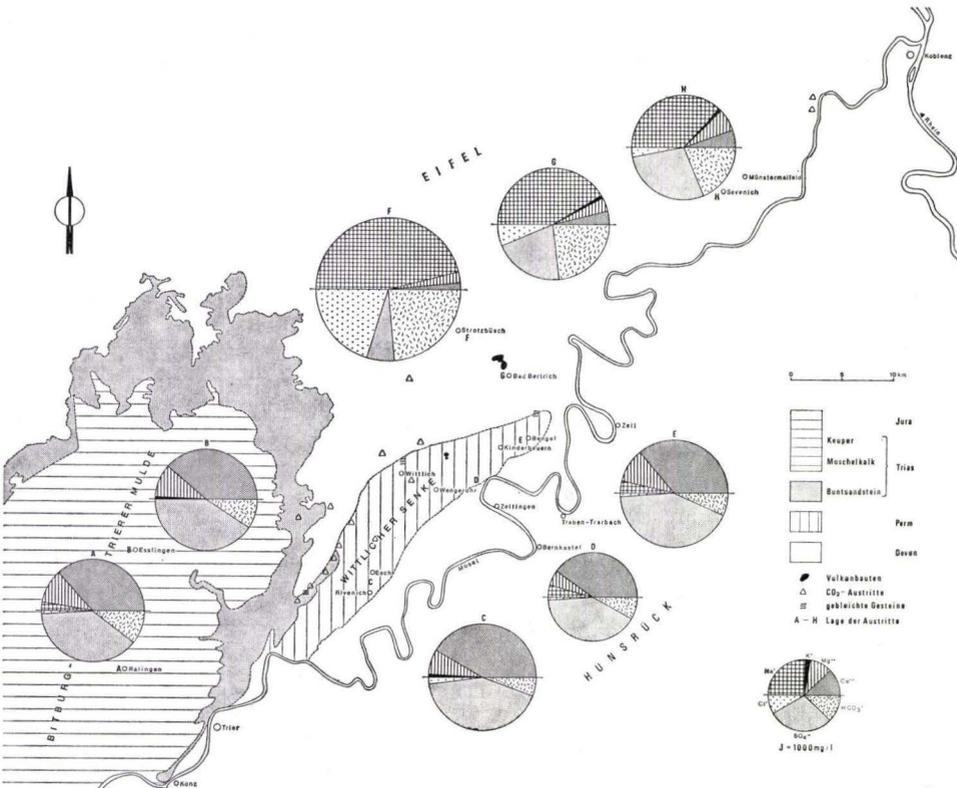


Abb. 3. Lage und Darstellung von Mineralwässern aus der Wittlicher Senke und Umgebung.

Tab. 1. Analysenergebnisse von Mineralwässern

	A Ralingen		B Eßlingen		C Esch-Rivenich	
	mg/l	mval %	mg/l	mval %	mg/l	mval %
Na <sup>+</sup>	} 41,6 <sup>1</sup>	6,0	4,8	0,7	} 11,7 <sup>1</sup>	1,6
K <sup>+</sup>			4,3	0,4		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			n. n.		n. n.	
Mg <sup>++</sup>	79,7	21,6	77,8	22,3	62,8	15,7
Ca <sup>++</sup>	439	72,4	438,8	76,5	544	82,7
Fe <sup>++</sup>	0,12		0,77	0,1	0,07	
Mn <sup>++</sup>			0,02		n. n.	
Cl <sup>-</sup>	15,6	1,4	3,9	0,4	46	4,0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>			n. n.		0,005	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	n. n.		0,49		9	0,4
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	1177	81,0	1131	82,3	1340	84,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	325	17,6	302	17,3	213	10,7
HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>			0,09		0,46	
Summe d. diss. Stoffe	2078		1964		2227	
CO <sub>2</sub> frei	26,7		45,9		15	
CO <sub>2</sub> aggr.	n. n.				n. n.	
O <sub>2</sub>	8,8				11,0	
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>			30,7			
Abd. Rückst.	2946,4				2573	
GH (°dH)	79,8		79,2		90,5	
KH (°dH)	14,9		13,9		9,8	
NKH (°dH)	64,9		65,3		80,7	
pH			7,0		7,8	
Temp. (°C)			10,6		12,0	
Entn. Datum	?		11. 5. 1963		6. 5. 1966	
Analytiker	Dr. Seiler Trier		Fresenius Wiesbaden		Chem. Unt. Amt Trier	
Formation	Muschelkalk		Muschelkalk		Rotliegendes	

<sup>1</sup> Aus der Differenz errechnet

<sup>2</sup> Messung b. Pumpversuch vom 19. — 21. 10. 1961

<sup>3</sup> Messung am 7. 11. 1967

von max. 1715 mg/l handelt. Der zulässige Grenzwert für die Sulfatkonzentration wird mit 821 mg/l um mehr als das Dreifache überschritten (Tab. 1, Spalte H).

Die Zusammensetzung des Mineralwassers ist aber insofern interessant, als der mval %-Anteil der Erdalkalien nur ca. 25% beträgt, während der Rest fast ausschließlich von Natrium eingenommen wird. Damit ähnelt das Wasser weitgehend dem Heilwasser von Bad Bertrich (Tab. 1, Spalte G). Während jenes mit 32,1° C als Therme zu bezeichnen ist, besitzt das Sevenicher Mineralwasser normale Trinkwassertemperatur: 10,7° C (7. 11. 1967). Die Entfernung zwischen Bad Bertrich und Sevenich beträgt etwa 30 km.

## aus der Wittlicher Rotliegend-Senke und Umgebung

D Wengerohr- Zeltingen		E Bengel- Kinderbeuern		F Strotzbüsch		G Bad Bertrich		H Sevenich	
mg/l	mval %	mg/l	mval %	mg/l	mval %	mg/l	mval %	mg/l	mval %
43,5 <sup>1</sup>	8,8	55,9 <sup>1</sup>	7,5	1224	92,1	601	82,9	443	74,1
0,08		n. n.		0,8 <sup>1</sup>		14,2	1,1	10	1,0
29	11,2	81,4	20,7	n. n.				0,35	
343	79,8	464	71,8	34,8	5,0	30,5	8,0	43,8	13,9
1,38	0,2	0,05		33,4	2,9	49	7,9	56	10,9
0,25		n. n.		0,3		0,84	0,1	1,14	0,1
						0,05		0,22	
14	1,8	17,7	1,6	822,6	40,2	138,5	12,4	58	5,6
0,04		n. n.		n. n.		2,0	0,1	n. n.	
13	1,0	8	0,4	n. n.				n. n.	
845	82,1	1320	85,1	345	12,4	628	41,5	821	58,0
198	15,1	256	12,9	1671	47,4	885	46,0	653	36,4
n. n.		n. n.				0,1		0,2	
1487		2203		4131		2351		2086	
46,2		66		190		80			
23,9		n. n.		n. n.					
3,8		2,7							
1506		2342		64		64			
54,8		83,8		3275				1715	
9,1		11,8		12,8		13,8		17,9	
45,7		72,0		76,7		40,6		30,0	
6,9		6,9		8		7,1		7,9	
8-9 <sup>2</sup>		11,3		19,5		32,1		10,7 <sup>3</sup>	
21. 11. 1961 Chem. Unt. Amt Trier Rotliegendes		2. 4. 1964 Chem. Unt. Amt Trier Rotliegendes		13. 8. 1937 Chem. Unt. Amt Koblenz Devon		25. 11. 1955 Fresenius Wiesbaden Devon		19. 7. 1967 Landesamt f. Ge- wässerkunde, Mz. Devon	

**Möglichkeiten der Herkunftsdeutung (Abb. 3)**

Die in der Wittlicher Senke erschlossenen Gipswässer werden im folgenden mit Mineralwässern verglichen, welche bei Eßlingen (Meßtischblatt Bitburg 6005; r = 25 37 390; h = 55 31 220) aus einer 103,4 m tiefen Bohrung dem Mittleren Muschelkalk und aus der gleichen Formation bei Ralingen entnommen worden sind. Das Ralinger Mineralwasser wurde von Dr. SEILER analysiert; es ist jedoch in seiner Zusammensetzung nicht mit dem ebenfalls von Ralingen bekannten „Sauerbrunnen“ (Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Säuerling) zu verwechseln, der am Ufer der Sauer austritt.

Die Übereinstimmung der aus dem Muschelkalk stammenden Wässer mit jenen aus der Wittlicher Senke überrascht sowohl im Hinblick auf die Gesamtkonzentration als auch auf die Mengenverteilung der Ionenanteile. Man könnte daher ohne weiteres eine Wanderung von Gipswässern in west-östlicher Richtung annehmen. Dafür spricht auch, daß alle bisher in der Wittlicher Senke erschlossenen Gipswässer artesisch austreten, zumal die Austritte 150—200 m tiefer liegen als das die Senke umgebende Wassereinzugsgebiet. Die Zufuhr erfolgt ausschließlich auf Klüften, da das Porenvolumen der Rotliegend-Sedimente zu gering ist, um eine Wasserwegsamkeit zuzulassen. Aufgrund der Beobachtung, daß nicht überall Gipswässer angetroffen und häufig nahe den Mineralwasseraustritten nicht artesisch und normal konzentrierte Trinkwässer erschlossen wurden, kann man zwei voneinander unabhängige Kluftsysteme annehmen: eines mit großer Tiefen- und Seitenerstreckung, auf welchem die Gipswässer zirkulieren und ein weiteres, das ein kleineres Einzugsgebiet besitzt und vorwiegend die in der Umgebung versickernden Niederschläge speichert.

Nach diesen Überlegungen wären die Gipsfüllungen der Spalten und Klüfte in manchen Bereichen der Rotliegendesedimente als Folge von zugewanderten Muschelkalkwässern zu erklären.

Welche anderen Möglichkeiten der Gipsherkunft kämen außerdem in Frage? Eine Zuwanderung von alkalisulfatreichen Wässern, die beim Zusammentreffen mit Kalziumkarbonaten die Kationen austauschen und dadurch Gips ausfällen. Artesische Glaubersalzwässer sind ja nordöstlich der Wittlicher Senke bei Bad Bertrich, Strotzbüsch und Sevenich vorhanden! Auch hat die sorgfältige Kalkgehaltsprüfung bei den Bohrproben von Rivenich ein in diesem Zusammenhang interessantes Ergebnis erbracht: die Bohrungen 1 und 3 waren in ihren oberen Teufen kalkhaltig, darunter jedoch kalkfrei und mehr oder weniger stark gipsführend. In Bohrung 2, die keinen Gips enthielt und Süßwasser brachte, waren die hangenden 35 m kalkfrei, das Liegende dagegen kalkhaltig.

Woher stammen aber die Glaubersalzwässer, die mitten im Rheinischen Schiefergebirge artesisch und warm bei Bad Bertrich (und ungefaßt bei Strotzbüsch) auftreten? Wie so oft wird der Vulkanismus, der ja bei Bad Bertrich seine Zeugen in Form von Basaltlavadecken hinterlassen hat, zur Erklärung herangezogen. Nur wären die letzten Spuren der vulkanischen Tätigkeit in diesem Falle keine Säuerlinge, sondern Glaubersalzwässer. Aber auch diese Überlegung kann nicht mehr vorbehaltlos aufrechterhalten werden, seit in Sevenich (Ortsteil von Münstermaifeld) ein Mineralwasser mit weitgehend ähnlicher Zusammensetzung wie jenes von Bad Bertrich erbohrt worden ist. Allerdings besteht ein wesentlicher Unterschied: das Sevenicher Mineralwasser besitzt keine erhöhte Temperatur; Vulkanbauten sind in unmittelbarer Nachbarschaft bisher nicht bekannt geworden. Auch eine Herkunft der Sulfate aus sulfidischen Erzgängen, wie sie beim Bad Bertricher Mineralwasser angenommen worden ist, wird durch die Kenntnis des Glaubersalzwassers von Sevenich fraglich. Jedenfalls ist die Vorstellung über ein lokal begrenztes Auftreten von Mineralwässern des Bad Bertricher Typs nicht begründet und man kann die Frage stellen, ob zwischen all diesen, im Streichen des Schiefergebirges gelegenen Austritten, welchen auch jene Säuerlinge zugerechnet werden können, die gehäuft am Nordrand der Wittlicher Senke vorkommen, Zusammenhänge bestehen. Weitere Hinweise für auf-

steigende Wässer sind die von KOPP (1951) beschriebenen, gebleichten Gesteinsschichten, die sich ebenfalls am Nordrand der Wittlicher Senke finden.

Abschließend sei noch eine weitere Herkunftsdeutung zur Diskussion gestellt, die sich aufgrund neuerer Erkenntnisse aus dem Saar-Nahegebiet ergibt. In der ersten Mitteilung über Gipsvorkommen in der Wittlicher Rotliegend-Senke haben GEIB & HEYL (1963) entsprechend dem damaligen Stand der Kenntnisse das Fehlen von Gips in der Saar-Nahe-Senke erwähnt. FALKE konnte jedoch 1966 (S. 72) „wiederholt beachtenswerte Mengen von Gips und Anhydrit“ aus Schichten der Kreuznacher Gruppe in der Gegend von Göllheim beschreiben. Die Möglichkeit einer Herkunft dieser Salze aus dem etwa 1 km östlich gelegenen Rupelton wird von FALKE erwogen, aber nicht für wahrscheinlich gehalten.

Offensichtlich macht sich also doch bereits im Oberrotliegenden der Saar-Nahe-Senke ein salinärer Einfluß bemerkbar. Somit könnte man auch die Gipsausscheidungen in den Oberrotliegend-Sedimenten der Wittlicher Senke für synsedimentäre Bildungen halten, wenn man nicht der Ansicht von KOPP (1955) folgen will, einen Teil dieser Schichten als Zechsteinäquivalent anzusehen, da eine kontinuierliche Sedimentation vom Oberrotliegenden bis zum Mittleren Buntsandstein festzustellen ist.

Eine Klärung der hier aufgeworfenen Fragen verspricht die Untersuchung der Schwefelisotopenverhältnisse in den Sulfaten der Mineralwässer von Eßlingen, aus der Wittlicher Senke, von Bad Bertrich und Sevenich. Die Arbeiten führte RAMBOW im Zusammenhang mit der Untersuchung hessischer Mineralwässer aus (NIELSEN & RAMBOW, 1969). Nach vorläufiger, mündlicher Mitteilung läßt sich folgendes aussagen:

1. Die für bestimmte Formationen als typisch zu bezeichnenden S-Isotopenverhältnisse stimmten bei den Eßlinger Proben mit den Werten für Evaporite aus dem Muschelkalk, bei den Proben aus der Wittlicher Senke mit jenen für permische Evaporite gut überein.
2. Die Bad Bertricher und Sevenicher Mineralwässer weisen größenordnungsmäßig gleiche Werte wie die Sulfatwässer der Wittlicher Senke im S-Isotopenverhältnis auf.

Diese Untersuchungen werden unter Einbeziehung der Wässer von Bad Salzig, Rhens und Oberlahnstein fortgesetzt; die Ergebnisse sollen in einer folgenden, gemeinsamen Arbeit zusammengefaßt werden.

### **Zusammenfassung**

Im Anschluß an eine 1962 erfolgte Beschreibung von erstmalig aus der Wittlicher Rotliegend-Senke nachgewiesenem Gips als Kluffüllung und von sulfatreichen Wässern werden gleiche Erscheinungen aus zwei weiteren Bereichen der Senke mitgeteilt. Im Raum Bengel-Kinderbeuern (Alfbachtal) und im Raum Rivenich-Esch (unteres Salmtal): Gipsvorkommen und Sulfatwässer; im Raum Trier: gipshaltiges Bohrgut. Ein bei Sevenich (Ortsteil von Münstermaifeld) in devonischen Schichten erbohrtes Mineralwasser weist praktisch die gleiche Zusammensetzung wie das Heilwasser von Bad Bertrich auf. Bei dem Versuch einer Herkunftsdeutung der Mineralwässer aus der Wittlicher Senke wird einmal eine Zuwanderung von Gipswässern aus dem Muschelkalk erwogen; die Möglichkeit der Gipsausfällung durch das Zusammenreffen von alkalisulfathaltigen Wässern mit Kalziumkarbonat wird als weitere Deutung zur Diskussion gestellt. Schließlich läßt ein Vergleich mit neu beschriebenen Gips-

und Anhydritvorkommen in der Saar-Nahe-Senke die Annahme zu, daß bereits im Unteren Perm ein salinärer Einfluß u. U. auch in der Wittlicher Senke vorhanden war.

Erste Ergebnisse von Schwefel-Isotopen-Untersuchungen durch RAMBOW zeigen, daß die für bestimmte Formationen als charakteristisch zu bezeichnenden Isotopenverhältnisse erwartungsgemäß bei Wasserproben aus Eßlingen auf Muschelkalkherkunft, bei Proben aus der Wittlicher Senke auf Permalter deuten. Wasserproben von Bad Bertrich und Sevenich zeigten größenordnungsmäßig gleiche Werte wie die Sulfatwässer aus der Wittlicher Senke.

#### Schriftenverzeichnis

- FALKE, H.: Zur Geochemie der Schichten der Kreuznacher Gruppe im Saar-Nahegebiet. — Geol. Rdsch., **55**, S. 59—77, Stuttgart 1966.
- GEIB, K. W. & HEYL, K. E.: Sulfatreiche Wässer und Gips in Sedimenten des Oberrotliegenden der Wittlicher Senke. — N. Jb. Geol. Paläont., *Mh.*, **1**, S. 19—25, Stuttgart 1963.
- GREBE, H.: Geol. Kte. Preußen u. thür. St., Erl. Bl. Bitburg, Berlin 1892.
- HEYL, K. E., NIELSEN, H. & RAMBOW, D.: S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten von Mineralwässern aus dem Moselgebiet (Wittlicher Rotliegendensenke und Umgebung), dem Mainzer Becken, dem westlichen Oberrheingraben und dem Nahegebiet. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**, S. 249—254, Wiesbaden 1970.
- KETIN, I.: Über die Tektonik und den Vulkanismus der Gegend von Bad Bertrich. Inaugural Diss., Berlin 1940.
- KOPP, K.-O.: Die Wittlicher Rotliegend-Senke. — Z. deutsch. geol. Ges., **103**, S. 331—333, Hannover 1952.
- Die Wittlicher Rotliegend-Senke und ihre tektonische Stellung im Rheinischen Schiefergebirge. — Geol. Rdsch., **44**, S. 100—147, Stuttgart 1955.
- KRUSE, H.: Einheitliche Anforderungen an die Trinkwasserbeschaffenheit und Untersuchungsverfahren in Europa. Stuttgart (Gustav Fischer) 1960.
- LEPPLA, A.: Geol. Kte. Preußen u. thür. St., Erl. Bl. Neumagen, Berlin 1901.
- MATTHES, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **35**, Wiesbaden 1961.
- NIELSEN, H. & RAMBOW, D.: S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 352—366, Wiesbaden 1969.
- SCHERRER, A.: Schicksal einer deutschen Mineralquelle während 2000 Jahren. Cochem (Wieprecht'sche Buchdruckerei) 1906.
- SCHWILLE, F. & WERNER, J.: Pumpversuche mit dem Druckluftwasserheber in engen Bohrlöchern. — Deutsch. gewässerkd. Mitt., **7**, H. 3, S. 57—65, Koblenz 1963.
- SEILER, F.: Die geologische Beschaffenheit der Eifel und des Hunsrücks im Regierungsbezirk Trier und deren Beziehungen zur Trinkwasser-Versorgung. Unveröff. Manuskript, Archiv Geol. Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz.
- Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Über die Möglichkeit zur Erschließung von Trinkwasser im Raume zwischen Bengel und Kinderbeuern im östlichen Abschnitt der Wittlicher Senke (Erweiterung des Kreiswasserwerkes Wittlich). Unveröff. Gutachten, Bearb. Reg.-Dir. Dr. K. W. GEIB, Mainz 1962.
- Über die Möglichkeit zur Erschließung größerer Grundwassermengen im unteren Salmtal zwischen Esch und Rivenich (Kreis Wittlich). Unveröff. Gutachten, Bearb. Reg.-Dir. Dr. K. W. GEIB, Mainz 1964.
- Über die Möglichkeit zur Erschließung von Trinkwasser im Bereich der Ottilienquelle beim Ortsteil Sevenich der Gemeinde Münstermaifeld. Unveröff. Gutachten, Bearb. Reg.-Dir. Dr. K. W. GEIB, Mainz 1965.

Manuskript eingegangen am 25. 4. 1969

# Zur S-Isotopenverteilung im Sulfatschwefel von Mineralwässern aus dem Moselgebiet, dem Mainzer Becken, dem westlichen Oberrheingraben und dem Nahegebiet

Von

KARL ERNST HEYL, Mainz, HEIMO NIELSEN, Göttingen, und DIETRICH RAMBOW, Wiesbaden

Mit Tafel 15

**Kurzfassung:** Es werden 34 neue  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Sulfatschwefel aus Mineralwässern von Rheinland-Pfalz mitgeteilt. Bei den Mineralwässern im Bereich der Wittlicher Rotliegend-Senke und in den umliegenden Mineralquellen im Devon bis hin zum Mittelrheingebiet spricht die S-Isotopenverteilung für eine Herkunft des Sulfates aus den Sedimenten des Rotliegenden. Für die Mineralwässer des Mainzer Beckens und des Oberrheingrabens ist jedoch nicht immer eine so eindeutige Zuordnung möglich.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	249
2. Ergebnisse . . . . .	250
2.1. Wittlicher Rotliegend-Senke und Umgebung . . . . .	250
2.2. Nahegebiet . . . . .	251
2.3. Mainzer Becken und nordwestlicher Oberrheingraben . . . . .	252
Schriftenverzeichnis . . . . .	253

## 1. Einleitung

Aus früheren Untersuchungen (NIELSEN & RICKE, 1964; NIELSEN, 1965 u. a.) ist bekannt, daß sich die Isotopenverhältnisse im Sulfatschwefel von Evaporitsulfaten der verschiedenen geologischen Formationen erheblich voneinander unterscheiden, während bei gleichaltrigen Evaporiten die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte<sup>1)</sup> im allgemeinen weltweit recht einheitlich sind. NIELSEN & RAMBOW (1969) haben gezeigt, daß der  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert des Sulfats von Grundwässern oft Schlüsse auf die Herkunft des Sulfats zuläßt. Sie haben darüberhinaus auf die Problematik und die Grenzen dieser Methode hingewiesen. Im Anschluß an ein  $\delta^{34}\text{S}$ -Meßprogramm an Sulfaten hessischer Mineralwässer

<sup>1)</sup>  $\delta^{34}\text{S} (\text{‰}) = 1000 \cdot \frac{{}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S} \text{ Probe} - {}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S} \text{ Standard}}{{}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S} \text{ Standard}}$

wird hier nun über ein ähnliches Untersuchungsprogramm in verschiedenen Gebieten von Rheinland-Pfalz berichtet. Hinsichtlich der Problemstellung, der methodischen Grundlagen und der Meßtechnik wird auf NIELSEN & RAMBOW (1969) verwiesen.

## 2. Ergebnisse

Die Probenahmepunkte sind in Taf. 15 dargestellt. Die im Text aufgeführten chemischen Analysendaten stammen aus älteren Analysen verschiedener chemischer Untersuchungsanstalten.

### 2.1. Wittlicher Rotliegend-Senke und Umgebung

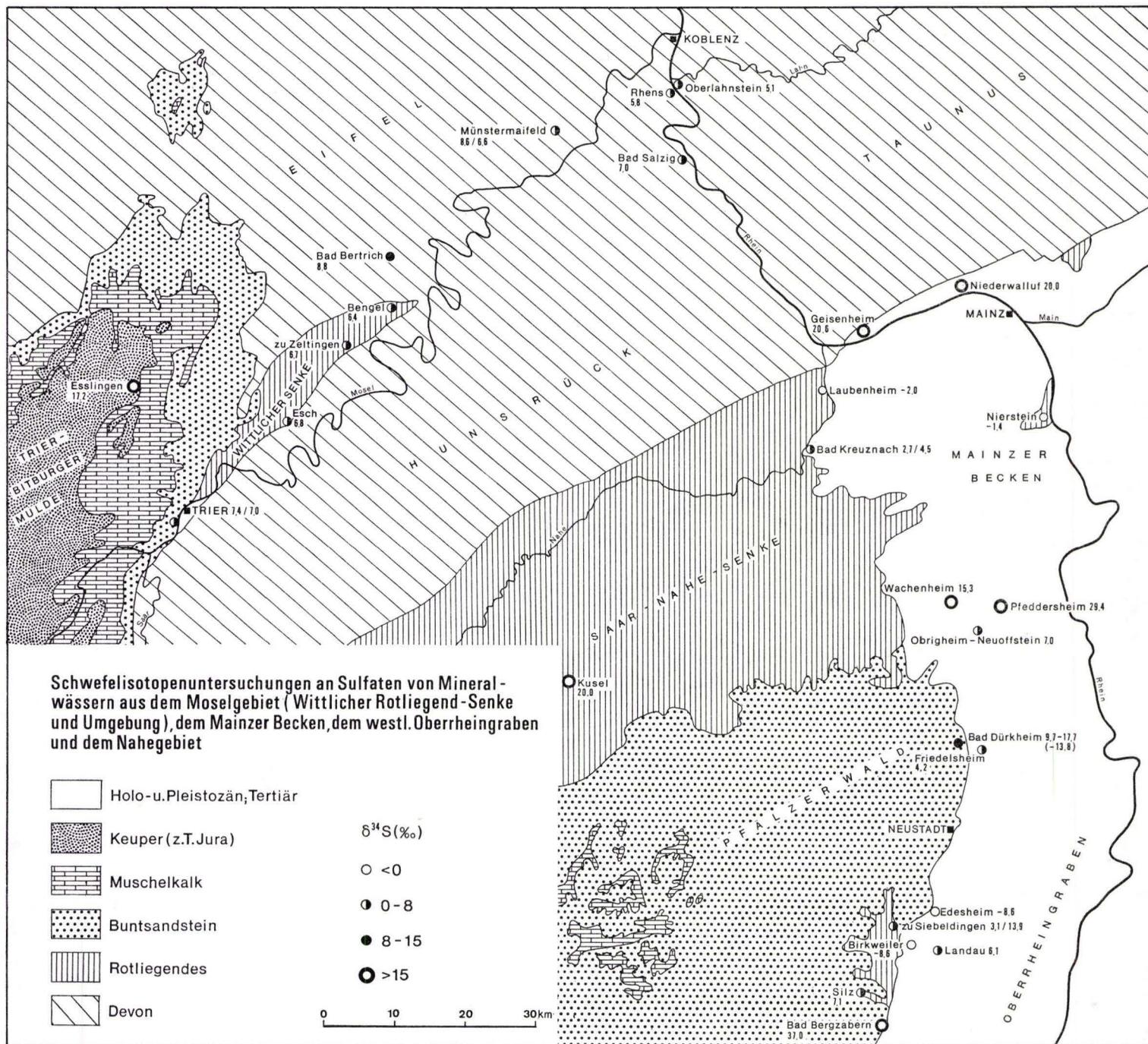
Erstmals 1963 hatten GEIB & HEYL sulfatreiche Wässer aus dem Rotliegenden der Wittlicher Senke beschrieben. In einer anderen Veröffentlichung des vorliegenden Bandes berichtet HEYL erneut über Sulfatwässer und Gips im Rotliegenden der Wittlicher Rotliegend-Senke und bezieht dabei die umliegenden Mineralwässer in seine Überlegungen ein. Als Ergänzung zu den bisherigen Deutungsversuchen für die Herkunft des Mineralgehaltes werden nachstehend die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte einiger Wässer aus diesem Gebiet vorgelegt:

Bengel, Bohrg. 1964 (25,8 m), artesisch, Oberrotliegendes	+ 6,4 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Zeltingen, Brunnen 4 (75 m), Oberrotliegendes	+ 6,7 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Bertrich, Bergquelle (23 m), Unterdevon	+ 8,8 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Münstermaifeld, Ortsteil Sevenich, Ottilienquelle, Unterdevon	+ 6,6 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Münstermaifeld, Ortsteil Sevenich, Neubohrung 1965, Unterdevon	+ 8,6 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Oberlahnstein, Viktoriabrunnen (380 m), Unterdevon	+ 5,1 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Salzig, Leonoren-Quelle (446 m), Unterdevon	+ 7,0 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Rhens, Ruprechtquelle (399 m), Unterdevon	+ 5,8 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>

Auffällig ist der relativ enge Streubereich dieser Meßwerte zwischen 5,1 und 8,8<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (arithmetisches Mittel 7,85<sup>0</sup>/<sub>00</sub>). Dieser Bereich paßt recht gut zu den Ergebnissen von MÜLLER, NIELSEN & HOEFS (1966), die an 5 Gipsproben aus dem Rotliegenden der Kreuznacher Gruppe (Rötelschiefer-Fazies) Meßwerte von 6,6–9,7<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (arithmetisches Mittel 8,05<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) gefunden hatten. Auch drei eigene Gipsproben aus dem Oberrotliegenden zeigen ganz ähnliche  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte:

Esch, Versuchsbohrung III (1966), 76,6–77,0 m, Kluftgips	+ 6,8 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Trier, 3. Moselbrücke, KB 6, 22,4 m, Kluftgips	+ 7,4 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Trier, 3. Moselbrücke, KB 5, 43,8–43,9 m, Gipszement	+ 7,0 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>

Die Sulfatgehalte der Rotliegend-Sedimente sind meistens nicht sehr hoch. Anhydrit- bzw. Gipslagen sind relativ selten; meist bildet das Sulfat nur den Zement und wird dann leicht übersehen, oder aber es liegt als Kluftgips vor. Bei einem Sulfat-Zement und noch stärker bei Kluftgips liegt der Verdacht nahe, daß das Sulfat nachträglich zugewandert ist. Bei den obengenannten Proben spricht jedoch die Einheitlichkeit der Meßwerte für eine gemeinsame Sulfatquelle, die wohl im primären Sulfatgehalt der Rotliegend-Sedimente zu suchen ist. Damit erscheint es auch vernünftig, den Sulfatgehalt der Mineralwässer der Wittlicher Rotliegend-Senke aus der



gleichen Quelle – also aus den Rotliegend-Sedimenten selbst – abzuleiten. Hierbei kann man sowohl an ein Herauslösen des im Sediment fixierten Sulfats wie auch an die Zumischung von „connate water“ denken.

Wie die obige Liste zeigt, haben auch die Mineralquellen in der streichenden nordöstlichen Fortsetzung der Wittlicher Rotliegend-Senke  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte im Bereich  $+5,1$  bis  $+8,8\text{‰}$ . Auch hier deuten die Meßwerte auf eine Sulfatherkunft aus dem Rotliegenden hin, obwohl diese Quellen in einer z. T. recht erheblichen Entfernung von der Wittlicher Rotliegend-Senke im Devon des Rheinischen Schiefergebirges liegen. Die Sulfat-Gehalte können nicht von devonischen Evaporiten abgeleitet werden, da deren  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert bei  $20-24\text{‰}$  liegt (ECKELMANS, 1968). Eine Herkunft aus oxidierten Sulfiden der devonischen Schiefer wäre eher denkbar. Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen (z. B. NIELSEN, 1968) überdecken die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte solcher Sulfide einen breiten Bereich der  $\delta$ -Skala, der auch die Werte von  $+5$  bis  $+10\text{‰}$  einschließt; häufiger sind jedoch negative Werte oder Werte nahe beim Skalennullpunkt. Außerdem sollte man bei einer Herleitung aus oxidierten Sulfiden des Schiefergebirges erwarten, daß die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte in den Wässern örtlich erheblich stärker variieren als dies beobachtet wurde.

Die Einheitlichkeit der gefundenen  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte spricht also auch hier für eine Herleitung aus dem Rotliegenden der Wittlicher Rotliegend-Senke – das bedeutet eine „Fließrichtung“ der Mineralwässer im Streichen des Gebirges von WSW nach ENE. In entgegengesetzter Richtung ist eine Abnahme des Cl-Gehaltes festzustellen (SCHWILLE, 1961; HEYL, 1970).

Im W schließt sich an die Wittlicher Rotliegend-Senke die Trier-Bitburger Mulde an, in deren Zentrum Keuper, z. T. Jura, und in deren Umrandung Buntsandstein ansteht. Aus diesem Gebiet liegt ein Meßwert vor (Esslingen, Neubohrung 1963, Muschelkalk, 103 m) mit  $\delta^{34}\text{S} = 17,2\text{‰}$ . Dieser Wert liegt zwischen den Erwartungswerten für Muschelkalk und Keuper und könnte nach der geologischen Situation des Entnahmepunktes für ein Mischwasser sprechen. Auf jeden Fall ist aber eine Zuflußrichtung aus diesem Gebiet in die Wittlicher Rotliegend-Senke hinein aufgrund des sehr großen Unterschiedes der  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte abzulehnen, obgleich sie hydraulisch durchaus vorstellbar wäre.

## 2.2. Nahegebiet

Aus dem Nahe-Gebiet liegen nur 2 Messungen vor:

Kusel-Diedelkopf, Herzog-Johann-Quelle, 64 m, Unterrotliegendes	+ 20‰
Sobernheim, Sole-Felke-Brunnen, 75 m, Oberrotliegendes	+ 1,5‰

Der in Kusel (Unterrotliegendes) gefundene Wert könnte für eine Herkunft des Sulfatgehaltes aus dem im Süden und Südwesten verbreiteten Muschelkalk sprechen, da der Wert innerhalb des Streubereiches der Muschelkalk-Evaporite liegt.

Der für Sobernheim gefundene Meßwert scheint anthropogen beeinflusst zu sein, wie auch Vergleichsbestimmungen anderer Ionen gezeigt haben.

An den übrigen Mineralwässern im mittleren Nahe- und Glantal (insbesondere auch Bad Münster am Stein und Bad Kreuznach) konnten keine S-Isotopenuntersuchungen gemacht werden, da diese Gewässer praktisch sulfatfrei sind.

## 2.3. Mainzer Becken und nordwestlicher Oberrheingraben

Am Westrand des Mainzer Beckens wurden gemessen:

Laubenheim/Nahe, Wasserwerk Trollmühle, 15 m, Oberrotliegendes	- 2,0‰
Bad Kreuznach, Seitz-Werke, 46 m, Oligozän/Oberrotliegendes	+ 2,7‰
Bad Kreuznach, Thress-Mühle, Flachbrunnen, Quartär, Oberrotliegendes?	+ 4,5‰

Am Ostrand des Mainzer Beckens (= Westrand des Oberrheingrabens) liegen:

Nierstein, Sironaquelle, Quelle, Miozän	- 1,4‰
Pfeddersheim, Enzinger Braumaschinenfabrik, 220 m, Miozän	+ 29,4‰
Obrigheim-Neuoffstein, Zuckerfabrik, 91 m, Miozän	+ 7,0‰

Bei den drei zuletzt genannten Entnahmepunkten tritt  $H_2S$  auf, für die Messung wurde nur der Sulfatschwefel verwandt.

Vom Nordrand des Mainzer Beckens sind aus der Untersuchung NIELSEN & RAMBOW (1969) bereits folgende  $\delta^{34}S$ -Werte bekannt:

Geisenheim, Echterquelle	+ 20,6‰
Niederwalluf, Waldaffaquelle	+ 20,0‰

Charakteristisch für das Mainzer Becken ist die weite Streuung der Meßwerte zwischen - 2 und + 29‰. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die später zu besprechenden Fundorte im südlich anschließenden Teil des Rheingrabens. Für die Herkunft dieser Sulfate kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

1. gelöste Evaporitsulfate (im Tertiär Werte zwischen + 10 und + 20‰),
2. oxydierte sedimentäre Sulfide (meist negative  $\delta^{34}S$ -Werte),
3. Rest-Sulfat einer voraufgegangenen bakteriellen Sulfatreduktion (bevorzugte Reduktion des leichten Isotops und dadurch Anreicherung des schweren Isotops im Sulfatrest).

Bei dem wechselhaften Aufbau der Schichten des Tertiärs im Mainzer Becken und im Oberrheingraben kann wohl angenommen werden, daß meist zwei oder sogar alle drei Faktoren zu dem vorliegenden  $\delta^{34}S$ -Wert beigetragen haben. Außerdem kommt u. U. ein anthropogener Einfluß hinzu, dessen Umfang nur schwer abzuschätzen ist.

Bei Wässern, deren  $\delta^{34}S$ -Wert merklich unter + 6‰ liegt, muß ein wesentlicher Teil des Sulfatgehalts nicht-evaporitischen Ursprungs sein, da die „leichtesten“ Evaporitsulfate  $\delta^{34}S$ -Werte um + 6‰ haben (Rotliegendes der Saar-Nahe-Senke; für andere Evaporitformationen gilt als  $\delta$ -Untergrenze sogar  $\approx$  + 8‰).

Für die drei Wässer am Westrand des Mainzer Beckens könnte auch noch an einen Einfluß aus dem Rotliegenden gedacht werden. Gerade die Wässer von Bad Kreuznach und Bad Münster am Stein - Ebernburg passen jedoch schlecht in dieses Schema. Sie sind chemisch völlig andersartig und haben nur minimale (oder keine)  $SO_4$ -Gehalte. Diese Sulfatfreiheit könnte möglicherweise auf Ausfällung von Schwerspat zurückzuführen sein (WAGNER, GEIB).

Im südlich anschließenden westlichen Teil des Oberrheingrabens wurden folgende Mineralwässer untersucht:

Bad Dürkheim, Virgilius-Brunnen, 238 m, Buntsandstein	+ 12,2‰
Bad Dürkheim, Max-Quelle, 364 m, Buntsandstein-Oberrotliegendes	+ 17,0‰
Bad Dürkheim, Altbrunnen, 122 m, Buntsandstein	- 13,8‰
Bad Dürkheim, Ludwigsbrunnen, 11 m, Pleistozän	+ 9,7‰
Bad Dürkheim, Frommühle, 136 m, Tertiär	+ 17,7‰

Wachenheim, B 1, 50 m, Pleistozän, Oligozän	+15,3 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Friedelsheim, Bergstraße 64, 11 m, Pleistozän, Pliozän	+ 4,2 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Edesheim, Bohrung Landau 211, 1725 m, Buntsandstein	
(unter Tertiär, Keuper und Muschelkalk)	- 8,6 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Landau, Schwefelbrunnen, Quelle, Miozän (2 mg/l S)	+ 6,1 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Birkweiler, alter Bohrbrunnen, 117 m, Oligozän	- 8,6 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Siebeldingen, Gemeindequelle, Quelle, Buntsandstein	+ 3,1 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Siebeldingen, Hinterwasser, Quelle, Pleistozän-Keuper	+13,9 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Silz, Kreis Bergzabern, Gasthaus zur Linde, 6 m, Pleistozän, Rotliegendes	+ 7,1 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
Bad Bergzabern, Petronella-Quelle, 262 m, Buntsandstein	+37,0 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>

Wie im Mainzer Becken zeichnet sich auch diese Gruppe durch stark streuende  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte aus. Das gilt auch für die 5 Wässer von Bad Dürkheim, die z. T. nicht innerhalb des Grabens, sondern im Buntsandstein des Pfälzer Waldes nahe der Randstörung gefaßt sind. Von den anderen untersuchten „Tertiärwässern“ des Oberrheingrabens unterscheiden sich diese 5 durch ihre deutliche Cl-Vormacht (mit über 95 mval% Cl). Trotz ihres recht einheitlichen Chemismus variieren die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte von - 13,8 bis + 17,7<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Läßt man den Extremwert des Altbrunnens (vermutlich anthropogener Einfluß durch schadhafte Fassung) außer Betracht, so bleibt immer noch eine Spanne von + 9,7 bis + 17,7<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Dieser Schwankungsbereich ist zu groß, um die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte stratigraphisch einordnen zu können. Vielleicht kann die breite Streuung damit erklärt werden, daß die Wässer einen Teil ihres Sulfats erst nahe der Austritts- bzw. Fassungsstelle aufnehmen.

Die übrigen aus dem Oberrheingraben angeführten  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte schwanken zwischen - 8,6 und + 37,0<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Hier gilt das hinsichtlich der Wässer des Mainzer Beckens Gesagte entsprechend. Bezüglich des Sulfatgehaltes gibt es kein typisches „Tertiärwasser“.

#### Schriftenverzeichnis

- CARLÉ, W.: Rezente und fossile Mineral- und Thermalwässer im Oberrheinalgraben und seiner weiteren Umgebung. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., **40**, S. 77—105, Stuttgart 1958.
- ECKELMANS, V.: Variations du rapport isotopique  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$  dans des anhydrites d'évaporites du devonien moyen supérieur de Tournai et de Leuze. Diss., Lüttich 1968.
- FALKE, H.: Zur Geochemie der Schichten der Kreuznacher Gruppe im Saar-Nahegebiet. — Geol. Rdsch., **55** (1), S. 59—77, 1966.
- GEIB, K. W.: Die geologisch-hydrologischen Voraussetzungen der Mineralquellen von Bad Kreuznach. — Deutsche Heilbäder in Einzeldarstellungen, **4**, Bad Kreuznach, Stuttgart (F. K. Schattauer) 1965.
- Über die Landschaft, die geologischen Verhältnisse und die Heilquellen von Bad Kreuznach. In: 150 Jahre Heilbad Bad Kreuznach, Bad Kreuznach 1967.
- & HEYL, K. E.: Sulfatreiche Wässer und Gips in Sedimenten des Oberrotliegenden der Wittlicher Senke. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., S. 19—25, Stuttgart 1963.
- HABICHT, H.: Die permo-karbonischen Aufschlußbohrungen der Nahe-Senke, des Mainzer Beckens und der Zweibrücker Mulde. — Z. deutsch. geol. Ges., 1963, **115**, S. 631—649, 1 Taf., Hannover 1966.
- HEYL, K. E.: Weitere Vorkommen von Sulfatwässern in der Wittlicher Rotliegend-Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**, S. 234—248, Wiesbaden 1970.
- HÖLTING, B.: Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 333—351, 12 Abb., Wiesbaden 1969.
- Zur Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und Bad Münster a. Stein. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 367—378, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1969.

- KOPP, K. O.: Die Wittlicher Rotliegend-Senke und ihre tektonische Stellung im Rheinischen Schiefergebirge. — Geol. Rdsch., **44**, S. 100—147, 1955.
- MÜLLER, G., NIELSEN, H. & HOEFS, J.: Schwefel-Isotopen-Untersuchungen an Evaporiten der Kreuznacher Gruppe (Zechstein?) in Saar-Nahe-Gebiet. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., S. 745—750, Stuttgart 1966.
- & RICKE, W.: Schwefel-Isotopen-Verhältnisse in Formationswässern und Evaporiten Nord- und Süddeutschlands. — Chem. Geol., **1**, S. 211—290, 1966.
- NIELSEN, H.: Schwefelisotope im marinen Kreislauf und das  $\delta^{34}\text{S}$  der früheren Meere. — Geol. Rdsch., **55**, S. 160—172, 1965.
- Sulfur-Isotopes in the Rhinegraben Evaporite Sulfates. — Jh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **6**, S. 27—29, 1967.
- Schwefel-Isotopenverhältnisse aus St. Andreasberg und anderen Erzvorkommen des Harzes. — N. Jb. Mineral., Abh., **109**, S. 289—321, Stuttgart 1968.
- & RAMBOW, D.: S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 352—366, 2 Abb., Taf. 14—15, Wiesbaden, 1969.
- & RICKE, W.: Schwefelisotopenverhältnisse von Evaporiten aus Deutschland, ein Beitrag zur Kenntnis von  $\delta^{34}\text{S}$  im Meerwasser-Sulfat. — Geochim. Cosmochim. Acta, **28**, S. 577—591, 1964.
- RÖHRER, F.: Zur Hydrogeologie der Quellen von Bad Dürkheim. — Z. wiss. Bäderkde., 1930, H. 6, S. 1—14, Berlin 1930.
- SCHWILLE, F.: Die Mineralquellen des Mittelrheingebietes. — Deutsch. gewässerkundl. Mitt., **5**, (5), S. 110—117, 7 Abb., Koblenz 1961.
- Natriumhydrogenkarbonat- und Natriumchlorid-Wässer im tieferen Untergrund des Mainzer Beckens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 314—335, Wiesbaden 1953.
- Die Mineralquellen im nordpfälzischen Bergland. — Heilbad u. Kurort, **7**, Nr. 5, S. 83 bis 87, Gütersloh 1955.
- SEMMLER, W.: Die Mineralquellen des Saarlandes. — Z. deutsch. geol. Ges., **103**, S. 284 bis 296, Hannover 1951.
- WAGNER, W.: Die Lagerungsverhältnisse am Westufer des Mainzer Beckens bei Kreuznach und die Kochsalzquellen von Bad Kreuznach und Bad Münster am Stein. — Notizbl. Ver. u. Erdk. u. hess. geol. L.-A. f. 1923, (V) **6**, S. 76—163, Darmstadt 1924.
- Wanderwege von kochsalzhaltigen Wässern im nördlichen Mainzer Becken und an seinen Rändern. — Jb. nass. Ver. Naturk., **99**, S. 27—42, Wiesbaden 1968.

Manuskript eingegangen am 6. 2. 1970

**Nachrichten und Mitteilungen**  
**aus dem**  
**Hessischen Landesamt für Bodenforschung**

**ERICH HAARMANN und das Hunsrückschiefer- Meer**  
**(Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschieferfossilien. 5)**

Von

**FRITZ KUTSCHER**, Wiesbaden

Mit 1 Abbildung und Tafel 16



„ERICH HAARMANN starb am 17. April 1945 in einer Bonner Klinik an den Folgen einer chronischen Erkrankung, die infolge der Gefechte um sein Landhaus in Kempenich in der Eifel in ein akutes Stadium getreten war“ (Geol. Rdsch., **35**, S. 40, Stuttgart 1948).

Abb. 1. Bild von ERICH HAARMANN. Aus Geol. Rdsch., **33**, 1942.

*Erich Haarmann*

Im folgenden soll aus dem Lebensbuch von HAARMANN eine Seite aufgeschlagen werden, von der wenige wissen. Die meisten Kollegen kennen ihn als Experten für Erze und Lagerstätten im In- und Ausland, durch sein geistreiches Buch über die Oszillationstheorie, als akademischen Lehrer am ehemaligen Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Berlin oder durch das von ihm ins Leben gerufene Geologen-Archiv im Rahmen der Geologischen Vereinigung und der Veröffentlichungen darüber in deren Zeitschrift. Diesen unvollständigen Daten sind die Be-

ziehungen, die ERICH HAARMANN zum Hunsrückschiefer und seinen Versteinerungen angeknüpft hatte, hinzuzufügen und wachzurufen. Dankbar erinnere ich mich noch heute an die häufigen und fruchtbaren Gespräche, die ich mit ihm über das Hunsrückschiefer-Problem führen durfte, wobei seine anregenden Gedanken, aber auch die Aufforderung zum kritischen Beobachten und Denken mir besonders in Erinnerung geblieben sind.

HAARMANN'S Beziehungen zum Hunsrückschiefer sind in 3facher Richtung festzustellen,

1. in der Bearbeitung von Crinoideen aus dem rheinischen Devon, hier auch einer Art aus den Dachschiefer-Gruben des Hunsrücks;
2. in seiner Beurteilung des Meeresraumes, insbesondere des Hunsrückschiefer-Meeres, worin diese Crinoideen lebten;
3. in dem Sammeln von Hunsrückschiefer-Fossilien schlechthin.

### *Rhenocrinus ramosissimus* W. E. SCHMIDT

1922 veröffentlichte HAARMANN eine wichtige monographische Crinoideenarbeit, die Bothryocriniden und Lophocriniden des rheinischen Devons betreffend. Diese recht erfolgreiche Arbeit, es war seine Habilitationsschrift, war bereits im Frühjahr 1915 abgeschlossen, der Druck jedoch durch den ersten Weltkrieg verzögert worden. Für die uneigennützigte Unterstützung und Freundeshilfe, die ihm W. E. SCHMIDT, der spätere Bearbeiter der Hunsrückschiefer-Crinoideen, dabei zukommen ließ, war er stets dankbar.

Unter den Lophocrinidae BATHER behandelt HAARMANN die interessante Hunsrückschieferart *Rhenocrinus ramosissimus* W. E. SCHMIDT vom Fundort Gemünden.

Die Gattung *Rhenocrinus* war zwar von JAEKEL aufgestellt, aber nicht veröffentlicht worden. W. E. SCHMIDT hatte von seinem Lehrer JAEKEL eine Gattungsdiagnose dafür übernommen und 1905, S. 544—546, bei der Beschreibung der 3 Arten

*Rhenocrinus ramosissimus* JAEKEL,  
 „ *Winterfeldi* n. sp. (Abb. 2),  
 „ *Minae* n. sp. (Taf. 21 Fig. 1,2 u. Abb. 3,4)

veröffentlicht.

HAARMANN (1922) stellte fest, daß die Diagnose von JAEKEL, durch W. E. SCHMIDT bekanntgemacht, zum Teil unrichtig ist. Er stellte eine berichtigte Diagnose auf, nach der nur noch die Hunsrückschiefer-Art *ramosissimus* bei der Gattung *Rhenocrinus* verbleibt. Die beiden anderen Arten wurden bei anderen Gattungen untergebracht und heißen nunmehr *Schmidtoocrinus winterfeldi* und *Rhadinocrinus minae*.

Die Erwähnung der Hunsrückschiefer-Art geht aus folgender Synonymenliste hervor:

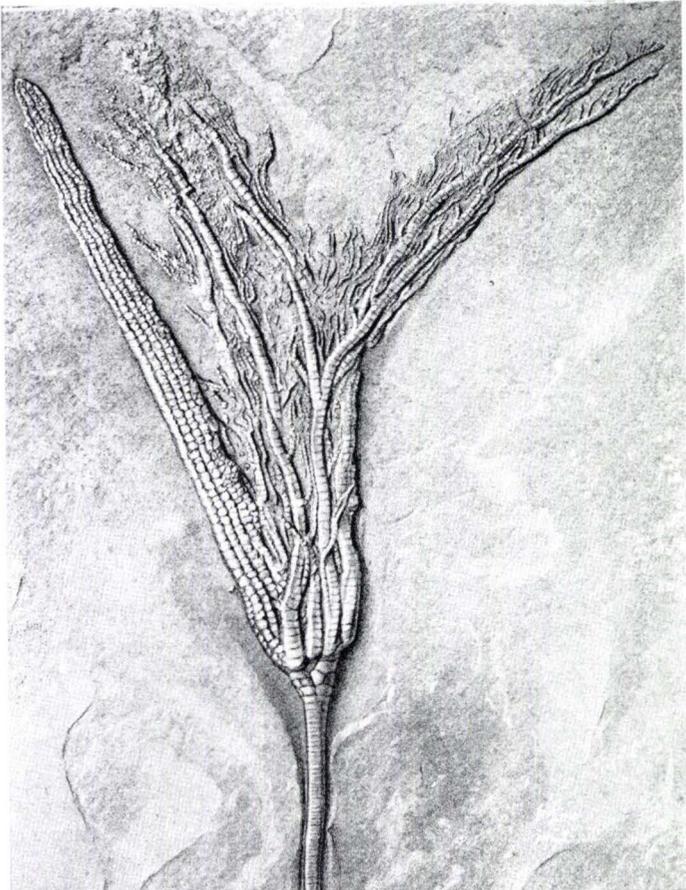
- |  |  |
|--|--|
| 1905 <i>Rhenocrinus ramosissimus</i> JAEKEL  | — W. E. SCHMIDT, Oberste Lenne-Schiefer, S. 544. |
| 1918 <i>Rhenocrinus ramosus</i> n. g. n. sp. | — JAEKEL, Pelmatozoen, S. 59, Abb. 51.           |

**Tafel 16**

Tafel 16

Fig. 1. *Rhenocrinus ramosissimus* W. E. SCHMIDT  
Ausschnitt aus HAARMANN 1922, Taf. 4.  
0,5 nat. Größe.

Fig. 2. *Rhenocrinus ramosissimus* W. E. SCHMIDT  
Ausschnitt aus HAARMANN 1922, Taf. 5.  
1/1.



- 1922 *Rhenocrinus ramosissimus* W. E. SCHMIDT — HAARMANN, Bothryocriniden, S. 36—41, Taf. 4 Fig. 1; Taf. 5 Fig. 2.
- 1932 *Rhenocrinus ramosissimus* W. E. SCHMIDT — OPITZ, Erdgeschichte Birkenfeld, S. 96, Abb. 93 (Kopie nach HAARMANN, S. 99, Abb. 97).
- 1934 *Rhenocrinus ramosissimus* W. E. SCHMIDT — W. E. SCHMIDT, Crinoideen Hunsrückschiefer, S. 108—109, Taf. 32.

Für die sehr eingehende Beschreibung, von der W. E. SCHMIDT (1934, S. 109) sagt, „daß es sich erübrigt, Zusätze zu machen“, standen HAARMANN das JAEKELSche Exemplar und einige Stücke der Sammlung RAUFF (Berlin) zur Verfügung. W. E. SCHMIDT untersuchte noch Stücke aus der Sammlung MAUCHER und dem Senckenberg-Museum.

### Ökologische Betrachtungen

Zu den Lebensverhältnissen im Hunsrückschiefer-Meer nimmt HAARMANN in der gleichen Crinoideen-Veröffentlichung in Kap. 7 „Über den Standort, die Lebensweise und das Absterben der Crinoideen“ Stellung.

Hierin lehnt er JAEKELS (1895) Ansichten ab, daß die im Hunsrückschiefer auftretenden Crinoideen ein „Tiefentypus“ seien (bei Kalkuntergrund spricht er von „Rifftypus“). Rein nach dem petrographischen Vergleich mit dem tonig-sandigen und sandigen Substrat sieht HAARMANN in dem tonigen Hunsrückschiefer-Sediment einen Boden, der unter dem regelmäßigen Wellenschlag lag.

Zur Lebensweise der Crinoideen vertritt HAARMANN die Ansicht, daß die paläozoischen Formen schlechthin nicht dauernd festgesessen haben. Auch die Hunsrückschiefer-Formen scheinen, je nach ihrer Beschaffenheit: Stiele mit Cirren oder eingerollten Stielenden, zeitweise beweglich gewesen zu sein.

Ganz besonders tritt HAARMANN den JAEKELschen Gedankengängen bezüglich des Absterbens der Crinoideen entgegen. JAEKEL postulierte, daß die Crinoideen „an der Stelle in den Meeresboden niedersanken, wo sie wuchsen.“ Er leugnete, daß sie durch Meeresströmungen abgerissen sein konnten. Vielmehr sollten die Crinoideen aus „inneren, individuellen“ Ursachen, d. h. eines natürlichen Todes gestorben sein. Zahlreiche Argumente, beobachtet an fossilen Hunsrückschiefer-Crinoideen, aber auch heute lebenden Crinoideen (*Isocrinus* lebt bis 40 m Wassertiefe und weniger), bestimmten HAARMANN zur Aussage, daß die Crinoideen des Hunsrückschiefers zum Teil „durch vielleicht nicht sehr starker, gelegentlicher Wasserbewegungen — Meeresströmungen, möglicherweise auch Gezeitenströme und Wellenschlag — umgelegt, abgebrochen oder ausgerissen und teilweise weggeschwemmt wurden.“

Zusammenfassend sagt HAARMANN, daß die Crinoideen und die anderen Tiere des Hunsrückschiefers in einem meist ruhigen Meeresteil lebten, auf dessen Boden das Wasser gelegentlich durch Meeresströmungen, Gezeitenströme oder Wellenschlag bewegt wurde, wobei sie zum Teil weggeschwemmt und eingebettet wurden.

### Ausblick

HAARMANN war ein eifriger Sammler von Hunsrückschiefer-Fossilien. Er kaufte nicht nur ihm zugetragene Fossilstücke, sondern er fuhr öfters in die Dachschiefer-

gebiete auf dem Hunsrück, um an Ort und Stelle Fossilien zu erwerben. Über den Verbleib dieses gesammelten und gekauften Fossilmaterials ist mir nichts bekannt. Wahrscheinlich ist es in seiner früheren Berliner Wohnung durch Bomben vernichtet worden.

Zur Lösung des Hunsrückschiefer-Problems hat HAARMANN um die Zwanziger Jahre entscheidende Aussagen gemacht. Er trat Ansichten über die Entstehung der Hunsrückschieferschichten in einem tieferen Meeresteil oder in stillen Buchten, wie sie bis dahin vertreten wurden, energisch entgegen. Er sah die Entstehungsbedingungen so, wie sie vor 1880 angenommen wurden, ehe E. KAYSER mit seiner extremen Faziestheorie das Hunsrückschiefer-Sediment seiner natürlichen Entstehung entrückte.

Die Anschauungen HAARMANNs wurden fast 10 Jahre lang nicht besonders beachtet, und erst RUD. RICHTER (1931) und KUTSCHER (1931) verhalfen ihnen zu Ansehen. Sie haben auch bis heute nichts an Aktualität verloren.

#### Schriftenverzeichnis

- CLOOS, H.: Widmung an Erich Haarmann, mit Bildnis. — Geol. Rdsch., **33**, S. 81—82, 1 Bild, Stuttgart 1942.
- HAARMANN, E.: Die Bothryocriniden und Lophocriniden des rheinischen Devons. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1920, **41**, 1, S. 1—87, 7 Abb., Taf. 1—6, Berlin 1922.
- Die Oszillationstheorie. Eine Erklärung der Krustenbewegungen von Erde und Mond. 260 S., 78 Abb., 1 Kte., Stuttgart (Enke) 1930.
- JAEKEL, O.: Beiträge zur Kenntnis der paläozoischen Crinoiden Deutschlands. — Palaeont. Abh., N.F., **3** (Bd. 7 der Reihe), S. 3—116, 29 Abb., 10 Taf., Jena 1895.
- Phylogenie und System der Pelmatozoen. — Palaeont. Z., **3**, S. 1—128, 114 Abb., Berlin 1918.
- KUTSCHER, F.: Zur Entstehung des Hunsrückschiefers am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **81**, S. 177—232, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1931.
- OPITZ, R.: Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld. 234 S., 170 Abb., Birkenfeld [1932].
- RICHTER, RUD.: Tierwelt und Umwelt im Hunsrückschiefer; zur Entstehung eines schwarzen Schlammsteins. — Senckenbergiana, **13**, S. 299—342, 16 Abb., Frankfurt a. M. 1931.
- SCHMIDT, W. E.: Der oberste Lenneschiefer zwischen Letmathe und Iserlohn. — Z. deutsch. geol. Ges., **57**, S. 498—566, 4 Abb., Taf. 20—22, Berlin 1905.
- Die Crinoideen des Rheinischen Devons. 1 Teil: Die Crinoideen des Hunsrückschiefers. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F., **163**, 149 S., 29 Abb., 34 Taf., Berlin 1934.

Manuskript eingegangen am 20. 7. 1970

## Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers

### 29. Beispiel einer Fossilfalle im Hunsrückschiefer

Von

**FRITZ KUTSCHER**, Wiesbaden

Mit Tafel 17

**Kurzfassung:** Es wird das Beispiel einer Fossilfalle aus dem Hunsrückschiefer-See beschrieben, wobei Exuvien von *Phacops ferdinandi* an einem zylindrischen Fossilkörper (vielleicht *Orthoceras*) hängengeblieben sind.

Allgemein wurde darauf verwiesen, daß man auch Fossilresten aus dem Hunsrückschiefer-See Beachtung schenken sollte, da sie wichtige Aussagen über die ökologischen Verhältnisse liefern können.

#### 1. Einleitung

In der Hunsrückschiefer-Fossilammlung von Herrn Fregattenkapitän G. BRASSEL, die auf der Tagung der Paläontologischen Gesellschaft 1969 in Kiel ausgestellt war, befindet sich ein Schieferstück von Bundenbach, auf dem Exuvien von *Phacops ferdinandi* mit einem röhrenförmigen Fossil zusammenhängen.

Der Besitzer überließ mir dankenswerterweise dieses Fossilstück zur Bearbeitung. Es soll der Gegenstand nachfolgender Betrachtungen sein.

#### 2. Zum Sammeln der Hunsrückschiefer-Versteinerungen

Hunsrückschiefer-Versteinerungen werden fast ausschließlich durch Kauf erworben. Dadurch findet oft eine Selektion derselben statt, insofern, daß zumeist „guterhaltene“ Versteinerungsstücke, dazu auch von gewissem unkontrollierbarem Geldwert, erworben werden. Ästhetische Momente spielen dabei häufig eine entscheidende Rolle. Dadurch gehen für die wissenschaftliche Untersuchung häufig solche Belegstücke verloren, die nur als Bruchstücke vorliegen, die für den Laien und Sammler unverständlich in der Deutung oder nicht bestimmbar sind. Oft zeigen solche Bruchstücke oder auch Unika Einzelheiten, die zur Beschreibung morphologischer Merkmale, manchmal sogar zur Artbestimmung herangezogen werden können. Ganz besonders können an solchen Fossilfragmenten auch ökologische Eigenschaften untersucht werden, die das Leben im Hunsrückschiefer-See charakterisieren. Um ein solches Stück handelt es sich auch im vorliegenden Falle.

### 3. Beschreibung des Fossilstücks

Das Fossilstück wurde vom Eigentümer sorgfältig und mit großer Mühe präpariert. Da es sich um eine dickere und unebene Schieferplatte handelt, wurde von einer Röntgenaufnahme Abstand genommen.

Die Oberseite der Schieferplatte läßt eine zylindrische Röhre erkennen, auf der sich Exuvienreste (Kopfschilder und Schwänze) von *Phacops ferdinandi* befinden. Außerdem zeigt die Schieferplatte organischen Detritus, es sind Tentaculiten, Crinoideenreste und vermutliche Hautfetzen von *Drepanaspis* zu erkennen (Taf. 17 Fig. 1).

Die Rückseite der Schieferplatte weist eine langgestreckte Fossilröhre auf, deren Grenzen aber nur undeutlich hervortreten. Auch hier kommen weitere Fossilreste, zumeist von Crinoideen, vor (Taf. 17 Fig. 4).

Die Tafelabbildung gibt nur einen Ausschnitt aus der Gesamtplatte wieder.

Zur besseren Untersuchung des röhrenförmigen Fossils erlaubte der Besitzer des Stückes die Ausführung eines randlichen Schnittes (Taf. 17 Fig. 1, 4). Die Schnittflächen wurden leicht angeschliffen; sie sind in Taf. 17 Fig. 2 und 3 abgebildet. Es ist ein zylindrischer Querschnitt erkennbar, die Ränder sind durch eingewanderten Milchquarz nachgezeichnet worden.

Die Fossilröhre ist im Schnittgebiet mit schluffigem Material erfüllt, das vom Nebengestein kaum zu unterscheiden ist. Im Innern der Röhre, aber auch im Nebengestein befindet sich Fossildetritus, vielleicht sind auch Ostracodenreste darunter.

### 4. Ökologische Bemerkungen

Bei der Deutung des Fossilstückes kann man von der sicher bestimmbareren Trilobiten-Art *Phacops ferdinandi* KAYSER, die in Form von Häutungsresten vorliegt, ausgehen. *Phacops ferdinandi* ist recht häufig in den Hunsrückschiefer-Schichten der Dachschiefergruben anzutreffen. Ebenso bekannt sind zahlreiche Zusammenschwemmungen von Exuvien (Häutungshemden) (KUTSCHER 1965).

Schwierigkeiten bereitet die Bestimmung der zylindrischen Röhre. Höchstwahrscheinlich, jedoch mit Vorbehalt, handelt es sich um ein *Orthoceras*-Gehäuse, dessen Wohn- und Luftkammern bei oder nach der Einbettung im Schlick mit Sedimentmaterial erfüllt wurden. Das Bild der Querschnittsfläche (Taf. 17 Fig. 2, 3) zeigt dies sehr deutlich. Die Rückseite des Fossilstückes (Taf. 17 Fig. 4) gibt den Blick auf die unebene Röhre frei, die wahrscheinlich beim Einbetten schon zerbrochen ist.

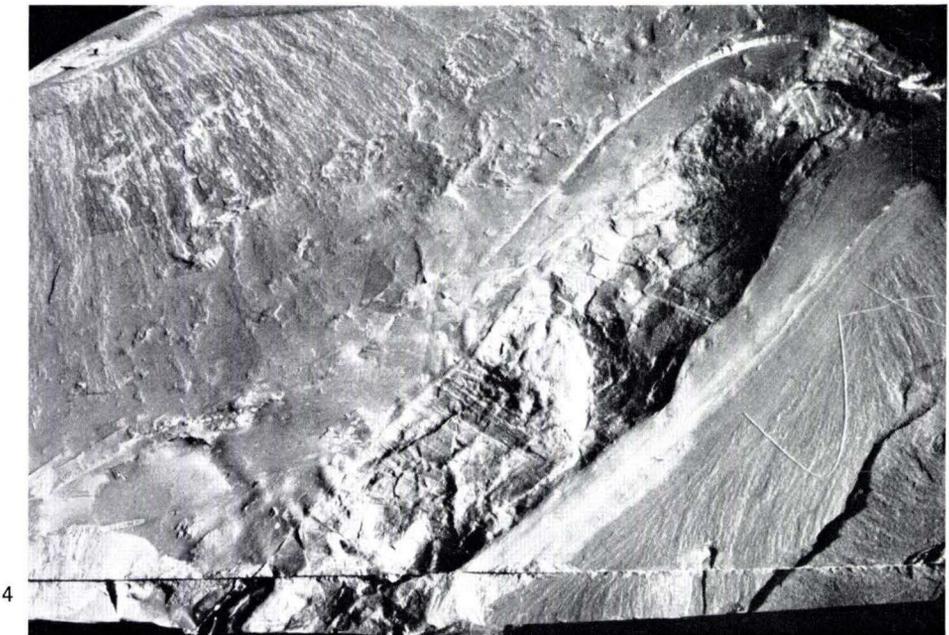
Die Einbettung der *Phacops*-Reste einschließlich der fraglichen *Orthoceras*-Schale ist in mindestens 2 Abschnitten erfolgt. Zunächst wurde der Schalenkörper abgelagert und im Sediment eingespült. Erst dann, wahrscheinlich viel später, blieben die von der Strömung bewegten *Phacops*-Häutungsreste an der Schale hängen. Es entstand so ein einheitlicher Fossilkörper, der eingebettet wurde. Das Fossilstück wurde tektonisch stark beansprucht. Die offenen Risse sind mit Milchquarz verkittet worden.

Im geschilderten Falle wirkte sich die fragliche *Orthoceras*-Schale als Hindernis, als eine Fossilfalle aus, indem die Häutungsreste an ihr hängenblieben. Das Innere des Gehäuses wirkte aber ebenfalls als Sediment- und Fossilfalle. Es wurde Fein-

**Tafel 17**

Tafel 17

- Fig. 1. Zylindrischer Fossilrest mit daran festhängenden Exuvien von *Phacops ferdinandi*. Oberseite des Fossilstückes.
- Fig. 2, 3. Schnittfläche am unteren Teil des Fossilkörpers.  
2. Schnittfläche des oberen Teils der Fig. 1.  
3. Schnittfläche des unteren Teils der Fig. 1.
- Fig. 4. Unterseite des Fossilstückes.



0 4 cm

sediment in die Schale gespült und mit dem Sediment auch Fossilreste in Form von organischem Detritus. Darunter befinden sich vielleicht auch Ostracoden oder Foraminiferen.

#### Schriftenverzeichnis

KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 8. *Phacops ferdinandi* KAYSER und sein Verbreitungsgebiet in der Hunsrückschieferfazies. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 19–37, 2 Abb., Taf. 3–4, Wiesbaden 1965.

Manuskript eingegangen am 24. 8. 1970

# Über den geologischen Bau des Domhügels zu Frankfurt a. M. und über das Alter seines oberflächennahen Bodens

Von

WOLFGANG PLASS, Wiesbaden

Mit 1 Tabelle

## Inhalt

1. Geo- und pedologische Verhältnisse . . . . .	264
2. Ergebnisse der Untersuchungen . . . . .	265
3. Zusammenfassung . . . . .	267
4. Schriftenverzeichnis . . . . .	268

## I. Geo- und pedologische Verhältnisse

Am 3. 5. 1969 war auf dem Hühnermarkt nordwestlich des Domes, wenige Meter südlich einer Aufgrabung des Museums für Vor- und Frühgeschichte, in einer großen Baugrube die Schichtfolge der den Domhügel aufbauenden fluviatilen Sedimente des Mains aufgeschlossen<sup>1)</sup>. An der Ostwand der damals bis zu den Sanden der Oberen Niederterrasse ausgehobenen Baugrube (Bl. 5818 Frankfurt-Ost, R. 347750, H. 555280, Westseite des Hauses Domstr. 1) konnte unter wechselnd 1,5–2 m mächtigem Kulturschutt folgendes Profil aufgenommen werden :

Teufe in m	Mächtigkeit in m	Boden- Horizont	Petrographische und pedologische Beschreibung
0–0,35	0,35	A <sub>h</sub> B <sub>u</sub> + Y	schwach lehmiger Sand; dunkelgraubraun, nach unten heller braun; schwach humos; schwach steinig und schwach kiesig; Kiese und Kalksteine wahrscheinlich künstlich beigemischt (Kulturschutt); viele Regenwurmgänge mit humosen Wandbelägen; Feinerde schwach kalkhaltig, Kalkgehalt nach unten abnehmend, Basis kalkfrei; Kalkgehalt vermutlich sekundär durch Aufkalkung aus dem darüberliegenden Kulturschutt

<sup>1)</sup> Für den freundlichen Hinweis auf diese Baugrube danke ich Herrn Dr. U. FISCHER, Direktor des Museums für Vor- und Frühgeschichte, 6 Frankfurt a. M., Justinianstr. 5.

Teufe in m	Mächtigkeit in m	Boden- Horizont	Petrographische und pedologische Beschreibung
0,35—1,10	0,75	B <sub>tx</sub>	stark lehmiger Sand, nach unten fließender Übergang in sandig-tonigen bis schluffig-tonigen Lehm; dunkelbraun bis rötlichbraun, die untersten 10 cm etwas gelblichbraun; viele Regenwurmgänge; Gefüge grobpolyedrisch; auf Klüften Tonbeläge; schwach kiesig; kalkfrei
1,10—1,50	0,40	II B <sub>v</sub> C <sub>c</sub>	schluffig-lehmiger Sand bis sandiger Lehm; braun, im Vergleich zum B <sub>tx</sub> deutlich gelbbraun, etwas olivstichig; viele feine Regenwurmgänge; Beimischung von feinstkörnigem Laacher Bimsstuf; stark kalkhaltig, viele Kalkpseudomyzelien; nach unten höherer Anteil von Mittel- und Grobsand (lehmiger bis stark lehmiger Sand) mit seltenen Muschelkalk-Geröllen
1,50—1,80	0,30	III C <sub>c</sub> B <sub>v</sub>	schwach toniger bis lehmiger Sand; braun bis rötlichstichig braun; selten Regenwurmgänge; stark kalkhaltig, viele Kalkpseudomyzelien und klufftfüllungsartige Kalkausfällungen; schwach kiesig; obere 5 cm mittel bis stark kiesig (Geröllage), Gerölle bis max. 10 cm Ø, überwiegend aus rotem mittelkörnigem Sandstein oder aus Quarz
1,80—2,35	0,55	III B <sub>v</sub> C <sub>c</sub>	stark lehmiger Sand; braun, etwas gelblicher als III C <sub>c</sub> B <sub>v</sub> ; selten Regenwurmgänge; stark kalkhaltig, viele Kalkpseudomyzelien; schwach kiesig, Gerölle bis 1,5 cm Ø; etwas grobsandig; untere 10 cm schwach lehmiger Sand; weniger Kalkpseudomyzelien als oben
2,35—2,60	0,25	IVC	Sand; sehr hellbraun; kalkfrei; in Wechsellagerung mit schwach lehmigem bis schluffigem Sand; hellbraun; stark kalkhaltig; wechselnd fein- bis grobkörnig; kiesfrei
2,60—3,00 +	0,40	VC	Sand; gelblich und bräunlich; geschichtet; wechselnd fein- bis grobkörnig; kies- und kalkfrei

## 2. Ergebnisse der Untersuchungen

Die aufgeschlossene Schichtfolge besteht im wesentlichen aus Hochflutablagerungen des Mains. An der Basis (2,35—2,60 m) wechsellagert sie mit den liegenden Sanden der Oberen Niederterrasse (2,60—3,00 m und tiefer).

Die Schichtfolge enthält einen kräftig ausgeprägten Boden zwischen 0—1,10 m. Darunter folgen schwächere Bodenbildungen bis 2,35 m. Bei dem erstgenannten Boden handelt es sich um eine Parabraunerde (in erweitertem Sinne) mit einem recht stark entwickelten, tonreichen B<sub>tx</sub>-Horizont. Ob der tonarme A<sub>h</sub>B<sub>u</sub> + Y-Horizont pedo- und geogenetisch zu dem B<sub>tx</sub>-Horizont gehört, ist in diesem Aufschluß durch die künstlichen Schuttbeimengungen und durch die wahrscheinlich nachträgliche

Aufkalkung aus dem hangenden Kulturschutt nicht zu klären. Nicht völlig auszuschließen ist z. B. die Möglichkeit, daß der fragliche Horizont jüngeres Hochflut-Material darstellt, das mit dem liegenden  $B_{tx}$ -Horizont keine genetische Einheit bildet. (In diesem Falle müßte wegen des geologischen Schichtwechsels dem Horizont-Symbol des  $B_{tx}$ -Horizontes eine II vorangestellt werden. Gleichzeitig wären die römischen Zahlen der darunterfolgenden Horizonte jeweils um eine Eins zu erhöhen.) Ähnliche schichtige Parabraunerden wurden bei Bodenkartierungen auf den benachbarten Blättern 5916 Hochheim und 5917 Kelsterbach in großflächiger Verbreitung gefunden.

Innerhalb der weniger kräftigen Bodenbildungen der Sedimentfolge zwischen 1,10–2,35 m sticht die Schicht  $III C_c B_v$  durch ihre etwas intensivere, schwach rötlichbraune Farbe hervor. Daraus kann — gegenüber der liegenden und hangenden Schicht — auf eine stärkere Verwitterung geschlossen werden, was in dem Horizontsymbol durch die Stellung des  $B_v$  auf der rechten Seite zum Ausdruck gebracht wird. Allerdings ist auch hier infolge der Überprägung des Schichtpakets zwischen 1,10 bis 2,35 m durch Kalkausfällungen eine eindeutige Aussage über den Grad der Verlehmung nicht zu machen. Lediglich durch den Vergleich der Bodenarten und Farben mit den unveränderten Hochflutablagerungen des IVC-Horizontes und einiger linksmainischer Aufschlüsse kann man annehmen, daß in den Schichten  $II B_v C_c$  und  $III B_v C_c$  eine sehr schwache, in der Schicht  $III C_c B_v$  eine relativ stärkere Verwitterung vorliegt.

Von wesentlicher Bedeutung für die Stratigraphie und Bodengenese ist der löß-ähnliche Hochflutlehm der Schicht  $II B_v C_c$ . Bereits die olivstichige gelbbraune Farbe ließ eine Beimischung von Laacher Bimstuff erwarten, was auch durch eine Schwermineralanalyse einer Probe aus dem oberen Teil des Horizontes bestätigt wurde (Analytiker: Dr. St. MEISL, HLFb, Wiesbaden; schriftliche Mitteilung vom 4. 11. 69).

Tab. 1. Chronologische Tabelle zur Gliederung des Spät- und Postglazials  
[nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, Lehrbuch der Bodenkunde, Stuttgart (Enke) 1966]

Holozän	Post-glazial	Boreal		5 500 — 6 800 v. Chr.
		Präboreal		6 800 — 8 000 v. Chr.
Pleistozän	Spät-glazial der Würm- Eiszeit	Jüngere Tundren-Zeit		8 000 — 8 800 v. Chr.
		Alleröd-Zeit	Laacher See-Eruption	8 800 — 10 000 v. Chr.
		Ältere Tundren-Zeit		10 000 — 10 300 v. Chr.
		Bölling-Zeit		10 300 — 10 800 v. Chr.
		Älteste Tundren-Zeit		10 800 — 14 000 v. Chr.

Damit ist eine ungefähre Einordnung der oberen Hochflutsedimente in das Spätwürm mit Hilfe des während der mittleren Alleröd-Zeit sedimentierten Laacher Bimstoffes gegeben. Ungeachtet der beiden Möglichkeiten einer primären oder einer sekundären Lagerung des Tuffes, kann man unterstellen, daß er in der Zeit zwischen

8800—10000 Jahren v. Chr. angeliefert wurde. Im Falle einer sekundären Lagerung wäre eine geringfügige zeitliche Verschiebung zu berücksichtigen, die aber vernachlässigt werden kann. Denn ähnliche Parabraunerde-Profile des gleichen Hochflutlehms mit grauen, unverwitterten, reinen Bimstuff-Lagen im unteren Abschnitt oder unterhalb des  $B_{tx}$ -Horizontes wurden bei der Bodenkartierung des Blattes 5917 Kelsterbach in der Nähe von Sindlingen und Hattersheim gefunden.

Geht man davon aus, daß die Obere Niederterrasse wahrscheinlich während des Alt- bis Mittelwürms abgelagert wurde, bleibt für die Sedimentation des Hochflutmaterials unterhalb des tuffhaltigen  $II B_v C_c$ -Horizontes etwa der Zeitraum zwischen Bölling- und früher Alleröd-Zeit. Die Ablagerungszeit des Hochflutlehms oberhalb des Tuffhorizontes läßt sich nicht einengen. Auf alle Fälle ist er nach der Anlieferung des Tuffes abgelagert worden. Offen bleibt, ob die Sedimentation des Hochflutlehms bis in das Holozän hinein erfolgte. Das gleiche gilt auch für den schwach lehmigen Sand des  $A_h B_u + Y$ -Horizontes. Ob er eventuell dem jungtundrenzeitlichen Deckschutt bzw. Decksediment der hessischen Mittelgebirgsböden stratigraphisch entspricht, läßt sich hier und ohne umfangreiche pedologische und mineralogische Untersuchungen im Rhein-Main-Gebiet nicht klären.

Ähnliche Schwierigkeiten bereitet die Alterseinstufung der Bodenbildungen. Es ist vorerst nicht zu entscheiden, ob sich die sowohl unter- als auch oberhalb des tuffhaltigen Hochflutlehms befindlichen Bodenhorizonte während des Spätglazials, während des Spät- und Postglazials oder ausschließlich während des Postglazials entwickelten oder ob sie sich noch heute weiterentwickeln. Ebenso unbeantwortet bleibt die Frage, ob die schwachen Bodenbildungen unterhalb des  $B_{tx}$ -Horizontes den untersten Abschnitt der Parabraunerde darstellen oder ob es sich um selbständige, vor Ablagerung der tuffhaltigen Schicht gebildete Böden handelt, die etwa als fossile Braunerden charakterisiert werden könnten, was auch für den Tuffhorizont selbst gilt.

Anhand vergleichender Untersuchungen an Lößböden kann man vermuten, daß der  $B_{tx}$ -Horizont der Löß-Parabraunerden zumindest teilweise schon im Spätwürm entstanden ist. Bei Gönnersdorf (Neuwieder Becken) liegt beispielsweise ein recht kräftig ausgeprägter  $B_{tx}$ -Horizont an der Oberkante des Lößes unter 3 m grobkörnigem Laacher Bimstuff mit eingeschalteten mächtigen, dichten Britzbänken. Auch in den bereits erwähnten Hochflutlehm-Parabraunerden von Sindlingen und Hattersheim sind geringmächtige  $B_{tx}$ -Horizonte unter dem Bimstuff entwickelt. Eine nähere Aussage über das Alter der Parabraunerde des Domhügels läßt sich daher nicht machen, da genauere Marken zur zeitlichen Einengung dieser Bodenbildung fehlen.

### 3. Zusammenfassung

Die in einer Baugrube am Frankfurter Domhügel zwischen hangendem, frühgeschichtlichem Kulturschutt und liegenden, alt- bis mittelwürmzeitlichen Schichten bestehen aus spätwürmzeitlichen Hochflutablagerungen des Mains.

Diese 2,60 m mächtige Schichtfolge wird durch einen gelbbraunen Hochflutlehm (zwischen 1,10—1,50 m) unterteilt, der aus der Eruption des Laacher Sees stammendes, vulkanisches Material enthält. Dadurch ist eine Datierung dieser Hochflutlehmschicht in die Alleröd-Zeit (8800—10000 v. Chr.) möglich. Die Frage nach einer

Umlagerung des Tuffes ist in diesem Falle ohne Bedeutung, da in gleichaltrigen und gleichartigen Hochflutsedimenten bei Sindlingen und Hattersheim der Laacher Bimstuff in etwa gleicher Profilposition in primärer Lagerung vorliegt. Eine denkbare kurzstreckige Verlagerung würde also nur eine geologisch unwesentliche Zeitverschiebung bedeuten.

Die Bodenbildungen, die die Schichtfolge bis 2,35 m überformen, haben oberhalb des Tuffhorizontes eine kräftig ausgeprägte Parabraunerde, unterhalb des  $B_{tx}$ -Horizontes der Parabraunerde braunerdeähnliche Horizonte entstehen lassen, die allerdings von Kalkausfällungen durchsetzt sind. Ob die letztgenannten Horizonte lediglich den untersten Abschnitt einer mächtigen Parabraunerde darstellen oder selbständige, vorallerödzeitliche Böden sind, ist nicht zu klären. Ebenso unklar bleibt das Alter des Hochflutmaterials über dem Tuffhorizont, denn es wäre denkbar, daß eine Sedimentation dieses Materials bis in das Holozän hinein erfolgte.

Auch läßt sich nichts Näheres über den zeitlichen Ablauf der Bodenentwicklungen aussagen. Die oberen wie die unteren Bodenhorizonte können im Spätglazial, im Postglazial oder zu beiden Zeiten entstanden sein. Nicht auszuschließen ist die Möglichkeit, daß die Bodenentwicklung noch heute fortschreitet. Anhand regionaler Bodenuntersuchungen ist aber zu vermuten, daß die Hochflutablagerungen des Domhügels zumindest teilweise während des Spätwürms pedogenetisch überprägt worden sind.

Die Ablagerung der oberen Hochflutsedimente und die Entstehung der darin entwickelten Parabraunerde muß — belegt durch den Fund von Laacher Bimstuff — in die Zeit nach Ausbruch des Laacher See-Vulkanismus während des mittleren Alleröds erfolgt sein.

Während der Profilaufnahme am 30. 5. 1969 befanden sich in den Aufgrabungen am Hühnermarkt die frühgeschichtlichen Kulturreste in dem  $A_h B_u + Y$ -Horizont und im oberen Teil des  $B_{tx}$ -Horizontes der Parabraunerde. Vielleicht ist es durch zukünftige jung- oder mittelsteinzeitliche Funde am Hühnermarkt möglich, für die Hochflutablagerungen des Domhügels eine obere Zeitgrenze festzulegen.

#### Schriftenverzeichnis

- ALTERMANN, M. & MANIA, D.: Zur Datierung von Böden im mitteldeutschen Trocken-  
gebiet mit Hilfe quartärgeologischer und urgeschichtlicher Befunde. — *Albrecht Thaer-  
Arch.* **12**, 7, S. 539—557, 7 Abb., 3 Tab., Berlin 1968.
- BECKER, E.: Stratigraphische und bodenkundliche Untersuchungen an jungpleistozänen  
und holozänen Ablagerungen im nördlichen Oberrheintalgraben. 157 S., 28 Abb.,  
14 Tab., 1 Kte., Frankfurt a. M. 1963.
- BOSINSKI, G.: Ein Magdalénien-Fundplatz in Feldkirchen-Gönnersdorf, Kreis Neuwied. —  
*Eiszeitalter u. Gegenwart*, **19**, S. 268—269, Öhringen 1968.
- FRECHEN, J.: Die Tuffe des Laacher Vulkangebiets als quartärgeologische Leitgesteine  
und Zeitmarken. — *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.*, **4**, S. 363—370, 1 Abb., 2 Tab.,  
Krefeld 1959.
- KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5916 Hochheim,  
3. Aufl., 209 S., 19 Abb., 17 Tab., 2 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.
- MICHEL, F. & ZÖLLER, A.: Erl. geol. Kte. Preußen, Bl. Frankfurt/Main-West (Höchst)-  
Steinbach, 96 S., 3 Taf., Berlin 1930.
- PAAS, W.: Rezente und fossile Böden auf niederrheinischen Terrassen und deren Deck-  
schichten. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **12**, S. 165—330, 32 Abb., Öhringen 1961.

- PLASS, W.: Erl. Bodenkte. Hessen 1:25 000, Bl. 5917 Kelsterbach. (In Druckvorbereitung)
- & SEMMEL, A.: Über ein Vorkommen von allerödzeitlichem Bimstuff bei Odersbach (Bl. 5515 Weilburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 346—347, Wiesbaden 1965.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B.: Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän? — Göttinger bodenkundl. Ber., **6**, S. 127—212, 12 Abb., Göttingen 1968.
- SCHÖNHALS, E.: Spät- und nacheiszeitliche Entwicklungsstadien von Böden aus äolischen Sedimenten in Westdeutschland. — Transact. 7. Intern. Congr. Soil. Sci. Madison USA 1960, IV, S. 283—290, 1 Tab., Amsterdam 1961.
- STÖHR, W. TH.: Der Bims (Trachyttuff), seine Verlagerung, Verlehmung und Bodenbildung (Lockerbraunerden) im südwestlichen Rheinischen Schiefergebirge. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 318—337, 3 Abb., 1 Tab., Taf. 27, Wiesbaden 1963.
- Die Bimsruptionen im Laacher-See-Gebiet, ihre Bedeutung für die Quartärforschung und Bodenkunde im Mainzer Becken und in den südlichen Teilen des Rheinischen Schiefergebirges. — Z. deutsch. geol. Ges., 1964, **116**, 3, S. 994—1003, 1 Tab., 2 Abb., Hannover 1966.
- Erdgeschichtliches Geschehen im Spätglazial und seine Auswirkungen auf die Böden im südlichen Rheinischen Schiefergebirge (unter besonderer Berücksichtigung des Lockerbraunerde-Phänomens). — Mitt. deutsch. bodenkundl. Ges., **6**, S. 45—115, Göttingen 1967.

Manuskript eingegangen am 16. 3. 1970

## Bodenaufschlüsse und paläolithische Funde aus dem Bereich des römischen Steinkastells Hofheim (Maintaunuskreis)

Von

ERNST BARGON, Wiesbaden und HANS ULRICH NUBER, Frankfurt a. M.

Mit 3 Abbildungen und den Tafeln 18–19

Im Jahre 1969 wurden im Auftrag des Landesarchäologen von Hessen, Herrn Prof. Dr. H. SCHOPPA, Plangrabungen im römischen Steinkastell von Hofheim (Maintaunuskreis) durchgeführt. Ihm sei für die Übertragung der Grabungsleitung an H. U. NUBER ebenso gedankt wie Herrn Prof. Dr. A. RADNOTI für die vielfältige Unterstützung dieser Arbeit. Den Kollegen und Mitarbeitern im Seminar für Hilfswissenschaften der Altertumskunde, Universität Frankfurt/Main, gebührt Dank für die vielseitige Mithilfe, die sie gewährt haben.

Innerhalb des Lagerareals des Steinkastells von Hofheim (WOLFF 1897, SCHOPPA 1960 u. 1961) wurden auch frühere Kulturreste angetroffen. Neben einigen bisher nicht genauer datierten vorgeschichtlichen Gruben und vier frühbronzezeitlichen Hockergräbern traten an zwei Stellen paläolithische Funde zutage. Neben diesen erstmals nachgewiesenen paläolithischen Artefakten kennt man von diesem durch zahlreiche Spuren verschiedener Kulturstufen sich auszeichnenden Geländesporn bereits neolithische, hügelgräber-bronzezeitliche und la-tène-zeitliche (RITTERLING 1912) Reste.

Im Westteil der Fläche I (Abb. 1) lagen in einer Tiefe von 0,90 m (149,89 m ü. NN) und innerhalb einer begrenzten Ausdehnung im ungestörten Löß (Abb. 2) etwa 30 Abschläge aus dunkelgrauem Hornstein (mündl. Mitteilung von Herrn Oberregierungsrat Priv.-Doz. Dr. MEISL, Wiesbaden 1970), von denen hier zwei bearbeitete Stücke vorgelegt werden. Alle Steine überzieht eine ca. 1 mm starke, weiße, porzellanartige Schicht, die ihnen ein sehr einheitliches Aussehen verleiht.

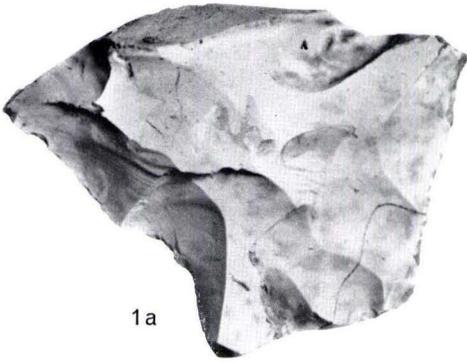
- a. Abschlag in Levalloistechnik mit seitlichen Retuschen; die Vorderkante ist unbearbeitet. Länge 4,5 cm; größte Breite 6,1 cm; größte Dicke 1,1 cm (Taf. 18 Fig. 1a–c).
- b. Rundkratzer aus einem Abschlag, sehr regelmäßig abgearbeitet. Länge 5,2 cm; Breite 3,9 cm; Dicke 1,3 cm (Taf. 18 Fig. 2a–b).

14, 15 m nach Südosten, am Nordrand der Fläche I (Abb. 1), fand sich als Einzelstück in einer Tiefe von 1,25 m (149,54 m ü. NN) ein Faustkeil aus violetter Taunusquarzit. Er wurde aus einem Abschlag gearbeitet; an der rechten Basisseite blieb eine gerade, hellbraune Fläche erhalten, die sich auf der Oberseite fortsetzt. Die Kanten sind mit Ausnahme der rechten Basisseite scharf; die zwei stärkeren Einkerbungen

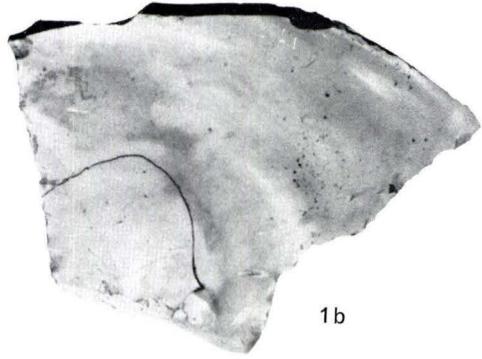
Tafel 18

Tafel 18

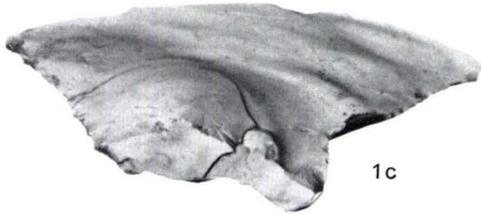
Hofheim (Maintaunuskreis). Abschlag; Vorder- und Rückseite, Basis. Rundkratzer;  
Vorder- und Rückseite. 1:1.



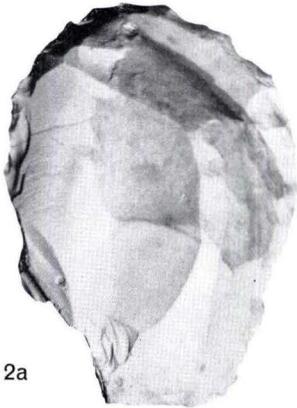
1a



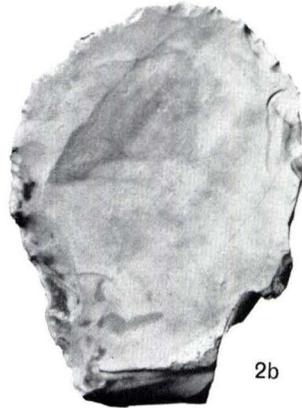
1b



1c



2a

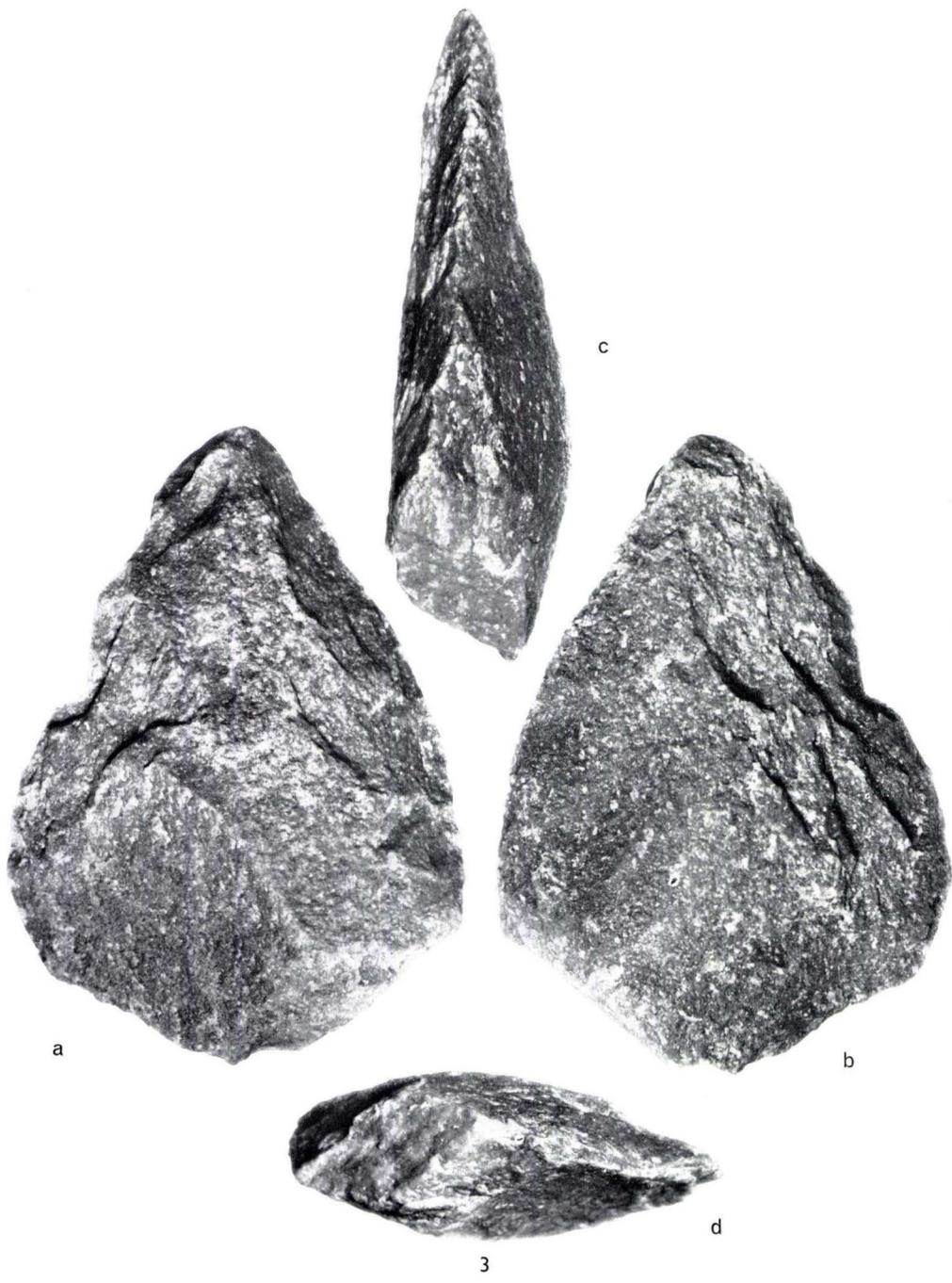


2b

Tafel 19

Tafel 19

Hofheim (Maintaunuskreis). Faustkeil; Vorder- und Rückseite, rechte Seitenkante,  
Basis. 1:1.



sind Beschädigungen durch den Spaten. Das Stück zeigt nach der Reinigung von den anhaftenden Lößresten keine Patina, sondern gleichmäßig frischen Bruch. Länge 8,9 cm; Breite 6,2 cm; Dicke 2,35 cm (Taf. 19 Fig. 3a—d).

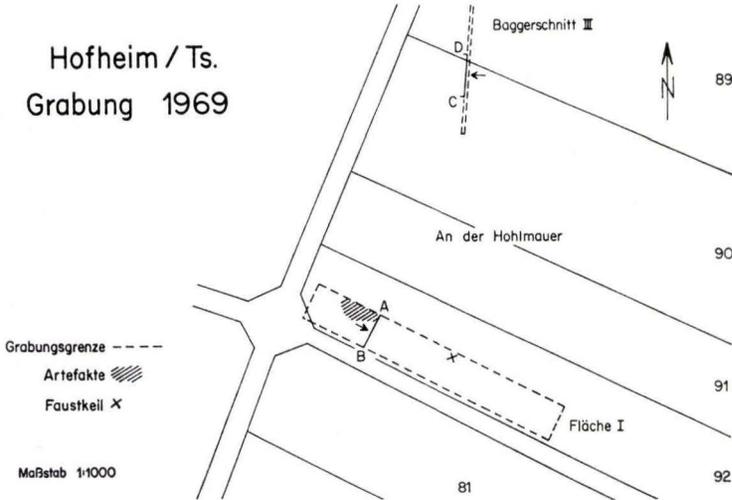


Abb. 1. Hofheim (Maintaunuskreis). Grabung 1969. Fundstellen und Lage der Profile A—B und C—D.

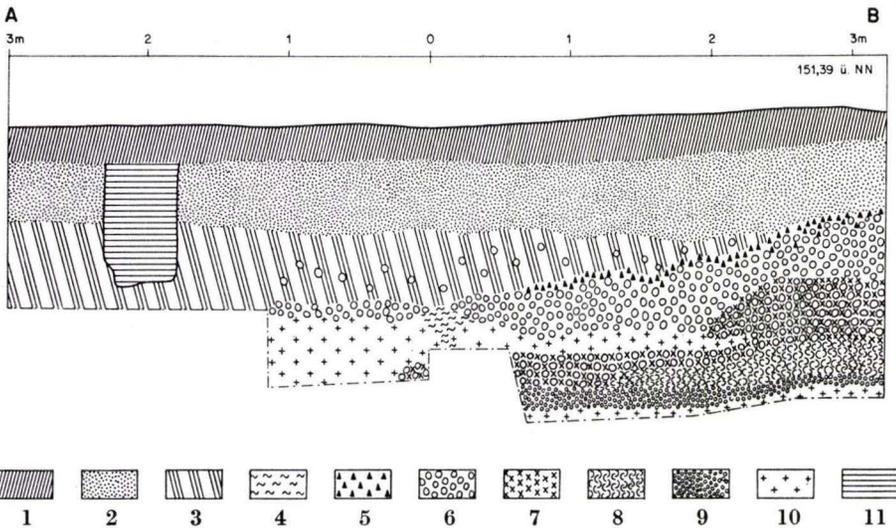


Abb. 2. Hofheim (Maintaunuskreis). Grabung 1969. Fläche I. Zwischenprofil A—B. — Die paläolithischen Funde stammen aus der Lößschicht.

- 1) Krume ( $A_p$ -Horizont).
- 2)  $B_t$ - und  $B_v$ -Horizonte einer tschernosemartigen Parabraun-erde.
- 3) Löß, z. T. solifluidal umgelagert.
- 4) Grauer Lehmeinschluß.
- 5) Infiltrationskalk aus Löß.
- 6) Grober Kies.
- 7) Rotgelber, fossiler Boden.
- 8) Roter Feinkies.
- 9) Roter Mittelkies.
- 10) Rotgelber Sand.
- 11) Grube (Röm.?).

Die Bedeutung unserer Funde für das hessische Freilandpaläolithikum liegt nicht allein im Nachweis eines weiteren, bislang unbekanntes Fundpunktes (KRÜGER 1963), sondern in der gesicherten stratigraphischen Lage, der sie entstammen. Bei der bodenkundlichen und quartärgeologischen Deutung der Aufschlüsse kam E. BARGON zu folgenden Ergebnissen:

Die tschernosemartige Parabraunerde ist aus einem Jungwürm-Löß hervorgegangen, dessen Mächtigkeit unterschiedlich ist. Stellenweise tritt über dem Terrassenkörper des Mains (KÜMMERLE & SEMMEL 1969) ein etwa 1,5 m mächtig ausgebildeter Eem-Boden (Riß/Würm-Interglazial) auf. Die kiesig-sandigen Terrassenkomponenten sind durch Sesquioxide stark verbacken. Sofern der Löß nur dünn sedimentiert bzw. später erodiert wurde, sieht der Terrassenkörper weißgrau aus, was auf Kalkinfiltration infolge deszendenter Kalziumkarbonatwanderung zurückgeht. Das Normalprofil der tschernosemartigen Parabraunerde dürfte etwa 1,0–1,2 m stark ausgebildet gewesen sein und hat seit dem Kastellbau infolge Wassererosion etwa 0,6–0,8 m seiner ursprünglichen Mächtigkeit verloren.

Einen wichtigen lößstratigraphischen Hinweis gibt das ins Jungwürm gehörende Kärlicher Tuffband (Abb. 3), das nach  $^{14}\text{C}$ -Datierungen von Lößschneckengehäusen etwa 18–20000 Jahre alt ist. SEMMEL (1967) spricht von Eltviller Tuff, da der Kärlicher Brockentuff am locus typicus (Kärlicher Tongrube) in das früheste Würm gehört.

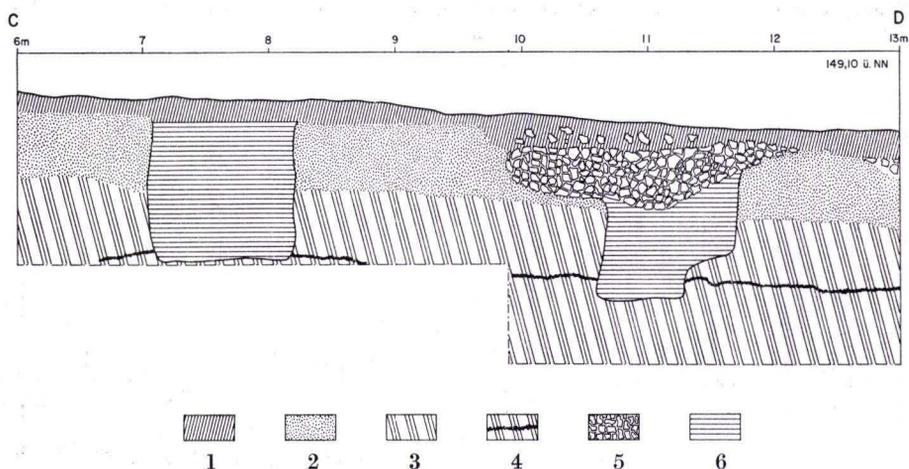


Abb. 3. Hofheim (Maintaunuskreis). Grabung 1969. Baggerschnitt III. Westprofil C—D von lfd. m 6 bis 13.

- 1) Krume ( $A_p$ -Horizont). 2)  $B_t$ - und  $B_v$ -Horizonte einer tschernosemartigen Parabraunerde. 3) Gelbbrauner Löß. 4) Tuffband. 5) Mauerfundament. 6) Pfostengruben.

#### Schriftenverzeichnis

- KRÜGER, H.: Altsteinzeit-Forschung in Hessen. — Fundberichte aus Hessen, **2**, S. 6–43, Bonn 1962.  
 KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5916 Hochheim, 3. Aufl., Wiesbaden 1969.

- RITTERLING, E.: Das frührömische Lager bei Hofheim im Taunus. — Nass. Ann., **40**, S. 1—416, 110 Abb., 38 Taf., Wiesbaden 1913.
- SCHOPPA, H.: Neue Beobachtungen zum römischen Hofheim, Maintaunuskreis. — Germania, **38**, S. 184—189, 6 Abb., Berlin 1960.
- Die Funde aus dem Vicus des Steinkastells Hofheim, Maintaunuskreis. I. Die Keramik außer Terra Sigillata. S. 1—66, 26 Abb., 23 Taf., Wiesbaden 1961.
- SEMMELE, A.: Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lößten. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**, S. 104—108, 1 Abb., Wiesbaden 1967.
- WOLFF, G.: Das Kastell Hofheim. ORL B II/3, 29; S. 1—33, 5 Abb., 8 Taf., Heidelberg 1879.

Manuskript eingegangen am 3. 3. 1970

## Das Vorkommen von Lockerbraunerde im Gladenbacher Bergland (Bl. 5216 Oberscheld)

Von

HELMUT REICHMANN, Wiesbaden

Mit 1 Abbildung

Die bodenkundliche Kartierung auf dem Kartenblatt 1:25000, Nr. 5216 Oberscheld, führte zu dem bemerkenswerten Ergebnis, daß die vulkanischen Aschen des allerödzeitlichen Vulkanismus im Gebiet des Laacher Sees größere Flächen einnehmen als man früher angenommen hat. Noch im Jahre 1959 meinte J. FRECHEN, daß der bei heftigen Ausbrüchen im Laacher Vulkangebiet über weite Landesteile ausgebreitete trachytische Bimstuff wahrscheinlich schon nach kurzer Zeit durch Abwehung wieder abgetragen worden sei. Es wurde jedoch vor allem im SE-Quadranten des erwähnten Kartenblattes eine charakteristisch tiefbraune (7,5 YR 4/4 bis 5/6)<sup>1)</sup>, lockere Braunerde aus Bimstuff in einer Verbreitung gefunden, welche nach den Eintragungen kleiner „Bimssteinsand“-Vorkommen in der von E. KAYSER bearbeiteten Geologischen Karte 1:25000, Blatt Ober-Scheld, aus dem Jahre 1907 nicht vermutet werden konnte.

Wegen seiner vom Normaltyp der Braunerde abweichenden Eigenschaften wird dieser Boden als Lockerbraunerde bezeichnet und als Subtyp in die Bodensystematik eingeordnet. E. SCHÖNHALS (1957a und b) wies erstmals in Veröffentlichungen auf diese basenarmen, sehr hohlraumreichen und stark durchlässigen Böden in den Hochlagen von Vogelsberg, Taunus, Rhön und Habichtswald hin. Aber zu jener Zeit wurden die Bimstufte des Laacher Vulkanismus, wenn man das von SCHÖNHALS (1959) beschriebene Bodenprofil vom Kraterwall des Laacher Sees einmal außer acht läßt, noch nicht mit diesen Böden in Verbindung gebracht. Er erklärte die Entstehung der Lockerbraunerde damit, daß die spärliche Vegetation während des Klimarückschlages der Jüngerer Tundrenzeit am Ende des Pleistozäns dem Wind Angriffsmöglichkeiten eröffnete, um Bodenmaterial aufzubereiten und umzulagern. Am Kraterwall des Laacher Sees deutete er den nach seiner Meinung äolisch aufgearbeiteten Bimstuff als Lokalfazies der jungtundrenzeitlichen Windablagerungen.

Es wies dann W. TH. STÖHR (1963) darauf hin, daß im Hunsrück die Lockerbraunerde nur auf reinem Bims und einige Übergangsformen auf Misch-Staublehm und Mischlehm mit unterschiedlichem Bimsgehalt vorkommen.

In der darauffolgenden Zeit beschrieben W. PLASS und A. SEMMEL (1965) ein weiteres Lockerbraunerde-Vorkommen auf Bimstuff bei Odersbach (Bl. 5515 Weil-

<sup>1)</sup> Farbwert nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS in feuchtem Zustand.

burg). Schließlich erwähnte A. SEMMEL (1968) aus dem Osthessischen Bergland eine Lockerbraunerde, welche im Vergleich zum dort vorherrschenden Buntsandstein-Material eine große Schwermineralfraktion mit bedeutenden Mengen an Augit und Hornblende aufweist. Die qualitative Schwermineralzusammensetzung schließt nach SEMMEL nicht aus, daß auch hier Reste von Laacher Bims vorliegen. Er führt weiter aus, daß bei allen ihm bekannten Vorkommen von Lockerbraunerde die kräftige Verbraunung auf das äolische Material beschränkt bleibt und nicht auf die darunterliegende Schicht übergreift, und zieht daraus den Schluß, daß die Lockerbraunerde fälschlicherweise als äolisches Sediment bezeichnet wird, obwohl sie doch nur ein Boden aus einem äolischen Sediment ist.

Das Bodenmaterial aus dem Gladenbacher Bergland (Bl. 5216 Oberscheld) zeigt bei der Betrachtung unter dem Binokular, daß die Sandfraktion fast völlig aus Bims-körnern besteht, soweit es sich nicht um ein Solum handelt, das in jüngerer Zeit am Hang verlagert und mit anderem Gesteinsmaterial vermischt worden ist. Quarz und Glimmer konnten teils überhaupt nicht, teils nur sehr spärlich beobachtet werden. Die Schwermineralfraktion des Bodens enthält erhebliche Mengen an Augit und Hornblende. Der säulige Habitus einiger Augitkristalle spricht dafür, daß auch hier der aus dem Laacher Bims bekannte Ägirinaugit vorkommt. Gegen die Auffassung, daß die Lockerbraunerde durch die äolische Aufbereitung und Umlagerung eines bereits vorhandenen Bodensolums entstanden ist, spricht hier die Beobachtung, daß in einigen Bodenprofilen eine allmähliche Abnahme der Bimspartikelgröße von oben nach unten zu sehen ist. Die Körnungsanalyse des Feinbodens ergab, daß sich die Bodenart<sup>2)</sup> von sandig-lehmigem Schluff und sandigem Schluff in den oberen Profilabschnitten nach schluffig-lehmigem Sand und schluffigem Sand im unteren Teil des Solums ändert. Diese gradierte Schichtung ist vermutlich auf die unterschiedliche Sinkgeschwindigkeit der vulkanischen Aschenteilchen zurückzuführen.

Die tiefe Braunfärbung des Solums zwingt meines Erachtens nicht zu dem Schluß, daß es sich um eine kräftige Verbraunung handelt. Ich führe sie auf den hohen Humusgehalt zurück. Der Anteil an organischer Substanz kann im oberen Profilteil 14% erreichen. In Tiefen von 60–75 cm unter Flur wurden noch Humusmengen von 1–2% ermittelt. Es handelt sich um Mull. Eine solche Humusanhäufung ist in einer Mittelgebirgslage, deren mittlere jährliche Lufttemperatur heute 7–8° C und deren mittlere jährliche Niederschlagssumme gegenwärtig ca. 800 mm beträgt, ungewöhnlich. Es drängt sich deshalb die Vermutung auf, ob hier nicht dem Bimstuff eine spezifische Bedeutung für die Bodenbildung zukommt.

In der Tat ergaben Untersuchungen von E. B. MONASTERIO (1969), bei welchen er Bodenproben aus verschiedenen Erdteilen prüfte, daß vulkanische Aschen ein „starkes Ausgangsmaterial“ darstellen. Das Vorherrschen von Allophan und Imogolit charakterisiert die daraus entstandenen Böden. Das Auftreten dieser amorphen Tonminerale bestimmt die spezifischen Bodeneigenschaften bei einem bestimmten Entwicklungsgrad. Sie entstehen bei der Verwitterung des vulkanischen Glases in den verschiedensten Klimazonen vom subpolaren bis zum tropischen Bereich mit Ausnahme der Wüstengebiete und hohen Gebirgslagen, wo fehlende Feuchtigkeit

<sup>2)</sup> Bodenart nach Diagramm der Geologischen Ämter der Bundesrepublik Deutschland auf Grund der Pipettmethode (KÖHN) (Arb.-Gemeinsch. Bodenkunde 1965).

oder tiefe Temperatur die Bildung einschränken. Die Eigenschaft des Allophans und des Imogolits, stabile Komplexe mit der organischen Substanz zu bilden, erklärt die starke Anhäufung von Humus in den humiden Klimazonen sowie die Neigung des Bodens, viele Jahrtausende lang in diesem jungen Verwitterungszustand zu verharren.

G. JARITZ (1967) hat nun bei der Untersuchung einer Lockerbraunerde von der Hohen Wurzel im Taunus, Bl. 5814 Bad Schwalbach, in der Tonfraktion mit ungefähr 10% Anteil das Mineral Imogolit gefunden.

Differentialthermoanalysen von Lockerbraunerde-Proben aus dem Gladenbacher Bergland erbrachten bisher keine klaren Beweise für das Vorhandensein dieses Minerals. Zwar konnte im Thermogramm die charakteristische exotherme Reaktion bei 920° C in schwacher Andeutung beobachtet werden, nicht jedoch die endotherme Reaktion bei 180–190° C.

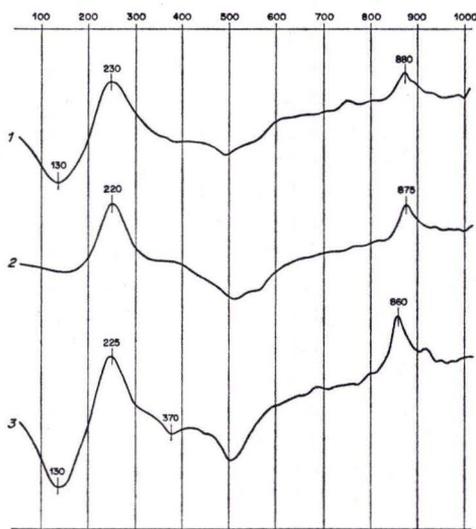


Abb. 1. DTA-Kurven einer Lockerbraunerde-Probe. Entnahmeort ca. 650 m SSE Übernthal, 380 m ü. NN, mäßig geneigter Osthang, aus 15–40 cm u. Fl. Es handelt sich um einen braunen bis dunkelbraunen, humosen, sandigen bis sandig-lehmigen Schluff.

1 unbehandelte Bodenprobe,

2 dieselbe Bodenprobe nach Humuszerstörung mit  $H_2O_2$  und Behandlung mit Piperidin,

3 Fraktion  $< 0,002$  mm nach Humuszerstörung mit  $H_2O_2$ .

Die DTA-Kurven zeigen die für ein Gemisch von Illit und (Meta-)Halloysit zu erwartenden Endothermen bei 130°, zwischen 500 und 565° C sowie die Exotherme bei 880° C. Die exotherme Reaktion bei 230° C wird vermutlich durch die Verbrennung des Humus verursacht. Überraschenderweise ist sie auch nach Behandlung der Bodenprobe mit  $H_2O_2$  noch vorhanden. Sie wird Resten von humushaltigen Tonkomplexen zugeschrieben, die gegenüber  $H_2O_2$  widerstandsfähig sind. MONASTERIO (1969) erwähnt, daß die Existenz solcher Komplexe in nicht allophanischen Tonen

zweifelhaft ist, dem steht im vorliegenden Fall jedoch die Feststellung entgegen, daß in allen von ihm untersuchten Proben mit Allophan, die einen wesentlichen Anteil von organischer Substanz besitzen, das Maximum der ersten Endothermen durchschnittlich bei 190° C liegt. Auch eine mit Piperidin behandelte Bodenprobe zeigte im Thermogramm nicht jene exothermen Peaks bei 300 und 500° C, welche nach SUDO (1953) für DTA-Kurven von Allophan und Allophan-Metahalloysit-Gemischen charakteristisch sind.

Die Röntgenanalysen zeigten das Vorkommen von Quarz und Feldspat sowie von Illit, (Meta-)Halloysit und Chlorit an. Der Nachweis von vielleicht vorhandenem Imogolit ist dadurch unmöglich, daß die zu erwartenden Peaks bei 14,2 und 7,6 Å von denjenigen des Chlorits bei 14 Å und des (Meta-)Halloysits bei 7,4 Å nicht unterschieden werden können.

Als Ergebnis der tonmineralogischen Untersuchungen muß festgestellt werden, daß die angewandten Methoden einen sicheren Nachweis von Allophan und Imogolit nicht erbracht haben. Verf. hält es für möglich, daß bei den untersuchten Lockerbraunerde-Profilen das Verwitterungsstadium mit amorphen oder schwach kristallisierten Tonmineralen bereits überschritten ist.

#### Schriftenverzeichnis

- FRECHEN, J.: Die Tuffe des Laacher Vulkangebietes als quartärgeologische Leitgesteine und Zeitmarken. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **4**, S. 363—370, Krefeld 1959.
- JARITZ, G.: Ein Vorkommen von Imogolit in Bimsböden Westdeutschlands. — Z. Pflanzenernährg., Düng., Bodenkd., **117**, 1, S. 65—67, 4 Abb., Weinheim/Bergstr. 1967.
- KAYSER, E. & LOTZ, H.: Geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsch. L., Lfg. **101**, Bl. Ober-Scheld, Berlin 1907.
- MONASTERIO, E. B.: Untersuchungen von Böden aus Pyroklastiten (Asche und Tuffe) Chiles, Japans, Deutschlands und Italiens. Diss. Univ. Bonn, 344 S., 64 Abb., 46 Tab., Bonn 1969.
- PLASS, W. & SEMMEL, A.: Über ein Vorkommen von allerödzeitlichem Bimstuff bei Odersbach (Bl. 5515 Weilburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 346 bis 347, Wiesbaden 1965.
- SCHÖNHALS, E.: Eine äolische Ablagerung der Jüngeren Tundrenzeit im Habichtswald. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**, S. 380—386, Wiesbaden 1957 (1957a).
- Spätglaziale äolische Ablagerungen in einigen Mittelgebirgen Hessens. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **8**, S. 5—17, Öhringen 1957. (1957b)
- Ein äolisches Sediment der Jüngeren Dryas-Zeit auf dem Laacher See-Tuff. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **4**, S. 337—340, Krefeld 1959.
- SEMMEL, A.: Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — Frankfurter geogr. H., **45**, 133 S., Frankfurt a. M. 1968.
- STÖHR, W. TH.: Der Bims (Trachyttuff), seine Verlagerung, Verlehmung und Bodenbildung (Lockerbraunerde) im südwestlichen Rheinischen Schiefergebirge. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**, S. 318—337, Wiesbaden 1963.
- SUDO, T.: Clay minerals formed by alteration of volcanic glass from Japan. — Comité internat. Étude Argiles, Congr. géol. internat., Comptes rendus, 19 Sess., Fasc. 18, S. 123—135, 2 Fig., 2 Tab., Alger 1953.
- Die Bodenkarte 1:25 000, Anleitung u. Richtlinien zu ihrer Herstellung. Arb.-Gemeinsch. Bodenkunde, 134 S., 14 Abb., 14 Tab., 2 Taf., Hannover 1965.
- Munsell Soil Color Charts, Ed. 1954, Munsell Color Co. Inc., Baltimore, Maryland, U.S.A.

## Vereinfachte CO<sub>2</sub>-Bestimmungen in Quellen

Von

ERNST SOBOTH, Frankenberg

Mit 3 Abbildungen

Jahreszeitlichen Gang (Abb. 1) und raschen Überblick über die CO<sub>2</sub>-Führung in einem Grundwasserbereich können nur Massenuntersuchungen klären. Die erforderliche Genauigkeit hat dem Untersuchungszweck zu entsprechen. Eine kritische Betrachtung der Fehlergrenze ist ebenso nötig wie die Beachtung einer natürlichen, durch die hydrologischen Verhältnisse bedingten Streuung der einzelnen Quelle.

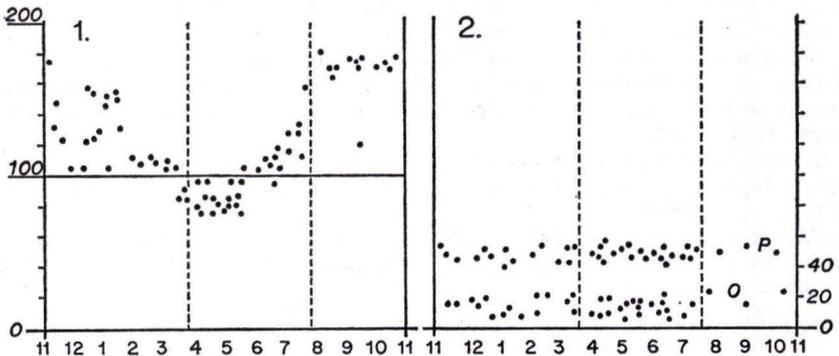


Abb. 1. Streuungsbänder über den CO<sub>2</sub>-Gehalt (April 68 – Mai 70).

1.1. Dorfborn Louisendorf, Krs. Frankenberg.

1.2. p: Pausewiese bei Willershausen (Isotopenmeßstelle).

o: Oschreuffe bei Frankenberg.

Ziffern von links nach rechts: Monate. 20, 40, 100, 200 : mg CO<sub>2</sub> im Liter.

Zur Ablösung des nützlichen, aber doch sehr primitiven Rosolsäuretestes zu Kontrollen wurde zunächst eine 100-ml-Saugspritze gebaut, deren Kolbennase das Ansaugstück füllte und somit Luftzutritt verhinderte. Ein drehbarer Boden hatte Öffnungen für das Einführen der Pipetten. Das sonst handliche Gerät war aber den Beanspruchungen im Gelände nicht lange gewachsen.

Inzwischen gelang es, 50-ml-Einwegspritzen (aus dem Ausland) zu erhalten, von denen die Ausführung mit 5 mm langem Ansaugstutzen, der zum Aufsetzen einer

Kanüle vorgesehen ist und durch den eine Kanüle eingeführt werden kann, sich bei über 400 Bestimmungen bewährte. Reagenzien und Indikatorflüssigkeit werden aus 2-ml-Einwegspritzen durch Kanülen eingespritzt. Bei der Probennahme wird zunächst die  $\frac{1}{10}$ – $\frac{1}{20}$  ml Luft im Ansaugstutzen durch Probewasser ersetzt, dann wird luftfrei die Probe angesaugt. (Der Probewasseranteil, der mit Luft in Berührung kam, ist also unter 0,02%!). 0,1–0,2 ml Phenolphthalein als Indikator werden injiziert (härteres Wasser verlangt die größere Menge), dann folgt die Titration mit NaOH wieder durch Einspritzen aus einer Kanüle. Die bis zum Farbumschlag be-

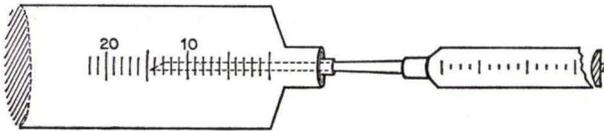


Abb. 2. Injektion aus 2 ml Einwegspritze mit Kanüle in die 50 ml Spritze. (50 cc. Stylex, Pharmaseal Laboratories-Glendale, California). Bezogen über Bodo Schmidt, Laborbedarf-Göttingen.

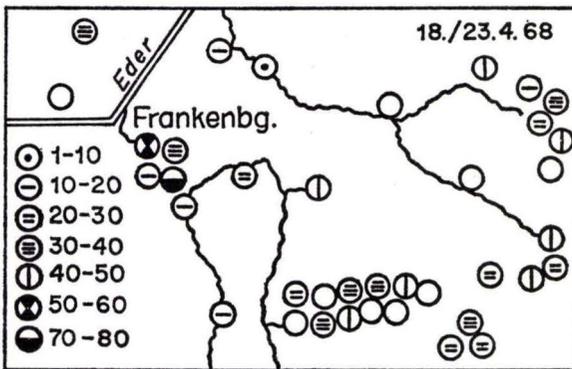


Abb. 3. CO<sub>2</sub>-Gehalt der Quellen im SE von Frankenberg. Ziffern geben mg CO<sub>2</sub> im Liter, leere Kreise bedeuten, daß eine Bestimmung an angegebenen Tagen nicht möglich war. (Statt 50–60 lies 60–70)

nötigte Menge wird an der Skala der Einwegspritze abgelesen, die Kanüle sichert die Einspritzung an den Boden der 50-ml-Spritze, so daß kein Reagenz entweichen kann.

Die bisherigen Verfahren gehen von 200 oder 100 ml Probeflüssigkeit aus. Bei nur 50 ml ist die Genauigkeit entsprechend geringer. Wichtiger aber ist, daß z. B. bei Verwendung einer 0,02-n-Lösung mehr Probeflüssigkeit verdrängt wird als bei einer 0,05- oder 0,1-n-Lösung. Für die in der Regel seltenen CO<sub>2</sub>-Gehalte von über 100 mg/l ist die Mitführung einer (zweiten) 2-ml-Spritze mit  $\frac{1}{10}$  n NaOH erforderlich, wenn man sonst mit 0,05-n-Lösung arbeitet. Den Ausschlag gibt der Arbeitsraum, Verfasser benutzt in letzter Zeit nur 0,1 n NaOH (ablesbare 0,05 ml entsprechen 4,4 mg CO<sub>2</sub> im Liter) und hat somit nur in den 10<sup>1</sup> mg genauen Wert. Wie die Beispiele aber zeigen, reicht dies für die hydrogeologischen Untersuchungen völlig aus. Eine größere

Genauigkeit kann jetzt gezielt dort, wo es nötig ist, durch Sonderanalyse jederzeit erreicht werden.<sup>1)</sup>

Da eine 50-ml-Spritze nur 35 g wiegt, stehen immer mehrere im Gelände zur Verfügung.

Untersuchungen zum jahreszeitlichen Gang der CO<sub>2</sub>-Führung ergaben für die weit- aus meisten Quellen und Brunnen ein Schwanken in einem engen Bereich. Seine Lage wird durch den Chemismus (Abb. 1) bedingt, wenn keine ungewöhnlichen Bedingungen gegeben sind. Pause-Wiese hat Härte 1½—2° dH, Oschreuffe 14—15° dH. Diese relative Konstanz gestattet die Aufstellung einer Karte, wie sie Abb. 3 zeigt. Es ist ein Ausschnitt aus einer größeren Zusammenstellung, deren Bearbeitung daher an mehreren Tagen erfolgen mußte, zumal die CO<sub>2</sub>-Bestimmungen nur nebenbei durchführbar waren.

Für die Darstellung des jahreszeitlichen Ganges zeigt sich das Streuungsband als wohl einzige Lösung. Es läßt Meßzeiten und Streuungsbereich klar heraustreten — und kann jederzeit weitergeführt und verdichtet werden. Abb. 1.1 zeigt den seltenen Fall ungemein starker Schwankungen des CO<sub>2</sub>-Gehaltes im ständig fließenden Dorfbrunnen von Louisendorf, Krs. Frankenberg.

Streuungsbänder und Kärtchen dürften zeigen, daß eine größere Genauigkeit als mit 50-ml-Spritze und Injektionskanüle erreichbar für hydrogeologische Untersuchungen — von Sonderfällen abgesehen — nicht erforderlich ist.

---

<sup>1)</sup> Die Zweittitration wurde zuerst mit 0,1 n, abschließend mit 0,02 n NaOH ausgeführt!

## Eine modifizierte Darstellung von Wasseranalysen im OSANNSchen Dreieck

Von

KARL ERNST HEYL, Mainz

Mit 2 Abbildungen

**Kurzfassung:** Die für die Nomenklatur der Mineralwässer ausschlaggebende 20 mval %-Grenze wird im OSANNSchen Dreieck als Begrenzungslinie für alle Ionen eingetragen. Mit Hilfe der entstehenden Bereiche ist eine quantitative Aussage über Art und Häufigkeit der Wassertypen möglich.

Die graphische Darstellung einer größeren Anzahl von Analysen erleichtert bzw. ermöglicht es erst in vielen Fällen, Zusammenhänge und Beziehungen von Wässern unterschiedlichster Zusammensetzung zu erkennen.

Die Wahl der Darstellungsart richtet sich nach dem Ziel der Untersuchung; sie ist aber andererseits von der Vollständigkeit der analytischen Bestimmungen abhängig.

Beziehungen über das gegenseitige Konzentrationsverhältnis zweier Stoffe (z. B. Natrium- zu Chloridanteilen) kann man im rechtwinkligen Koordinatensystem klären.

Die Kombination zweier Koordinatensysteme im sogenannten Vierecksdiagramm ermöglicht bereits die Darstellung von je zwei Ionen-, „Gruppen“ aus Kationen und Anionen durch einen Punkt, z. B. Alkali- zu Erdalkalianteilten bzw. Chlorid- (und Nitrat-) zu Hydrogenkarbonat- und Sulfatanteilen.

Bei vollständigen Analysen, d. h. ermittelten Anionen und getrennt bestimmten Erdalkalien, wo man also die Summe der Alkalien aus der mval-Differenz errechnen kann, wird die Darstellung in OSANNSchen Dreiecken, gesondert nach Kationen und Anionen, häufig angewandt (SCHWILLE).

Der Darstellung liegt die Tatsache zugrunde, daß die Summe der Lote von einem Punkt im gleichseitigen Dreieck gleich der Dreieckshöhe ist. Setzt man die Höhe gleich 100 (mval %), so läßt sich durch einen Punkt das Konzentrationsverhältnis von drei Stoffen darstellen, deren Summe 100 mval % ergibt. Auf diese Summe wird ja auch das Ergebnis einer Wasseranalyse nach der neuen Nomenklatur für Mineralwässer (ZÖRKENDÖRFER) umgerechnet.

Die Bezeichnung eines Mineralwassers ist durch jene Ionen gegeben, deren Gehalt 20 mval % erreicht oder überschreitet. Die Modifizierung der bisher gebräuchlichen Darstellung im OSANNSchen Dreieck berücksichtigt diesen Grenzwert von 20 mval %

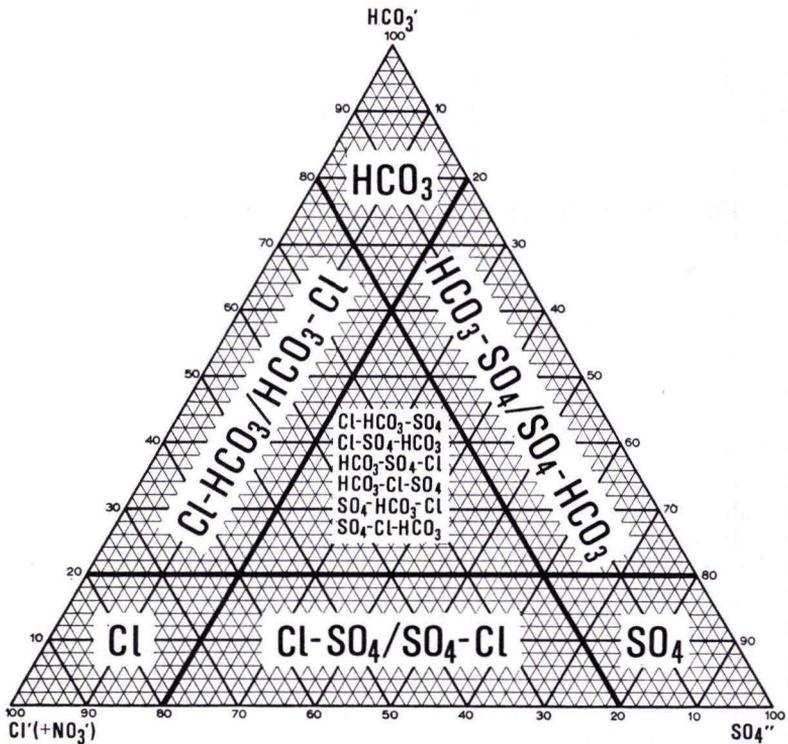


Abb. 1. Erläuterung im Text.

und ermöglicht damit eine genauere, d. h. quantitative Aussage über die in den Dreiecken eingetragenen Punkte. Aus Abb. 1 ist zu erkennen, daß die 20 mval %-Grenzen hervorgehoben sind, wodurch sieben Bereiche bestimmter Mineralwassertypen entstehen. Die den Dreiecksspitzen nächstgelegenen Rauten enthalten nur das an der Spitze angegebene Ion in so großer Konzentration, daß die anderen Ionen — nomenklatorisch — nicht erscheinen. In den zwischen den Rauten gelegenen Bereichen werden Mischtypen erfaßt, die sich aus den Ionen der angrenzenden Spitzen zusammensetzen; im Mittelfeld schließlich sind alle beteiligten Ionen in den verschiedensten Kombinationen vorhanden. Auf eine weitere, mögliche Differenzierung wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Das Beispiel in Abb. 2 (Mineralwässer aus dem Mainzer Becken) zeigt nur das Anionen-Dreieck. Hier wurde durch verschiedene Symbolgebung eine weitere Aussagemöglichkeit erreicht. Es wird nämlich zwischen Wässern unterschieden, deren Anionen nur bzw. mit über 80 mval % an Alkalien (Kreuz-Symbole) oder an Erdalkalien (Dreiecks-Symbole) oder an beide Kationenarten (Punkt-Symbole) gebunden sind. Mit Hilfe der 20 mval %-Begrenzung ist nun eine Auszählung der 50 eingetragenen Analysenergebnisse nach folgendem Schema möglich:

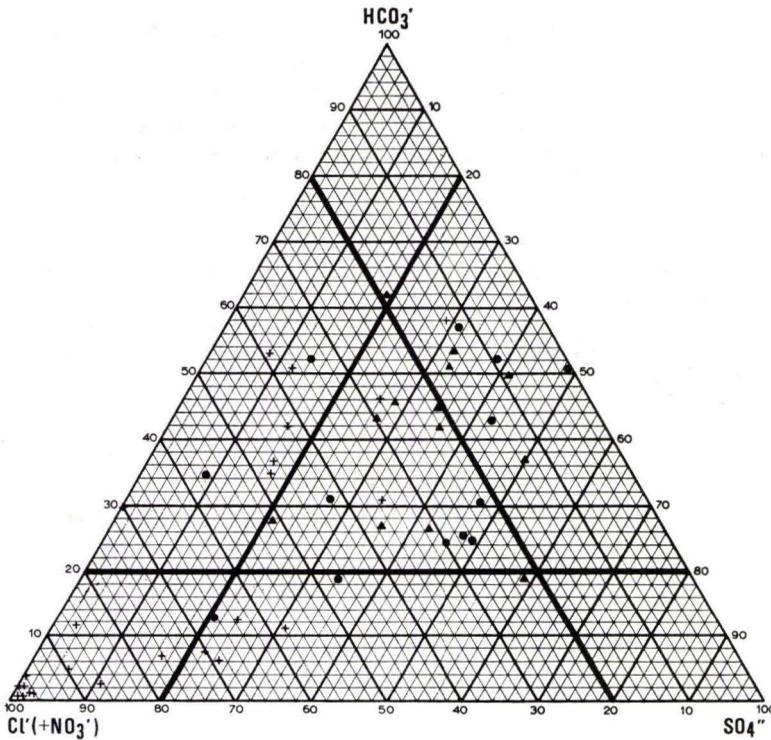


Abb. 2. Erläuterung im Text.

gebunden an:	Alkalien	Erdalkalien	Alkalien und Erdalkalien	Summe			
reine Cl-Wässer	11	—	—	11			
Cl—HCO <sub>3</sub> /HCO <sub>3</sub> —Cl-Wässer	6	—	2	8			
reine HCO <sub>3</sub> -Wässer	—	1	—	1			
HCO <sub>3</sub> —SO <sub>4</sub> /SO <sub>4</sub> —HCO <sub>3</sub> -Wässer	1	4	4	9			
reine SO <sub>4</sub> -Wässer	—	—	—	—			
SO <sub>4</sub> —Cl/Cl—SO <sub>4</sub> -Wässer	4	1	2	7			
„Mischwässer“	2	7	5	14			
	24	+	13	+	13	=	50

Auswertung: Es herrschen — aufgrund des vorhandenen Analysenmaterials — „Mischwässer“ (14) vor, die überwiegend Erdalkalien (7) oder Alkalien und Erdalkalien (5) äquivalent sind. Mit nächst stärkster Verbreitung folgen reine Cl-Wässer (11), die ausschließlich an Alkalien (11) gebunden sind. Auch Cl—HCO<sub>3</sub>-Wässer (8) treten vorwiegend mit Alkalien (6) auf. HCO<sub>3</sub>—SO<sub>4</sub>-Wässer (9) besitzen meist Erdalkali- (4) oder Alkali- und Erdalkalivormacht (4), während Cl—SO<sub>4</sub>-Wässer (7)

mehr mit Alkalien (4) zusammengehen. Reine  $\text{HCO}_3$ -Wässer sind nur in einem von 50 Fällen, reine  $\text{SO}_4$ -Wässer überhaupt nicht vorhanden.

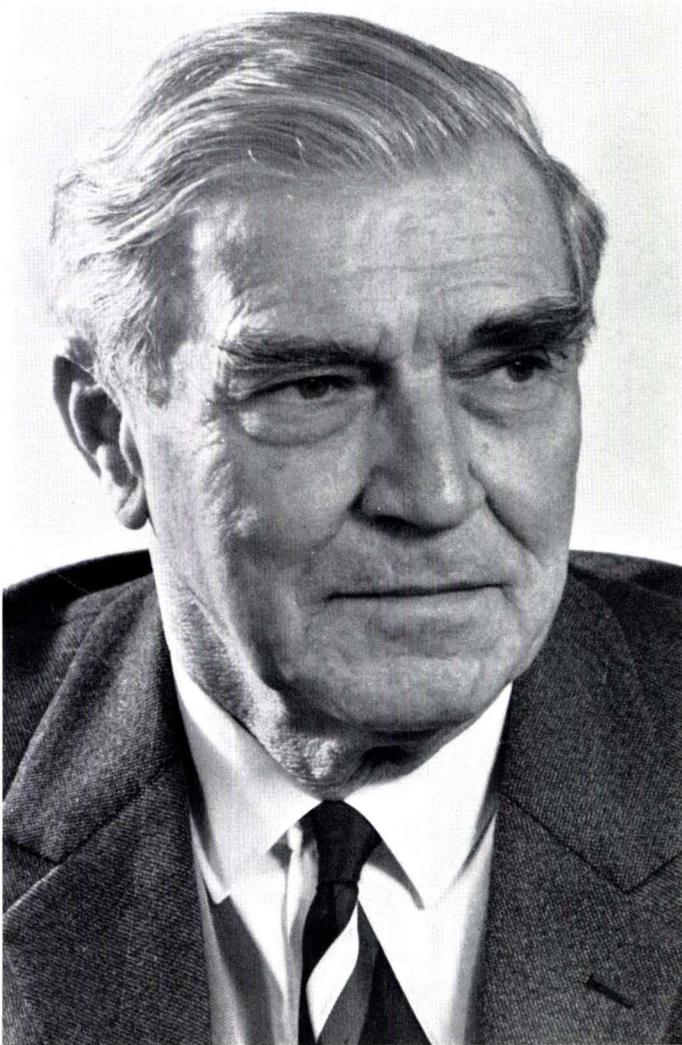
Die Modifizierung der Dreiecksdarstellung wurde hier für das Anionendreieck erläutert. Entsprechend kann auch das Kationendreieck gegliedert werden, um quantitative Aussagen über die Anteile an Alkalien, Kalzium und Magnesium machen zu können.

#### Schriftenverzeichnis

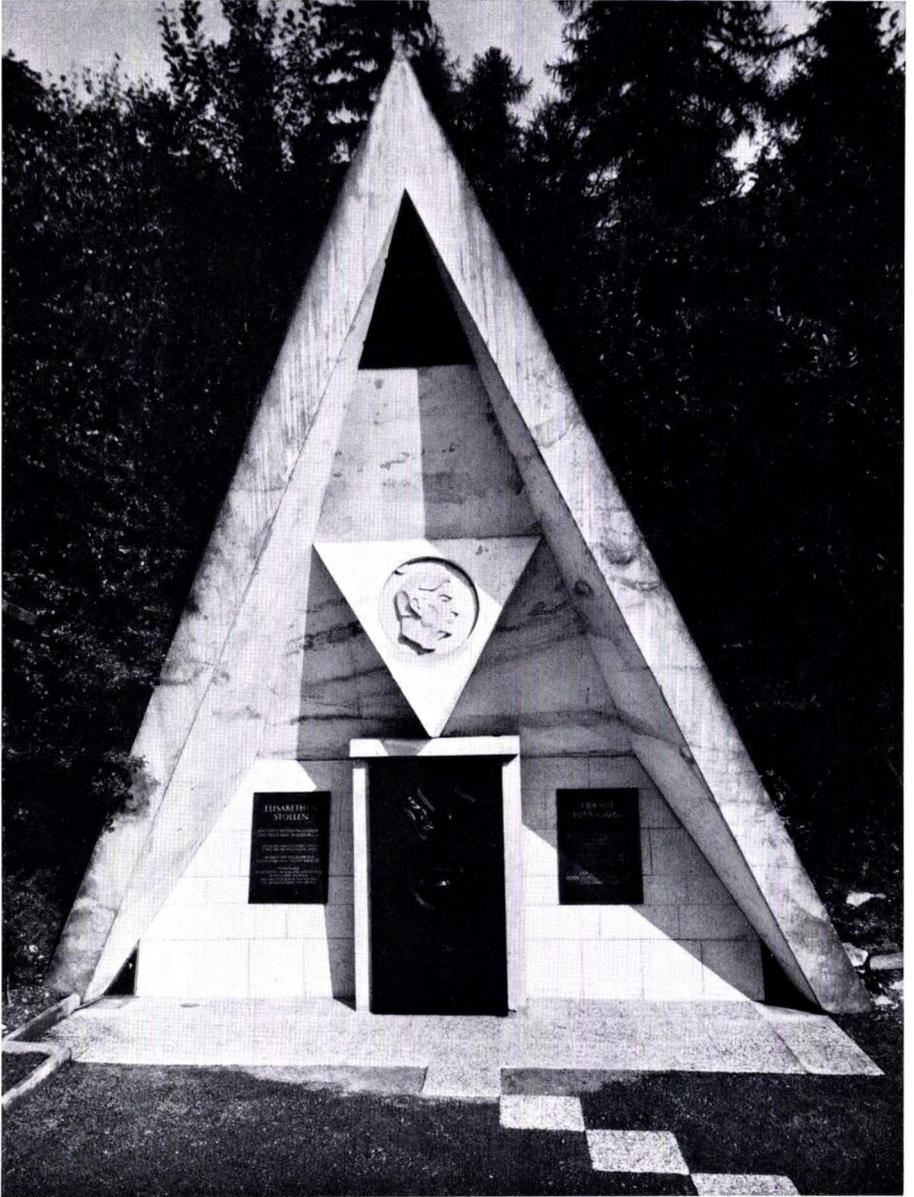
- HEYL, K. E.: Zur Wasseranalyse. — Unveröff. Manuskript im Archiv Geol. L.-Amt Rheinland-Pfalz, 24 S.
- SCHWILLE, F.: Natriumhydrogenkarbonat- und Natriumchlorid-Wässer im tieferen Untergrund des Mainzer Beckens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 314—335, 2 Abb., Wiesbaden 1953.
- ZÖRKENDÖRFER, W.: Neue Nomenklatur für Mineralwasser. — Heilbad u. Kurort, S. 104, 1949.

Manuskript eingegangen am 23. 2. 1970

**B.**  
**Amtlicher Teil**



*Franz Niekels*



Eingang des Elisabethen-Stollens in Bad Homburg v. d. H.

**FRANZ MICHELS †**

Mit 2 Bildern

Am 19. März 1970 raffte der Tod FRANZ MICHELS im Alter von 78 Jahren mitten aus der Arbeit hinweg. Eine große Trauergemeinde gab ihm auf dem Südfriedhof in Wiesbaden das letzte Geleit. Seine Ruhestätte fand er im Familiengrab auf dem Friedhof in Limburg an der Lahn.

Mit FRANZ MICHELS ist eine ausstrahlende, weitbekannte und beliebte Persönlichkeit und ein Geologe mit ungewöhnlich großem Wissens- und Erfahrungsschatz dahingegangen.

FRANZ KARL MICHELS wurde am 2. Dezember 1891 in Eltville im Rheingau als Sohn des Rektors KARL J. MICHELS und seiner Ehefrau KATHARINA geb. SENZ geboren. Dort besuchte er von 1897 bis 1899 die Lateinschule, dann, nach Versetzung seines Vaters, von 1900 bis 1902 die Volksschule in Schwanheim bei Frankfurt am Main und von 1902 bis 1905 das Kaiser-Friedrichs-Gymnasium in Frankfurt am Main, schließlich, nach erneuter Versetzung seines Vaters, das Gymnasium in Limburg an der Lahn, wo er am 11. 3. 1911 das Zeugnis der Reife erlangte. Anschließend studierte er Naturwissenschaften, zunächst mit dem Schwerpunkt Zoologie, später vor allem Geologie, bis 1914 an den Universitäten Freiburg im Breisgau, München und Bonn und erneut von 1919 bis 1921 an der Universität Frankfurt am Main. Dort promovierte er bei DREVERMANN am 25. 8. 1921 mit der Note „Sehr gut“ unter Vorlage seiner Dissertation „Das Roteisenlager der Grube ‚Neue Lust‘ bei Nanzenbach (Dillkreis)“ zum Dr. phil. nat. Der Erste Weltkrieg hatte FRANZ MICHELS über 4 Jahre Zeit genommen. Er war seit 22. 10. 1914 Feldartillerist, nahm an Kämpfen in Galizien und Frankreich teil, erhielt am 4. 11. 1917 das EK II und am 16. 10. 1918 das Verwundeten-Abzeichen in Schwarz, wurde am 12. 1. 1918 Leutnant der Reserve und wurde am 17. 12. 1918 aus dem aktiven Heeresdienst entlassen. In gelungenen Zeichnungen hatte er seine Aufenthaltsorte und Unterkünfte während des Krieges festgehalten.

Schon während des Studiums hatte MICHELS ab 1919 seine berufliche Tätigkeit aufgenommen, nämlich als Assistent in der Paläontologischen Abteilung des Senckenberg-Museums und vom 1. 7. 1920 bis 31. 10. 1921 als außerplanmäßiger Assistent am Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Frankfurt. Vom 1. 11. 1921 bis 28. 2. 1922 war er wissenschaftlicher Hilfsarbeiter in der Geologisch-mineralogisch-paläontologischen Abteilung des Provinzial-Museums Hannover. Während dieser Zeit, am 14. 12. 1921, legte er die I. Staatsprüfung für Geologen an der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin ab. Am Landesmuseum dieser

Landesanstalt wurde MICHELS am 1. 3. 1922 als außerplanmäßiger Assistent und Geologe auf Probe eingestellt und bestand am 29. 1. 1924 die II. Staatsprüfung für Geologen. Am 1. 10. 1924 wurde er außerplanmäßiger Geologe der Preußischen Geologischen Landesanstalt, am 1. 4. 1930 Bezirksgeologe, am 1. 4. 1936 Bezirksgeologe und Professor, am 1. 8. 1940 Regierungsgeologe an der Reichsstelle für Bodenforschung, in die am 1. 4. 1939 die Geologische Landesanstalt aufgegangen war (ab 12. 12. 1941 Reichsamt für Bodenforschung). Das Reichsamt hatte noch im Jahre 1945 MICHELS nach Limburg an der Lahn zur Tätigkeit an einer dortigen Arbeitsstelle entsandt.

Als Hauptergebnisse der 23jährigen Tätigkeit an der Berliner Anstalt dürfen die 7 Blätter der Geologischen Karte 1:25000 bezeichnet werden, die unter seiner maßgeblichen Beteiligung erschienen. Die Blätter stellen Teile des Taunus und des Tertiärgebietes der Wetterau dar. Es sind die Blätter 5617 Usingen, 5717 Bad Homburg vor der Höhe, 5815 Wehen, 5817 Frankfurt am Main-West, 5818 Frankfurt am Main-Ost, 5914 Eltville und 6013 Bingen. Leider kamen die damals von ihm allein oder mit anderen aufgenommenen Blätter 5414 Mengerskirchen, 5513 Meudt, 5514 Hadamar, 5614 Limburg, 5615 Villmar, 5714 Kettenbach noch nicht zur Veröffentlichung. Es ist zu hoffen, daß dies in den nächsten Jahren nachgeholt wird. Diese Blätter umfassen Teile des Westerwaldes, der Lahnmulde, des Limburger Beckens und des Taunus.

Großes Interesse wandte MICHELS damals schon den Fragen der Hydrogeologie zu. Er beriet zahlreiche Wassererschließungen und befaßte sich mit den Mineralquellen am Taunusrand und den vorgelagerten Tertiärgebieten. — Zu seinen Aufgaben, die über sein regionales Arbeitsgebiet im damaligen Hessen-Nassau hinausgingen, gehörte die Behandlung der Wünschelrutenfrage, für die er jahrelang als Referent beim Reichsamt für Bodenforschung viel Energie und Kampfgeist einsetzte. — Fortschritte in der Stratigraphie und Tektonik (z. B. „Idsteiner Senke“) erzielte er in allen von ihm kartierten Formationen, von diesen sind besonders die Gaudernbacher Schichten und das Gedinne zu nennen. — Auf dem Gebiet der Ingenieurgeologie gewann er Neuerkenntnisse über Bergrutsche, vor allem im Schiefergebirge, und Rutschungen tertiärer Lockermassen. — Mit den Roteisensteinen, die bereits das Thema seiner Doktordissertation gebildet hatten, befaßte er sich intensiv, und er setzte sich dadurch ein Denkmal, daß er im Gebiet von Münster/Oberlahnkreis das Vorhandensein eines verborgenen bauwürdigen Flözes neben einem bekannten geringwertigen Flöz voraussagte, was zur Eröffnung der wertvollen Grube Lindenberg führte, die bis Mitte 1970, als die meisten Eisenerzgruben bereits eingestellt waren, noch förderte.

In die Berliner Zeit fällt auch seine Eheschließung am 22. 8. 1942 mit ELFRIEDE geb. PEPLER. Frau MICHELS war am Reichsamt für Bodenforschung als wissenschaftliche Zeichnerin tätig und übt diesen Beruf auch jetzt wieder neben freikünstlerischen Arbeiten aus. Bei der außerordentlichen musikalischen und allgemein musischen Begabung von MICHELS ergänzten sich beide Partner in ausgezeichneter Weise zu einer sehr harmonischen Ehe.

Nach dem 8. 5. 1945 bemühte sich MICHELS um den Wiederaufbau des staatlichen geologischen Dienstes, vor allem nach Bildung einer Regierung für die Provinz

Nassau (Regierungsbezirk Wiesbaden) in Wiesbaden ab Mai 1945 und nach Bildung des Landes Groß-Hessen am 19. 9./15. 10. 1945. MICHELS ist die Errichtung des Landesamtes für Bodenforschung zu verdanken, das durch Verordnung vom 26. 6. 1946, verkündet 4. 10. 1946, unter Eingliederung der in den Regierungsbezirken Darmstadt und Kassel bestehenden Arbeitsstellen geschaffen wurde. Ihm gelang es mit außerordentlichem Geschick, die vorgesetzten Stellen und die damals stark beteiligten Vertreter der US-Besatzungsmacht von der Wichtigkeit der Geologie und Bodenforschung zu überzeugen. In der Errichtungsverordnung sind unter den Aufgaben auch die Disziplinen Lagerstättenkunde, Bodenkunde, Hydrogeologie, Bau- und Grundgeologie und Geophysik ausdrücklich genannt.

Der Regierungspräsident in Wiesbaden bereitete den Aufbau der Landesregierung in Wiesbaden vor und übertrug MICHELS die Vorbereitungsarbeiten der Gründung eines Landesamtes für Bodenforschung, dessen Leitung nach seiner Errichtung MICHELS übernahm.

Schon im Errichtungsjahr wurden 42 Stellen, davon 16 im höheren Dienst, bewilligt. Als MICHELS am 1. 4. 1959 in den Ruhestand trat, konnte er seinem Nachfolger ein mit 87 Stellen, davon 24 im höheren Dienst, ausgestattetes Landesamt überlassen.

Am 1. 7. 1946 zog MICHELS von Limburg/Lahn nach Wiesbaden um. Am 17. 10. 1946 wurde er mit Wirkung vom 1. 4. 1946 zum Regierungsdirektor und am 29. 11. 1951 zum Direktor des Landesamtes für Bodenforschung ernannt. Über die gesetzliche Altersgrenze hinaus leitete er das Landesamt noch 2 Jahre 3 Monate bis zum 31. 3. 1959. Am 16. 4. 1959 wurde er zum Freiwilligen Mitarbeiter des Landesamtes für Bodenforschung ernannt.

Unter seiner Amtsleitung gelang es am 1. 7. 1954, die in Darmstadt, Eibach (Grube Beilstein) bei Oberscheld und Gießen befindlichen Außen- und Arbeitsstellen mit der Zentrale in Wiesbaden zu vereinigen. Die in Hessen im Jahre 1938 vorläufig beendete Herausgabe der Geologischen Karte 1:25000 wurde im Jahre 1958 mit der Herausgabe von Blatt 4622 Kassel-West wieder aufgenommen. Ein bleibendes Verdienst erwarb sich MICHELS mit der von ihm geförderten großmaßstäblichen Bodenkartierung der hessischen Weinbaugebiete, vor allem des Rheingaus, die auf seine Veranlassung im Jahre 1947 begann. Aber auch die Erforschung und Entwicklung der hessischen Lagerstätten lag MICHELS sehr am Herzen. Zahlreiche Braunkohlen-, Eisenerz- und Buntmetallerzvorkommen wurden untersucht. An der Prospektion auf Erdöl und Erdgas in der Oberrheinebene nahm er lebhaften Anteil. Viele Vorkommen von Steinen und Erden wurden begutachtet. Außer der Geologischen Karte 1:25000 wurden die 3 Schriftenreihen „Notizblatt“, „Abhandlungen“ und „Lagerstättenarchiv“ neu ins Leben gerufen. Das Hauptinteresse von MICHELS galt jedoch in den 14 Wiesbadener Landesamts-Jahren der Hydrogeologie. Zahlreiche Gemeinden wurden bei der Auswahl eines erfolgreichen Brunnenbohrpunktes beraten. In geologisch geeigneten Fällen schlug MICHELS den Bau von Wassergewinnungstollen vor.

Das beigefügte Bild vom Eingang eines Wasserstollens zeugt vom Dank einer der beratenen Gemeinden. Der Stolleneingang wird von einem Porträtreief von FRANZ MICHELS geziert, das der akad. Bildhauer OTTO WEBER-HARTL, Bad Homburg v. d. H.,

schuf. Die architektonische Gestaltung ist Regierungsbaumeister FRANZ HUFNAGEL, Architekt BDA, Bad Homburg v. d. H., zu verdanken. Die Tafeln enthalten folgende Angaben: „ELISABETHEN-STOLLEN — Wassergewinnungsanlage der Stadt Bad Homburg v. d. H. — Länge des Hauptstollens 1972 m — Länge des Seitenstollens 1025 m — Ausmaß des Stollenprofils: lichte Höhe 1,80 m, lichte Weite 1,28 m — Höhenlage: Bodenhöhe am Eingang NN + 303,90 m, Bodenhöhe am Ende des Hauptstollens NN + 321,82 m, des Seitenstollens NN + 319,76 m. — Erbaut 1955 bis 1962 — unter der geologischen Beratung von Prof. Dr. FRANZ MICHELS, Wiesbaden (Porträtrelief über Stolleneingang) — der Förderung durch Oberbürgermeister KARL HORN — der Leitung von PETER SCHALL, Betriebsleiter der Stadtwerke“. — Die dem Nachruf vorangestellte Aufnahme stammt vom 1. 10. 1966.

Aus der Fülle seiner hydrogeologischen Tätigkeit verdient das Gutachten aus dem Jahre 1959 zur Frage des Schutzes des Grundwassers gegen Verunreinigungen durch Lagerflüssigkeiten, das in Fachkreisen weite Verbreitung fand, besondere Erwähnung. Die Sanierung und Neuerbohrungen der Wiesbadener Hauptthermalquellen (Faulbrunnen, Große und Kleine Adlerquelle, Salmquelle, Kochbrunnen, Schützenhofquelle) lagen ihm sowohl als Geologe als auch in seiner Eigenschaft als langjähriger Vorsitzender der Kommission zum Schutze der Wiesbadener Mineral- und Thermalquellen besonders am Herzen.

Auslandsreisen zum Studium von Erzlagerstätten, Talsperrenbauten und Mineralwasservorkommen führten ihn nach Italien, Polen und wiederholt nach Island.

Unter den außerdienstlichen Tätigkeiten von MICHELS sei zunächst seine Tätigkeit an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt/Main genannt. Dort wurde er am 18. 2. 1946 zum kommissarischen Lehrstuhlvertreter für Geologie berufen, wozu die Militärregierung am 18. 3. 1946 ihre Genehmigung erteilte. Nach Rückkehr von RUDOLF RICHTER wurde MICHELS am 21. 2. 1949 von der Universität Frankfurt zum Honorarprofessor für Feldgeologie und Hydrogeologie ernannt. Noch für das Sommersemester 1970 kündigte er im Vorlesungsverzeichnis geologische und hydrogeologische Exkursionen an. Er betreute als Hochschullehrer die Diplom- und Doktor-Arbeiten von 8 Schülern.

Die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, deren Mitglied MICHELS seit 1920 war, verlieh ihm ihre Eiserne Ehrenmünze am 2. 12. 1951 und ernannte ihn am 1. 7. 1953 zu ihrem korrespondierenden Mitglied.

An der Justus-Liebig-Universität Gießen hielt er seit 1947 für den alljährlich stattfindenden balneologischen Fortbildungskursus für Mediziner Gastvorlesungen und Führungen über die Genese der Mineralquellen. Die Universität Gießen ernannte ihn am 9. 3. 1962 zum Ehrenbürger (seit 1968 Ehrensensator) der Universität.

Große Verdienste erwarb sich MICHELS auch um die Deutsche Geologische Gesellschaft, in die er am 12. 8. 1921 aufgenommen worden war. Die Hautversammlungen in Koblenz 1930 und Mainz 1931 sowie die Frühjahrstagungen in Frankfurt/Main 1933, Bad Ems 1938, Dillenburg 1952 und Wiesbaden 1954 standen unter seiner intensiven Mitwirkung, z. T. als Geschäftsführer. Er gehörte zu den Wiedergründern der Gesellschaft im Jahre 1947 und gehörte deren Beirat von 1949 bis 1951 an. Er richtete im Herbst 1949 die Monatsversammlungen in Wiesbaden ein, die er bis zur Jahreswende 1962/63 leitete. Am 8. 12. 1966 wurde eine Monatsversammlung unter

Beteiligung des Vorstandes der Gesellschaft zu einem Festkolloquium zum 75. Geburtstag von FRANZ MICHELS ausgestaltet.

Auch die Geologische Vereinigung fand bei MICHELS wertvolle Unterstützung. Er besuchte regelmäßig die im Januar jeden Jahres in Frankfurt/Main stattfindenden Hauptversammlungen von Berlin aus, war Geschäftsführer der Hauptversammlung in Wiesbaden 1948, ferner ständiger Mitarbeiter der Vereinigung in den Jahren 1948 bis 1950 und Beiratsmitglied in den Jahren 1953—1955.

Dem Nassauischen Verein für Naturkunde trat MICHELS bereits 1928 bei. Seit seiner Übersiedlung nach Wiesbaden hielt er regelmäßig Vorträge und veranstaltete Exkursionen. Der Verein ernannte MICHELS am 28. 8. 1954 zum Ehrenmitglied und berief ihn in den Beirat des Vorstandes. Am 21. 1. 1958 wurde MICHELS stellvertretender Direktor und am 13. 1. 1960 Direktor, wie damals der Erste Vorsitzende genannt wurde.

Der Tätigkeit von MICHELS als Dozent der Volkshochschule Wiesbaden und als Vorstandsmitglied des Vereins für Rheingauer Heimatforschung sei kurz Erwähnung getan.

Außer den bereits genannten Ehrungen seien noch der Band 80 (VI. Folge, Heft 3) des Notizblattes des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, 1952, und der Band 99 der Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde, 1968, die jeweils die Bezeichnung „FRANZ MICHELS-Band“ erhielten, erwähnt.

1952 beschrieb SOLLE neue Arten der Bryozoen-Gattung *Hederella* aus dem rheinischen Unterdevon und nannte eine von ihnen *Hederella (Hederella) michelsi*. STRUVE stellte 1970 die Trilobiten-Art *Phacops (Phacops) michelsi* auf.

Im Jahre 1960 wurde eine neue Tafeltraubensorte „Professor-Michels-Rebe“ benannt.

Er erhielt am 28. 2. 1962 das Große Bundesverdienstkreuz. — Die Stadt Wiesbaden verlieh ihm am 2. 12. 1966 ihre Goldene Plakette und die Stadt Bad Homburg überreichte ihm ebenfalls am 2. 12. 1966 die Ehrenplakette ihrer Stadt.

Das Bild wäre nicht vollständig, wenn neben seinen Verdiensten als Wissenschaftler und Organisator nicht auch des Menschen FRANZ MICHELS gedacht würde, der mit echtem Humor und rheinischem Frohsinn die Herzen seiner Mitmenschen erschloß und vielen Menschen durch die entgegengebrachte selbstlose Hilfsbereitschaft, Herzlichkeit und Gerechtigkeit in dankbarer Erinnerung ist. Seinen Mitarbeitern und der Jugend war er mit seinen hervorragenden Eigenschaften ein Vorbild, seinen zahlreichen Freunden stets ein Gewinn. Er liebte die Menschen und seine Heimat an Rhein und Lahn, in der er unter den Lebenden unvergessen bleiben und unter den kommenden Generationen durch sein Werk weiterleben wird.

Das folgende Schriftenverzeichnis wurde von FRITZ KUTSCHER zusammengestellt, der es mir dankenswerterweise für die vorliegende Veröffentlichung überließ.

FRIEDRICH NÖRING

## Schriften von FRANZ MICHELS

- MICHELS, F.: Eine Trachodon-Mumie. — Kosmos, **17**, S. 266—267, 2 Abb., Stuttgart 1920.
- Nachträgliche Einwanderung von Geröllen in fertige Sedimente. — Senckenbergiana, **2**, S. 166, Frankfurt a. M. 1920.
- Das Roteisenvorkommen der Grube „Neue Lust“ bei Nanzenbach (Dillkreis). — Senckenbergiana, **3**, S. 98—115, 8 Abb., Frankfurt a. M. 1921.
- Die Grube „Altenberg“ bei Laubuseschbach im Taunus. — Z. prakt. Geol., **30**, S. 13—15, 1 Abb., Halle (Saale) 1922.
- Berichte über die wissenschaftlichen Ergebnisse in den Jahren 1922 und 1923, Blätter Hadamar und Limburg a. d. Lahn. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1923, **44**, S. XXXVII bis XL, Berlin 1924.
- Berichte über die wissenschaftlichen Ergebnisse in den Jahren 1922 und 1923, Blatt Usingen. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1923, **44**, S. XXXIII—XXXVII, Berlin 1924.
- Der Sossenheimer Sprudel. — Ber. senckenb. naturf. Ges., **55**, S. 476—480, Frankfurt a. M. 1925.
- Ein Fund von Mammutzähnen bei Limburg a. d. Lahn und seine Bedeutung für die Altersfrage der Niederterrasse im Lahngebiet. — Senckenbergiana, **7**, S. 119—123, Frankfurt a. M. 1925.
- Zur Tektonik des südlichen Taunus. — Sber. preuß. geol. L.-A., **1**, S. 73—77, Berlin 1926.
- Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus. — Ber. senckenb. naturf. Ges., **56**, S. 225—238, 1 Abb., Frankfurt a. M. 1926.
- Die Gaudernbacher Schichten. Ein Beitrag zur Geologie der Lahnmulde. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1925, **46**, S. 231—248, 3 Abb., Berlin 1926.
- LEPPLA, A. & MICHELS, F.: Geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **253**, Bl. (5717) Homburg v. d. Höhe — Ober-Eschbach, Berlin 1927.
- MICHELS, F. (mit Beiträgen von K. SCHLOSSMACHER): Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **253**, Bl. (5717) Homburg v. d. Höhe — Ober-Eschbach, 53 S., Berlin 1927.
- Die geologische Position der am Lohrberg bei Seckbach erbohrten Quelle und die Wünschelrute. — Natur u. Museum, **57**, S. 248—254, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1927.
- Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L., Lfg. **275**, Bl. (5617) Usingen—Fauerbach, 56 S., 2 Abb., 1 Kte., Berlin 1928.
- ZÖLLER, A. & WENZ, W.: Geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **300**, Bl. (5818) Frankfurt a. M. (Ost)—Offenbach, Berlin 1929.
- — — Geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **300**, Bl. (5817) Frankfurt a. M. (West)—Steinbach, Berlin 1929.
- & SCHLOSSMACHER, K.: Geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **275**, Bl. (5617) Usingen—Fauerbach, Berlin 1929.
- Tertiärquarzite, S. 314—333, Abb. 27—34. In DIENEMANN, W. & BURRE, O.: Die nutzbaren Gesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten mit Ausnahme der der Kohlen, Erze und Salze, **2**, Feste Gesteine, Stuttgart 1929.
- Schuppentektonik in einem Steinbruch bei Limburg a. d. Lahn. Ein Beitrag zur Tektonik der Lahnmulde. — Jb. nass. Ver. Naturk., **80**, S. 7—14, 4 Abb., Wiesbaden 1929.
- (mit Beiträgen von W. WENZ & A. ZÖLLER): Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **300**, Bl. (5818) Frankfurt/Main-Ost—Offenbach, 88 S., 2 Taf., 1 Abb., Berlin 1930.
- LEPPLA, A., MICHELS, F. & SCHLOSSMACHER, K.: Geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25 000, Lfg. **288**, Bl. (5815) Wehen, Berlin 1930.
- MICHELS, F. & ZÖLLER, A. (mit Beiträgen von W. WENZ): Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L., Lfg. **300**, Bl. (5817) Frankfurt/Main-West (Höchst)—Steinbach, 95 S., 3 Taf., Berlin 1930.

- WAGNER, W. & MICHELS, F.: Geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. (6013) Bingen—Rüdesheim, Darmstadt 1930.
- — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. (6013) Bingen—Rüdesheim, 167 S., 3 Taf., Darmstadt 1930.
- MICHELS, F. & WAGNER, W.: Bericht über die Begehungen vor, während und nach der Hauptversammlung in Koblenz. A 2. Umgebung von Bingerbrück. — Z. deutsch. geol. Ges., **82**, S. 647—649, Berlin 1930.
- LEPPLA, A., MICHELS, F., SCHLOSSMACHER, K., STEUER, A. & WAGNER, W.: Geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25000, Bl. (5914) Eltville—Heidenfahrt, Berlin 1930.
- MICHELS, F.: Bergstürze. — Natur u. Museum, **61**, S. 212—217, 6 Abb., Frankfurt a. M. 1931.
- (mit Beiträgen von A. LEPPLA, K. SCHLOSSMACHER & W. WAGNER): Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25000, Lfg. **288**, Bl. (5914) Eltville—Heidenfahrt, 79 S., Berlin 1931.
- BEYENBURG, E. & MICHELS, F.: 2. Exkursionen in der Umgebung von Stromberg. — a. Begehung zwischen Stromberg und Wald-Erbach am 13. April 1930. — Ber. Vers. niederrhein. geol. Ver., **24/25**, S. 5—6, Bonn a. Rh. 1930 u. 1931.
- MICHELS, F. & WAGNER, W.: Bericht über die Exkursionen im südöstlichen Hunsrück vom 12.—15. April 1930 gelegentlich der Tagung in Stromberg. 1. Exkursion in die Umgebung von Bingerbrück am 12. April 1930. — Ber. Vers. niederrhein. geol. Ver., **24/25**, S. 2—4, Bonn 1930 u. 1931.
- Der wandernde Berg bei Cochem a. d. Mosel. — Natur u. Museum, **62**, S. 253—258, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1932.
- Irreführende Gesteinsschrammen. — Natur u. Museum, **62**, S. 288—290, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1932.
- EBERT, A. & MICHELS, F.: Wünschelrute, Erdstrahlen, Abschirmapparate. — Gesundheitslehrer, Z. gegen Mißstände im Heilwesen für Ärzte und Behörden, **35**, A, S. 310 bis 314, Berlin 1932.
- MICHELS, F. (mit Beiträgen von K. SCHLOSSMACHER): Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L. 1:25000, Lfg. **288**, Bl. (5815) Wehen, 56 S., Berlin 1932.
- (mit Beiträgen von M. GALLADÉ & K. SCHLOSSMACHER): Bericht über die Begehungen vor, während und nach der Hauptversammlung in Mainz. A 2b. Taunusrand (14. Sept. 1931). — Z. deutsch. geol. Ges., **83**, 1931, S. 677—680, 1 Abb., Berlin 1932.
- Wünschelrute wieder modern. — Die Auslese, **7**, Berlin S. 188—192, 1933.
- (Die gleiche Arbeit in: Die Koralle, Berlin 1933)
- & WENZ, W.: Eine Küstenbildung des Meeressandes bei Oberdorfelden (Bl. Frankfurt/Main-Ost). — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1932, **53**, S. 261—262, Berlin 1933.
- Prüfungen von Wünschelrutengängern mittels Erdstrahlungsapparaten. — Geol. Rdsch., **24**, S. 272, Berlin 1933.
- Prüfung eines Wünschelrutengängers durch die Deutsche Gesellschaft für Mineralölforschung. — Oel u. Kohle, **30**, S. 15—17, Berlin 1934.
- Wünschelrute und Wassersuche. — Z. deutsch. geol. Ges., **85**, Jg. 1933, S. 501—504, Berlin 1934.
- Trinkwassergewinnung (insbesondere durch Stollen) im südöstlichen Rheinischen Schiefergebirge (Taunus). — Z. deutsch. geol. Ges., **85**, Jg. 1933, S. 530—539, 2 Abb., Berlin 1934.
- LEUCHS, K., MICHELS, F. & SALOMON-CALVI, W.: Bericht über die Lehrausflüge anschließend an die Grundwasser- u. Mineralquellentagung in Frankfurt a. M. am 27. und 28. Mai 1933. — Z. deutsch. geol. Ges., **85**, Jg. 1933, S. 611—619, 7 Abb., Taf. 52, Berlin 1934.
- FLIEGEL, G. & MICHELS, F.: Geologische Übersichtskarte von Deutschland 1:200000, Abt. Preußen u. Nachbarländer, Bl. **139** Frankfurt a. M., Berlin 1935.
- BENADE, W. mit Beiträgen von F. MICHELS & J. H. HELLMERS: Der Tonschlamm von Bad Homburg, Ergebnis geologischer, mineralogischer, chemischer und physikalischer Untersuchungen. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1936, **57**, S. 1—13, Berlin 1937.

- MICHELS, F.: Summer field meeting, 5. July to 19. July, 1937. The Rhenish Schiefergebirge. — Proc. Geol. Association, **49**, Monday, 12. Juli, S. 242—245, Taf. 17, Abb. 43 bis 46, London 1938.
- BENTZ, A. & MICHELS, F.: Ernst Meister †. — Jb. R.-Amt Bodenforsch. f. 1941, **62**, S. 545—550, 1 Bild, Berlin 1944.
- MICHELS, F. & NÖRING, F.: Die geologischen Grundlagen der Trinkwasserversorgung der Stadt Frankfurt a. M. — Gas- u. Wasserfach, **90**, S. 237—238, München 1949.
- FALKE, H. & PILGER, A.: Diskussion zum Vortrag von Prof. Dr. E. LEHMANN über: Läßt sich eine submarin-exhalative Entstehung der devonischen Eisenerzlagerstätten im Lahr-Dill-Gebiet noch vertreten? — Z. Erzbergbau u. Metallhüttenwes., **2**, S. 345 bis 346, Stuttgart 1949.
- & TEIKE, M.: Gutachtliche Äußerung über die geologischen Verhältnisse von Sperrstellen oberhalb Homberg a. d. Ohm, Kr. Alsfeld. — Generalplan des Lahnverbandes, S. 428—429, Dillenburg (Wasserwirtschaftsamt) 1950.
- & UDLUFT, H.: Auszug aus dem Gutachten über eine Talsperre im oberen Wohratal b. Kloster Haina. — Generalplan des Lahnverbandes, S. 423, Dillenburg (Wasserwirtschaftsamt) 1950.
- — Auszug aus dem Gutachten über geplante Hochwasser-Rückhaltebecken im unteren Wohratal. — Generalplan des Lahnverbandes, S. 423, Dillenburg (Wasserwirtschaftsamt) 1950.
- SCHENK, E. & TEIKE, M.: Gutachten über Sperrenmöglichkeiten im Gebiet des oberen Ohmtales. — Generalplan des Lahnverbandes, S. 424—425, Dillenburg (Wasserwirtschaftsamt) 1950.
- & TEIKE, M.: Auszug aus dem Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung über die geologischen Verhältnisse im Bereich der im oberen Lahngebiet geplanten Talsperren vom 30. 10. 1949 und aus der Niederschrift über eine gemeinsame Befahrung im oberen Lahngebiet betreffend die geologischen Verhältnisse im Bereich der geplanten Talsperren vom 18. 5. 1950. — Generalplan des Lahnverbandes, S. 410—415, Dillenburg (Wasserwirtschaftsamt) 1950.
- SCHWARZ, A. & TEIKE, M.: Auszug aus der vorläufigen gutachtlichen Äußerung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zum Plan einer Trinkwassersperre am Poland oberhalb Rod a. d. Weil. — Generalplan des Lahnverbandes, S. 440—441, Dillenburg (Wasserwirtschaftsamt) 1950.
- Vorwort. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **1**, S. 3—4, Wiesbaden 1950.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für die Jahre 1945—1949. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **1**, S. 275—284, Wiesbaden 1950.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für 1949/50. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**, S. 195—203, Wiesbaden 1951.
- & NÖRING, F.: Geologisches Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung über die Einrichtung von Gruppenwasserwerken im Main-Taunuskreis und Obertaunuskreis. — Generalplan für die Wasserversorgung in den Kreisen Main-Taunus, Obertaunus, Usingen, Reg.-Bezirk Wiesbaden, S. 16—21, Wiesbaden 1951.
- & SCHWARZ, A.: Geologisches Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung über Wasserversorgungsmöglichkeiten im Kreise Usingen. — Generalplan für die Wasserversorgung in den Kreisen Main-Taunus, Obertaunus, Usingen, Reg.-Bezirk Wiesbaden, S. 21—22, Wiesbaden 1951.
- Das Problem der Wünschelrute. Wünschelrute, Erdstrahlen, Prüfung durch wissenschaftliche Kommissionen. — Straße u. Verkehr, **37**, S. 374—380, Zürich u. Solothurn 1951.
- Geologische Voraussetzungen für die Bildung von Mineralquellen. — Heilbad u. Kurort, Z. ges. Bäderwesen, **3**, S. 114, Gütersloh 1951.
- Wünschelrute und Verwandtes. Autorreferat. — Hess. Ärzteblatt, **12**, 2 S., Frankfurt a. M. 1951.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für 1950/1951. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**, S. 377—387, Wiesbaden 1952.

- HENTSCHEL, H. & MICHELS, F.: Geologisch-petrographische Exkursion durch die Lahnmulde am 24. Mai 1952. — Z. deutsch. geol. Ges., **104**, Jg. 1952, S. 306—313, 1 Abb., 1 Tab., Hannover 1953.
- MICHELS, F.: Vorwort zum Gedenkband „100 Jahre staatlicher geologischer Dienst in Hessen“. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 7—9, Wiesbaden 1953.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für 1951/1952. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 371—398, Wiesbaden 1953.
- Bodenforschung in Hessen. — Hessen im Aufbau, S. 353—361, 7 Abb., 1 Übersichtskte., Bensheim-Auerbach (Hessen-Verlag) 1953.
- Bericht über den Verlauf der Frühjahrstagung der „Deutschen Geologischen Gesellschaft“ in Dillenburg vom 22.—24. Mai 1952. — Z. deutsch. geol. Ges., **104**, Jg. 1952, S. 314—315, Hannover 1953.
- & SCHWARZ, A.: Gutachtliche Äußerung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu den geplanten Talsperren im oberen Schwarzbachgebiet (Dattenbach—Silberbachtalsperre, Theißbachtalsperre). — Wasserwirtschaftlicher Generalplan des Schwarzbaches (Main-Taunus), S. 98—101, Wiesbaden (Der Regierungspräsident, Dezernat Wasserwirtschaft) 1954.
- Ein Beispiel von Grundwassergefährdung durch Teerabfallprodukte. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**, S. 255—257, Wiesbaden 1954.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für 1952/53. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**, S. 343—361, Wiesbaden 1954.
- & UDLUFT, H.: Die hydrogeologischen Grundlagen der Wasserversorgung Hessens. — Gas- u. Wasserfach, **96**, S. 301—304, 2 Abb., München 1955.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für die Zeit vom 1. 4. 1953 bis 31. 3. 1955. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, S. 311—336, Wiesbaden 1955.
- Geologie der Quellen. — Wiesbaden, Sonderheft des Kur- u. Fremdenblattes, **11**, S. 16—17, 1956.
- Zur Geologie der Wiesbadener Mineralquellen. — Z. deutsch. geol. Ges., **106**, Jg. 1954, S. 113—117, Hannover 1956.
- Führung zu den Mineralquellen Wiesbadens am 28. Mai 1954. Wasserwerke Wiesbaden. — Z. deutsch. geol. Ges., **106**, Jg. 1954, S. 175, Hannover 1956.
- & VOGEL, F. W.: Exkursion (B) zu den Anlagen der Wasserwerke Wiesbaden am 29. Mai 1954. — Z. deutsch. geol. Ges., **106**, Jg. 1954, S. 175—177, Hannover 1956.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für die Zeit vom 1. 4. 1955 bis 31. 3. 1956. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**, S. 405—419, Wiesbaden 1956.
- Vordevon. In UDLUFT, H.: Der geologische Aufbau. — Hydrogeol. Überskte. 1:500000, Erl. Bl. Frankfurt, S. 15—16, Remagen 1957.
- Vordevon. In UDLUFT, H.: Die hydrogeologischen Verhältnisse. — Ebenda, S. 30—31.
- Unterdevon. In UDLUFT, H.: Die hydrogeologischen Verhältnisse. — Ebenda, S. 31—34.
- Aufbau und Werden. — Deutsche Landschaft, **2**: Der Taunus, S. 11—15, 2 Abb., Essen 1957.
- Bericht über das Hessische Landesamt für Bodenforschung für die Zeit vom 1. 4. 1956 bis 31. 12. 1956. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**, S. 431—445, Wiesbaden 1957.
- 10 Jahre Hessisches Landesamt für Bodenforschung. Vorwort. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**, S. 446—447, Wiesbaden 1957.
- Vb. Angewandte Hydrogeologie. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**, S. 479 bis 481, Wiesbaden 1957.
- Geologischer Überblick über den Rheingaukreis. — Der Rheingau von morgen, Beiheft **1**, S. 31—35, 1 Kte., 1 Prof., Rüdesheim 1958.
- Auszug aus dem Gutachten über die Möglichkeit künftiger zusätzlicher Trinkwasserschließung im Rheingaukreis, Maintaunuskreis und Obertaunuskreis. — Ebenda, S. 37—41.

- MICHELS, F.; Zur Geologie der westdeutschen Heilquellen. — Deutscher Bäderkal., 1958, S. 40—42, Gütersloh 1958.
- & KUTSCHER, F.: Bericht über die wissenschaftliche Tätigkeit im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, für die Zeit vom 1. 1. 1957 bis 31. 12. 1957. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**, S. 395—410, Wiesbaden 1958.
- Die noch nicht genutzten Trinkwasservorkommen im Rheingau. — Mitt. Rheingauer Heimatforschung, No. 1/1959, S. 5—8, Rüdesheim a. Rh. 1959.
- NABERT, UDLUFT & ZIMMERMANN: Gutachten zur Frage des Schutzes des Grundwassers gegen Verunreinigung durch Lagerflüssigkeiten. 1. Fassung: 82 S., 6 Abb., 17 Tab., 2 Anl., 1 Beil., Wiesbaden, Januar 1959. 2., veränderte Fassung: 3 + 11 + 108 S., 5+6 Abb., 16 Tab., Bad Godesberg, Juni 1959.
- Über den „Höhenrauch“ des Jahres 1783 im Rheingau. — Rheingauer Heimatbrief, **26**, S. 4—5, Rüdesheim a. Rh. 1960.
- Geleitwort Friedrich Heineck-Band. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **95**, S. 4—5, 1 Bild, Wiesbaden 1960.
- Jüngere vulkanische Aschen im und über dem Rheingaugebiet. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **95**, S. 13—15, Wiesbaden 1960.
- KUTSCHER, F., MICHELS, F. & SOLLE, G.: VI. Exkursion im Taunus, Rhein-Tal und Mosel-Tal. — Exkursionsführer, Arbeitsgruppe über die Grenze und Stratigraphie von Silur und Devon, S. VI/1—VI/7, Bonn-Bruxelles 1960. Auch in französisch und englisch.
- MICHELS, F.: Sind die „Grauen Phyllite“ im Goldsteintal bei Wiesbaden devonisch oder silurisch? — Jb. Nass. Ver. Naturk., **95**, S. 10—12, Wiesbaden 1960.
- Diskussionsbemerkungen zu dem Vortrag ELSTER, H.-J.: Biologische und chemische Probleme in bewirtschafteten Gewässern. — Schr.-R. Forschungsrat Land Hessen, **7**, S. 50—51, Wiesbaden 1960.
- Zur Geologie des Wiesbadener Raumes und seiner Mineralquellen. — Ärztl. Mitt., **46**, S. 1214—1220, 5 Abb., Köln 1961.
- Geologische Bemerkungen zu den Exkursionen des Nass. Vereins für Naturkunde im Jahre 1961. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **96**, S. 132—135, Wiesbaden 1962.
- Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1960. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **96**, S. 124—127, Wiesbaden 1962.
- Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1961. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **96**, S. 128—131, Wiesbaden 1962.
- Wiesbadens geologischer Weltruf. — Wiesbaden. Festliche Kur- und Kongreß-Stadt, **6**, 21, S. 12—15, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1962.
- Zur Geologie der Mineralquellen. — Therapie der Gegenwart, **101**, S. 420—425, 2 Abb., München, Berlin 1962.
- Geologischer und hydrogeologischer Überblick über den Rheingaukreis. In: 75 Jahre Rheingaukreis, S. 131—134, 1 Prof., 1 Überskte., Rüdesheim (Kreisausschuß des Rheingaukreises Rüdesheim am Rhein) 1962.
- Zur Geologie der hessischen Heilbäder. — Die hess. Heilbäder, S. 7—9, Bad Soden/Ts. 1963.
- Kraft aus der Erde schoß. — Wiesbaden. Festliche Kur- und Kongreß-Stadt, **7**, 23, S. 4—7, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1963.
- Wiesbadens „Trinkwasser-Bergwerke“. Tiefstollen zur Wassergewinnung. — Wiesbaden. Festliche Kur- und Kongreß-Stadt, **7**, 28, S. 14—15, 3 Abb., Wiesbaden 1964.
- Von der Wiesbadener Thermalquellenspalte. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **97**, S. 37—40, 3 Abb., Wiesbaden 1964.
- Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1962. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **97**, S. 126—130, Wiesbaden 1964.
- Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1963. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **97**, S. 130—135, Wiesbaden 1964.
- Die Herkunft der Mineralwasservorkommen am Rande des Taunus und der Wetterau. — Der Naturbrunnen, 1965, **4**, 3 S., Bad Godesberg 1965.

- MICHELS, F.: Das Werden der Landschaft. — Das Rheingaubuch, **1**, S. 1—24, 11 Abb., 1 Kte., 1 Prof., Rüdesheim a. Rh. 1965.
- Fritz Neubaur zum 75. Geburtstag. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **98**, S. 5, 1 Bild, Wiesbaden 1966.
  - Die Wiesbadener Mineralquellen (Neue Beiträge zur Klärung ihrer geologischen Position). Nebst einem Anhang über C. E. STIFFTS Ansichten über die Genese unserer Mineralquellen. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **98**, S. 17—54, 7 Abb., Wiesbaden 1966.
  - Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1964. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **98**, S. 164—167, Wiesbaden 1966.
  - Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1965. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **98**, S. 167—173, Wiesbaden 1966.
  - LUTZ HECK zum 75. Geburtstag. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **99**, S. 9—10, 1 Bild, Wiesbaden 1968.
  - & WIESNER, E.: Ein Grenzprofil *Inflata*-Hydrobienschichten im Dyckerhoff'schen Steinbruch am Hambusch, südsüdöstlich Wiesbadens. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **99**, S. 22—26, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
  - & KUTSCHER, F.: Geologische Bemerkungen zur Spessart-Exkursion des Nassauischen Vereins für Naturkunde am 2. 7. 1967. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **99**, S. 92—97, Abb. 1, Wiesbaden 1968.
  - Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1966. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **99**, S. 168—172, Wiesbaden 1968.
  - Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1967. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **99**, S. 181—188, Wiesbaden 1968.
  - Vorbemerkungen zum Jubiläumsband 100 unserer „Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde“. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **100**, S. 7—8, Wiesbaden 1969.
  - Über einige Vorkommen von Oberdevon und Kulm am Südfuß des Westerwaldes (Blätter 1:25 000 Hadamar 5514, Mengerskirchen 5414 und Meudt [Girod] 5513). — Jb. Nass. Ver. Naturk., **100**, S. 25—31, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
  - Über das Alter der fluviatilen Quarzgerölle („Vallendarer Schotter“) des terrestrischen Tertiärs im Lahnggebiet südlich des Westerwaldes. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **100**, S. 32—35, Wiesbaden 1969.
  - Bisher nicht genutzte Möglichkeiten, größere Trinkwassermengen im Rheingau zu gewinnen. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **100**, S. 36—42, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
  - Robert Zinke zum 80. Geburtstag. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **100**, 1 S., 1 Bild, Wiesbaden 1969.
  - Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1968. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **100**, S. 189—198, Wiesbaden 1969.

## Tätigkeitsbericht

### des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1969 (1. 1. — 31. 12. 1969)

Der Haushalt des Landesamtes für Bodenforschung 1969 (Haushaltsgesetz 1969/70 vom 12. 12. 1968, GVBl 1968, S. 303—308) sah eine Verminderung des Personals gegenüber 1968 von 140 auf 135, also um 3,6%, gleichzeitig eine Erhöhung der Gesamtausgaben um 2,1% vor.

Im Bundesforschungsbericht III vom 12. 6. 1969 wurde unter Ziffer 2.2.2 Forschungsförderung in den einzelnen Ländern unter „Hessen“ über die Tätigkeit des Landesamtes für Bodenforschung berichtet (Deutscher Bundestag, 5. Wahlperiode, Drucksache V/4335, Seite 135, linke Spalte).

### 1. Geologische Landesaufnahme

Geologische Karte 1:25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
4620 Arolsen	Neukartierung	11
4622 Kassel-West	Herausgabe (3. Auflage)	—
4720 Waldeck	Arbeiten zur Herausgabe, veröffentlicht	—
4721 Naumburg	Revisionskartierung 4 km <sup>2</sup> , Fortsetzung der Arbeiten zur Herausgabe	—
4722 Kassel- Niederzwehren	Arbeiten zur Herausgabe	—
4820 Bad Wildungen	Revisionskartierung 2 km <sup>2</sup> , Arbeiten zur Herausgabe	—
4821 Fritzlar	Neukartierung	19
4823 Melsungen	Neukartierung	41
5024 Rotenburg a. d. Fulda	Neukartierung	46

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
5215 Dillenburg	Arbeiten zur Herausgabe	—
5225 Geisa	Neukartierung	28
5319 Londorf	Neukartierung	35
5523 Neuhof	Revisionskartierung 10 km <sup>2</sup> , Arbeiten zur Herausgabe	—
5618 Friedberg	Geländearbeiten, Arbeiten zur Herausgabe	—
5622 Steinau	Geländearbeiten	—
5623 Schlüchtern	Neukartierung abgeschlossen	25
5721 Gelnhausen	Arbeiten zur Herausgabe	—
5722 Salmünster	Neukartierung	29
5723 Altengronau	Neukartierung	19
5820 Langenselbold	Neukartierung	9
5821 Bieber	Neukartierung	40
5822 Wiesen	Neukartierung	32
5916 Hochheim a. Main	Arbeiten zur Herausgabe, veröffentlicht	—
6217 Zwingenberg	Arbeiten zur Herausgabe	—

Insgesamt wurden 1969 334 km<sup>2</sup> geologisch neu kartiert.

Im Rahmen von Untersuchungen für die geologische Landesaufnahme und Verfolgung von Neuaufschlüssen wurden auf folgenden Blättern Geländearbeiten ausgeführt:

Blatt-Nr. und -Name	Gegenstand
4520 Warburg	Profilaufnahmen in der Trias und im Jura der Autobahntrasse
4521 Liebenau	Profilaufnahmen in der Trias und im Jura der Autobahntrasse
4621 Wolfhagen	Profilaufnahmen in der Trias und im Jura der Autobahntrasse
4820 Bad Wildungen	Profilaufnahmen im Karbon der Ederrandstraßenverbreiterung
5216 Oberscheld	Lagerstättenuntersuchungen
5316 Ballersbach	Profilaufnahmen im Devon und Karbon der Autobahntrasse

Blatt-Nr. und -Name	Gegenstand
5416 Braunfels	Profilaufnahmen im Devon und Karbon der Autobahntrasse
5812 St. Goarshausen	Profilaufnahmen im Hunsrückschiefer
5817 Frankfurt a.M.- West	Profilaufnahmen und tektonische Untersuchungen im Tertiär der Baugruben der S-Bahn-Trasse
5818 Frankfurt a.M.- Ost	Profilaufnahmen und tektonische Untersuchungen im Tertiär der Baugruben der S-Bahn-Trasse
5914 Eltville	Untersuchungen im Tertiär und Quartär
5915 Wiesbaden	Untersuchungen im Tertiär und Quartär
5917 Kelsterbach	Untersuchungen im Tertiär und Quartär
6218 Neunkirchen	Untersuchungen im Kristallin

Herausgegeben wurden die Blätter der Geologischen Karte 1:25000 mit Erläuterungen:

- 4622 Kassel-West (3., unveränderte Auflage),
- 4720 Waldeck,
- 5916 Hochheim a. Main.

Zur Klärung von geologischen Grundlagen für die Kartierung und Erforschung des Landesgebietes waren folgende Untersuchungen notwendig:

- Bearbeitung von Tertiärprofilen im Rheingau zur Klärung stratigraphischer Fragen.
- Bearbeitung von Profilen des Unteren Buntsandsteins in Osthessen, Schwerpunkte Gebiet Rotenburg/Fulda und Grebenau.
- Zusammenstellung von Profilen im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein.
- Aufnahme von Zechsteinprofilen am Ostrand des Werragrauwackengebirges und im Gebiet des Baumbacher Paläozoikums.
- Untersuchung von Zechsteinbohrungen am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges.
- Bearbeitung von Kupferschieferbohrungen des Richelsdorfer Gebirges.
- Ausführung von zwei Bohrungen im Tertiär bei Elben auf Bl. 4721 Naumburg.
- Untersuchung eines Tuffvorkommens bei Waldeck.
- Geländeuntersuchungen in der Bergsträßer Pleistozänterrasse bei Bensheim, Krs. Bergstraße.
- Untersuchung von kleintektonischen Problemen und der Mineralisation der Klüfte im Unterkarbon im Untersuchungsstollen des Pumpspeicherwerkes Waldeck II.
- Mitarbeit an der Legende zur Geologischen Karte 1:200000 der Bundesrepublik Deutschland.
- Mitarbeit an einer Kartieranweisung der Geologischen Karte 1:25000.

### Biostratigraphie, Paläontologie

Zur biostratigraphischen Altersbestimmung von Gesteinshorizonten sind im Rahmen der geologischen Landesaufnahme und bei der Untersuchung von wichtigen Neuaufschlüssen, besonders an den Baustellen der Bundesautobahnen Gießen-Dortmund und Kassel-Hamm, Proben mit Makro- und Mikrofossilien gewonnen worden. Das im Berichtsjahr aufgesammelte oder bearbeitete Fossilmaterial stammt

aus dem Paläozoikum (Devon, Unterkarbon) der Blätter 4717 Niedersfeld, 5215 Dillenburg, 5316 Ballersbach und 5416 Braunfels, aus dem Mesozoikum (Trias, Jura) der Blätter 4520 Warburg, 4823 Melsungen und 5623 Schlüchtern und aus dem Tertiär der Blätter 4721 Naumburg, 4722 Kassel-Niederzwehren, 5914 Eltville, 5915 Wiesbaden und 5916 Hochheim a. Main.

Zur Einstufung von Bohrprofilen wurden Gesteinsproben aus tertiären Schichtfolgen von folgenden Blättern untersucht: 4722 Kassel-Niederzwehren, 5817 Frankfurt a. M.-West und 5818 Frankfurt a. M.-Ost. Die Bohrproben von den beiden letztgenannten Blättern stammen zum überwiegenden Teil aus Kernbohrungen, die zur Baugrunderkundung der S- und U-Bahn in Frankfurt niedergebracht worden sind.

### Geophysik

Geophysikalische Spezialkartierungen zur Unterstützung der geologischen Kartierung fanden auf den Blättern 4620 Arolsen, 4720 Waldeck, 4721 Naumburg, 4820 Bad Wildungen, 4823 Melsungen, 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 5215 Dillenburg, 5216 Oberscheld, 5523 Neuhof, 5623 Schlüchtern und 5916 Hochheim a. Main statt.

Regionale magnetische Messungen betrafen die Gebiete: Nördlicher Spessart mit Schwerpunkt um Aschaffenburg, Dillenburg, Limburger Becken, Odenwald.

### Forschungsschwerpunkt Oberer Erdmantel

Die seit Anfang 1967 laufenden Untersuchungen zum internationalen Upper Mantle Project, an denen das Landesamt mit Forschungen über das Nordende des Oberrheingrabens beteiligt ist, und die z. T. aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert werden, gingen auch im Berichtsjahr weiter. Während die petrographisch-petrochemischen Untersuchungen im Taunus — Querscholle am Nordende des Oberrheingrabens — zu einem vorläufigen Abschluß gebracht wurden, gingen die kleintektonischen Untersuchungen im südlichen Taunus westlich der Idsteiner Senke bis an den Rhein weiter.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden aus Mitteln der DFG im Hause des Landesamtes beschäftigt:

Dipl.-Geol. HANS-JÜRGEN ANDERLE	ab 1. 3. 1967
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. GERHARD HENTSCHEL	1. 10. 1967 bis 30. 9. 1969
Dipl.-Geol. ROLAND HINDEL	15. 8. 1967 bis 31. 12. 1967
Dipl.-Geol. DIRK TAUPITZ	15. 8. 1967 bis 31. 12. 1967

### Petrologie und Geochemie

Für die Erläuterungsbeiträge zur Petrologie der Sedimentgesteine und Magmatite der in Bearbeitung befindlichen Blätter wurden Probenahmen im Gelände und anschließend petrographische Untersuchungen durchgeführt und entsprechende Textabschnitte verfaßt.

Die regionalen petrographischen Untersuchungen im Taunus, Soonwald und Odenwald wurden fortgesetzt und über die Ergebnisse berichtet. Eine Exkursion in die Ardennen (belgischer Teil) diente dem Vergleich dort vorhandener Gesteine des Vordevons und des tiefen Unterdevons mit gleichalten Schichten im südlichen Taunus.

Das vom Landesamt geleitete „Odenwald-Kolloquium“, an dem Geowissenschaftler mit dem Arbeitsschwerpunkt „Kristallin im Odenwald und in seinen Nachbargebieten“ seit 30. 10. 1965 beteiligt sind, wurde zum zweiten Male, und zwar in Darmstadt am 14. 4. 1969, abgehalten. Zum Abschluß fand eine Exkursion in den Odenwald statt. Dabei konnten u. a. auch die neuen Ergebnisse der Kristallin-Aufnahmen auf Bl. 6217 Zwingenberg und seiner Nachbarschaft dargelegt werden.

## 2. Bodenkunde

### Bodenkarte 1:25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeiten	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km <sup>2</sup>
5216 Oberscheld	Abschluß der Feldaufnahmen, Arbeiten zur Herausgabe	50
5715 Idstein	Arbeiten zur Herausgabe, Arbeiten an den Erläuterungen	—
5816 Königstein i. Taunus	Beginn der Feldaufnahmen	16
5817 Frankfurt a.M.- West	Felddaufnahmen	33
5916 Hochheim a. Main	Arbeiten zur Herausgabe, Arbeiten an den Erläuterungen	—
5917 Kelsterbach	Abschluß der Felddaufnahmen	65

Insgesamt wurden 164 km<sup>2</sup> bodenkundlich aufgenommen.

Herausgegeben wurde von der Bodenkarte von Hessen 1:25000 mit Erläuterungen:  
Blatt 6217 Zwingenberg.

Im Rahmen der Kartierung der Flächen mit Sonderkulturen wurden folgende Flächen aufgenommen:

Teile des Gem.-Bez.	Kreis	Maßstab	Fläche in ha
Hattersheim	Main-Taunus	1:5000	600
Kriftel	Main-Taunus	1:5000	650
Weilbach	Main-Taunus	1:5000	620
Wicker	Main-Taunus	1:5000	550

Die im Geschäftsjahr 1968 ausgeführte Kartierung der Flächen mit Sonderkulturen in den Gemeinden Eddersheim, Flörsheim, Hochheim, z. T. Okriftel und Wicker (alle Main-Taunus-Kreis) wurde ausgewertet und kartenmäßig dargestellt.

Für das Institut für Weinbau, Geisenheim/Rheingau, wurde eine Weinbau-Versuchsfläche von 1,3 ha im Maßstab 1:1000 kartiert.

Für eine Bodenkarte im Maßstab 1:100000 wurden im Niederschlagsgebiet der Rodau bodenkundliche Feldaufnahmen auf ca. 164 km<sup>2</sup> durchgeführt und anschließend die Bodenkarte 1:100000 der Niederschlagsgebiete Gersprenz, Mümling und Rodau zu einer Bodenkarte 1:200000 zusammengefaßt.

Bei der Erstellung eines Gutachtens über künstlich veränderte Flächen entlang der Nidda in der Gemarkung Gronau, Ldkr. Hanau, wurde mitgearbeitet.

### 3. Lagerstätten

#### Eisen- und Mangan-Erz

Neben Lagerstättenaufnahmen, die als Unterlage für entsprechende Abschnitte der Blatterläuterungen dienen sollen, wurden Probenahmen und Dokumentation durch Farbfotos an wichtigen Aufschlüssen in verschiedenen Bergbaubetrieben vorgenommen. Bei Führungen für in- und ausländische Fachleute konnten die Besonderheiten hessischer Eisenerzlagerstätten, vor allem im Hinblick auf die Lagerstättenbildung des „Lahn-Dill-Typs“, aber auch der Verwitterungslagerstätten vom Typ „Lindener Mark/Fernie“ und vom Typ „Vogelsberg“ aufgezeigt werden. Ein Gutachten wurde über die derzeit wirtschaftlich noch gewinnbaren Eisenerzvorkommen im Lahn-Dill-Gebiet erstattet.

#### Buntmetall-Erze

Eine Stellungnahme behandelte Erzlagerstätten im Kellerwald (Teile der Kreise Frankenberg und Waldeck).

#### Uran

Bei Untersuchungsarbeiten in südhessischen Konzessionsgebieten war das Landesamt beratend eingeschaltet.

#### Braunkohle

Die geologisch wichtigen Unterlagen aus den Akten der nordhessischen Firmen wurden, wie im Vorjahr, unter Mitwirkung der Bergbaubetriebe für das Archiv des Landesamtes erfaßt und zusammengestellt.

#### Kali und Erdöl

Im Zusammenhang mit hydrogeologischen Fragen bestehen enge Kontakte zu den Bergbaufirmen. Arbeiten hinsichtlich Untersuchungen oder Aufschluß von Lagerstätten laufen zur Zeit beim Landesamt nicht.

#### Steine und Erden

5 Gutachten über die Ergiebigkeit von Sand- und Kies- bzw. Basaltvorkommen wurden erstattet.

Für den Abschnitt „Lagerstätten“ in dem Text- und Kartenwerk zum wasserwirtschaftlichen Rahmenplan „Mümling-Rodau-Gersprenz“ wurde eine knappe Beschreibung der in diesem Gebiet vorhandenen Lagerstätten mit zugehöriger Übersichtskarte angefertigt.

#### 4. Chemisches Laboratorium

Für die bodenkundliche Kartierung wurden 155 Boden-Vollanalysen einschl. Kornverteilungsanalysen angefertigt. Außerdem wurden weitere 82 Kornverteilungsanalysen, 150 Schlämmungen und 35 Boden-Teilanalysen durchgeführt.

65 Gesteins-Vollanalysen und 62 Gesteins-Teilanalysen wurden gefertigt. Für die Referate Hydrogeologie und Ingenieurgeologie wurden 95 Wasserproben analysiert.

Zur Einführung moderner Analysenverfahren wurden Geräte verschiedener Firmen mit unterschiedlichem Erfolg erprobt.

#### 5. Hydrogeologie

##### Hydrogeologische Grundlagenforschung

Eine hydrogeologische Feldkartierung wurde auf Blatt 5721 Gelnhausen durchgeführt. Die hydrogeologischen Anteile zu den Erläuterungen der Blätter 5523 Neuhof, 5916 Hochheim a. Main und 6217 Zwingenberg a. d. Bergstr. wurden fertiggestellt. In Bearbeitung befinden sich die hydrogeologischen Abschnitte zu den Erläuterungen der Blätter 4722 Kassel-Niederzwehren und 5618 Friedberg. Auf Blatt 5618 Friedberg wurden Quellenuntersuchungen an Ort und Stelle und Abflußmessungen durchgeführt sowie Wasserproben zur chemischen Untersuchung entnommen. Weitere Wasserprobenahmen fanden für Tritiumaltersbestimmungen aus tieferen Grundwasserstockwerken der Vorderpfalz (in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Landesamt Rheinland-Pfalz) und für  $^{90}\text{Sr}$ -Messungen aus Grundwässern des Kinzig-Gebietes statt.

Geländeuntersuchungen wurden im Bereich der Trendelburger Mineralquelle im Krs. Hofgeismar, ferner beiderseits der westlichen Grabenrandverwerfung des zentralen Oberrheingrabens zwischen dem Rhein und dem Main im Krs. Groß-Gerau durchgeführt.

Die Kartierarbeiten für den Wasserbeschaffungsverband Kinzig wurden vertragsmäßig abgeschlossen.

Das Forschungsprogramm „Auswirkungen von Müll, insbesondere Industriemüll, auf das Grundwasser“ wurde mit laufenden Probeentnahmen, Besprechungen über die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen des Grundwassers, mit der Ausarbeitung eines Untersuchungsprogrammes für die Mülldeponie Weilbach, Main-Taunus-Kreis, und der Auswertung von Untersuchungsergebnissen, die teilweise veröffentlicht wurden, fortgesetzt.

Die Bearbeitung von Gutachten für die wasserwirtschaftlichen General-, Sonder- und Rahmenpläne, vornehmlich im Gebiet des Odenwaldes und des Sonderplanes „Wasserversorgung Nordhessen“ wurde fortgesetzt, ein Gutachten fertiggestellt.

## Praktische Aufgaben

Im Jahre 1969 wurden 366 Gutachten und 97 Schreiben mit gutachtlichem Aussagewert (Gesamtzahl: 463) erstattet (gegenüber 344 bzw. 80 im Jahre 1968, Gesamtzahl 424). Die gebietliche und die sachliche Verteilung der Gutachten ist nachfolgend aufgeführt:

## Regierungsbezirk Darmstadt

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband und dergl.
Alsfeld	6	Ehringshausen, Homberg/Ohm, Kirtorf, Lehrbach, WBV Leusel-Angenrod, Schwarz, Strebendorf
Bergstraße	17	Bensheim, Biblis, Birkenau, Heppenheim, Kallstadt, Krumbach, Lampertheim, Lautern, WBV Nordheim-Wattenheim, Riedrode, Scharbach, WBV Unter-Flockenbach-Gorxheim, Weiher, Weschnitz, südliches Kreisgebiet
Biedenkopf	3	Breidenstein, Hartenrod, Wilsbach
Büdingen	21	Altenstadt, Bad Salzhausen, Berstadt, Eckartsborn, Eschenrod, Langen-Bergheim, Lindheim, WV Nidder-Seemenbach, Michelnaun, Nidda, Ober-Lais, Rodenbach, WBV Rommelhausen-Hainchen, Schotten, Schwickartshausen, Kreisgebiet
Darmstadt-Land	9	Balkhausen, Bickenbach, Erzhausen, Griesheim, Hähnlein, Malchen, Seeheim, Waschenbach, Wixhausen
Darmstadt-Stadt	3	Darmstadt
Dieburg	1	Spachbrücken
Dillkreis	2	Arborn, Offdilln
Erbach	10	Bad König, Güttersbach, Hainstadt, Langen-Brombach, Michelstadt, Ober-Sensbach, Reichelsheim
Frankfurt am Main	13	Frankfurt am Main
Friedberg	24	Bad Nauheim, Bad Vilbel, Bodenrod, Griedel, Hausen-Oes, Hoch-Weisel, Ilbenstadt, Maibach, Massenheim, Münzenberg, Nieder-Florstadt, Nieder-Wöllstadt, Ober-Mörten, Rockenberg, Oppershofen, Rödgen, Steinfurth, Wölfersheim, Kreisgebiet
Gelnhausen	11	Bad Orb, Bernbach, Kreiswerke Gelnhausen, Hesseldorf, Horbach, Pfaffenhausen, Kreisgebiet
Gießen-Land	14	Alten-Buseck, Großen-Buseck, Heuchelheim, Inheiden, Laubach, Gruppenwasserwerk Lauter-Wetterfeld, Mainzlar, Staufenberg, Steinbach, Treis a. d. Lumda, Weickartshain, Kreisgebiet

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband und dergl.
Gießen-Stadt	2	Gießen
Groß-Gerau	10	Dornheim, Erfelden, Goddelau, Mörfelden, Rüsselsheim, Stockstadt, Trebur, Walldorf, Wolfskehlen, Worfelden
Hanau-Land	10	Bruchköbel, Gronau, Großkrotzenburg, Ki- lianstädten, Ravalzhausen, Rückingen, Wa- chenbuchen, Wolfgang
Hanau-Stadt	2	Hanau
Lauterbach	6	Allmenrod, Bermuthshain, Fraurombach, Herbstein, Lauterbach, Queck
Limburg	10	Camberg, Dauborn, Erbach, Eschhofen, Frickhofen, Hadamar, Limburg, Nieder- brechen, Niederselters, Thalheim, Wilsen- roth
Main-Taunus	6	Breckenheim, Ehlhalten, Eppenhain, Glas- hütten, Kriftel, Niederjosbach, Voeken- hausen, Weilbach
Oberlahn	9	Altenkirchen, Bermbach, Blessenbach, Ku- bach, Merenberg, Niedertiefenbach, Schup- bach, Selters
Obertaunus	9	Bad Homburg v. d. H., Friedrichsdorf, Kron- berg, Oberursel
Offenbach-Land	11	Dietzenbach, Heusenstamm, Jügesheim, Mühlheim a. M., Seligenstadt, Sprendlingen, Steinheim a. M., Gruppenwasserwerk Land- kreis Offenbach
Offenbach-Stadt	4	Offenbach
Rheingau	5	Aßmannshausen, Geisenheim, Kiedrich, Rauenthal, Winkel
Schlüchtern	10	Bad Soden bei Salmünster, Bellings, Breu- nings, Oberkalbach, Schlüchtern, WBV Schwarzenfels-Mottgers, Sterbfritz, Voll- merz, Weichersbach, Weiperz, Züntersbach
Untertaunus	15	Bad Schwalbach, Bermbach, Bleidenstadt, Daisbach, Dickschied, Holzhausen über Aar, Idstein, Walsdorf, Wambach, Wehen
Usingen	5	Anspach, Rod a. d. Weil, Usingen, Wilhelms- dorf
Wetzlar	11	Atzbach, Cleeburg, Hermannstein, Katzen- furt, Leun, Niederbiel, Oberbiel, Rechten- bach, Tiefenbach, Kreisgebiet
Wiesbaden	3	Wiesbaden

## Regierungsbezirk Kassel

Land- bzw. Stadtkreis	Gutachtenzahl	Gebiet, Gemeinde bzw. Gemeindebezirk oder Verband und dergl.
—	1	Regierungsbezirk Kassel
Eschwege	1	Wanfried
Frankenberg	15	Allendorf, Altenhaina, Berghofen, Broms- kirchen, Dodenau, Ederbringhausen, Eifa, Ellershausen, Frankenberg, Rengershausen, Rodenbach, Schreufa, Viermünden, WV Vöhl-Asel-Basdorf, Wiesenfeld
Fritzlar-Homberg	5	Elnrode-Strang, Haarhausen, Lohne, Pfaffenhausen, Ungedanken
Fulda-Land	13	Bad Salzschlirf, Bernhards, Eckweisbach, Jossa, Müs, Neuhoof-Ellers, Rodholz, Rothe- mann, Tann, Gruppenwasserwerk Vorder- rhön, Welkers, Wüstensachsen, Kreisgebiet
Fulda-Stadt	2	Fulda
Hersfeld	7	Bad Hersfeld, Goßmannsrode, Hattorf, Meckbach, Niederaula, WBV Ostteil Kreis Hersfeld, Wüstfeld
Hofgeismar	3	Deisel, Langenthal, Trendelburg
Hünfeld	2	Haselstein, WBV Obere Eitra
Kassel-Land	4	Baunatal, Hoof, Sanderhausen, Wahnhausen
Kassel-Stadt	2	Kassel
Marburg-Land	9	Erksdorf, Halsdorf, Kernbach, Momberg, Reddehausen, Roßberg, Warzenbach, Was- serwerk Wohratal, Kreisgebiet
Marburg-Stadt	1	Marburg a. d. Lahn
Melsungen	1	Melsungen
Rotenburg	5	Berneburg, WBV Erdpenhausen-Hergers- hausen, Imshausen, Rotenburg a. d. Fulda, Sterkelshausen
Waldeck	26	Bad Wildungen, Bergfreiheit, Heringhausen, Kleinern, Korbach, Meininghausen, Men- geringhausen, Neerdar, Odershausen, Storm- bruch, Strothe, Wethen
Witzenhausen	1	Witzenhausen
Wolfhagen	3	Breuna, WBV Dörnberg, Ehlen
Ziegenhain	3	Gungelshausen, Leimbach, WBV Lender- scheid, Merzhausen, Obergrenzebach, Sei- gertshausen, Willingshausen

Reg.-Bezirk Darmstadt 262 Gutachten

Reg.-Bezirk Kassel 104 Gutachten

366 Gutachten

## Sachliche Verteilung

1. Wassererschließungen		
a) Zentrale Wasserversorgungen	78	Gutachten
b) Aus- und Neusiedler	4	„
c) Dienstgehöfte (Forst u. ä.)	—	„
d) Luftschutz- und Militäranlagen, Post	5	„
e) Bundesbahnbetriebswerke, Molkereien, Gewerbe	8	„
f) Sonstige	9	„
	<hr/>	
	104	„
2. Beurteilung vorhandener Wassergewinnungsanlagen	3	„
3. Wasserschutzgebiete	61	„
4. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in qualitativer Hinsicht		
a) durch Lagerflüssigkeiten	28	„
b) durch Müllablagerung	27	„
c) anderer Art	38	„
	<hr/>	
	93	„
5. Abwasser- und Kaliabwasserversenkung, Kokereigaspeicher	2	„
6. Erlaubnisse, Bewilligungen und Genehmigungen zum Bau von Wassergewinnungsanlagen	4	„
7. Beurteilungen grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in quantitativer Hinsicht	7	„
8. Ursachen von Grundwasserstandsänderungen	—	„
9. Heil- und Mineralquellen		
a) Erschließungen	1	„
b) Schutzgebiete	1	„
10. Ausnahmegenehmigungen in Schutzgebieten		
a) Heilquellen	24	„
b) Trinkwasser	9	„
11. Untersuchung größerer Gebiete, Rahmenpläne, Sonderpläne, Generalpläne	2	„
12. Landwirtschaftlicher Wasserbau, Dränung, Bewässerung	2	„
13. Bergmännische Wasserwirtschaft	—	„
14. Bauwerkswasserfragen (Wasserhaltung, Vernässung)	52	„
15. Sonstiges	1	„
	<hr/>	
	366	Gutachten

Die Zahl der Gutachten zur Wassererschließung stieg gegenüber dem Vorjahr leicht an. Insgesamt 70 Bohrbrunnen und Quelfassungen sind im Berichtsjahr aufgrund vorangegangener gutachtlicher Beratung ausgeführt worden. Mit ihnen wurde die Erschließung von rd. 600 l/s Grundwasser ermöglicht.

Möglichkeiten zur Mineralwassererschließung in Trendelburg, Krs. Hofgeismar, wurden untersucht. Als Vorarbeiten zur Mineralwassererschließung wurden geophysikalische Untersuchungen bei Bad Orb, Krs. Gelnhausen, und Bad Soden bei Salmünster, Krs. Schlüchtern, veranlaßt und beraten.

Vorhaben von überörtlicher Bedeutung betrafen im Geschäftsjahr vor allem die Grundwassererschließung für den WBV Kinzig, die Grundwasservorkommen und den Bau eines Wasserwerkes im Landkreis Offenbach, die Grundwasservorkommen und -erschließungen im Kreis Dieburg, die Grundwasseranreicherung im Hessischen Ried und die Anlage einer Industriemülldeponie im Gemeindebezirk Astheim, Lkrs. Groß-Gerau.

Die Zahl der Gutachten zur Einrichtung von Trinkwasserschutzgebieten ging von 106 im Vorjahr auf 61 im Geschäftsjahr 1969 zurück. Ein Gutachten wurde zur Festsetzung eines Heilquellenschutzgebietes für den als Heilquelle staatlich anerkannten Mineralbrunnen Niederselters, Krs. Limburg, erstellt. Besonderen Umfang haben vorbereitende Untersuchungen zur Einrichtung eines Heilquellenschutzgebietes für die Heilquellen von Bad Soden bei Salmünster, Krs. Schlüchtern, eingenommen.

Einen Anstieg auf 93 Gutachten im Geschäftsjahr 1969 (Vorjahr 80) verzeichnete dagegen die Gutachtengruppe zur „Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in qualitativer Hinsicht“. Nahezu ein Drittel der Gutachten dieser Gruppe (28 von 93) betrafen Beratungen zur Verhinderung von Grundwasserunreinigung durch Müllablagerungen.

Die übrigen Gutachten behandelten u. a. die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Gebiet des Sonderplanes Wasserversorgung Nordhessen, den geplanten Bau einer unterirdischen Fernmeldeanlage im Main-Taunus-Kreis, die Frage der Anerkennung von Heilquellen des Staatsbades Bad Wildungen sowie mögliche Auswirkungen im Gemeindebezirk Hemsbach (Krs. Mannheim) geplanter Grundwasserentnahmen auf hessische Trinkwassergewinnungsanlagen.

Die fachlichen Beratungen sind häufig von außerordentlicher volkswirtschaftlicher Bedeutung. So konnten beispielsweise im Geschäftsjahr 1969 durch Feststellung ungeeigneten Geländes für geplante Friedhofsneuanlagen oder -erweiterungen erhebliche Fehlinvestitionen vermieden werden. Ebenso haben die Untersuchungen und Beratungen zur Anwendung des Spülverfahrens beim Bau von ca. 13 km Autobahndamm im Hessischen Ried neben dem beträchtlichen Zeitgewinn zu Kostensenkungen von mehreren Mio. DM beigetragen.

Im Werra-Kalirevier wurden die Kaliabwässerversenkung und ihre Auswirkungen laufend verfolgt und Vorsorgemaßnahmen beraten. Im Fulda-Kalirevier wurde die Erweiterung der Rückstandshalde des Kaliwerkes Neuhoof-Ellers, Lkrs. Fulda, begutachtet.

834 Bohrungen wurden verfolgt.

## 6. Ingenieurgeologie

Im Geschäftsjahr 1969 sind insgesamt

258 Gutachten und

51 Berichte und Stellungnahmen mit gutachtlichem Aussagewert

bearbeitet worden. Außerdem sind 197 Anfragen zu Bauleitplänen nach dem BBauG bearbeitet worden.

Die Zahl der 258 Gutachten verteilt sich wie folgt:

- 28 Behördenbauten
- 23 Universitäts- und Hochschulbauten
- 9 Bauvorhaben für die Bundeswehr
- 39 kommunale Bauvorhaben, Krankenhäuser und Schulen
- 16 Bauvorhaben nach dem Reichssiedlungsgesetz, dem Flurbereinigungsgesetz und der Wasserverbandsverordnung
- 40 allgemeine Straßenbaugutachten
- 9 Gutachten für BAB-Teilstrecken
- 61 Gutachten für BAB-Brückenbauwerke
- 12 Gutachten für Talsperren und Rückhaltebecken
- 4 Gutachten für Felsbauvorhaben
- 14 Gutachten für sonstige Bauvorhaben
- 3 Gutachten über Rutschungen und Erdfälle.

Für Baumaßnahmen der Straßenbauverwaltung Hessen sind im Jahre 1969 insgesamt 110 Gutachten für BAB-Neubaustrecken und größere Bundesstraßen-Ausbauten erstattet worden. Die ingenieurgeologischen Arbeiten an der BAB-Neubaustrecke Dortmund-Gießen mit dem Autobahnkreuz Wetzlar sind weitgehend abgeschlossen. Die Arbeiten verlagern sich hier auf die BAB Montabaur-Reiskirchen, Abschnitt Reiskirchen-BAB-Kreuz Wetzlar. — In Nordhessen sind im Berichtszeitraum die Arbeiten an der BAB-Neubaustrecke Kassel-Hamm weitgehend abgeschlossen und zahlreiche Bundesstraßenausbauten beraten worden. Vorgutachten sind erstellt worden bzw. sind in Arbeit für den Ausbau der B40 bei Schlüchtern, die B3 zwischen Gudensberg und Kleinenglis und die B254 bei Homberg/Efze.

Die Beratung von Untertage-Bauvorhaben ist 1969 zu einem vorläufigen Abschluß gekommen. Die wissenschaftliche Auswertung ist noch im Gange.

Die wissenschaftliche Arbeit des Referats Ingenieurgeologie wurde auch im Berichtsjahr weiter ausgebaut; sie fand in Vorträgen und Veröffentlichungen über die bei der Gutachtertätigkeit anfallenden Probleme ihren Niederschlag.

Ferner wurden Vorarbeiten zur Messung der spezifischen Sohldrücke unter Großbohrpfählen verschiedener Länge bei BAB-Brücken durchgeführt. Modellversuche über Auswirkungen von tektonischen Bewegungen unter mächtigen Lockersedimenten auf die Bebauung wurden begonnen. Die Forschungen über die Auswirkung von Kalksteinkorrosion sind durch eine große Senkungsdoline in Hofheim/Taunus aktuell geworden.

## 7. Bibliothek

Der Zuwachs im Jahre 1969 betrug 3987 Einheiten. Davon entfallen 3065 auf Bände und 922 auf Karten.

Die Anzahl der Tauschpartner hat sich von 542 auf 545 erhöht. Ausgeliehen wurden im Berichtszeitraum 6806 Bände und 636 Karten.

## 8. Vertriebsstelle

Im Berichtsjahr wurden 1623 Blätter der Geologischen Karte 1:25000, 124 Blätter der Bodenkarte 1:25000, 639 Übersichtskarten und 1214 sonstige Veröffentlichungen verkauft.

## 9. Archive

Der Zuwachs betrug im Jahre 1969 insgesamt 6727 Stück (1254 Gutachten und Schreiben mit gutachtlichem Aussagewert, 2708 Schichtenverzeichnisse von Bohrungen und Sondierungen sowie 2765 Wasseranalysen). — Ausgeliehen und wieder vereinnahmt wurden 2273 Stück.

### Forschungsreisen

30. 1. bis 21. 3. 1969 Dr. ARNO SEMMEL  
Forschungsreise nach Äthiopien im Auftrage des Geographischen  
Instituts der Universität Würzburg.

### Hochschultätigkeit

- Oberregierungsgeologe Dr. BARGON  
als Lehrbeauftragter an der Technischen Hochschule Darmstadt seit 14. 7. 1969  
(Bodenkunde)
- Regierungsdirektor Prof. Dr. KUTSCHER  
als apl. Professor an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz  
(Angewandte Geologie, Geschichte der Geologie)
- Regierungsdirektor Dr. LIPPERT  
als Privatdozent an der Justus-Liebig-Universität Gießen  
(Allgemeine und angewandte Geologie)
- Oberregierungsgeologe Dr. MATTHESS  
als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Hydrogeologie)
- Oberregierungsgeologe Dr. MEISL  
als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
bis 31. 3. 1969  
(Gesteinsmetamorphose und spezielle Geochemie)
- Direktor des Landesamts für Bodenforschung Prof. Dr. NÖRING  
als Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Darmstadt  
(Hydrogeologie)
- Regierungsgeologe z. A. Dr. PLASS  
als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
seit 18. 11. 1968  
(Pleistozäne Morphologie und Bodenkunde im Fach Geographie)
- Oberregierungsgeologe Dr. PRINZ  
als Lehrbeauftragter an der Philipps-Universität Marburg seit 31. 3. 1969  
(Ingenieurgeologie)
- Oberregierungsgeologe Dr. RÖSING  
als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
(Geologische Landesaufnahme mit Übungen und Exkursionen)
- Regierungsgeologe Dr. SEMMEL  
als Privatdozent an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M. bis  
31. 3. 1969  
(Pleistozäne Morphologie)
- Regierungsdirektor Prof. Dr. ZAKOSEK  
als apl. Professor an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz  
(Geologie und Bodenkunde)

**Veröffentlichungen  
von Angehörigen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung**

- ANDERLE, H.-J. & THEWS, J.-D.: Grabgänge dekapoder Krebse in oligozänen Sanden am Geiskopf bei Wiesbaden-Frauenstein (Bl. 5915 Wiesbaden). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 76—80, 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- BARGON, E.: Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Bl. 6217 Zwingenberg. Wiesbaden 1969.  
— Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Bl. 6217 Zwingenberg. 60 S., 21 Tab., 21 Textprof., Wiesbaden 1969.
- DENGLER, H. & SIMON, P.: Das Eisenerzlager des Unteren Korallenooliths der Grube Hansa. In: Sammelwerk Deutsche Eisenerzlagerstätten, II. Eisenerze im Deckgebirge (Postvaristikum), 1. Die marin-sedimentären Eisenerze des Jura in Nordwestdeutschland. — Beih. geol. Jb., **79**, S. 221—232, 4 Abb., Hannover 1969.
- DIEDERICH, G.: Geologische Verhältnisse und Probleme bei Bieber. — Natur u. Museum, **99**, (7), S. 307—316, 3 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1969.  
— & LAEMMLEN, M.: Buntsandsteingliederung in Bayern und Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 195—205, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- EHRENBERG, K.-H.: Petrographie der vulkanischen Gesteine. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 120—121, Wiesbaden 1969.
- FICKEL, W.: Geological Report on the Silica-Sand-Deposits near Al Kharj and on the Limestone Deposits in the Dammam-Area, Saudi-Arabia. — Selbstverlag CCC Hamburg, 22 S., 7 Abb., 8 Tab., 4 Ktn., Hamburg 1969.
- FINKENWIRTH, A. & SIMON, P.: Das Eisenerzlager des Lias der Grube Echte. In: Sammelwerk Deutsche Eisenerzlagerstätten, II. Eisenerze im Deckgebirge (Postvaristikum), 1. Die marin-sedimentären Eisenerze des Jura in Nordwestdeutschland. — Beih. geol. Jb., **79**, S. 59—84, 11 Abb., Hannover 1969.
- FRIEDRICH, K. & KÜMMERLE, E.: Ein geologisches Profil vom Frankfurter Hauptbahnhof zum Opernplatz. — Natur u. Museum, **99**, (8), S. 369—375, Frankfurt a. M. 1969.
- GOLWER, A. & MATTHES, G.: Qualitative Beeinträchtigungen des Grundwasserdargebotes durch Abfallstoffe. — Deutsch. gewässerk. Mitt., Sh., S. 51—55, 2 Abb., Koblenz 1969.  
— & PRINZ, H.: Korrosionserscheinungen in tertiären Karbonatgesteinen im Untermaingebiet. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 243—257, 5 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- GOLWER, A. in: FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K.-H., MATTHES, G. & SCHNEIDER, W.: Mikrobiologische und hygienische Untersuchungen von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfallplätzen. — Städtehygiene, **20**, 2, S. 25—31, 3 Abb., 3 Tab., Uelzen 1969.
- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1968 mit Nachträgen aus den Jahren 1957—1967. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 437—451, Wiesbaden 1969.
- HÖLTING, B.: VIII. Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 156—180, 2 Abb., 9 Tab., Wiesbaden 1969.  
— Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 333—351, 12 Abb., Wiesbaden 1969.  
— Zur Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 367—378, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1969.  
— Geologie des Kellerwaldes und Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern. — Mitt. Markscheiderwesen, **76**, 4, S. 226—236, 3 Abb., Herne 1969.
- HOLTZ, S.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 25. Sporen im Hunsrückschiefer des Wisper-Tales (Rheingaukreis, Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 389—390, Wiesbaden 1969.
- HORN, M. & KULICK, J.: Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck. Wiesbaden 1969.  
— Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck. 227 S., 35 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.

- KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., Wiesbaden 1969.
- — Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., 209 S., 19 Abb., 17 Tab., 2 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.
- s. FRIEDRICH, K. & KÜMMERLE, E., Frankfurt a. M. 1969.
- KULICK, J.: s. HORN, M. & KULICK, J., Wiesbaden 1969.
- KUTSCHER, F.: The Goniatites of the Hunsrueck Slate (Rhenish Schiefergebirge). — Ludlow research group, Bull. No. 16, S. 22—24, Univ. College Swansea, 1969.
- Lower Devonian in the Middle Rhine Valley Area. Results of recent Field Investigations. — Ludlow research group, Bull. No. 16, S. 24—25, Univ. College Swansea, 1969.
- IX. Die Nivellementlinien I. und II. Ordnung auf Blatt 5916 Hochheim und den angrenzenden Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., S. 149—153, 2 Abb., Wiesbaden 1969.
- X. Die Seismizität im Bereich des Blattes Hochheim und der angrenzenden Blätter. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., S. 154—161, 3 Abb., Wiesbaden 1969.
- X. Das Nivellement auf Blatt Waldeck und den benachbarten Blättern. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 194—198, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- XI. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 165—176, Abb. 5—9, Wiesbaden 1969.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 23. Aus der Frühgeschichte der Untersuchung von Hunsrückschiefer-Fossilien. — Decheniana, **122**, S. 15—20, 1 Taf., Bonn 1969.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 24. Die Ammonoiten-Entwicklung im Hunsrückschiefer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 46—64, 6 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- EMANUEL KAYSER und der Hunsrückschiefer (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 4). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 391 bis 394, Wiesbaden 1969.
- AUGUST LEPLA, Förderer der Hunsrückschiefergeologie um die Jahrhundertwende. — Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück, 1969, S. 97—103, Bernkastel-Kues 1969.
- Das Baumaterial der Kirche von Altweilnau (Bl. 5616 Grävenwiesbach, Taunus). — Jb. nass. Ver. Naturk., **100**, S. 22—24, 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- Die Erforschung der Hunsrückschiefer-Fossilien durch WALTER MAXIMILIAN LEHMANN mit Hilfe von Röntgenaufnahmen (Forscher, Sammler und Liebhaber der Hunsrückschiefer-Fossilien. 3). — Rhein-Hunsrück-Kalender, 1970, **26**, S. 47—50, 2 Abb., Simmern [1969]
- in: BRASSEL, G. & KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 26. Der „Scheinstern“ *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931). — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 181—192, 2 Taf., 1 Abb., Mainz 1969.
- LAEMMLEN, M.: s. DIEDERICH, G. & LAEMMLEN, M., Wiesbaden 1969.
- MATHESS, G. mit Beitr. von H. FAUTH, M. GEYH & I. WENDT: Anaerobe bakterielle Kohlenwasserstoffoxydation als mögliche Fehlerquelle bei  $C^{14}$ -Altersbestimmungen von Grundwässern. — Geol. Jb., **87**, S. 45—50, 4 Tab., Hannover 1969.
- in FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K.-H., MATHESS, G. & SCHNEIDER, W.: Mikrobiologische und hygienische Untersuchungen von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfallplätzen. — Städtehygiene, **20**, 2, S. 25—31, 3 Abb., 3 Tab., Uelzen 1969.
- in DÜRBAUM, H.-J., MATHESS, G. & RAMBOW, D.: Untersuchungen der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 258—274, 10 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1969.
- s. GOLWER, A. & MATHESS, G., Koblenz 1969.
- MEISL, S.: Verschiedene petrographische Beiträge in Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 52—53, 54, 57, 58—59, 61—62, 64, 66, 70, 77—78, 81—83, 87—89, 91—92, Wiesbaden 1969.

- MOTZKA, R.: Landschaftsformende Vorgänge im Untergrund des Kreises Hünfeld. — Heimatkal. Landkr. Hünfeld 1970, **17**, S. 22—25, 3 Abb., Hünfeld 1969.
- NÖRING, F.: Geologische Grundlagen für die Wassererschließung in Hessen. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 30—35, 1 Kte., Wiesbaden 1969.
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1968 (1. 1. bis 31. 12. 1968). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 403 bis 436, Wiesbaden 1969.
  - Erschließung des Trink- und Betriebswassers. — Handb. Lebensmittelchemie, **8**, Teil 1, Wasser und Luft, B. Erschließung und Nutzung des Wassers, I. Erschließung des Wassers, 1., S. 183—216, Berlin, Heidelberg, New York (Springer-Verlag) 1969.
- PLASS, W.: IX. Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 182 bis 193, Wiesbaden 1969.
- PRINZ, H.: Ursachen und Folgeerscheinungen von Lößsubrosionen im Straßen- und Kanalbau. — Tiefbau, **11**, 7, S. 609—611, 6 Abb., Gütersloh 1969.
- Der Nachweis rezenter Bruchschollentektonik am Oberrheingraben durch Feinivellements — aufgezeigt am Beispiel der Darmstädter Schuttkegel-Hochscholle und der Bergsträßer Neckarlauf-Tiefscholle. — Geol. Rdsch., **59**, 1, S. 107—113, 3 Abb., Stuttgart 1969.
  - s. GOLWER, A. & PRINZ, H., Wiesbaden 1969.
- RAMBOW, D.: Die Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 226—228, 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- in: DÜRBAUM, H.-J., MATTHESS, G. & RAMBOW, D.: Untersuchungen der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 258—274, 10 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1969.
  - in: NIELSEN, H. & RAMBOW, D.: S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 352—366, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1969.
- RÖSING, F.: Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., Wiesbaden 1969.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West. 205 S., 9 Abb., 4 Tab., 3. Aufl., Wiesbaden 1969.
- THEWS, J.-D.: VII. Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, S. 109—141, 4 Abb., 10 Tab., Wiesbaden 1969.
- s. ANDERLE, H.-J. & THEWS, J.-D., Wiesbaden 1969.
- THIELICKE, G.: Titrimetrische Bestimmung des Aluminiums in Silicatgesteinen mit potentiometrischer Indikation. — Z. anal. Chem., **246**, S. 118—122, Berlin usw. 1969.
- WENDLER, R.: XI. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Hochheim. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, S. 162—164, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- XI. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Waldeck. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 199—204, 3 Abb., Wiesbaden 1969.
- ZAKOSEK, H.: Rußland und seine Böden. — Jb. nass. Ver. Naturk., **100**, S. 203, Wiesbaden 1969.
- & BECKER, H.: Ergebnisse boden- und sortenkundlicher Untersuchungen im hessischen Weinbau. — Jb. nass. Ver. Naturk., **100**, S. 43—53, 1 Tab., Wiesbaden 1969.
  - in: BECKER, H. & ZAKOSEK, H.: Rebsorten und Böden in den hessischen Weinbaugebieten. — Weinberg u. Keller, **3**, S. 135—141, Traben-Trarbach 1969.

### Wissenschaftliche Vorträge von Angehörigen des Landesamtes

- FICKEL, W.: Umlagerungen von Rotböden in Afrika. — Symposium „Über die Entstehung der Rotsedimente“, Geowissenschaftliches Kolloquium der Universität Mainz, 22. 7. 1969.

- GOLWER, A., MATTHESS, G. & SCHNEIDER, W.: Selbstreinigungsvorgänge im aeroben und anaeroben Grundwasserbereich. — Jahrestagung der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Bad Dürkheim, 14. 5. 1969.
- HENTSCHEL, G.: Kalksteineinschlüsse im Basalt als Beispiel hochgradiger Thermometamorphose. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 30. 1. 1969.
- HÖLTING, B.: Die Ionenverhältnisse in Tiefenwässern. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Hannover, 16. 5. 1969.
- Die Geologie des Kellerwaldes und die Mineralquellen von Bad Wildungen und Kleintern. — Jahrestagung des Deutschen Markscheider-Vereins, Bad Wildungen, 16. 10. 1969.
- HOLTZ, S.: Ingenieurgeologische Probleme bei den Vorarbeiten zur Abflußregulierung im Niederschlagsgebiet der Kinzig (Hessen). — Kolloquium des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Justus-Liebig-Universität Gießen, 11. 2. 1969.
- KUTSCHER, F.: 100 Jahre Hunsrückschiefer-Forschung. — Jahresversammlung der Paläontologischen Gesellschaft, Kiel, 22. 8. 1969.
- Der Hunsrückschiefer und sein Fossilinhalt. — Naturhistorischer Verein Kassel, 9. 10. 1969.
- Der Hunsrückschiefer — Entstehung und Fossilinhalt. — Rheinische Naturforschende Gesellschaft und Naturhistorisches Museum, Mainz, 17. 10. 1969.
- 100 Jahre Hunsrückschiefer-Forschung und heutiger Stand. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 27. 11. 1969.
- MATTHESS, G. zusammen mit DÜRBAUM, H. & RAMBOW, D.: Untersuchung der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des nordhessischen Buntsandsteins. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 27. 3. 1969.
- s. GOLWER, A., MATTHESS, G. & SCHNEIDER, W., 14. 5. 1969.
- MEISL, S.: Neue Ergebnisse zur mineralfaziellen Stellung der Metamorphite im Taunus und Soonwald. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Saarbrücken, 9. 1. 1969.
- Malchite des Odenwaldes. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 10. 4. 1969.
- Die Ganggesteine des Melibokus-Gebietes mit besonderer Berücksichtigung der Malchite und Alsbachite. — 2. Odenwald-Kolloquium, Darmstadt, 14. 4. 1969.
- Diagenetische Reaktionen im Unteren Buntsandstein-Zechstein-Profil der Bohrung Schlierbachtal bei Eschwege. — Frühjahrstagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Hannover, 16. 5. 1969.
- NÖRING, F.: Abbauvorgänge von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfalldeponien. — Arbeitskreis „Brauch- und Abwasser“ der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität Braunschweig, 20. 6. 1969.
- Wasserschutzgebiete. — Fortbildungstagung für Wasserfachleute (WaBoLu-Kurs) des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V., Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin-Dahlem, 4. 11. 1969.
- PRINZ, H.: Fossile Einbruchformen im Buntsandstein der Vorderrhön — Erscheinungsformen, Entstehung und ingenieurgeologische Bedeutung. — Kolloquium des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Philipps-Universität Marburg/Lahn, 29. 1. 1969.
- Der Nachweis rezenter Bruchschollentektonik am Oberrheingraben durch Feinnivellements. — 59. Jahrestagung der Geologischen Vereinigung, Karlsruhe, 20. 2. 1969.
- Nachweis rezenter Bruchschollentektonik am Oberrheingraben durch Feinnivellements und die Folgerung für die Bebauung. — Kolloquium des Institutes für Geologie und Paläontologie der Technischen Universität Braunschweig, 25. 11. 1969.
- Beispiele von Lößsubrosion in Hessen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 18. 12. 1969.
- RAMBOW, D.: zusammen mit DÜRBAUM, H. & MATTHESS, G.: Untersuchung der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des nordhessischen Buntsandsteins. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 27. 3. 1969.

- RAMBOW, D.: zusammen mit NIELSEN, H.: S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 27. 3. 1969.
- SCHRICKE, W.: Quarz-Feldspatverwachsungen in granitischen Gesteinen. — Monatsversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Wiesbaden, 10. 4. 1969.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Bruch- und Dehnungstektonik im östlichen Rheinischen Schiefergebirge als Auswirkung des Oberrheintalgrabens — geologische und hydrogeologische Beobachtungen. — 121. Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Freiburg i. Br., 10. 10. 1969.
- Die Hydrogeologie am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges unter Berücksichtigung des Gebietes von Gießen. — Geologisch-Paläontologisches und Mineralogisch-Petrologisches Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen, 25. 11. 1969.
- ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Nomenklatur braunerde- und parabraunerdeähnlicher Böden. — Ausschuß Bodensystematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, München, 25. 2. 1969.
- Über die Entstehung und Gliederung staunasser Böden. — Ausschuß Bodensystematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, München, 26. 2. 1969.
- Unsere Böden, Entstehung und Nutzung. — Nassauischer Verein für Naturkunde, Wiesbaden, 11. 3. 1969.

### Personalbestand 31. Dezember 1969

Leiter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. FRIEDRICH NÖRING, Direktor des Landesamts für Bodenforschung

Vertreter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. phil. FRIEDRICH KUTSCHER, Regierungsdirektor

Regierungsdirektoren (außer Vertreter):

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS DENGLER  
 Dipl.-Geol. Privatdozent Dr. phil. nat. HANS-JOACHIM LIPPERT  
 Dipl.-Landw. Prof. Dr. agr. HEINRICH ZAKOSEK

Oberregierungsgeologen:

Dipl.-Landw. Dr. agr. ERNST BARGON  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ALFRED FINKENWIRTH  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. BERNWARD HÖLTING  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS KULICK  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS-GÜNTHER KUPFAHL  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED LÄMMLER  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. GEORG MATTHES  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. STEFAN MEISL  
 Dipl.-Ing. KARL-HANS MÜLLER  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT PRINZ  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARNOLD RABIEN  
 Dr. rer. nat. FRANZ RÖSING  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. OTTO SCHMITT  
 Dipl.-Geol. Dr. phil. WITIGO STENGEL-RUTKOWSKI  
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH THEWS

Regierungsgeologen:

Dr. rer. nat. HORST BERNHARD  
 Dr. rer. nat. ECKHARD BÖKE

- \* Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. GIBBERT DIEDERICH
- \* Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KARL-HEINZ EHRENBERG  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WALTER FICKEL  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARTHUR GOLWER
- \* Dipl.-Geogr. Dr. phil. nat. ANNELIES HERZBERG  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT HICKETHIER  
Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. SIEGFRIED HOLTZ  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED HORN  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. RENATE MOTZKA  
Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. ERNST PAULY  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WOLFGANG PLASS  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH RAMBOW  
Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. KONRAD REUL  
Dipl.-Chem. GÜNTER THIELICKE  
Dipl.-Geol. RALPH WENDLER

## Wissenschaftliche Angestellte:

Dipl.-Geol. MARTIN BEURER  
Dr. rer. nat. KUNIBERT FRIEDRICH  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. EBERHARD KÜMMERLE  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT REICHMANN  
Dipl.-Geol. HANS-JÜRGEN SCHARPFF  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WILLI SCHRICKE  
Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KLAUS WIEGAND

## Bibliothek und Vertriebsstelle:

Bibliothekarin: JOHANNA SCHADWINKEL	
GERDA BÖHME	RUTH HEISER-SALZBURG
LIESEL FALTER	CHRISTINE KINDSVOGEL
ILSE FRÖLICH	LIESELOTTE SCHULTE
GERTRUD GROSSMANN	GERHARD WOELKE

## Technische Bedienstete:

NORBERT BLECK	BÄRBEL PLICKERT
LUDWIG BÖTTIGER	WILHELM RICHTER
JOSEF BREITFELDER	ALBERT ROMSCHINSKI
EDMUND BREMSER	SUSANNE SALCHER
RICHARD BUSCHNER	HANS-HEINRICH SCHMIDT
Ing. EWALD CLOEREN	NORBERT SCHOLZ
HEINZ DOMES	ECKHARD SCHULZ
ROLF ETZ	MONIKA SCHULZ
HANS EWALD	ALOIS SEDLATSCHKE
KARL FINK	OTTO SOHN
ANTON GLASER	WILHELM STICH
WERNFRIED HÜBLER	ERICH STRAUCH
GERNOT HÜHNER	WILHELM TERME
ALBERT KARSCHNY	ERWIN THIEL
GERHARD KNAB	ROLAND WIEDERER
GERHARD LAUE	URSULA ZÖLLER
HEINZ LEICK	

---

\* Regierungsgeologe z. A.

## Landkartentechnisches Büro:

Leitung: Reg.-Kartographen-Amtmann JOHANNES MATHEIS	
JOSEF BÄUERLEIN	MARGARETE GLOTH
JÜRGEN BARTHOLOMAY	RUDOLF HEUSER
INGEBORG BRANDT	KARL HIELSCHER
HERMANN BRENNER	ANTONIE HOCH
JUTTA VON DZIEGIELEWSKI	ERIKA LIESKE
JOSEF FISCHER	ANNELIESE PREISNER
ADELHEID FUSS	WILLI SCHIMANSKI
	PAUL UHL

## Verwaltung:

Leitung: Amtsrat HUBERTUS CHRISTIAN	
HUBERT GROSSMANN	GILDE RÖSSLER
URSULA MICHNA	GERTRUD SCHUMACHER
CHRISTA MÜLLER	CHRISTA SIEMS geb. HORN

## Schreibbüro:

ANGELA BÜSSER-WESTERHOFF	URSULA ROTH
HEIDRUN GEBAUER	ELISABETH RUTHE
BRIGITTE HOYER	DORIS SCHIML
URSULA KOPP	URSULA STOBER
CHRISTEL KRUTZ	EDELTRAUD ZIERZ

## Archiv, Registratur, Pförtner und Telefon:

EMIL COURTIAL	ROSEMARIE REUBOLD
ROSEL FISCHER	SIEGFRIED STEIN
HARALD GEIST	

## Lohnempfänger:

Fahrer LIENHARD BARNETT	Bohrgehilfe PAUL ANDOR
Fahrer FERDINAND FLIESS	Bohrgehilfe LORENZ DIEHL
Fahrer FRIEDRICH LUDWIG	Bohrgehilfe ANTON SCHWARZ
Fahrer FRITZ MEILINGER	Hausmeister KARL ROMPEL
Fahrer SIEGFRIED WENZKE	Reinemachefrau ADELE LOEFFLER

## Freiwillige Mitarbeiter:

Prof. Dr. OTTO BURRE, Oberregierungsgeologe a. D., Darmstadt, Niebergallweg 26  
 Dr. h. c. ERWIN BUSSE, Verwaltungsoberinspektor i. R., Kassel-Ki., Mittelbinge 6  
 Prof. Dr. phil. habil. HANS HENTSCHEL, Regierungsdirektor a. D., Wiesbaden,  
 Fontanestraße 2  
 Prof. Dr. FRANZ MICHELS, Direktor a. D., Wiesbaden, Schöne Aussicht 17  
 OSKAR ROSE, Konrektor a. D., Wiesbaden-Dotzheim, Langendellschlag 103, Simeon-  
 haus A  
 Dipl.-Geol. Dr. ERWIN SCHENK, Gießen, Professorenweg 6  
 Prof. Dr. ARNO SEMMEL, Geographisches Institut der Universität Würzburg, Würz-  
 burg, Klinikstraße 3/II  
 Dr. MAX TEIKE, Oberregierungsgeologe a. D., Wiesbaden, Drususstraße 29  
 Prof. Dr. HEINZ TOBIEN, Mainz, Saarstraße 21  
 Prof. Dr. WILHELM WAGNER, Bergrat a. D., Darmstadt, Claudiusweg 16

Korrespondent:

Dr. FRITZ HÄUSER, Oberstudienrat, Windecken/Kreis Hanau, Bahnhofstraße 15

Ausgeschieden bis 31. 12. 1969:

WILHELM BRÜCK  
KAROLINE DIEHL  
RUDOLF DIEHL  
HERBERT HERMANN  
HANS KLEBE

PAUL-WALTER LÖHR  
HANS NEUMANN  
KLAUS NIEDER  
Dr. ARNO SEMMEL  
HEDWIG WEWER

FRIEDRICH NÖRING

## Hessisches Geologisches Schrifttum 1969

mit Nachträgen aus den Jahren 1958—1968

Bearbeitet von

**ANNELIES HERZBERG**, Wiesbaden

Nachtrag aus dem Jahre 1958

PFLUG, H. D.: Die kontinentalen Ablagerungen des Rheinischen Schiefergebirges im Tertiär (Paleozän bis Unteroligozän). — Ber. geol. Ges. DDR, **3**, S. 145—146, Berlin 1958.

Nachtrag aus dem Jahre 1959

LÖBER, K.: Berichte zu den Exkursionen Aubachtal und Salzlücke. Heisterberger Weiher (Dillkr.). — Decheniana, **111**, 2, Bonn 1959.

Nachtrag aus dem Jahre 1960

FISCHER, R.: Heiße Jahre und Dürreperioden in Frankfurt am Main. — Naturwiss. Rdsch., **13**, S. 148, Stuttgart 1960.

POENICKE, H.: Naturschutz und Landschaftspflege in Hessen. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, **12**, S. 11—26, Darmstadt 1960.

Nachtrag aus dem Jahre 1961

BERGER, F.: Ostrakoden-Vorkommen im Buntsandstein NW-Deutschlands. — Senck. leth., **42**, 1/2, S. 147—155, 1 Abb., 2 Taf., Frankfurt a. M. 1961.

ERNST, E.: Eisengewinnung in Anspachs Gemarkung. — Usinger Land, 1, 2, 5, 5 Abb., Usingen 1961.

HABERER, K.: Über den Kaliumgehalt im Oberrhein. — Vom Wasser, **27**, S. 33—59, 14 Abb., 10 Tab., Weinheim a. d. B. 1961.

HAIN, W.: Wissenbach in der nassauischen Berg- und Hüttengeschichte. — Heimatjb. Dillkr., **4**, S. 106—111, 1961.

HOFMANN, M.: Bergbau im Utzenbachtal bei Niederroßbach. — Heimatjb. Dillkr., **4**, S. 116—118, 1961.

HOLTZ, S.: Ein vulkanischer Schlot. Ein Beitrag zur Geologie des Stoppelberges b. Wetzlar. — Heimalkal. Kr. Wetzlar, **11**, S. 98—103, 6 Abb., 1961.

Das Wesergebiet — wasserwirtschaftlich gesehen. — Weser, **35**, 9/10, S. 130—135, 8 Abb., 1 Tab., Bremen 1961.

## Nachtrag aus dem Jahre 1962

- BUZENGEIGER, G.: Das Abflußjahr 1962. Wasserwirtschaftliche Beobachtungen im Wesergebiet, November 1961 bis Oktober 1962. — Weser, **36**, 12, S. 177—180, 1 Abb., 3 Tab., Bremen 1962.
- FUCHS, K.: Die Entwicklung des Braunkohlenbergbaus im Oberwesterwald. — Nassau. Ann., **73**, S. 183—203, 1 Kte., Wiesbaden 1962.
- HANNEMANN, W.: Die Abhängigkeit der Sickerwasser- und Nährstoffverluste von der Niederschlagshöhe und dem Wasserdefizit der Böden in Weinbergen. — Weinwissenschaft, **17**, S. 121—136, Wiesbaden 1962.
- HOFMANN, M.: Das Landschaftsbild unseres Haubergsgebietes im Wandel der Zeiten. — Heimatj. Dillkr., **5**, S. 103—109, 8 Abb., 1962.
- SCHAFFER, G.: Bodenkundliche Voruntersuchungen für wasserwirtschaftliche Maßnahmen im Oberrheintal. — Ber. L.-A. Bodennutzungsschutz Nordrhein-Westf., **3**, S. 177—179, 1 Abb., Hiltrup 1962.
- TYROFF, H.: Zur Geologie Hofheims. — Hofheimer Chronik, **1**, S. 7—9, Hofheim/Ts. 1962. Abwässer im Flußgebiet der Weser. — Weser, **36**, 1, S. 6—8, 1 Abb., Bremen 1962.

## Nachtrag aus dem Jahre 1963

- BRÜNING, H.: Frühmittelpleistozäne Periglazialerscheinungen in den Oberen Mosbacher Sanden des nördlichen Oberrheingebiets. — Z. rhein. naturforsch. Ges. Mainz, **3**, 1, S. 34—45, 4 Abb., Mainz 1963.
- PETRAN, H.: Geologische Streifzüge durch den Hoch- und Vordertaunus. — Mitt. Ver. Gesch. u. Heimat. Oberursel/Ts., **2**, S. 9—14, 4 Abb., Oberursel/Ts. 1963.

## Nachtrag aus dem Jahre 1964

- BUREK, P. J.: Korrelation revers magnetisierter Gesteinsfolgen im Oberen Buntsandstein SW-Deutschlands. Diss., Bonn 1964.
- EHRENBERG, K.-H.: Petrographische Untersuchungen an den Magmatiten des „Grenzlagers“ und des „Hochsteiner Lagers“ in der Umgebung des Donnersberges. Diss., Mainz 1964.
- HEINTZE, G.: Rekultivierung der Kippen auf dem Hohen Meißner. — Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, Beil. 18, S. 10—16, 3 Abb., Darmstadt 1964.
- MEHRNUSCH, M.: Die Grenze Schleichsand/Cyrenenmergel (Mittel/Oberoligozän) am Klopp-Berg und am Peters-Berg (Bl. 6215 Gau-Odernheim/Südl. Rheinhessen). Diss., Mainz 1964.
- MEINARDI, J. & SCHMITT, K.: Kreis Biedenkopf. Tradition und Fortschritt. 70 S., Abb., Wetzlar 1964.
- SCHÄFER, O.: Die Anfänge der heimischen Eisengewinnung. — Land u. Leute im Dillkr., **11**, 112, 3 Abb., 1964.
- SONNTAG, K.: Erdmagnetische Messungen zur Basalterkundung in der Vorderrhön. — Z. angew. Geol., **10**, 10, S. 549—555, 3 Abb., Berlin 1964.
- VÖLZING, H.: Lämmerspiel, ein Beitrag zum Paläolithikum des Rhein-Main-Gebietes. — Fundber. Hessen, **4**, S. 1—11, 5 Taf., 1964.
- WEBER, P.: Bildung und Regelung von Kalkknollengefügen. Untersuchungen im Oberdevon des Rheinischen Schiefergebirges. Diss., Bonn 1964.

## Nachtrag aus dem Jahre 1965

- BÜCHEL, E.: Die wirtschaftsgeographischen Wandlungen des Kannenbäckerlandes. Unter besonderer Berücksichtigung der letzten 100 Jahre. Diss., Mainz 1965.
- GÜMLICH, K.: Feinstratigraphische Untersuchungen im Kulm-Plattenkalk des östlichen Sauerlandes. Diss., Münster 1965.

- HESSE, K.-H.: Zur Geologie im Raum Helgersdorf-Rudersdorf (Krs. Siegen)-Wissenbach-Ewersbach (Dillkreis). Diss., Münster 1965.
- HOPPE, O.: Die Steinindustrie im kristallinen Odenwald, ihre geologischen Voraussetzungen und ihre wirtschaftsgeographischen Auswirkungen. Diss., Frankfurt a. M. 1965.
- KHOSCHKHOLGH-HAGHKERDAR, H.: Die tertiäre Schichtenabfolge unter besonderer Berücksichtigung der Landschneckenkalke im Bereich des Gundersheimer/Mölsheimer Plateaus (südl. Rheinhessen). Diss., Mainz 1965.
- KNAPP, K.: Lebensbild der Gemeinde Griesheim. Ein Beitrag zur Heimatkunde. 176 S., Abb., Tab., Griesheim-Darmstadt (Bassenauer oHG) 1965.
- KOCH, H.: „Du mußt, mein Wanderer, ein kühner Bergmann werden.“ Erinnerungen an den traditionsreichen Kupferbergbau in Thalitter. — Anschnitt, 17, 3, S. 20–22, 2 Abb., Essen 1965.
- MÜLLER, G.: Leistung und Ergiebigkeit der deutschen Erdgasfelder. — Inform. Inst. Raumforsch., 15, Bad Godesberg 1965.
- SCHÄFER, K.: Sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen in den Basischichten des Oberrotliegenden der SE-Flanke des Pfälzer Sattels. Diss., Mainz 1965.
- WIRTZ, R.: Bijdrage tot de kennis van de Palaeosolen in de Vogelsberg, W. Duitsland. Beitrag zu der Kenntnis der Paläosole in dem Vogelsberg, W. Deutschland (mit deutscher Zusammenfassung). Diss., Utrecht 1965.
- Lebendiger Dillkreis. 63 S., Abb., Wetzlar 1965.

#### Nachtrag aus dem Jahre 1966

- BÄR, P.: Stratigraphie, Fazies und Tektonik am Briloner Massenkalk-Sattel (Ostsauerland). Diss., Gießen 1966.
- BARTH, G.: Steine und Erden in der Bundesrepublik Deutschland. 90 S., Essen (Verl. Glückauf) 1966.
- DANZER, P.: Untersuchungen zur Stratigraphie und Fazies der Röt-Folge im Oberen Buntsandstein der Rhön. Diss., Frankfurt a. M. 1966.
- ENGELHARD, K.: Die Entwicklung der Kulturlandschaft des nördlichen Waldeck seit dem späten Mittelalter. Diss., Gießen 1966.
- GOLDMANN, K.-J.: Die Geologie der Lahnmulde und der Hörre zwischen Lahn und Dill. Diss., Gießen 1966.
- JARITZ, G.: Untersuchungen an fossilen Tertiärböden und vulkanogenen Edaphoiden des Westerwaldes. Diss., Bonn 1966.
- KNOBLICH, K. & TRIMBORN, K. H.: Geomechanische Untersuchungen an einer Hangrutschung im Basaltverwitterungslehm des vorderen Vogelsberges. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., 34, 3/4, S. 227–238, 2 Abb., Tab., Gießen 1966.
- MAYER, F.: Erdöl-Weltatlas. Hrsg. ESSO AG, Hamburg. 152 S., Braunschweig (Westermann) 1966.
- MICHAELIS, H., FÜRER, K. & KOCH, H.: Kassel. Wirtschaft, Verkehr, Versorgung. — Internat. Industrie-Bibl., 94/189, 192 S., Abb., Ktn., Berlin/Basel (Länderdienst-Verl.) 1966.
- MILIUS, E. (Hrsg.): Der hessische Landkreis Friedberg. — Buchr. Heimat u. Arb., 304 S., Abb., 1 Kte., Aalen (Verl. Heimat u. Wirtsch.) 1966.
- OKRAJEK, A.: Sedimentpetrographische Untersuchung toniger und sandiger Lagen des Mittleren Buntsandsteins in Bohrungen und Tagesaufschlüssen Süd-Niedersachsens. Diss., Göttingen 1966.
- ORTLAM, D.: Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. Diss., Frankfurt a. M. 1966.
- SPERBER, R.: Die Nebenflüsse von Werra und Fulda bis zum Zusammenfluß. — Akad. Wiss. u. Lit. Mainz, Hydronymia Germaniae, RA, 132 S., 1 Kte., Wiesbaden (Steiner) 1966.

- Die hessischen Gemeinden. — Hessenk. hess. statist. L.-Amt, 5, 164 S., Tab., Ktn., Wiesbaden 1966.
- Die Wasserwirtschaft in Hessen 1966. — Staats-Anz. Land Hessen, Sonderausg. Dez., 72 S., Abb., Ktn., Wiesbaden 1966.
- Frankfurter Verkehrsbauten. Hrsg. Presse- u. Informationsdienst der Stadt Frankfurt a.M. 127 S., Abb., Tab., Berlin/Basel (Länderdienst-Verl.) o.J. (1966).

## Nachtrag aus dem Jahre 1967

- BORN, M.: Die Marburger Landschaft als geographisches Studienobjekt. — Alma mater Philippina, S. 9—13, 2 Ktn., Marburg 1967.
- BÜRGENER, M.: Topographische Karte 1:50000, Blatt L4920 Fritzlar. Hrsg. Hess. L.-Verm.-Amt Wiesbaden 1962. Landeskundlich und didaktisch erläutert. Ausschnitt aus dem Hessischen Berg- und Senkenland an unterer Eder und Schwalm. — Deutsch. Landschaften, geogr.-landesk. Erl. zu top. Kte. 1:50000, 3, S. 22—40, Bad Godesberg 1967.
- ELLENBERG, J. & KUHN, G.: Kieselgur im Werra-Kaligebiet. — Hall. Jb. mitteldeutsch. Erdgesch., 8, S. 67—68, 8 Abb., 2 Taf., Halle 1967.
- GIESEL, W.: Geschwindigkeit elastischer Wellen und Wärmeleitfähigkeit im Steinsalz. — Z. Geophys., 33, 1, S. 9—32, Würzburg 1967. [Werra-Kalirevier]
- HANSTEIN, U.: Organisation und Wirksamkeit eines Naturparks, dargestellt am Beispiel des Naturparks Hochtaunus. — Natur u. Landsch., 42, 2, S. 27—29, Mainz 1967.
- HAUTHAL, U.: Zum Wasserleitvermögen von Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins. — Z. angew. Geol., 13, 8, S. 405—407, 2 Tab., Berlin 1967.
- KRAMARCZYK, L.: Odenwald und Bergstraße mit Rhein/Main/Neckar. Landschaft, Geschichte, Kultur, Kunst. — Bibl. deutsch. Landesk., XXVIII + 315 S., Abb., Taf., Nürnberg (Glock u. Lutz) 1967.
- LESER, H.: Beobachtungen und Studien zur quartären Landschaftsentwicklung des Pfimmgebietes (Südrheinessen). — Arb. rhein. Landesk., 24, 442 S., 56 Abb., 24 Tab., 2 Ktn., 26 Diagr., Bonn 1967.
- LIEZT, J.: Die paläogeographische und lithofazielle Entwicklung vom Rotliegenden zum Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau. — Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, 12, VIII + 84 S., 15 Abb., 6 Tab., 2 Taf., 1 Kte., 9 Prof., Köln 1967.
- MALZAHN, E.: Die Ergebnisse der Erdöl- und Erdgasexploration des Jahres 1966 der in der Bundesrepublik Deutschland tätigen Erdölgesellschaften. — Erdöl-Erdgas-Z., 83, 9, S. 304—317, 7 Abb., 2 Tab., Wien 1967.
- NAHRGANG, K.: Die Bodenfunde der Ur- und Frühgeschichte im Stadt- und Landkreis Offenbach am Main. 240 S., Abb., Tab., Ktn., Frankfurt a. M. (Kramer) 1967.
- RÜHL, A.: Das Hessische Bergland. Eine forstlich-vegetationsgeographische Übersicht. — Forsch. deutsch. Landesk., 161, 164 S., Tab., 44 Ktn., Bad Godesberg 1967.
- SCHAMP, H.: Topographische Karte 1:50000, Blatt L 5716 Bad Homburg v. d. H. Hrsg. Hess. L.-Verm.-Amt Wiesbaden 1958. Landeskundlich und didaktisch erläutert. Ausschnitt aus dem östlichen Taunus. — Deutsch. Landschaften, geogr.-landesk. Erl. zu top.-Kte. 1:50000, 3, S. 41—55, Bad Godesberg 1967.
- Topographische Karte 1:50000, Bl. L 5718 Friedberg. Hrsg. Hess. L.-Verm.-Amt Wiesbaden 1958. Landeskundlich und didaktisch erläutert. Ausschnitt aus der Wetterau und dem Unteren Vogelsberg. — Deutsch. Landschaften, geogr.-landesk. Erl. zu top.-Kte. 1:50000, 3, S. 56—69, Bad Godesberg 1967.
- SCHREIBER, K.: Pflastersteine, Schotter und Splitt. Aus der Geschichte des Basaltwerkes Breitenborn-Wächtersbach. — Heimatj. Kr. Gelnhausen, S. 81—86, 3 Abb., 1967.
- SCHRÖDER, L.: Die Erdöl- und Erdgasexploration in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1966. — Erdöl u. Kohle, 20, 7, S. 473—481, 6 Abb., 2 Taf., Hamburg 1967.
- SCHÜLLER, M.: Petrographie und Feinstratigraphie des Unteren Muschelkalks in Südniedersachsen und Nordhessen. — Sediment. Geol., 1, S. 353—401, 23 Abb., 7 Tab., 1967.

- SCHÜTZ, D.: Petrographisch-geochemische Untersuchungen an Olivinknollen verschiedener Vorkommen. — N. Jb. Mineral., Abh., **106**, 2, S. 158—190, 11 Abb., 6 Tab., Stuttgart 1967. [Habichtswald, Vogelsberg]
- WEYER, D.: *Kitakamithyris* MINATO 1951 (Brachiopoda, Spiriferida) aus dem Etroeungt (Oberdevon) und Tournai (Unterkarbon) des Rheinischen Schiefergebirges. — Geologie, **16**, 4, S. 433—451, 3 Abb., 2 Taf., Berlin 1967.
- Autobahn Rhönlinie Würzburg-Fulda-Bad Hersfeld. — Bau- u. Bauind., **19**, 24, S. 1094 bis 1097, 11 Abb., 1967.
- Betriebsgrößenstruktur in der Land- und Forstwirtschaft, Bodennutzung und Ernte 1965. — Beitr. Statist. Hessens, NF **21**, 179 S., Wiesbaden (Hess. statist. L.-Amt) 1967.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Sonderh. Land Baden-Württemberg, Reg.-Bez. Nord- und Südbaden (Hoch- und Oberrhein mit Anteilen Neckar, Main und Donau). Abflußjahr 1965. 111 S., 3 Ktn., Karlsruhe (L.-Stelle Gewässerk. u. Wasserwirtsch. Pl. Baden-Württemberg) 1967.
- Hessen — heute und morgen. Rückblick und Ausblick 1966/1967. — Staats-Anz. Land Hessen, Sonderausg. Jan., 40 S., Abb., Wiesbaden 1967.
- Landwirtschaftszählung 1960. Gartenbaubetriebe (Ergebnisse der Gartenbauerhebung 1961). — Beitr. Statist. Hessens, NF **1**, 5, 123 S., Wiesbaden (Hess. statist. L.-Amt) 1967.
- Obstbaumzählung 1965. — Beitr. Statist. Hessens, NF **22**, 122 S., Wiesbaden (Hess. statist. L.-Amt) 1967.
- Talsperren, Wasserkraft- und Pumpspeicherwerke in der Bundesrepublik Deutschland. XVIII + 220 S., 325 Bilder, Berlin-München (W. Ernst & Sohn) 1967.

#### Nachtrag aus dem Jahre 1968

- ALTEVOGT, G.: Exogene Dynamik im Jahre 1965 (Jahresbericht). — Zbl. Geol. Paläontol., Teil I, 7/8, S. 910—931, 1 Tab., Stuttgart 1968.
- ANDRES, W.: Beobachtungen zur Gliederung eines Würm-Lößprofils und zur spätwürmzeitlichen und holozänen Hangüberformung bei Marienborn (Rheinhessen). — Mainzer naturwiss. Arch., **7**, S. 131—140, 3 Abb., Mainz 1968.
- BÄR, P.: Die ober-devonisch/unter-karbonische Schichtlücke über dem Massenkalk des Briloner und Messinghäuser Sattels (Ost-Sauerland). — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **131**, 3, S. 263—288, 3 Taf., 2 Abb., 1 Tab., 2 Faunenlisten, Stuttgart 1968.
- BAHLO, E.: Ein Eckzahn von *Hippopotamus* (Flußpferd) aus dem Pleistozän der Rheinebene bei Worms. — Mainzer naturwiss. Arch., **7**, S. 99—104, 3 Abb., Mainz 1968.
- BORISSENKOW, W. I.: Geologischer Aufbau und Mineralogie einiger Vertaubungszonen des Kaliflöz Hessen (Werra-Serie) der Schachtanlage Merkers (Rhön). — Z. angew. Geol., **14**, 1, S. 7—10, 1 Abb., 1 Tab., Berlin 1968.
- BRÜNING, H.: Fossile mikroklastische bis kryptoklastische Gerölle in Terrassensanden des Rhein-Main-Gebiets und ihr Wert als Kaltzeitindikatoren. — Mainzer naturwiss. Arch., **7**, S. 80—98, 12 Abb., Mainz 1968.
- CLAUSEN, C. D.: Oberdevonische Cephalopoden aus dem Rheinischen Schiefergebirge. I. Orthocerida, Bacritida. — Palaeontographica, A, **128**, S. 1—86, 36 Abb., 5 Tab., 10 Taf., Stuttgart 1968.
- DIEHL, H.: Ein Faustkeil aus dem Sandsteinodenwald. — Odenwald, **15**, 3, S. 88—91, 1 Abb., Darmstadt 1968.
- EICKHOFF, G.: Moravamminidae (Foraminifera) aus dem Unterkarbon vom Hermannsholz bei Frankenberg an der Eder. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **3**, S. 129—142, 14 Abb., Stuttgart 1968.
- ENGELHARD, K.: Korbach. Entwicklung, Raumbeziehungen und Gliederung einer nordhessischen Kreis- und Industriestadt. — Ber. deutsch. Landesk., **41**, 1, S. 1—32, 4 Ktn., Bad Godesberg 1968.
- FUHRMANN, W.: „Sandkristalle“ und Kugelsandsteine. Ihre Rolle bei der Diagenese von Sanden. — Aufschluß, **19**, S. 105—111, 11 Abb., Göttingen 1968. [Odenwald]

- GIESEL, W.: Kohlensäureausbrüche im Kalibergbau an der Werra — Grundlagen und Prognosemöglichkeiten. — Kali u. Steinsalz, **5**, 3, S. 103—108, 6 Abb., Essen 1968.
- GOLDMANN, K.-J. & KEGLER, J.: Zum ober-devonischen Vulkanismus in der Lahn-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **12**, S. 705—719, 4 Abb., 1 Tab., 2 Faunenlisten, Stuttgart 1968.
- GUENTHER, E. W.: Elefantenbackenzähne aus den Mosbacher Sanden. — Mainzer naturwiss. Arch., **7**, S. 55—73, 5 Abb., Mainz 1968.
- HELLMANN, H.: Die Belastung des Rheins mit ungelösten organischen Stoffen im Jahr 1967. — Deutsch. gewässerk. Mitt., **2**, S. 39—43, 4 Abb., Koblenz 1968.
- & BRUNS, F. J.: Die chemische Zusammensetzung der ungelösten Stoffe des Rheins. — Deutsch. gewässerk. Mitt., **6**, S. 162—166, 2 Abb., 6 Tab., Koblenz 1968.
- HENNING, I.: Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne. Eine kritische Betrachtung. — Ber. deutsch. Landeskr., **41**, 2, S. 318—330, Bad Godesberg 1968. [Hinweise auf Hessen]
- HENNINGSEN, D.: Untersuchungen über Korngefüge und Schüttungsrichtungen in Sandsteinen des südöstlichen Rheinischen Schiefergebirges. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **3**, S. 153—163, 3 Abb., Stuttgart 1968.
- HOMANN, W.: Ein Vorkommen von Vivianit bei Bensheim an der Bergstraße. — Aufschluß, **19**, S. 34—36, 2 Abb., Göttingen 1968.
- ISERT, F. mit Beiträgen von AHRENS, W., MATTHÁY, F. & MICHELS, F.: Beschreibungen rheinland-pfälzischer Bergamtsbezirke. — **2**, Bergamtsbezirk Diez, 251 S., 18 Abb., 1 Kte., Bad Ems 1968.
- JUNG, G.: Die Teillandschaften des Leinetales und seiner Randgebiete von Friedland bis Alfeld. Diss., Göttingen 1968.
- KAMP, H. v.: Erfahrungen bei der geologischen Kartierung mit Luftbildern im Rheinischen Schiefergebirge. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **16**, S. 175—184, 3 Taf., Krefeld 1968.
- KEGLER, I. & J.: Ein Schurf in adorfischen Styliolinenschiefern bei Mühlhausen (Bl. Gladenbach, östliche Lahnmulde). — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. Gießen, NF, naturwiss. Abt., **36**, S. 55—57, 1 Abb., Gießen 1968.
- KÖHLER, E. K. & ROUSCHKA, G.: Untersuchung der Westerwälder Tonlagerstätten im Melsbach und Breitscheid. — Ber. deutsch. keram. Ges., **45**, 2, S. 67—71, 9 Abb., 2 Tab., Bad Honnef/Rh. 1968.
- KÖHLER, H. G. u. a.: Neuzeitliche Wege der Müllbeseitigung. — Haus der Technik — Vortragsveröff., 155, 86 S., 90 Abb., 11 Tab., Essen (Vulkan-Verl.) 1968. [Hinweise auf Hessen]
- KOPPERNOCK, F.: Die Reinigung industrieller Abwässer am Beispiel der Kläranlage der E. Merck AG, Darmstadt. — Ber. abwassertechn. Ver. e. V., **19**, S. 85—97, Frankfurt a. M. (ZFGW-Verl.) 1968.
- KRAUSE, P.: Vergleichende Studien zur Flurformenforschung im nordwestlichen Vogelsberg. — Rhein.-Main. Forsch., **63**, 151 S., 25 Abb., 14 Ktn., Frankfurt a. M. 1968.
- KREBS, W.: Die Lagerungsverhältnisse des Erdbacher Kalkes (Unterkarbon II) bei Langenaubach-Breitscheid (Rheinisches Schiefergebirge). — Geotekt. Forsch., **28**, S. 72—103, 4 Abb., Stuttgart 1968.
- Reef development in the Devonian of the eastern Rhenish Slate Mountains, Germany. — Internat. Symp. Devonian System, Alberta Soc. Petrol. Geol., **2**, S. 295—306, 4 Abb., 2 Tab., Calgary 1968.
- Zur Frage der bretonischen Faltung im östlichen Rhenoherynykum. — Geotekt. Forsch., **28**, S. 1—71, 9 Abb., Stuttgart 1968.
- KRIENS, B.: Verstärkter Maschineneinsatz bei der Tongewinnung im Westerwald. — Silikat J., **7**, 1/2, S. 10—18a, 11 Abb., Selb 1968.
- KUTSCHER, F.: Hundertjähriges Jubiläum der Geologischen Karte 1:25000. — Ber. deutsch. Landeskr., **40**, 1, S. 121—128, Bad Godesberg 1968. [Hinweise auf Hessen]
- LEUTERITZ, K.: Die Geologie der nordöstlichen Dillmulde in der Umgebung von Buchenau am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges. Diss., Marburg 1968.

- LOTZE, F. & NIEDERMEIER, G.: Notizen zur Aktuo-Geologie. 201. Bericht: Endogene Dynamik Januar und Februar 1966. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 3, S. 185—194, Stuttgart 1968.
- — Notizen zur Aktuo-Geologie. 204. Bericht: Endogene Dynamik Juli bis September 1966. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 9, S. 564—575, Stuttgart 1968.
- MALZAHN, E.: Die Ergebnisse der Erdöl- und Erdgasaufschlußbohrstätigkeit in der Bundesrepublik im Jahre 1967. — Erdöl-Erdgas-Z., 84, 7, S. 242—254, 10 Abb., 3 Tab., Wien-Hamburg 1968.
- MEFFERT, E.: Die Innovation ausgewählter Sonderkulturen im Rhein-Mainischen Raum in ihrer Beziehung zur Agrar- und Sozialstruktur. — Rhein-Main.-Forsch., 64, 291 S., 72 Abb., 25 Tab., 28 Ktn., Frankfurt a. M. 1968.
- MERKT, J.: Bemerkungen zu einer Karte der Lößverbreitung in Südniedersachsen (Zur Geologie, Geokartographie und Sedimentologie der periglaziären Sedimente in Niedersachsen — 3). — Geol. Jb., 86, S. 107—112, 1 Taf., Hannover 1968.
- MICHEL, F. & WIESNER, E.: Ein Grenzprofil *inflata*-Hydrobienschichten im Dyckerhoff'schen Steinbruch am Hambusch, südsüdöstlich Wiesbadens. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., 99, S. 22—26, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- MOEWES, W.: Sozial- und wirtschaftsgeographische Untersuchung der nördlichen Vogelsbergabdachung — Methode zur Erfassung eines Schwächeraumes. — Gießener geogr. Schr., 14, 232 S., 36 Abb., 14 Tab., Gießen 1968.
- NAGEL, U. & WUNDERLICH, H.-G.: Geologisches Blockbild der Umgebung von Göttingen. — Geol. Jb., 86, S. 5—48, 1 Taf., Hannover 1968. [Hinweise auf Hessen]
- PLESSER, N. & WEDEKIND, G.: Die Entwicklung der Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1967. — Gas- u. Wasserf., 109, 37, S. 1009—1036, 11 Abb., 24 Taf., München 1968.
- POPPE, G.: Die Bundeswasserstraßen im Jahre 1967. — Bautechnik, 11, S. 361—372, 10 Abb., 1968.
- PORTH, H.: Die Erdöl- und Erdgasexploration in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1967. — Erdöl u. Kohle, 21, 5, S. 257—266, 4 Abb., 4 Tab., 3 Taf., Hamburg 1968.
- PŘIBYL, A. & VANĚK, J.: Biostratigraphische Studie über die Fauna des Budňaniums bis Pragiums im Hinblick auf die Grenze zwischen Silur und Devon im Barrandium und in den übrigen europäischen Gebieten. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 7, S. 413—440, 2 Tab., Stuttgart 1968. [Betr. auch hessische Gebiete]
- RICHTER, H.: Das komplexe Bildplanwerk 1:25000 von Deutschland. — Ber. deutsch. Landesg., 40, 2, S. 195—222, Bad Godesberg 1968.
- RIETSCHEL, S.: Bedeutung, Muttergestein und Fundumstände der Weichkörper Wissenbacher Cephalopoden. — Natur u. Mus., 98, 10, S. 409—412, 4 Abb., Frankfurt a. M. 1968. — *Devonoscyphia* n. g. und „*Scyphia constricta* SANDBERGER“. Kieselschwämme (Eutaxiocladina) aus dem Mitteldevon der Lahnmulde (Rhein. Schiefergebirge). — Jb. Nassau. Ver. Naturk., 99, S. 98—106, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1968.
- ROHDENBURG, H. & WALTHER, D.: Rezente Strukturböden in Gießen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 19, S. 279—282, 3 Abb., Öhringen 1968.
- ROLAND, N.: Perlenfunde in einer mitteligozänen *Ostrea callifera* LAMARCK von Kahlmetz bei Siefersheim (Mainzer Becken). — Mainzer naturwiss. Arch., 7, S. 120—125, 6 Abb., Mainz 1968.
- SCHÄFER, W.: Aktuopaläontologische Beobachtungen. 8. Zur Unterscheidung von Salz- und Süßwassersedimenten: Spurenfossilien und Marken. — Natur u. Mus., 98, 12, S. 496—506, 11 Abb., Frankfurt a. M. 1968 [Oberrheinebene]
- SHELLMANN, TH.: Alte und neue Gedanken zur Altersstellung und Gliederung des marinen Tertiärs in Niederhessen, Teil 2. — Jber. wetterau. Ges. Naturk., 119—120, S. 27—63, Hanau 1968.
- SCHNEIDER, F. K.: Hessische Lagerverordnung. Verordnung über das Lagern wassergefährdender Flüssigkeiten mit Verwaltungsvorschriften und Richtlinien sowie ergänzenden Vorschriften aus dem Wasser-, Bau- und Gewerbebereich. — Deutsch. Gem. Verl., 164 S., Wiesbaden 1968.

- SCHWAB, K.: Die Verbreitung der effusiven Vulkanite auf der SE-Flanke des Pfälzer Sattels und ihre Stellung im Profil des Oberrotliegenden. — Mainzer naturwiss. Arch., 7, S. 105—119, 2 Ktn., 1 Prof., Mainz 1968.
- SICKENBERG, O.: Der Steppeniltis [*Mustela (Putorius) evermanni soergeli* EHRL] in der Niederterrasse der Leine und seine klimageschichtliche Bedeutung. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 19, S. 147—163, 2 Abb., 2 Tab., Öhringen 1968. [Betr. auch nordhessische Lößgebiete]
- SONNE, V.: Eozäne Ablagerungen in Rheinhessen (Mainzer Becken). (Vorläufige Mitteilung). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 11, S. 702—704, Stuttgart 1968.
- STRÜBEL, G.: Zur Mineralogie und Erdgeschichte der Lindener Mark bei Gießen. — Aufschluß, 19, S. 2—11, 14 Abb., Göttingen 1968.
- STÜRMER, W.: Einige Beobachtungen an devonischen Fossilien mit Röntgenstrahlen. — Natur u. Mus., 98, 10, S. 413—417, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1968. [Wissenbacher Schiefer]
- TOBIEN, H.: *Anancus arvernensis* (CROIZET & JOBERT) und *Mammot borsoni* (HAYS) (Proboscidea, Mamm.) aus den pleistozänen Mosbacher Sanden bei Wiesbaden (Hessen). — Mainzer naturwiss. Arch., 7, S. 35—54, 7 Abb., Mainz 1968.
- WAGNER, W.: Wanderwege von kochsalzhaltigen Wässern im nördlichen Mainzer Becken und an seinen Rändern. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., 99, S. 27—42, 1 Abb., Wiesbaden 1968.
- ZEISS, A.: Fossile Cephalopoden mit Weichteilen. — Natur u. Mus., 98, 10, S. 418—424, 4 Abb., Frankfurt a. M. 1968. [Wissenbacher Schiefer]
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Ergänzungsh. Land Hessen. Rhein- und Weseranteil. Abflußjahr 1966. 103 S., 2 Ktn., Wiesbaden (Hess. L.-Amt Gewässerk. u. wasserwirtsch. Pl.) 1968.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Rheingebiet. Abschnitt Main (mit einem Anhang: Bayer. Elbegebiet). Abflußjahr 1966. 105 S., 1 Kte., München (Bayer. L.-Stelle Gewässerk.) 1968.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Weser- und Emsgebiet. Abflußjahr 1967. 183 S., 1 Kte., Hannover (L.-Stelle Gewässerk.) 1968.
- Zusammenstellung der Ergebnisse der wöchentlichen Untersuchungen des Kochbrunnens, der Schützenhofquelle und des Faulbrunnens in der Zeit vom 1. I. 1966—31. 12. 1967. Aus dem Chemischen Laboratorium Fresenius, Wiesbaden. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., 99, S. 164—166, Wiesbaden 1968.

## 1969

- ALBERTI, G. K. B.: Trilobiten des jüngeren Siluriums sowie des Unter- und Mitteldevons. I. — Abh. senck. naturforsch. Ges., 520, 692 S., 55 Abb., 8 Tab., 52 Taf., Frankfurt a. M. 1969.
- ALTRUP, H. F.: Die Flächennutzungsplanung im jüngsten Wachstumsprozeß deutscher Großstädte. Untersuchung an den Beispielen Wiesbaden, Karlsruhe, Darmstadt und Osnabrück. — Kölner Forsch. Wirtsch.- u. Sozialgeogr., 6, VIII + 191 S., 7 Ktn., 1969.
- ANDERLE, H.-J. & THEWS, J.-D.: Grabgänge dekapoder Krebse in oligozänen Sanden am Geiskopf bei Wiesbaden-Frauenstein (Bl. 5915 Wiesbaden). — Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., 97, S. 76—80, 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- ANDRES, W.: Über vulkanisches Material unterschiedlichen Alters im Löß Rheinhessens. — Mainzer naturwiss. Arch., 8, S. 134—139, 1 Abb., Mainz 1969.
- ASTHALTER, K.: Standortkundlich-waldbaulicher Überblick. — Erl. Bodenkte. Hessen 1:25000, Bl. 6217 Zwingenberg, S. 51—57, Wiesbaden 1969.
- BACKHAUS, E.: Die Altersstellung der süddeutschen Karneol-Dolomit-Horizonte (Oberer Buntsandstein). — Z. deutsch. geol. Ges., 1966, 118, T. 2, S. 237, Hannover 1969.
- Die Solling-Folge (Oberer Buntsandstein) zwischen oberer Fulda und unterem Neckar. — Z. deutsch. geol. Ges., 1966, 118, T. 2, S. 193—206, 2 Abb., 1 Tab., Hannover 1969.
- Stratigraphie und Geomechanik des mittleren und tiefsten Oberen Muschelkalkes in der Vorderen Rhön (Bl. 5424 Fulda). — Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., 97, S. 206—225, 3 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1969.

- BAHLO, E. & MALEC, F.: Insectivoren (Mammalia) aus den Oberen Mosbacher Sanden (Mittelpleistozän) bei Wiesbaden-Biebrich/Hessen. — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 56—75, 5 Abb., 2 Taf., Mainz 1969.
- BARGON, E.: Erl. Bodenkte. Hessen 1:25000, Bl. 6217 Zwingenberg. Mit einem Beitr. von ASTHALTER, K. 60 S., 21 Tab., 21 Textprof., Wiesbaden 1969.
- BECKER, H. & ZAKOSEK, H.: Rebsorten und Böden in den hessischen Weinbaugebieten. — Weinberg u. Keller, **3**, S. 135—141, Traben-Trarbach 1969.
- BENDER, H.: Über ein Tuffvorkommen bei Bernbach (Bl. 5715 Idstein/Ts.). — Jb. nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 14—21, 3 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1969.
- BENDER, P. & BRINCKMANN, J.: Oberdevon und Unterkarbon südwestlich Marburg/Lahn (Lahn-Mulde und Hörre-Zone, Rheinisches Schiefergebirge). — Geologica et Palaeontologica, **3**, S. 1—20, 5 Abb., 4 Tab., Marburg 1969.
- BENDIX-ALMGREEN, S. E. & MALZAHN, E.: Über neue oder wenig bekannte Elasmobranchier aus dem deutschen Kupferschiefer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 44—45, Wiesbaden 1969.
- BOCK, J.: Abfallbeseitigung und Gewässerschutz. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 49—53, 3 Abb., Wiesbaden 1969.
- Entwicklung der Wasserversorgung in Hessen. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 25—29, 3 Abb., Wiesbaden 1969.
- Reinhaltemaßnahmen im Rheingebiet aus der Sicht des Landes Hessen. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 40—43, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- Wassergefährdende Stoffe in Recht und Praxis am Beispiel der Mineralöle. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 54 bis 58, 3 Abb., Wiesbaden 1969.
- BOSUM, W. & ULRICH, H.-J.: Die Flugmagnetometervermessung des Oberrheingrabens und ihre Interpretation. — Geol. Rdsch., **59**, 1, S. 83—106, 10 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1969.
- BRASSEL, G. & KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückeschiefers. 26. Der „Scheinsterne“ *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931). — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 181—192, 1 Abb., 2 Taf., Mainz 1969.
- BRAUN, U.: Der Felsberg im Odenwald. Eine geomorphologische Monographie. — Heidelberger geogr. Arb., **26**, 168 S., 9 Abb., 4 Tab., 3 Ktn., 14 Fig., Heidelberg 1969.
- BRUNNACKER, K., STREIT, R. & SCHIRMER, W.: Der Aufbau des Quartär-Profiles von Kärlich/Neuwieder Becken (Mittelrhein). — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 102—133, 8 Abb., 3 Tab., Mainz 1969. [Hinweise auf Hessen]
- BUSSE, E.: In BUSSE, E. & RÖSING, F.: Jura. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 43—44, Wiesbaden 1969.
- In BUSSE, E. & RÖSING, F.: Keuper. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 43, Wiesbaden 1969.
- In BUSSE, E. & RÖSING, F.: Muschelkalk. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 20—42, 1 Tab., Wiesbaden 1969.
- DIEDERICH, G.: Geologische Verhältnisse und Probleme bei Bieber. — Natur u. Mus., **99**, 7, S. 307—316, 3 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1969.
- & LAEMMLER, M.: Buntsandsteingliederung in Bayern und Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 195—205, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- DOEBL, F.: Ein Oberflächen-Aufschluß in den Pechelbronner Schichten (Sannois) bei Nackenheim (Westliches Mainzer Becken). (Vorläufige Mitteilung). — Oberrhein. geol. Abh., **18**, S. 47—51, 1 Abb., Karlsruhe 1969.
- DÜRBAUM, H.-J., MATTHES, G. & RAMBOW, D.: Untersuchungen der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 258—274, 10 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1969.
- EDER, W., ENGEL, W. & UFFENORDE, H.: Stratigraphische und fazielle Gliederung des Quarzit-Zuges im Kellerwald (Mitteldevon bis Unterkarbon; Rheinisches Schiefergebirge). — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **133**, 3, S. 223—244, 2 Abb., 4 Tab., Stuttgart 1969.

- EHRENBERG, K.-H.: Petrographie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 120—121, Wiesbaden 1969.
- ERNST, TH.: Sind die Basalt-Ergüsse der Bohrung Rainrod I (Vogelsberg) als Proben des Oberen Erdmantels anzusehen? — Umschau, **69**, 11, S. 344, Frankfurt a. M. 1969.
- & MÖRTEL, H.: Die Restausscheidung tholeiitischer Basalte des „Maintrapps“. — N. Jb. Mineral., Mh., **8**, S. 362—379, 11 Abb., 4 Tab., Stuttgart 1969. [Vogelsberg]
- FALKE, H.: Das vermutete Perm der Bohrung Lichtenau bei Rothenbuch (Buntsandsteinspessart). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 117—129, 6 Abb., Wiesbaden 1969.
- Zur Paläogeographie der Randgebiete des nördlichen Oberrheingrabens zur Zeit des Rotliegenden. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 130—151, 4 Abb., Wiesbaden 1969.
- FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K.-H., MATTHES, G. & SCHNEIDER, W.: Mikrobiologische und hygienische Untersuchungen von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfallplätzen. — Städtehygiene, **20**, 2, S. 25—31, 3 Abb., 3 Tab., Uelzen 1969. [Beispiele aus Hessen]
- FILL, K.: Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Wiesbaden in den Jahren 1966, 1967 und 1968. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 171—185, 7 Tab., Wiesbaden 1969.
- FRIEDRICH, K. & KÜMMERLE, E.: Ein geologisches Profil vom Frankfurter Hauptbahnhof zum Opernplatz. — Natur u. Mus., **99**, 8, S. 369—375, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1969.
- GASCH, A.: Planung und Praxis der Frankfurter Erdgasversorgung. — DVGW-Landesgruppe Hessen, Vers. am 12. 12. 1968 in Gießen-Kroßdorf, T. 2, S. 3—15, 7 Abb., Frankfurt a. M. 1969.
- GEIB, K. W. & ATZBACH, O.: Über eine Trockentalung im Nahebergland — eine Richtigstellung von geologischer Seite. — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 140—148, 5 Abb., Mainz 1969.
- GERMANS, W.: Qualitative Überwachung der Gewässer in Hessen. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 59—62, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- GLEBE, G.: Das hessische Werrakalibergbauebiet. Kulturgeographische Wandlungen an der hessisch-thüringischen Landesgrenze seit 1900. — Rhein-Main.-Forsch., **66**, 184 S., 35 Abb., 47 Tab., 8 Ktn., Frankfurt a. M. 1969.
- GOLDMANN, K.-J.: Über ein neues Vorkommen von Greifensteiner Kalk. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **1**, S. 11—17, 3 Abb., Stuttgart 1969. [Bl. 5316 Ballersbach]
- GOLWER, A. & MATTHES, G.: Qualitative Beeinträchtigung des Grundwasserangebotes durch Abfallstoffe. — Deutsch. gewässerk. Mitt., Sonderh., S. 51—55, 2 Abb., Koblenz 1969. [Beispiele aus Hessen]
- & PRINZ, H.: Korrosionserscheinungen in tertiären Karbonatgesteinen im Unterraingebiet. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 243—257, 5 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- GRODAU: Maßnahmen der Farbwerke Hoechst AG zur Abwasserreinigung. — Wasser u. Boden, **21**, 10, S. 300—301, 3 Abb., Hamburg-Blankenese 1969.
- GUENTHER, E. W.: Elefantenbackenzähne aus den Mosbacher Sanden II. — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 77—89, 4 Abb., Mainz 1969.
- HAMMEL, H.: Bedeutung und Aufgaben der Wasserwirtschaft in Hessen. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 3—8, Wiesbaden 1969.
- Wasserversorgung in Hessen, gestern, heute und morgen. — DVGW-Landesgruppe Hessen, Vers. am 12. 12. 1968 in Gießen-Kroßdorf, T. 1, S. 3—10, Frankfurt a. M. 1969.
- HAUSCHULZ, J.: Gewässerkunde und wasserwirtschaftliche Planung als staatliche Aufgaben. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 12—17, Wiesbaden 1969.
- HELLER, F.: Eine Kleinsäugerfauna aus den mittleren Mosbacher Sanden bei Biebrich-Wiesbaden. — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 25—55, 3 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Mainz 1969.

- HEMMER, H. & JAEGER, R.: Ein Radius von *Asinus cf. hydruntinus* REGALIA aus dem Jungpleistozän von Stammheim/Kreis Friedberg (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 38—43, 1 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- & SCHÜTT, G.: Ein Unterkiefer von *Panthera gombaszoegensis* (KRETZOI, 1938) aus den Mosbacher Sanden. — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 90—101, 5 Abb., Mainz 1969.
- HENTSCHEL, H.: Die vulkanischen Gesteine. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 83—110, 1 Tab., Wiesbaden 1969.
- HERBST, F.: Über die im Raum Holzappel-Nassau aufsetzenden Blei-Zinkerzgänge. Hrsg. Gewerkschaft Mercur, 60 S., 18 Abb., 9 Tab., Bad Ems 1969.
- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1968 mit Nachträgen aus den Jahren 1957—1967. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 437—451, Wiesbaden 1969.
- HILTERMANN, H.: Fortschritte der Mikropaläontologie in Deutschland mit einer Bibliographie für das Jahr 1968. — Paläontol. Z., **43**, 3/4, S. 215—229, Stuttgart 1969.
- HÖLTING, B.: Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 333—351, 12 Abb., Wiesbaden 1969.
- Geologie des Kellerwaldes und Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern. — Z. deutsch. Markscheider-Ver., **76**, 4, S. 226—236, 3 Abb., Herne/Westf. 1969.
- Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, S. 156—181, 2 Abb., 9 Tab., Wiesbaden 1969.
- Zur Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und Bad Münster a. St. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 367—378, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1969.
- HOFMANN, E.-L.: Geschichte der Berg- und Hüttenwerke zu Bieber. — Natur u. Mus., **99**, 7, S. 317—328, 6 Abb., Frankfurt a. M. 1969.
- HOLTZ, S.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 25. Sporen im Hunsrückschiefer des Wisper-Tales (Rheingaukreis, Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 389—390, Wiesbaden 1969.
- HORN, M. & KULICK, J.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck. Mit Beitr. von EHRENBERG, K.-H., HÖLTING, B., KUTSCHER, F., MEISL, ST., PLASS, W. u. WENDLER, R. 227 S., 35 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.
- HUCKRIEDE, R. & ZACHOS, S.: Die pliozänen Flußschotter auf den Lahnbergen bei Marburg — ein wichtiges Dokument zur hessischen Landschafts- und Flußgeschichte. — Geologica et Palaeontologica, **3**, S. 195—206, 3 Abb., Marburg 1969.
- JACOB, K. H. & HEINTKE, H.: Das Lorsbacher Erdbeben vom 21. Juli 1968. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 379—385, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- JOACHIM, H.: Rechtsprobleme bei der behälterlosen Untertagespeicherung von Gas aus der Sicht eines Energieversorgungsunternehmens. — Gas- u. Wasserf., **110**, 27, S. 725—731, München 1969. [Hinweis auf Wasserversorgung in Südhessen]
- KAISER, F.: Beurteilung der Versuchsstrecke Semd nach 7-jähriger Benutzung als Wirtschaftsweg. — Wasser u. Boden, **21**, 4, S. 90, Hamburg-Blankenese 1969. [Schwierige Entwässerungs- und Bodenverhältnisse]
- KALLIES, H.-B. & SONNE, V.: Die Untergrundverhältnisse zwischen Nackenheim und Bodenheim am Rhein, erkundet durch geoelektrische Widerstandsmessungen und Bohrungen. — Oberrhein. geol. Abh., **18**, S. 53—66, 7 Abb., 1 Taf., Karlsruhe 1969.
- KEMPF, E. K.: Elektronenmikroskopie der Sporodermis von kanozoischen Megasporen der Wasserfarn-Gattung *Azolla*. — Paläontol. Z., **43**, 1/2, S. 95—108, 1 Abb., 3 Taf., Stuttgart 1969. [Vorkommen in Hessen (Bohrung Oberursel-Bommersheim II)]
- KIRCHHEIMER, F.: Über den oberrheinischen Löß und ein weiteres Vorkommen von Resten der Boraginaceen-Gattung *Lithospermum* L. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **1**, S. 18—39, 4 Abb., Stuttgart 1969.
- KNAUER, E.: Konvergenzerscheinungen granitoider Gesteine im Raum Hoxhohl und ihr Vergleich mit Flasergneisen des Gebietes Brandau-Neunkirchen/Odenwald. — N. Jb. Mineral., Abh., **110**, 3, S. 287—328, 20 Abb., 16 Tab., Stuttgart 1969.
- KNETSCH, G.: Über Funktions-Wechsel des Rheinischen Lineamentes und die Entstehung des Oberrhein-Grabens. — Z. deutsch. geol. Ges., 1966, **118**, T. 2, S. 222—235, 5 Abb., Hannover 1969.

- KRÄMER, F. & KUNZ, H.: Leithorizonte und Schichtausfälle im Buntsandstein Hessens und Thüringens. — *Oberrhein. geol. Abh.*, **18**, S. 67—76, 1 Abb., 1 Tab., Karlsruhe 1969.
- KROLEWSKI, H.: Standorte von Kernkraftwerken in der wasserwirtschaftlichen Diskussion. — *Gas- u. Wasserf.*, **110**, **24**, S. 641—646, 1 Abb., 2 Tab., München 1969. [Angaben über Grundwasservorkommen und Niedrigwasserabflüsse in Hessen]
- KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim a. Main. Mit Beitr. von KUTSCHER, F., THEWS, J.-D. u. WENDLER, R., 3. Aufl., 209 S., 19 Abb., 17 Taf., 2 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1969.
- KUSTER-WENDENBURG, E.: Fossil-Grabungen in den mitteleozänen Süßwasserpeliten der „Grube Messel“ bei Darmstadt (Hessen). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **97**, S. 65—75, 9 Abb., Wiesbaden 1969.
- Mikrofaunistische Untersuchungen zur Stratigrafie und Ökologie der Hydrobienschichten (Aquitän, Untermiozän) im Gebiet der Stadt Mainz am Rhein. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **97**, S. 229—242, 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Wiesbaden 1969.
- KUTSCHER, F.: AUGUST LEPLA, Förderer der Hunsrückschiefergeologie um die Jahrhundertwende. — *Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück*, S. 97—103, Bernkastel-Kues 1969.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 23. Aus der Frühgeschichte der Untersuchung von Hunsrückschiefer-Fossilien. — *Decheniana*, **122**, S. 15—20, 1 Taf., Bonn 1969.
- Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 24. Die Ammonoiten-Entwicklung im Hunsrückschiefer. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **97**, S. 46—64, 6 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- Das Baumaterial der Kirche von Altweilnau (Bl. 5616 Grävenwiesbach, Taunus). — *Jb. Nassau. Ver. Naturk.*, **100**, S. 22—24, 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- Das Nivellement auf Blatt Waldeck und den benachbarten Blättern. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 4720 Waldeck, S. 194—198, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- Die Erforschung der Hunsrückschiefer-Fossilien durch WALTER MAXIMILIAN LEHMANN mit Hilfe von Röntgenaufnahmen (Forscher, Sammler und Liebhaber der Hunsrückschiefer-Fossilien. 3). — *Rhein-Hunsrück-Kal. f. 1970*, **26**, S. 47—50, 2 Abb., Simmern 1969.
- Die Nivellementlinien I. und II. Ordnung auf Blatt 5916 Hochheim und den angrenzenden Blättern. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., S. 149—153, 2 Abb., Wiesbaden 1969.
- Die Seismizität im Bereich des Blattes Hochheim und der angrenzenden Blätter. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., S. 154—161, 3 Abb., Wiesbaden 1969.
- EMANUEL KAYSER und der Hunsrückschiefer (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 4). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **97**, S. 391 bis 394, Wiesbaden 1969.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 165—175, 5 Abb., Wiesbaden 1969.
- Lower Devonian in the Middle Rhine Valley Area. Results of recent Field Investigations. — *Ludlow research group, Bull. No. 16*, S. 24—25, Univ. College Swansea, 1969.
- The Goniaticites of the Hunsrueck Slate (Rhenish Schiefergebirge). — *Ludlow research group, Bull. No. 16*, S. 22—24, Univ. College Swansea, 1969.
- LESER, H.: Landeskundlicher Führer durch Rheinhessen (Rheinheinisches Tafel- und Hügelland). — *Samml. geogr. Führer*, **5**, 253 S., 1 Tab., 9 Ktn., Berlin-Stuttgart (Bornträger) 1969.
- LOTZE, F. & NIEDERMEIER, G.: Notizen zur Aktuo-Geologie. 205. Bericht: Endogene Dynamik Oktober bis Dezember 1966. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **1**, S. 54—64, Stuttgart 1969.
- — Notizen zur Aktuo-Geologie. 206. Bericht: Endogene Dynamik Januar bis März 1967. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **3**, S. 184—191, Stuttgart 1969.
- — Notizen zur Aktuo-Geologie. 207. Bericht: Endogene Dynamik April bis Juni 1967. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **5**, S. 311—319, Stuttgart 1969.

- LUDWIG, W. & LENSKI, I.: Zur Kenntnis der hessischen Flora. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 112—133, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- MEISL, ST.: Petrographische Beiträge. In: Stratigraphie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4720 Waldeck, S. 21—132, Wiesbaden 1969.
- MENK, H.: Die Wasserversorgungs- und Abwasserhältnisse vor der Jahrhundertwende in Nordhessen. — Wasser u. Boden, **21**, 5, S. 111—114, 2 Abb., Hamburg-Blankenese 1969.
- MERKEL, W. & ZIMMERMANN, E.: Eine Kläranlage mit neuen Ideen: Wiesbaden-Biebrich. — Gas- u. Wasserf., **110**, 32, S. 866—867, 2 Abb., München 1969.
- MICHELS, F.: Bisher nicht genutzte Möglichkeiten, größere Trinkwassermengen im Rheingau zu gewinnen. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 36—42, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahre 1968. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 189—198, Wiesbaden 1969.
- Über das Alter der fluviatilen Quarzgerölle („Vallendarer Schotter“) des terrestrischen Tertiärs im Lahnggebiet südlich des Westerwaldes. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 32—35, Wiesbaden 1969.
- Über einige Vorkommen von Oberdevon und Kulm am Südfuß des Westerwaldes (Blätter 1:25000 Hadamar 5514, Mengerskirchen 5414 und Meudt [Girod] 5513). Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der mittleren Lahnmulde im Bereich der „Idsteiner Senke“ als eines nördlichen Astes des Oberrheintalgrabens. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 25—31, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- MOTZKA, R.: Landschaftsformende Vorgänge im Untergrund des Kreises Hünfeld. — Heimatkal. Landkr. Hünfeld f. 1970, **17**, S. 22—25, 3 Abb., Hünfeld 1969.
- MÜLLER, K. J.: Bürstenbildung bei Conodonten. — Paläontol. Z., **43**, 1/2, S. 64—71, 1 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1969. [Vorkommen in Hessen (Kellerwald)]
- MÜLLER, R.: Probleme der Wasserversorgung einer Großstadt, aufgezeigt am Beispiel von Frankfurt am Main. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 36—39, 2 Abb., Wiesbaden 1969.
- MUSALL, H.: Die Entwicklung der Kulturlandschaft der Rheinniederung zwischen Karlsruhe und Speyer vom Ende des 16. bis zum Ende des 19. Jahrhunderts. — Heidelberger geogr. Arb., **22**, 279 S., 3 Abb., 9 Tab., 55 Ktn., Heidelberg 1969.
- NEGENDANK, J.: Beschreibung einiger tertiärer Alkali-Basalte im nördlichen Oberrheingraben. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 283—295, 1 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1969.
- NIELSEN, H. & RAMBOW, D.: S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 352—366, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1969.
- NÖRING, F.: Geologische Grundlagen für die Wassererschließung in Hessen. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 30—35, 1 Kte., Wiesbaden 1969.
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1968 (1. I.—31. 12. 1968). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 403 bis 436, Wiesbaden 1969.
- ORTLAM, D.: Fossile Böden im rechtsrheinischen, höheren Buntsandstein, ihre Ursache, Entstehung und stratigraphische Bedeutung. — Z. deutsch. geol. Ges., 1966, **118**, T. 2, S. 238—239, Hannover 1969.
- PICKEL, H.-J.: Notiz über eine Strukturkarte des zentralen Stadtgebietes der Stadt Kassel vor der ersten Besiedlung. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 331 bis 332, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- PLASS, W.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4720 Waldeck, S. 182 bis 193, Wiesbaden 1969.
- PLESSER, N. & WEDEKIND, G.: Die Entwicklung der Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1968. — Gas- u. Wasserf., **110**, 37, S. 1021—1050, 11 Abb., 24 Taf., 1 Kte., München 1969.

- PRIER, H.: Das pyroklastische und sedimentäre Rotliegende im Bereich der Bergstraße des südlichen Odenwaldes. — Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **11**, S. 279—298, 2 Abb., 3 Taf., Freiburg i. Br. 1969.
- PRINZ, H.: Der Nachweis rezenter Bruchschollentektonik am Oberrheingraben durch Feinnivellements — aufgezeigt am Beispiel der Darmstädter Schuttkegel-Hochscholle und der Bergsträßer Neckarlauf-Tiefscholle. — Geol. Rdsch., **59**, 1, S. 107—113, 3 Abb., Stuttgart 1969.
- Ursachen und Folgeerscheinungen von Lößsubrosionen im Straßen- und Kanalbau. — Tiefbau, **11**, 7, S. 609—611, 6 Abb., Gütersloh 1969. [Beispiele aus Hessen]
- PRÜFFERT, J.: Der Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau. Seine Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie. Diss., Köln 1969.
- RAMBOW, D.: Die Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 226—228, 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- REMY, H.: Würmzeitliche Molluskenfaunen aus Lößserien des Rheingaus und des nördlichen Rhein Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 98—116, 7 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1969.
- RÖSING, F.: Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4622 Kassel-West. Mit Beitr. von BUSSE, E., HENTSCHEL, H., KUTSCHER, F., PFEFFER, P., SCHÖNHALS, E. u. UDLUFT, H. †, 3. Aufl., 205 S., 9 Abb., 4 Tab., Wiesbaden 1969.
- ROTHAUSEN, K.: Zonierung und Konnex einer Abfolge oberoquitaner Land-Ökosysteme. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 81—97, 1 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1969. [Mainzer Becken]
- SCHÄFER, K.: Das Rotliegende der Treischfelder Bohrungen in Osthessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 152—194, 10 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1969.
- SCHÄLICKE, W.: Geologische Untersuchungen zur Struktur der Oetzberg-Zone im Odenwald. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 296—330, 8 Abb., 20 Diagr., Wiesbaden 1969.
- SCHNEIDER, A.: Finanzielle Aufwendungen des Landes und des Bundes für die Planung und Durchführung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 69—72, Wiesbaden 1969.
- SCHNEIDER, F. K.: Wasserrecht und Verfassungsrecht. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 63—68, Wiesbaden 1969.
- SCHNEIDER, H.: Zur Frage der Belastbarkeit des Rheines mit radioaktiven Nukliden. IV. Mitteilung: Sorption von Radionukliden durch den planktonischen Anteil der Schwebstoffe des Rheines. — Gas- u. Wasserf., **110**, 24, S. 647—652, 18 Abb., 2 Tab., München 1969.
- SCHNEIDER, J.: Das Ober-Devon des nördlichen Kellerwaldes (Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **55**, 124 S., 24 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1969.
- SCHNEIDER, K.: Abwasserreinigung in der chemischen Industrie Hessens. — Die Wasserwirtschaft in Hessen, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 45—48, 2 Abb., Wiesbaden 1969.
- SCHNITZER, W. A.: Zur Paläogeographie des Buntsandsteins im germanischen und alpinen Sedimentationsraum in Bayern. — Z. deutsch. geol. Ges., 1966, **118**, T. 2, S. 247—255, 5 Abb., Hannover 1969. [Betr. auch Hessen]
- SCHÖNHALS, E.: Die Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 149—164, 1 Tab., Wiesbaden 1969.
- SCHOLZ, W.: Hochwasserschutz durch Rückhalteanlagen, gezeigt am Ausbau der Nidda. — Die Wasserwirtschaft in Hessen 1969, Wirtschaftsreihe Staats-Anz. Land Hessen, S. 18—24, 6 Abb., Wiesbaden 1969.
- SCHRÖDER, B.: Buntsandstein-Gliederung in der Trias-Randfazies im Ostteil der Süd-deutschen Scholle. — Z. deutsch. geol. Ges., 1966, **118**, T. 2, S. 240—246, 3 Abb., Hannover 1969.
- SEMMELE, A.: Bemerkungen zur Würmlößgliederung im Rhein-Main-Gebiet. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 395—399, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- SONNE, V.: Die Entwicklung des Alzey-Niersteiner Horstes seit Beginn des Tertiärs. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF, **51**, S. 81—86, 2 Abb., Stuttgart 1969.

- STEIDLE, B.: Die Wasser- und Bodenverbände in der Bundesrepublik Deutschland. — Wasser u. Boden, **21**, 4, S. 90—93, Hamburg-Blankenese 1969.
- STÖHR, W. TH.: Ergebnisse boden- und standortkundlicher Untersuchungen im Rheintal westlich von Mainz. — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 5—24, Mainz 1969.
- THEWS, J.-D.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., S. 109—144, 4 Abb., 10 Tab., Wiesbaden 1969.
- TOBIEN, H.: Die alttertiäre (mitteleozäne) Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt (Hessen). — Mainzer naturwiss. Arch., **8**, S. 149—180, 11 Abb., 1 Tab., Mainz 1969.
- *Kopidodon* (Condylarthra, Mammalia) aus dem Mitteleozän (Lutetium) von Messel bei Darmstadt (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**, S. 7—37, 7 Abb., 9 Tab., 3 Taf., Wiesbaden 1969.
- UDLUFT, H. †: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., S. 140—148, 1 Tab., Wiesbaden 1969.
- WAGNER, G. A.: Spuren der spontanen Kernspaltung des <sup>238</sup>Urans als Mittel zur Datierung von Apatiten und ein Beitrag zur Geochronologie des Odenwaldes. — N. Jb. Mineral., Abh., **110**, 3, S. 252—286, 19 Abb., 4 Tab., Stuttgart 1969.
- WENDLER, R.: Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Waldeck. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4720 Waldeck, S. 199—204, 2 Abb., Wiesbaden 1969.
- Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Hochheim. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. Aufl., S. 162—164, 1 Abb., Wiesbaden 1969.
- ZAKOSEK, H. & BECKER, H.: Ergebnisse boden- und sortenkundlicher Untersuchungen im hessischen Weinbau. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 43—53, 1 Tab., Wiesbaden 1969.
- ZIEGLER, W. & HUDDLE, J. W.: Die *Palmatolepis glabra*-Gruppe (Conodonta) nach der Revision der Typen von ULRICH & BASSLER durch J. W. HUDDLE. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **16**, S. 377—386, Krefeld 1969. [Vorkommen in Hessen]
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Ergänzungsh. Land Hessen, Rhein- und Weseranteil. Abflußjahr 1967. 112 S., 2 Ktn., Wiesbaden (Hess. L.-Amt Gewässerk. u. wasserwirtsch. Pl.) 1969.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Sonderh. Land Baden-Württemberg, Hoch- und Oberrhein mit Neckar, Anteile des Maingebietes und Donau bis Ulm. Abflußjahr 1966. 151 S., 1 Kte., Karlsruhe (L.-Stelle Gewässerk. u. wasserwirtsch. Pl. Baden-Württemberg) 1969.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Sonderh. Land Baden-Württemberg, Reg.-Bez. Nordwürttemberg und Süd-Württemberg-Hohenzollern (Neckar mit württembergischem Bodensee-, Oberrhein-, Main- und Donaugebiet). Abflußjahr 1962. 48 S., 1 Kte., Stuttgart (L.-Stelle Gewässerk. u. wasserwirtsch. Pl. Baden-Württemberg, Nebenst. Stuttgart) 1969.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Sonderh. Land Baden-Württemberg, Reg.-Bez. Nordwürttemberg und Süd-Württemberg-Hohenzollern (Neckar mit württembergischem Bodensee-, Oberrhein-, Main-, und Donaugebiet). Abflußjahr 1963. 48 S., 1 Kte., Stuttgart (L.-Stelle Gewässerk. u. wasserwirtsch. Pl. Baden-Württemberg, Nebenst. Stuttgart) 1969.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet. Abflußjahr 1968. 183 S., 1 Kte., Hannover (L.-Stelle Gewässerk.) 1969.
- EWG-Strukturerhebung in der Landwirtschaft 1966/67. Zusammenfassende Darstellung für das Land Hessen. — Beitr. Statist. Hessens, NF **31**, 138 S., Wiesbaden (Hess. statist. L.-Amt) 1969.
- Hessen. Jahresbericht der Wasserwirtschaft, Rechnungsjahr 1968. — Wasser u. Boden, **21**, 6/7, S. 164—168, 4 Abb., Hamburg-Blankenese 1969.
- Zusammenstellung der Ergebnisse der wöchentlichen Untersuchungen des Kochbrunnens, der Schützenhofquelle und des Faulbrunnens in der Zeit vom 1. 1. 1968—31. 12. 1968. Aus dem Chemischen Laboratorium Fresenius, Wiesbaden. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **100**, S. 169—170, Wiesbaden 1969.

## Autorenregister, Sach- und Ortsregister, Fossilregister

### Autorenregister

- ALTHOFF, W. 141  
 ANAVIEV 59, 63  
 ANDERLE, H.-J. 36, 39  
  
 BACKHAUS, E. 85, 87, 93  
 BARGON, E. 270-273  
 BARTENSTEIN, H. 157, 158, 161, 162, 164  
 BECKER, E. 206  
 BEISLER, W. 206  
 BEUTELSPACHER, H. 202, 203  
 BIERTHER, W. 51, 67  
 BLANCKENHORN, M. 156, 157  
 BLUME, H. 198, 199  
 BÖGLI, A. 178, 184  
 BÖTTCHER, J. 141  
 BOIGK, H. 89, 90, 93  
 BORN, M. 198-200  
 BOTTKE, H. 173-186  
 BOZORGNIA, F. 171  
 BREDDIN, H. 157, 161, 162  
 BROILI, F. 19-21, 24-28  
 BUDDE, E. 53  
 BUSSE, E. 112-150  
  
 CARLÈ, W. 88, 188, 190  
 CLARKE, J. M. 34  
  
 DACQUÈ, E. 21  
 DAHMER, G. 54  
 DAMMER, B. 215  
 DIEDERICH, G. 81-92, 106, 187-197  
 DOEBL, F. 170, 171  
  
 ECKELMANS, V. 251  
 EHRENBERG, K.-H. 38  
 EICHHOFF, H. J. 104  
 ELLERMANN, C. 158  
 ENGELS, B. 36  
  
 FAHLBUSCH, KL. 57, 64  
 FALK, F. 88  
 FALKE, H. 105, 174, 247  
  
 FINKENWIRTH, A. 95, 212-233  
 FINKS, R. 31  
 FÖRSTER, N. 15  
 FOLLMANN, O. 55, 67, 70, 72  
 FRECHEN, J. 274  
 FRESENIUS 244, 245  
 FUCHS, A. 36-41, 46, 49  
  
 GEIB, K.-W. 51, 67, 234, 247, 250, 252  
 GEISLER, R. 115, 119, 127, 138  
 GLAESSNER, R. 149  
 GLAZEK, J. 183  
 GRAUL, H. 93-111  
 GRÖTICKE, W. 229  
 GROETZNER, J. P. 113, 114, 117-119, 128,  
 133, 134  
 GRUMBT, E. 88, 196, 222  
 GÜRICH, G. 20  
 GUNZERT, G. 81, 82  
 GUTHÖRL, P. 22  
  
 HAARMANN, E. 258, 259  
 HALL, J. 34  
 HAUPT, H. 10  
 HEDGPETH, J. W. 22, 24, 26, 28  
 HEER, O. 12  
 HEFTER, J. 57, 60f., 65  
 HEINE, K. 198-205  
 HELFER, H. 21  
 HEMPEL, L. 163  
 HENTSCHEL, H. R. 82, 87  
 HERZBERG, A. 320-334  
 HESSLER, K. G. 69f.  
 HEYL, K. E. 234-254, 281-284  
 HICKETHIER, H. 187-197  
 HIEKE, W. 101, 117  
 HOEFS, J. 250  
 HÖLTING, B. 105, 198-202,  
 204, 229  
 HOLZAPFEL, E. 38  
 HOPPE, W. 215  
 HORN, M. 95-97, 100

- HUBACH, H. 160  
HUMMEL, K. 188, 190, 191, 195
- INDANS, J. 159, 160
- JAEKEL, O. 258, 259  
JARITZ, G. 202, 276  
JENTSCH, S. 73  
JÜNGST, H. 149
- KÄDING, K.-CH. 222  
KAEVER, M. 151-166  
KAYSER, E. 198, 199, 260, 274  
KINZELBACH, R. K. 9-18  
KLEINSORGE, H. 121, 122  
KLEMM, G. 206  
KOCKEL, C. W. 198, 199  
KOPP, K.-O. 239, 241, 247  
KRÄMER, F. 102, 108  
KRÄUSEL, R. 58ff.  
KRAISS, A. 160  
KRÜGER, H. 272  
KUBALD, P. 116, 137  
KÜMMERLE, E. 158, 159, 272  
KUHN, O. 23, 24  
KULICK, J. 87-90, 95, 106  
KUNZ, H. 100, 108, 217  
KUPFAHL, H.-G. 36-41, 93, 95, 99, 100  
KUTSCHER, F. 19-29, 38, 42-49, 94, 184,  
257-263
- LAEMMLEN, M. 84, 85, 93, 100, 188, 222  
LANG, H. D. 94, 95, 99  
LANGE, P. 222  
LANGSDORF, W. 69  
LAUBENFELS, M. W. DE 34  
LEHMANN, W. M. 22, 26-28, 61  
LENZ, K. 198-200  
LINCK, O. 113, 122, 136  
LINSTOW, O. v. 157, 161, 162  
LIPPOLD, H. 102, 109  
LOHMANN, H. 93  
LOTZE, F. 124  
LÜTZNER, H. 88, 196, 222
- MAREL, H. W. VAN DER 202, 203  
MARTIN, G. 75  
MARTINI, H. J. 146, 149, 150, 220  
MATHESS, G. 10, 18  
MAYRHOFER, H. 221  
MEIBURG, P. 151-166  
MEUNIER, F. 9-14, 18  
MEYER, D. E. 51  
MICHELS, F. 174  
MITTMEYER, H.-G. 36-51, 67  
MONASTERIO, E. B. 275, 277
- MOORE, R. C. 22  
MOTZKA, R. 100  
MÜCKENHAUSEN, E. 201-203  
MÜLLER, A. H. 23, 24, 142  
MÜLLER, G. 250  
MURAWSKI, H. 162, 164, 192
- NEUWIRTH, G. 221  
NIEHOFF, W. 54f., 58  
NIELSEN, H. 247-254  
NÖRING, F. K. 36, 188-192, 287-319  
NUBER, H. U. 270-273
- OPITZ, R. 21, 24, 26, 31, 34
- PAECKELMANN, W. 198  
PAULITSCH, P. 207  
PENNDORF, H. 113, 115, 117, 119, 120, 124,  
127, 129, 137, 138, 141  
PFLUG, H. D. 102, 109, 184  
PHILIPPI, E. 113, 122-126, 134  
PLASS, W. 167-172, 264-269, 275  
POLZ, H. 19, 23, 24  
POSSECKER, A. 122, 141  
PRIESNITZ, K. 176  
PRINZ, H. 188
- RADZINSKI, K.-H. 90  
RAMBOW, D. 95, 99-101, 146-150, 247-254  
REGENHARDT, E. 93  
REGENHARDT, H. 161  
REICHMANN, H. 274-277  
REINECK, H. E. 104, 105  
REVILLIOD, P. 11  
RICHTER, E. 43  
RICHTER, R. 20, 43, 260  
RICHTER-BERNBURG, G. 82, 89, 217, 219  
RICKE, W. 249  
RIEDEL, A. 113-119, 125, 126, 130-132, 135,  
136, 142  
RIETSCHEL, S. 30-35  
RITTERLING, E. 270  
RITZKOWSKI, S. 101, 158  
ROEDER, J. 36  
RÖMER, F. 121  
RÖSING, F. 117, 146-150, 154, 156, 157, 162  
RÖSLER, A. 73  
ROTH, W. 95, 98, 99, 200  
ROTHE, H. W. 113, 116, 120-126, 130, 131,  
134-136, 142, 143
- SANDBERGER, F. 122  
SCHAUB, H. 159  
SCHEKORR, E. 158  
SCHLÜTER, C. 30

- SCHMIDT, H. 115  
 SCHMIDT, W. E. 258, 259  
 SCHNEIDER, H. 196  
 SCHNITZER, W. A. 102  
 SCHÖNHALS, E. 274  
 SCHOPPA, H. 270  
 SCHRAMMEN, A. 124, 125  
 SCHÜLLER, A. 209  
 SCHULZE, E.-G. 37  
 SCHWARZ, F. 156  
 SCHWILLE, F. 251, 281  
 SCUDDER, S. S. 15  
 SEIDEL, G. 154  
 SEILER, F. 244, 245  
 SEMMEL, A. 272, 275  
 SEYFRIED, E. v. 188, 189  
 SOBOTHA, E. 222, 278–280  
 SOLLE, G. 36, 38, 50–80  
 SONNE, V. 174  
 SPUHLER 168  
 STENDEL-RUTKOWSKI, W. 105, 198–204  
 STILLE, H. 124  
 STÖHR, W. TH. 274  
 STØRMER, L. 55ff., 67  
 STOLLEY, E. 113, 116, 122, 125, 126, 143  
 STRAUCH, F. 159  
 STRUNZ, H. 209  
 SUDO, T. 277
- TATGE, U. 117  
 TAUPITZ, K. C. 175  
 THEIS, O. 23  
 THENIUS, E. 23
- THIELE, J. 71, 76  
 THÜRACH, H. 82, 85, 87, 188  
 TOBIEN, H. 11, 18  
 TRIMMEL, H. 178, 181  
 TRUSHEIM, F. 82, 192
- UDLUFT, H. 156, 157, 215, 223
- VIERSCHILLING, A. 174  
 VOLLRATH, A. 114
- WAGNER, G. 139  
 WAGNER, W. 174, 252  
 WEBER, H. 113, 116, 137, 141, 217  
 WEINELT, WI. 85, 89  
 WEISS, O. 218  
 WELZEL, E. 120, 128, 131, 134  
 WENGER, R. 113–119, 122–144  
 WERDING, L. 184  
 WERNER, H.-H. 51  
 WEYL, R. 199–202  
 WEYLAND, H. 53, 58ff.  
 WILHELM, O. 163  
 WILL, H. J. 148, 149  
 WOLBURG, J. 84, 89  
 WOLF, M. 51  
 WOLFF, G. 270  
 WORTMANN, H. 163  
 WÜSTNER, L. 222  
 WUNDERLICH, F. 64, 65f., 72
- ZEUNER, F. 11  
 ZÖRKENDÖRFER, W. 281

## Sach- und Ortsregister

- Alfbachtal 234, 235, 247  
 Algenkalk 169  
 Alkener Bachtal 55ff., Taf. 6  
 Alleröd-Zeit 266–268, 274  
 Allophan 275–277  
 Altrich 235  
 Analysenergebnisse (Mineralwässer) 244, 245  
 Anneliden 21, 28  
 Annweiler Sandstein 87, 90  
 Apatit 98, 109  
 Aquitan 169–171  
 Aquitanmeer 169, 171  
 Aquitan-Transgression 171  
*Arietites*-Schichten 149  
 Artefakten 270  
 Arthropoden-Schreitspuren 53, 70  
 Asse 114  
*Astarte*-Bank 121
- Asterigerinen-Horizont 160  
*atavus*-Zone 114, 118–120, 123  
 – *pulcher*-Zone 116, 119–121, 125, 131, 140  
 Aue 215, 218
- Bad Bergzabern 253  
 Bad Bertrich 234, 244–250  
 Bad Dürkheim 252  
 Bad Hersfeld 214, 220–227, 230, 232  
 Bad Kreuznach 252  
 Bad Salzig 247, 250  
 Bad Sooden-Allendorf 214, 217–220, 228  
 Bairdien-Schichten 141  
 Bankverfolgungs-Stratigraphie 113, 114  
 Basalt 146, 150, 152, 156, 206  
 Basaltgänge 156  
 Basalttuff 146, 150

- Basisoolithe 121  
 Bauerbach-Folge 94  
 Baybach-Tal 70, 75f.  
 Bayreuth 128  
 Beberbeck 100  
 Bebra 214, 220, 222, 225, 232  
 Beckenfazies 114  
 Bengel 235, 245, 247, 250  
 Bentonit 206–211  
 Bernstein 12, 18  
 Bielefeld 141  
 Bingen/Rhein 173, 174  
 Birkweiler 253  
 Bitburg 245  
 Blaue Grenzkalke 119, 127  
 Bleichung (Sandsteine) 198, 199, 202–204  
 Bodenaufschlüsse 270  
 Borgentreich 153  
 Bornicher Schichten 36–41  
 Braunkohle 10, 162, 168  
 Braunkohlen-Quarzite 152, 156, 157  
 – -Stufe 156, 157, 162  
 Bremsbahn 138, 139, 141  
 Bröckelschiefer-Folge 81–90  
 Brunnstatt 12, 15  
 Büdingen 189  
 Bühl 158  
 Bünde 160  
 Bundenbach 19–23, 26, 27, 30–32  
 Bunte Niederrödderner Schichten 170  
 Buntsandstein 81–90, 167, 168, 198, 199, 203  
 Buntsandstein, Mittlerer 93–110, 212–231, 247  
 Buntsandstein, Unterer 212–217, 221–230  
 Burghasungen 130, 131, 146, 148  
  
 Calcarenit 169  
 Ceratitenschichten 148  
 –, Mittlere 122, 130–141, 147, 148  
 –, Obere 134, 137–141, 147, 148  
 –, Untere 117–121, 128, 130, 138–141  
 Ceratiten-Stratigraphie 112–118  
 –, Faunengemeinschaften 116, 121  
 –, Jugendformen 117  
 –, Meßwerte 116  
 – -Zonen 115–118, 124, 133  
 – –, Übergangs-(Zwischen-)Felder, Übergangsformen 124, 125, 128–132, 139, 141  
 Cerithien-Schichten 169–171  
 Charophyten-Oogonien 169  
 Chatt 169–171  
 – /Aquitana-Grenze 169, 170  
 Cölbe 99, 204  
  
*compressus*-Zone 114–117, 121, 128–134, 140, 147  
 Conodonten-Stratigraphie 117  
*contorta*-Schichten 149  
*Corbicula*-Schichten 170  
 Crinoideen 258  
*cycloides*-Bank 114, 136, 137, 140, 142  
 Cypriocardellen-Bank 42–49  
 Cyrenenmergel 169, 170  
  
 Dachschiefer 20–24  
 Darmstadt 10  
 Deckschutt bzw. Decksediment 267  
 $\delta^{34}\text{S}$ -Wert im Sulfatschwefel 249–253  
 Detfurth-Folge 95–100, 106–109  
 Diemarden 124  
 Diemel 151ff.  
 Diemelgebiet 120–122, 130, 131  
 Differential-Thermoanalyse 207, 276  
 Discoceratiten, Horizont der 116, 139–141  
 Doberg 160  
 Dolomite, devonische 173–184  
 Domhügel Frankfurt a. M. 264, 267, 268  
*dorsoplanus*-Zone 139, 141  
 Dünnbach-Tal 70, 75  
  
 Edesheim 253  
 Eem-Boden 272  
 Egge-Gebirge 153  
 eggisch 150  
 Eichsfeld-Folge 223, 225, 228  
 Einwegspritzen mit Kanülen 279  
 Eisenberg 114, 115, 118–121, 127, 128, 132, 136–139, 168  
 Eisenberger Becken 167–172  
 elektronenmikroskopisches Bild 201–203  
 Elm 114  
*enodis*-Platten 114, 137  
 – -*laevigatus*-Zone 131, 138–141  
 Eochatt 159  
 Eozän 158, 161, 162  
 –, Oberes 151ff.  
 Erfurt 141  
 Erhaltungszustände von Insekten 10, 11  
 Erosion 272  
 Erßen 154  
 Esch 239, 244, 247, 250  
 Eschwege 214, 215, 218–223, 228, 232  
 Esse-Diemel-Trogfläche 163  
 – -Niederung 160, 162  
 Eßlingen 244–248  
*evolutus*-Zone 114, 117, 130, 133–136, 140, 141, 147  
 Exuvien 261, 262

- Falkenberg b. Flörsheim/Main 169  
 Fasergips 242  
 Faustkeil 270  
 Feldspat 202  
 Felsterrassen, präglaziale 163  
 Feuerfeste Tone 168  
 Fischeschiefer 270  
 Fladige Mergelkalke 121  
 Flaumbach-Tal 70, 75  
 Fledermäuse 11  
 Florissant 15  
 Foraminiferen 158—160, 168, 169  
 Foraminiferenmergel 170  
 Formsand-Folge 95, 109  
 Forstbachtal bei St. Goarshausen 36—41  
 Forsthaus Alf 52  
 Fossilfalle 261, 262  
 Fränkische Grenzschichten 140, 141  
 Franken 88  
 Frankenberg/Eder 278, 279  
 Frankener Bucht 95—100, 107—109  
 Frankfurt a. M. 264, 267, 268  
 Freilandpaläolithikum 272  
 Friedelsheim 253  
 Friedrichsdorf 154, 157, 162  
 Friedrichsthal 154, 162  
 Fulda-Werra-Becken 106
- Geiseltal 10  
 Geisenheim 252  
 Gelbe Basis-Schichten 117, 139, 140  
 Gelnhausen 187  
 Gemünden/Hunsrück 258  
 Gemünden/Taunus 42, 43  
 Genese, Dolomitkarst 184  
 Gervillien-Schichten, Obere 141  
 Gezeitenbereich 66, 72  
 Gießen 199, 200  
 Gilsberg 95, 98  
 Gipsausscheidungen 234, 239, 242, 246,  
 247  
 Gipsherkunft 246  
 Gipswässer 235, 246  
 Gladenbacher Bergland 274—276  
 Glaubersalzwasser 234, 235, 246  
 Glaukonitsand 160  
 Glimmerzone 169  
 Göllheim 247  
 Gönnersdorf (Neuwieder Becken) 267  
 Göttingen 114, 122—127  
 Göttingen/Lahn 198, 199, 203  
 Goßfelden 198, 199, 201  
 Graben von Neuengronau-Mottgers 188  
 — — Sontra 215, 220, 221  
 Granat 96, 109
- Grauer Kopf bei Holzhausen 73  
 Graulehm 201, 204  
 Grebenstein 152—154, 158—162  
 Greimerath 54  
 Grenzanhydrit 82, 89  
 Greußen 136  
 Großvargula 136  
 Grube Braut bei Wald-Erbach 67, 74  
 — Dr. Geier 173—175  
 Grünstadt a. d. Weinstr. 167  
 Grünstadter Berg 167—172
- Habichtswald 152, 157, 158, 162, 274  
 Hachborn 198, 199  
 Hämatit 104—106  
 Halloysit 201  
 Hardeggen-Folge 95—100, 106—110  
 Hattersheim a. M. 267, 268  
 Hauda 120, 122, 130—132  
 Haupt-Muschelkalk 113, 114, 117,  
 138—140, 144  
 Haupt-Trochitenkalk 114, 115, 117, 120,  
 121, 125, 139, 140  
 Hautflügler 10  
 Heidelberg 85, 87  
 Herlinghausen 160  
 Hessische Senke 93, 100, 106, 108  
 Hessisches Geologisches Schrifttum  
 320—334  
 Hessisches Landesamt für Bodenforschung  
 298—319  
 Hessisch-Lichtenau 137  
 Hettangium 149  
 Hettenleidelheim 168  
 Hochflutablagerungen des Mains 265—268  
 Hochheim a. M. 266  
 Hockergräber 270  
 Hofgeismar 120, 152, 153, 156, 160  
 Hofheim 270  
 Homberg/Ohm 199  
 Hornstein 270  
 Hunsrück 174, 274  
 — -Insel 50, 68ff.  
 — -Oberharz-Schwelle 106, 108  
 Hunsrück-schiefer 19—41, 261—262  
 — -Fauna 36—41  
 — -Meer 257—260  
 Hydrobien-Schichten 169—171  
 Hydroglimmer 202, 203
- Igelsbett 152, 157, 163, 164  
 Illit 201, 203  
 Imogolit 275—277  
*inflata*-Schichten 169—171  
 Insektenfauna 9, 10, 18

- intermedius*-Zone 139, 141  
 — *-dorsoplanus*-Zone 147  
  
 jungkimmerisch 149  
 Jungwürm-Löß 272  
 Jura 19, 149  
  
 Käfer 9  
 Kärlicher Tuffband 272  
 Kalkbrekzie 169  
 Kalkkonglomerat 169  
 Kaolinit 201—203  
 Karsthohlformen des Dolomitkarstes  
     175—184  
 Kasseler Graben 146, 150, 153  
 — Meeressand 151, 158—160, 164  
 — Senke 152, 156, 162  
 Kauber Schichten 36, 38, 40  
 Kellerwald-Schwelle 106  
 Kelsterbach 266, 267  
 Keuper 137, 139, 147, 148  
 Kiese, Sande und Tone, Ältere  
     168, 169  
 Kieselschwämme 30—35  
 Kinderbeuern 235, 245, 247  
 Kinematik 193  
 Kinzig, Kinzig-Tal 187, 189, 195  
 Kinzigmulde 188, 189, 192, 194—196  
 Kirrhain 98—101, 199  
 Klebsandsrie, oberpliozäne 168  
 Kleine Kalmit b. Landau 169  
 Klerfer Schichten 52f., 58, 69  
 Kliffbreccien 52  
 Kliffküste 52ff.  
 Klüsserath 239  
 Körbecke 120  
 Konservierung 11, 12  
 Kreuznacher Schichten 241, 247  
 Kröv 235  
 Kronach 128  
 Küstensumpf-Boden 64, 71  
 Kusel-Diedelkopf 251  
  
 Laacher Bimstuff 265—268, 274, 275  
 — See 274  
 Lamerden 120  
 Landau 253  
 Landschneckenkalk 169—171  
 Laubenheim/Nahe 252  
 Laudенbach 139—141  
 Lautersheim 168  
 Leitzonen 169—171  
 Lettenkohlen-Keuper 137, 139  
*levalloisi*-Zone 138  
 Levalloistechnik 270  
  
 Lias 146  
 —  $\alpha 3$  149  
 Liebenau a. Diemel 152, 153, 163  
 Lithofazies der Dolomite und Karsthohl-  
     formen 175—178  
 Loch-Mühle b. Gemünden 42—47  
 Lockerbraunerde 274—277  
 Louisendorf 278, 280  
 Lutet 9, 10  
  
 Mainz 11  
 Mainzer Becken 167—171, 175, 249, 282  
 Marburg 93, 95—101, 198—203  
 — -Folge 95, 97, 109  
 Mariendorf 160  
 Mayen 242  
 Meeressand, Mittl. Oligozän 168, 170, 175  
 Meißner-Gebiet 114—121, 126—130, 134,  
     137—144  
 Melaninton 164  
*Meletta*-Schichten 170  
 Mellnau 198, 199  
 Messel 9, 10, 13, 15, 18  
 Mineralwässer 249  
 —, Mainzer Becken 282  
 Mineralwasser,  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte von 249—253  
 —, Sulfatschwefel aus 249—253  
 Miozän 152, 162, 164  
 —, Mittleres 157, 164  
 —, Oberes 151, 164  
 —, Unteres 151, 152, 157, 162, 164  
 Mitteldeutschland 115, 139  
 Mitteloligozän 167, 170  
 Mittelrhät 149  
 Moers 158, 159  
 Montmorillonit 207—209  
 Moselgebiet 249  
 Mündungsfächer des Brauneisen-Sandsteins  
     67  
 Münstermaifeld 234, 242, 250  
 Muldenbildung 188—196  
*multinodosa*-Mergel 168  
 Muschelkalk, Mittlerer 115—118, 130, 138,  
     146, 147, 245—247  
 —, Oberer 113—116, 122, 138, 140, 147  
 —, Unterer 167, 168  
 Myophorien-Schichten 117, 139, 140  
  
 Nachruf auf FRANZ MICHELS 287—297  
 Nagybörszöny 202  
 Nahegebiet 249, 251  
 Neckarwestheim 122  
 Nellenköpfchen bei Ehrenbreitstein 65  
 — -Schichten 55ff., 65ff., 70ff., Taf. 6  
 Neogen 152, 162

- Neuleiningen 168, 169  
 Neumagen 239, 240  
 Niederhessen 112—117, 122, 124, 127, 131,  
 132, 136—139, 141  
 Niederhessische Senke 151ff.  
 Niederklein 201—203  
 Niederlistingen 156, 162  
 Niedermeiser 154, 157, 159  
 Niedersachsen, südliches 89  
 Niederterrasse des Mains 264—267  
 Niederwalluf 252  
 Nierstein 252  
*nodosus*-Zone 137—143, 147  
*Nonionella*-Mergel 168  
 Norddeutschland 115, 139  
 Nordpfalz 167—172
- Oberlahnstein 247, 250  
 Oberlistingen 152  
 Obermeiser 154  
 Oberoligozän 170  
 Oberrhät 149  
 Oberrheingraben 167—171, 249  
 Oberrotliegendes 82, 87, 88, 234, 242, 247  
 Oberscheld 274, 275  
 Obriheim-Neuoffstein 252  
 Odenwald 85, 87, 89  
 Odersbach 275  
 Ölschiefer, eozäner 9, 10  
 Oeningen 12  
 Ohrdruf 141  
 Oligozän 152, 157  
 —, Mittleres 152, 157, 162  
 —, Oberes 151ff.  
 —, Unteres 151ff.  
 Ophiomorphensand 159  
 OSANNSches Dreieck 281  
 Osthessisches Bergland 275  
 Ostracoden-Tone 141  
 Ostrakoden 169  
 Oszillationsrippeln 52
- Paläogen 152, 157  
 Paläolithische Funde 271  
 Papenberg 162  
 Papillaten-Sande 168  
 Perm, Unteres 248  
 Pfälzer Mulde 167  
 — Wald 82, 87, 88  
 Pfeddersheim 252  
 Pflanzenanhäufungen des Unterems 56ff.  
 Pflanzen-Spülsäure 56ff.  
 Pirenellen 169  
 Pliozän 151, 152, 162, 163  
 —, Oberes 163, 164
- Pliozän, Unteres 151, 152, 163  
 Pollenanalyse 168  
 Porphyrbreccien 239  
 Pseudogley 201  
*Psiloceras*-Schichten 249  
 Psilophyten 56ff., 63f.  
*pulcher*-Zone 119—124, 130, 131
- Quarz 202  
 Quarzit 162  
 Quarzitbank 168, 169  
 Quarzitsande 151, 154—157, 164, 168, 169
- Radoboj 12  
 Ralingen 244, 245  
 Ramsener Becken 167  
 Reil 235  
 Reinhardswald 95  
 Remissionsphotometrische Untersuchungen  
 101—106, 109, 110  
 Rhät 148  
 Rhätkeuper 149  
 Rheinische Masse 87—90, 106, 109  
 Rheinisches Schiefergebirge 93, 95, 106, 108  
 Rheinland-Pfalz 249  
 Rhens 247, 250  
 Rhön 274  
 Rhythmen 84, 85, 89, 90  
 Rimmert-Schichten 60  
 Rivenich 235, 244—247  
*robustus*-Zone 115, 121—124, 128—132, 140  
 Römisches Steinkastell 270  
 Röntgenanalyse 201—203, 277  
 Rötelschiefer, permische 167  
 Röt-Folge 217, 221, 226—231  
 Roßberg b. Darmstadt 206—210  
 Rotarybohrverfahren 213, 229  
 Rotenburg 214, 220—223, 226, 230, 234  
 Rotes Südländ 50  
 Roth 199  
 Rotlehm 201, 204  
 Rotliegendes 249  
 —, sulfatreiche Wässer 250  
 Rott 12  
 Rumpffläche, präglaziale 151  
 Rundkratzer 270  
 Rupel 170  
 Rupelton 158, 164, 170, 247  
 Rutil 96, 98, 109  
 Rutschungstropfen 54, 55, 70, 72, Taf. 6
- Saar-Nahe-Gebiet 247, 248  
 Salinität 74  
 Salmtal 234, 239, 242, 247

- Salmünster 189, 194  
 Salzauslaugung 191, 192, 196  
 Salzhang 217, 220—222, 224  
 Sandkalk 169  
 St. Goarshausen 36—41  
 Sarospatak 202  
 Sarospatakite 202, 203  
 Sauer 245  
 Sauerthaler Schichten 36, 38, 40  
 Savische Phase 171  
 Schaben 9  
 Schleichsand 168—170  
 Schlierbachswald 215—220, 228  
*Schlotheimia*-Schichten 149  
 Schlottuff 162  
 Schlüchterner Becken 187—197  
 — Mulde 188, 190, 191, 195, 196  
 Schollenverkipfung 163, 164  
 Schrifttum, Geologisches 320—334  
 Schwarzwald 88  
 Schweich 239  
 Schweinsberg 199—204  
 Sedimentpetrographische Untersuchungen  
 93—110  
*semipartitus*-Zone 114, 139, 141, 147  
 Sepiolith 202, 203  
 Sevenich 235, 242—248  
 Sichertshausen 199, 202  
 Siebeldingen 253  
 Silz 253  
 Simtshausen 198, 199  
 Sindlingen a. M. 267, 268  
 Sinemurium, Unteres 149  
 S-Isotopenuntersuchungen 234, 247  
 S-Isotopenverteilung im Sulfatschwefel  
 249—253  
 Skorpion oder *Eurypterus* 56, 60  
 Sobernheim 251  
 Solling-Folge 94, 99, 109, 226, 228  
 — -Gewölbe 160, 164  
 Solnhofener Plattenkalk 19, 24  
 Spät- und Postglazial 266—268  
 Spessart 84, 85, 89, 187—197  
 Spessarthebung 191  
 Spessartschwelle 90, 106, 108, 188, 189,  
 193—196  
*spinus*-Zone 117, 122, 133—137, 140, 147,  
 148  
*Spiriferina*-Bank 114, 115, 140  
 Stadt Allendorf 199, 201, 204  
 Stagnogley 201, 203  
 Staufer Konglomerat 82, 88  
 Streuungsbänder 278, 280  
 Strotzbüsch 245, 246  
 Stubensand-Folge 94  
 Subaquatische Gleitungen 54, 70  
*sublaevigatus*-Zone 138, 139  
 Subrosion 212, 215—225, 229, 232  
 Südwestdeutschland 113—115, 118, 134,  
 137—141, 144  
 Süßwassermergel 169, 170  
 Süßwasserserie, chattische 169  
 Sulfat, Herkunft 249—253  
 Sulfatwässer 234, 247  
 Tätigkeitsbericht des Hessischen Landes-  
 amtes für Bodenforschung 298—319  
 Taunus 274, 276  
 Taunusquarzit 270  
 Tektonik, Bruch- 187—197  
 Tektonisches Flächengefüge und Karst-  
 hohlformen 178—184  
 Terebratel-Schichten 140, 141  
 Tertiär 151 ff., 167—172  
 Thallophten 58  
 Thüringen 88—90, 120, 127, 134—137, 141  
 Thüringenhausen 136, 137  
 Tidenhub 65f.  
 Tigersandstein 88—90  
 Tonhorizont 114, 115, 140  
 Tonplatten-Fazies 120—124  
 Top. Kte. 1:25000 Bl. 5616 Grävenwies-  
 bach 42, 43  
 — Bl. 5913 Presberg 36—41  
 Traben-Trarbach 239  
 Trias 163  
 Trier 234, 242, 247, 250  
 — -Bitburger Mulde 251  
 Trochitenkalk-Fazies 116, 120—127, 132,  
 140  
 —, Oberer 120—122  
 —, Zwischenschichten 120, 121  
 Trockenrisse 57, 65  
 tschernoemartige Parabraunerde 271,  
 272  
 Tuff 206, 207, 210  
 Tundren-Zeit, Jüngere 266, 267, 274  
 Turmalin 96, 98, 109  
 Udenhausen 161  
 Übernthal 276  
 Uengsterode 138  
 Ultrarotspektroskopie 207, 208  
 Undularien-Schichten 117, 139, 140  
 Unterdevon 19—24, 28, 42  
 Unter-Emsium 42  
 Untermiozän 170  
 Unterrhät 149  
 Unterwerra-Gebiet 214, 215, 219—222, 231  
 — -Sattel 215, 220, 231

- Versuchsbohrung 229, 230  
 Verwitterung, hydrothermale 200—204  
 —, tertiäre 199—203  
 Vibeler Schichten 169, 170  
 Vogelsberg 187—197, 274  
 Volpriehausen-Folge 94, 97  
 — -Sandstein 215, 225, 228  
 Vulkanismus 160—164
- Wachenheim 253  
 Waderner Schichten 239  
 Walburg 138  
 Waldalgesheimer Mulde 173—177,  
 180  
 Wanfried 217, 218, 221  
 Wanzen 9ff.  
 Warburg 120, 152, 153, 160, 163  
 Warburger Störungssystem 154  
 Warme-Diemel-Gebiet 151ff.  
 Wasenberg 199  
 Watten- und Platenzone 65f., 72  
 Wattfazies 69ff.  
 Watt-Priel 54  
 Wehrda 198, 199, 201  
 Weisenau 169, 171  
 Weisenauer Schichten 170, 171  
 Wengerohr 234, 245
- Werra-Kalirevier 82—87, 90, 219—225, 230  
 — -Steinsalz 217—222  
 Westfalen 122  
 Westuffeln 154, 162  
 Wethen 120  
 Wettelingen 152, 162, 163  
 Wilhelmshöhe 160  
 Willebadessen 121  
 Willershausen 278, 280  
 Wisper-Fazies 41  
 Wittlich 235  
 Wittlicher Rotliegend-Senke 234, 239,  
 246—251  
 Wolf 235  
 Wolfhagen 146, 148  
 Wolfshausen 199, 201  
 Würzburger Becken 114
- Zechstein 81—90, 198, 199, 203, 212,  
 215—221, 230, 232, 247  
 Zechsteinletten, Obere 81, 82, 85—88  
 Zellendolomit 118  
 Zellenkalk 118  
 Zeltingen 245, 250  
 Zirkon 96, 98, 109  
 Zone des *Spirifer assimilis* 36  
 Zwergen 163

### Fossilregister

- Acrospirifer arduennensis antecedens* 39, 40,  
 44, 46, 48  
 — — *latestriatus* 40  
 — — — a 44, 46, 48  
 — *assimilis* 38, 40  
 — *pellico* 38  
*Aequipecten* cf. *priscus* 149  
*Amphibolus disponi* n. sp. 9, 16—17, Taf. 2  
 Fig. 12  
*Anoplophora* aff. *lettica* 148  
 — *postera* 149  
 Arachnida 61  
*Arduennensisspirifer* 48  
*Astericosella nassovica* 30  
*Asterigerina gürichi* 158, 159
- Balanus* 169  
*Belemnites* cf. *acutus* 149  
*Bembexia alta* 44, 45  
 Blattaria 9  
*Bothrodictya* 34
- Cancris auriculus* 158, 159
- Cardium cloacinum* 148  
*Ceratites alticella diversus* 141  
 — *armatus exiguus* 137  
 — — *perkeo* 137  
 — — s. str. 123, 134, 136  
 — *atavus atavus* 116—127, 141  
 — — *discus* 125, 126  
 — — *sequens* 120, 125, 126  
 — *compressus* 117, 124, 129, 130, 133, 135,  
 141, 144, 147  
 — — *apertus* 130, 131, 135  
 — *distractus* 124, 129—131  
 — *dorsoplanus* 141  
 — *enodis* 136, 137  
 — *evolutus* 133—135, 142  
 — — *bispinatus* 135, 136  
 — — *praecursor* 133  
 — — *subspinatus* 133, 135, 136, 147  
 — — *tenuis* 135  
 — *flexuosus* 119, 126, 127  
 — — *crassus* 127  
 — *hercynus* 137, 141, 142  
 — *humilis* 137

- Ceratites intermedius* 141  
 — *laevigatus* 131, 141  
 — *lucifer* 116, 120—123  
 — *münsteri* 137, 141  
 — *neolaevis* 120, 124, 128  
 — *nodosus lateumbilicatus* 143  
 — — *minor* 136, 143  
 — — *nodosus* 142, 143  
 — — *praenodosus* 137, 138, 141, 143  
 — *philippii* 128  
 — *pinguis* 119, 123, 125, 127  
 — *posseckeri* 131  
 — *praecursor* 133, 135  
 — *primitivus* 118—127  
 — *pulcher angustus* 125—127  
 — — *pulcher* 118—130, 141  
 — *raricostatus* 124, 129—132  
 — *riedeli* 136, 137, 141  
 — *robustus horridus* 129  
 — — ? *rarinodosus* 132  
 — — *robustus* 116—132, 141  
 — — *terminus* 116, 124, 129, 130  
 — — ? *transgressor* 129, 132  
 — *romanicus* 129  
 — *semipartitus* 141  
 — *similis* 142  
 — *spinosus capricornus* 135, 136  
 — — *multicostatus* 135  
 — — *obesus* 135  
 — — *penndorfi* 135, 136  
 — — *postspinosus* 135, 136  
 — — *praespinosus* 133, 135, 136, 147, 148  
 — — *spinosus* 133—136, 144  
 — *sublaevigatus* 142  
*Chaetocladus hefteri* 56, 58  
*Chlamys subulata* 149  
*Cibicides dutemplei* 158  
 — *lobatus* 158  
 — *tenellus* 158  
*Coenothyris cycloides* 114, 137  
 Coleoptera 9  
*Coroniceras cf. rotiformis* 149  
*Cydnopsis meunieri* n. sp. 9, 12—14, Taf. 1  
 Fig. 1—7  
 — *nana* n. sp. 9, 12, 14, 15, Taf. 2 Fig. 8—10  
*Cypricardella subovata* 45, 48  
 „*Cyrena*“ 169  
  
*Dentalium* sp. 158  
 Dictyospongiidae 31  
*Ditrupa incurva* 158  
*Drepanaspis* 262  
  
*Encrinurus liliiformis* 114, 122, 139  
*Eurispirifer* 48  
  
 Eurypterida 57, 60, 74  
  
*Globigerina cf. bulloides* 158  
*Globithyris robustella* 44, 46, 49  
*Globulina gibba* 158  
*Goniophora aff. schwerdi* 62  
*Gryphaea arcuata* 149  
*Gyrolepis albertii* 148  
  
 Heteroptera 9ff.  
 Hexactinellida 31  
 Hymenoptera 10  
  
*Inoceramus aff. pinnaeformis* 149  
  
*Leda deshayesiana* 158  
*Leiopteria (Leiopteria) crenatolamellosa* 62  
*Leptodomus cf. barroisi* 62  
*Limoptera (Klinoptera) rhenana* 54, 57, 62,  
 64, 73  
*Lingula cornea* 63  
 — *keuperea* 148  
*Loxonema* sp. 45, 48  
 Lygaeidae 9, 12, 15, 16, Taf. 2 Fig. 11  
 Lyssakida 31  
  
*Mimetaster hexagonalis* 20  
*Modiola antiqua* 62  
  
*Nemacanthus monilifer* 148  
*Nonionella* 168  
  
*Orthoceras* 261, 262  
*Ostrea* 169  
  
*Palaeoisopus problematicus* 19—28  
*Palaeoneilo beushauseni* 62  
 Palaeopantopoda 19—28  
*Palaeopantopus maucheri* 19—28  
*Palaeoscorpium devonicus* 61  
 Pantopoda 20—28  
*Parahughmilleria* 57, 60, 64  
*Pecten (Chlamys) acutauritus* 148  
 — (*Entolium*) *discites* 114  
 — — *liscaviensis* 114  
 — — *subtilis* 114, 140  
*Pectunculus obovatus* 160  
*Pentacrinus tuberculatus* 149  
*Phacops ferdinandi* 261, 262  
*Physospongia* 34  
*Plebecula ramondi* 169  
*Plebejochonetes plebejus* 38, 39  
*Pleurodictyum problematicum* 39  
*Pleuromya cf. liasina* 149  
*Pomatias antiquum* 169

- Porifera 30  
*Protocardia rhätica* 148  
*Pteraspis dunensis* 57, 59, 64  
*Pteria contorta* 148  
— *inaequivalvis* 149  
*Pterinea paillettei* 39  
Pycnogonida 22, 23, 28
- Quinqueloculina akneriana* 158  
— *juleana* 158  
— *oblonga* 158, 159  
— sp. 158
- Retifungus rudens* 30—35  
*Rhadinocrinus minae* 258  
*Rhenocrinus ramosissimus* 258, 259
- Saurichthys acuminatus* 148  
*Schlotheimia* cf. *angulata* 149  
— *angulata eumegethes* 149  
— cf. *oxygonia* 149  
— cf. *polyptycha* 149
- Schmidtocrinus winterfeldi* 258  
*Skolothos* 53, 56  
*Spinocyrtia* 48  
— *granulosa* 48  
*Spiriferina fragilis* 114  
*Spiroplectammina deperdita* 158  
*Spirorbis* sp. 63  
*Subcuspidella* 44, 48
- Taenioocrada* 59  
*Taeniodon ewaldi* 148  
— *praecursor* 148  
*Tentaculites* aff. *straeleni* 63  
*Terebralia rahiti* 169  
*Thamnocladus mosellae* 58  
*Tiaraspis subtilis* 60  
*Triacrinus kutscheri* 34  
*Trigonirhynchia daleidensis* 44, 46, 49  
*Triloculina austriaca* 158  
*Tympanotonus* 169  
Uphantenidae 34  
*Zosterophyllum* 59

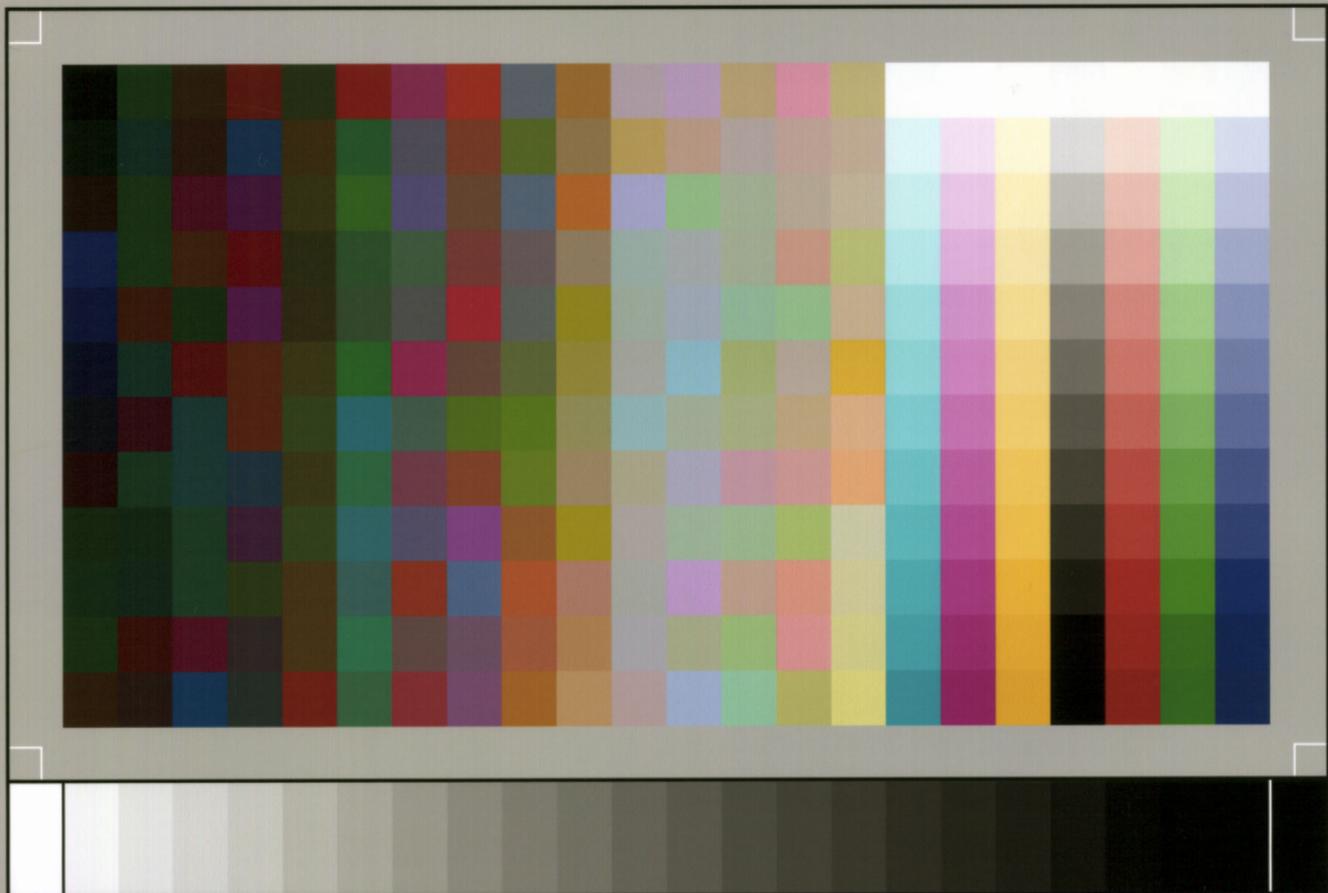
## Verzeichnis der Autoren dieses Bandes

- Dr. GEORG AGIORGITIS, Mineralogisches Institut der Technischen Hochschule Darmstadt, 61 Darmstadt, Schnittspahnstr. 9.
- Dr. ERNST BARGON, Diplom-Landwirt, Regierungsdirektor im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Professor Dr. HEINZ BOTTKE, Diplom-Geologe, Wissenschaftlicher Rat, 3392 Clausthal-Zellerfeld, Birkenweg 2.
- Dr. h. c. ERWIN BUSSE, 35 Kassel-Ki, Mittelbinge 6.
- Dr. GIBBERT DIEDERICH, Diplom-Geologe, Regierungsrat z. A. im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. ALFRED FINKENWIRTH, Diplom-Geologe, Oberregierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. HEINRICH GRAUL, Diplom-Geologe, P.O. Box 28, Monticello, Utah, USA.
- Dr. KLAUS HEINE, Geographisches Institut der Universität Bonn, 53 Bonn, Franziskanerstr. 2.
- Dr. ANNELIES HERZBERG, Diplom-Geographin, Regierungsrätin z. A. im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. KARL E. HEYL, Oberlandesgeologe im Geologischen Landesamt Rheinland-Pfalz, 65 Mainz, Flachsmarktstr. 9.
- Dr. HELMUTH HICKETHIER, Diplom-Geologe, Regierungsrat z. A. im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dozent Dr. MATTHIAS KAEVER, Geol.-Paläont. Institut und Museum der Universität Münster, 44 Münster (Westf.), Pferdegasse 3.
- Dr. RAGNAR KINZELBACH, Wissenschaftlicher Assistent, Institut für Allgemeine Zoologie der Universität Mainz, 65 Mainz, Saarstr. 21.
- Dr. HANS-GÜNTHER KUPFAHL, Diplom-Geologe, Oberregierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Professor Dr. FRITZ KUTSCHER, Diplom-Geologe, Regierungsdirektor im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. PETER MEIBURG, Diplom-Geologe, Geol.-Paläont. Institut der Universität Heidelberg, 69 Heidelberg, Berliner Straße 17.
- Dr. HANS-GEORG MITTMEYER, Diplom-Geologe, 62 Wiesbaden, Nerobergstr. 8.
- Dr. HEIMO NIELSEN, Geochemisches Institut der Universität Göttingen, Isotopenlabor, 34 Göttingen.
- Professor Dr. FRIEDRICH NÖRING, Diplom-Geologe, Direktor des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. HANS ULRICH NUBER, Seminar für Hilfswissenschaften der Altertumskunde der Universität Frankfurt, 6 Frankfurt/Main, Mertonstr. 17.
- Dr. WOLFGANG PLASS, Diplom-Geologe, Regierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. DIETRICH RAMBOW, Diplom-Geologe, Regierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. HELMUT REICHMANN, Diplom-Geologe, Regierungsrat z. A. im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Privatdozent Dr. SIEGFRIED RIETSCHEL, Diplom-Geologe, Kustos im Forschungs-Institut Senckenberg, 6 Frankfurt/Main, Senckenberganlage 25.
- Dr. FRANZ RÖSING, Oberregierungsrat im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9.
- Dr. ERNST SOBOTH, 3558 Frankenberg, Wolfspfad 16.
- Professor Dr. GERHARD SOLLE, Geol.-Paläont. Institut der Technischen Hochschule Darmstadt, 61 Darmstadt, Schnittspahnstr. 9.

Für die Redaktion verantwortlich:  
Professor Dr. FRITZ KUTSCHER  
Regierungsdirektor  
im Hessischen Landesamt für Bodenforschung  
62 Wiesbaden, Leberberg 9

NOTIZBLATT DES HESSISCHEN LANDESAMTES  
FÜR BODENFORSCHUNG

VI. Folge, Heft 1: 344 Seiten, 35 Abbildungen, 11 Tafeln, 1950 . . .	17,50 DM
VI. Folge, Heft 2: 255 Seiten, 18 Abbildungen, 21 Tafeln, 1951 . . .	16,— DM
VI. Folge, Heft 3: 476 Seiten, 30 Abbildungen, 24 Tafeln, 1952 . . .	20,— DM
Band 81: 464 Seiten, 66 Abbildungen, 18 Tafeln, 1953 . . . . .	20,— DM
Band 82: 411 Seiten, 50 Abbildungen, 10 Tafeln, 1954 . . . . .	20,— DM
Band 83: 420 Seiten, 58 Abbildungen, 26 Tafeln, 1955 . . . . .	20,— DM
Band 84: 492 Seiten, 58 Abbildungen, 24 Tabellen, 35 Tafeln, 1956 .	20,— DM
Band 85: 555 Seiten, 100 Abbildungen, 55 Tabellen, 26 Tafeln, 2 Bilder, 1957 . . . . .	25,— DM
Band 86: 444 Seiten, 63 Abbildungen, 23 Tabellen, 20 Tafeln, 1958 .	25,— DM
Band 87: 462 Seiten, 72 Abbildungen, 14 Profile, 32 Tabellen, 23 Tafeln, 1 Bild, 1959 . . . . .	25,— DM
Band 88: 430 Seiten, 73 Abbildungen, 25 Tabellen, 23 Tafeln, 1960 .	25,— DM
Band 89: 504 Seiten, 97 Abbildungen, 16 Tabellen, 25 Tafeln, 1961 .	25,— DM
Band 90: 558 Seiten, 75 Abbildungen, 31 Tabellen, 36 Tafeln, 1 Bild, 1962 . . . . .	30,— DM
Band 91: 427 Seiten, 104 Abbildungen, 27 Tabellen, 27 Tafeln, 1963 .	30,— DM
Band 92: 340 Seiten, 63 Abbildungen, 19 Tabellen, 15 Tafeln, 1964 .	30,— DM
Band 93: 404 Seiten, 88 Abbildungen, 4 Diagramme, 29 Tabellen, 21 Tafeln, 1965 . . . . .	40,— DM
Band 94: 456 Seiten, 86 Abbildungen, 13 Tabellen, 22 Tafeln, 1966 .	40,— DM
Band 95: 324 Seiten, 44 Abbildungen, 18 Diagramme, 8 Tabellen, 11 Tafeln, 2 Bilder, 1967 . . . . .	40,— DM
Band 96: 424 Seiten, 61 Abbildungen, 17 Tabellen, 15 Tafeln, 1 Bild, 1968 . . . . .	40,— DM
Band 97: 468 Seiten, 99 Abbildungen, 20 Diagramme, 32 Tabellen, 15 Tafeln, 1969 . . . . .	40,— DM



SP050509001

ScanPrint® *autopilot* Scan Target v2.0