

Notizblatt
des Hessischen Landesamtes
für Bodenforschung
zu Wiesbaden

Band 103

Mit 152 Abbildungen, 19 Tabellen, 18 Tafeln und 1 Bild

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1975

Notizblatt

des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden

Band 103

Mit 152 Abbildungen, 19 Tabellen, 18 Tafeln und 1 Bild

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1975

Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.	103	400 S.	152 Abb.	19 Tab.	18 Taf.	1 Bild	Wiesbaden 1975
------------------------------------	-----	--------	----------	---------	---------	--------	----------------

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

Hessisches Landesamt für Bodenforschung
62 Wiesbaden, Leberberg 9

Herstellung: Wiesbadener Graphische Betriebe GmbH, Wiesbaden

Inhaltsverzeichnis

BAUMGARTE, DIETHELM: Die Myophorien der germanischen Trias in Niederhessen. Vorkommen und Verbreitung. Mit 1 Tabelle und den Tafeln 9—10	53
BECKER, GERHARD, & WEIGELT, HILDEBRAND: Neue Nachweise von Ophiuroidea im Rheinischen Schiefergebirge. Mit 4 Abbildungen und den Tafeln 1—8	5
BOY, JÜRGEN A.: Eine neue Selachier-Faunula aus dem mitteloligozänen Meeressand des Mainzer Beckens. Mit 9 Abbildungen, 2 Tabellen und den Tafeln 11—13	71
BRAUNMÜHL, WILHELM VON: Gravimetrische Untersuchungen im Vogelsberg. Mit 8 Abbildungen	327
DIEDERICH, GISBERT, & HICKETHIER, HELMUT: Der Buntsandstein am Südwestrand des Vogelsberges. Mit 2 Abbildungen . .	187
DIETZ, KLAUS, & WERNER, ROLF: Zwei neue Basaltvorkommen im Vordertaunus. Mit 2 Abbildungen	299
FABER, PETER: Schwermineraluntersuchungen im Rotliegenden der Wetterau (Hessen). Mit 2 Abbildungen, 1 Tabelle und Tafel 14	279
FAHLBUSCH, KLAUS: Störungszonen an den Rheingraben-Schultern (Hardt, Darmstadt) mit Hinweisen auf junge Bewegungen. Mit 2 Abbildungen	315
HERZBERG, ANNELIES: Hessisches Geologisches Schrifttum 1974 mit Nachträgen aus den Jahren 1957 bis 1973	367
HÖLTING, BERNWARD: Geologische und hydrogeologische Auswertung von Brunnenbohrungen im Gebiet des Amöneburger Beckens und der östlich anschließenden Hochschollen bei den Städten Allendorf und Kirtorf (Mittelhessen). Mit 6 Abbildungen und 2 Tabellen	229
KOWALCZYK, GOTTHARD: Evaporit-Relikte im Oberrotliegenden der Wetterau. Mit 1 Abbildung und den Tafeln 15—16.	291
KÜMMERLE, EBERHARD, & THEWS, JOE-DIETRICH: Zur Geologie des Stadtgebietes von Hofheim am Taunus. Mit 1 Abbildung . .	265
KUTSCHER, FRITZ: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 40. <i>Rhe-nopteris diensti</i> , ein Eurypteride im Hunsrückschiefer. Mit 1 Abbildung	37
KUTSCHER, FRITZ: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 41. „Cystoideen“-Arten im Hunsrückschiefer. Mit 6 Abbildungen	43

MÜLLER, KARL-HANS, PRINZ, HELMUT, & THEWS, JOE-DIETRICH: Ursachen und Folgeerscheinungen von Kalksteinkorrosion in Hofheim am Taunus. Mit 3 Abbildungen, 1 Tabelle und Tafel 17	339
NÖRING, FRIEDRICH: OTTO BURRE †. Mit 1 Bild	357
NÖRING, FRIEDRICH: Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Ge- schäftsjahr 1974 (1. 1.—31. 12. 1974)	383
PRINZ, HELMUT, & WESTRUP, JENS: Gebäudeschäden in Basaltverwitterungslehm infolge Wasserentzug durch Bäume. Mit 3 Abbildungen, 2 Tabellen und Tafel 18	349
STAHL, WOLFGANG, & DIEDERICH, GISEBERT: C-Isotopenanalysen des Methans und Kohlendioxids einiger hessischer Mineral- wässer. Mit 1 Abbildung und 5 Tabellen	305
TOBIEN, HEINZ: Zur Gebißstruktur, Systematik und Evolution der Genera <i>Piezodus</i> , <i>Prolagus</i> und <i>Ptychoprolagus</i> (Lagomorpha, Mammalia) aus einigen Vorkommen im jün- geren Tertiär Mittel- und Westeuropas. Mit 101 Abbildungen und 5 Tabellen	103

Fossil-Vergesellschaftungen, Nr. 26*

Neue Nachweise von Ophiuroidea im Rheinischen Schiefergebirge

Von

GERHARD BECKER und HILDEBRAND WEIGELT**

Mit 4 Abbildungen und den Tafeln 1-8

Kurzfassung: Aus dem Mitteldevon (Eifel- und Givet-Stufe) der Eifel und dem Oberdevon (Frasne-Stufe) des Bergischen Landes werden erstmals isolierte Ophiuren-Ossikeln (Oegophiurida, ? Lysophiurina, Protasteridae; Ophiurida) beschrieben; für das Eifeler Mitteldevon ist dies der erste Nachweis von Ophiuren überhaupt. Biostratigraphische und paläökologische Erörterungen der Funde schließen sich an. Erstmals ist auch der Nachweis einer *Ophiurina* STÜRTZ (Ophiurida, Chilophiurina, Ophiurinae) im Unterdevon (Unterems-Stufe) des Taunus. Beobachtungen am Originalmaterial W. E. SCHMIDTS zu *Ophiaulax decheni* (DEWALQUE) werden mitgeteilt; über den Verbleib des Holotypus von *Silesiaster longivertebralis* SCHWARZBACH & ZIMMERMANN wird berichtet.

Abstract: Solitary ossicles of ophiuroids (Oegophiurida, ? Lysophiurina, Protasteridae and Ophiurida) are described for the first time from the Middle Devonian (Eifelian and Givetian) of the Eifel region and from the Upper Devonian (Frasnian) of the Bergisches Land. Biostratigraphical and paleoecological considerations are added. *Ophiurina* STÜRTZ (Ophiurida, Chilophiurina, Ophiurinae) is detected just now in the Lower Devonian (Lower Emsian) of the Taunus. Data concerning W. E. SCHMIDTS specimen of *Ophiaulax decheni* (DEWALQUE) and the type material of *Silesiaster longivertebralis* SCHWARZBACH & ZIMMERMANN are given.

Inhalt

1. Einleitung	6
2. Ophiuren-Ossikeln aus dem Eifeler Mitteldevon	8
2.1. Vorbemerkungen	8
2.2. Benennung der Elemente	9
2.3. Fundorte und Material	10

* Nr. 25: KULLMANN, J., & SCHÖNENBERG, R.: Geodynamische und paläökologische Entwicklung im Kantabrischen Variszikum (Nordspanien). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1975, H. 2, Stuttgart 1975.

** Dr. G. BECKER, Diplom-Geologe, H. WEIGELT, Diplom-Geologe, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6 Frankfurt a.M., Senckenberg-Anlage 32-34.

2.4. Beschreibungen	13
2.4.1. Amb-1	13
2.4.2. Amb-2	14
2.4.3. Lat-1/Form A	16
2.4.4. Lat-1/Form B	17
2.4.5. Lat-1/Form C	17
2.4.6. Lat-1/Form D	18
2.4.7. Lat-1/Form indet.	18
2.4.8. ME-1	19
2.4.9. ME-2	19
2.4.10. Sk-dub	20
2.5. Taxonomische Schlußfolgerungen	20
2.5.1. Bewertung der Skelettelemente	20
2.5.2. Einordnung der vorliegenden Funde	21
2.6. Biostratigraphische Bedeutung	25
2.7. Paläökologische Erörterungen	26
3. Nachweis von <i>Ophiurina</i> STÜRTZ im Unterdevon des Taunus	28
3.1. Vorbemerkungen	28
3.2. Fundort	28
3.3. Beschreibung	29
3.3.1. Körperscheibe	29
3.3.2. Mundapparat	29
3.3.3. Arme	29
3.4. Beziehungen	30
4. Bemerkungen zu W. E. SCHMIDTS Belegmaterial zu <i>Ophiaulax decheni</i> (DEWALQUE)	30
5. Zum Holotypus von <i>Silesiaster longivertebralis</i> SCHWARZBACH & ZIMMERMANN	31
5.1. Verbleib des Waldenburger Materials	31
5.2. Bemerkungen zur Originalbeschreibung	32
6. Schriftenverzeichnis	33

1. Einleitung

Funde von Ophiuren galten im Variscicum bislang als Seltenheiten — zumeist handelte es sich dabei um Einzelnachweise oder um kleinere, monospezifische Vergesellschaftungen, beschränkt auf wenige Lokalitäten und stratigraphische Niveaus. Eine Ausnahme hinsichtlich der gewonnenen Stückzahlen und, insbesondere, nachgewiesener Arten — nach LEHMANN (1957: 11) mehr als 20 Spezies in 15 Genera — stellen lediglich die weltberühmten unterdevonischen Hunsrückschiefer-Gruben um Bundenbach dar. Die in den Sammlungen der verschiedensten Museen vorhandenen Belege rheinischer Ophiuroidea stammen vorzugsweise von diesen „klassischen“ Fundstätten (s. hierzu auch die Stücke Taf. 6 Fig. 3, Taf. 7 Fig. 1—2).

Die Mehrzahl der Fundorte liegt im Unterdevon, der Rest verteilt sich im wesentlichen auf das Oberdevon und Unterkarbon. Im Mitteldevon gelangen erst kürzlich erste Nachweise im Rechtsrheinischen; aus den durch ihren Fossilreichtum weltbekannten Eifeler Kalkmulden wurden bisher noch keinerlei Ophiuren-Funde gemeldet.

Bei den erwähnten Exemplaren handelt es sich stets um \pm vollständige, im anatomischen Verband überlieferte Skelette, oft in vorzüglicher Erhaltung.

Außer den bereits genannten unterdevonischen Hunsrückschiefer-Vorkommen (Siegen-bis Unterems-Stufe) von Bundenbach und Umgebung (Hunsrück, linksrheinisches

Schiefergebirge) sind zu den klassischen Fundstätten auch Lokalitäten in der Unterems- und Oberems-Stufe des Mosel- und Lahngbietes (Mittelrhein) zu rechnen. Eine umfangreiche Literatur ist zu nennen: GOLDFUSS (1848), MÜLLER (in ZEILER & WIRTGEN 1855), F. ROEMER (1863), WEISS (1869), SIMONOWITSCH (1871), STÜRTZ (ab 1886), F. SANDBERGER (1889), SCHÖNDORF (1909, 1910), OPITZ (1931, 1932), LEHMANN (ab 1938). Ebenfalls unterdevonischen Schichten entstammen seltene Funde in der Eifel (Unterems-Stufe) und im Siegerland (Siegen-Stufe): SCHÖNDORF (1908, 1910), sowie im Taunus (Unterems-Stufe): BENNER (1937). Aus dem Kahleberg-Sandstein (Oberems-Stufe) des Oberharzes melden HALFAR (1893), SCHÖNDORF (1908) und DAHMER (1946) Ophiuren-Funde. Ebenfalls unterdevonisch sind die Vorkommen im Armorikanischen Gebirge (Siegénien supérieur, Emsien inférieur): DAVY (1886), MORZADÉC & UBAGHS (1969). Aus den Ardennen (Belgien, N-Frankreich) wurden neben unterdevonischen Arten (aus Gedinien inférieur und Emsien supérieur): THORENT (1838, 1844), GOSSELET (1880, 1888), LERICHE (1912), ASSELBERGHS (1930) und UBAGHS (1942), auch solche aus dem Oberdevon (Famennien) gemeldet: DEWALQUE (1881, 1899), DESTINEZ (1899, 1900), MAILLIEUX (1933) und UBAGHS (1941). Gleichfalls oberdevonisch (oberste Famenne-Stufe) ist das Vorkommen im Angertal (Ruhrgbiet): PAUL (1939), W. E. SCHMIDT (1944). In das Unterkarbon (Visée) sind Fundstätten im Boulonnais (N-Frankreich), am E-Rand des Rheinischen Schiefergebirges (Biedenkopf, Laasphe), in Schlesien (Waldenburg) und im Harz einzustufen: SPENCER (1923, 1934a); SCHÖNDORF (in HÜFFNER 1915), W. E. SCHMIDT (1930); SCHWARZBACH & ZIMMERMANN (1936), ŽAKOWA & ŽAK (1962); SCHÖNDORF (in KOBOLD 1933).

Aus mitteldevonischen Ablagerungen liegen Nachweise von Ophiuren bisher nur aus dem rechtsrheinischen Schiefergebirge (Gummersbacher Mulde, vermutlich Eifel-Stufe: GRABERT & GRABERT 1965; Paffrather Mulde, Givet-Stufe: BECKMANN 1965) vor, nicht jedoch aus den Eifel-Mulden. Die von BECKMANN (1965: 198) erwähnten Reste stellen den ersten Beleg von isolierten Ophiuren-Ossikeln im zur Diskussion stehenden Raum aus einer Schlammprobe dar.

Dieser spärliche Nachweis von Ophiuren im vergleichsweise sehr gut durchforschten Mitteldevon des Rheinischen Schiefergebirges ist auffällig, auch, weil aus anderen Mitteldevon-Gebieten (N-Amerika: CLARKE 1912; KESLING 1969, 1970, 1971) zahlreiche Beschreibungen von Ophiuroidea vorliegen. Das weitgehende „Fehlen“ (s. OWEN 1965: 570–571) ist, wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen, auch nur zu beziehen auf „ganze“, d. h. im anatomischen Verband überlieferte Skelette, somit die Folge besonderer Erhaltungsbedingungen (s. auch bei 2.7. in vorliegender Arbeit).

Mikrofaunistische Untersuchungen, primär angesetzt auf Ostracoden (BECKER), haben dann auch gezeigt, daß Ophiuren in mitteldevonischen Schichten der Eifel gar nicht selten, eher „omniloquent“ sind. Schlammproben, entnommen aus verschiedenen stratigraphischen Niveaus und unterschiedlicher Fazies, erbrachten — nachdem vom Ausleser erst einmal erkannt — fast immer Reste, d. h. isolierte Skelettelemente, von Ophiuren.

Im folgenden sollen Ophiuren-Ossikeln aus Schlammproben vorwiegend des Eifeler Mitteldevons vorgestellt werden. Es können im wesentlichen nur morphologische Daten mitgeteilt werden; taxonomische, biostratigraphische und paläökologische Schlußfolgerungen sind — zumindest beim augenblicklichen Bearbeitungsstand — nur mit großer Vorsicht zulässig.

Mitgeteilt werden sollen auch interessante Beobachtungen und Erkenntnisse, gewonnen bei Untersuchungen an in verschiedenen Museen hinterlegten Sammlungen bzw. bei der Nachforschung nach Originalmaterialien.

Dank schulden wir für die Ausleihe von Original- und Vergleichsstücken: Dr. R. BIRENHEIDE (Forschungs-Institut Senckenberg, Frankfurt a. M.), Dr. K. KILPPER (Ruhrland-Museum, Essen), Dr. K. MORI (Tohoku-Universität, Sendai) — durch freundl. Vermittlung von Prof. Dr. M. MINATO (Hokkaido-Universität, Sapporo) —, Prof. Dr. H. REMY (Institut für Paläontologie der Universität Bonn), sowie für die Überlassung von rezentem Material Dr. H. FEUSTEL (Zoologische Abteilung des Hessischen Landes-Museums, Darmstadt).

Für freundliche Hinweise, auch Ausleihe schwer zugänglicher Literatur, möchten wir danken: Prof. Dr. E. FLÜGEL (Institut für Paläontologie der Universität Erlangen-Nürnberg), Dr. H. HESS-DISTELI (Binningen, Schweiz), Dr. R. MENTZEL (Museum Wiesbaden), Doz. Dr. J. NEUGEBAUER (Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Tübingen), Prof. Dr. M. SCHWARZBACH (Geologisches Institut der Universität Köln), Prof. Dr. G. SOLLE (Sektion für Geologie und Paläontologie der TH Darmstadt) und Dr. W. STRUVE (Forschungs-Institut Senckenberg, Frankfurt a. M.). Dr. STRUVE überließ uns auch gut eingestuftes Schlamm-Material.

Besonders hilfreich war uns Dr. J. BŁASZYK (Polska Akademia Nauk, Zakład Paleozoologii, Warszawa), der in zeitraubenden Nachforschungen das ZIMMERMANNsche Originalmaterial auffinden konnte und uns hiervon Fotografien und Positiv-Abdrücke zur Verfügung stellte. Hierfür sei nochmals herzlich gedankt.

Für fotografische Aufnahmen danken wir sehr den Herren H. FUNK und J. TOCHTENHAGEN (beide Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Frankfurt a. M.), für die Anfertigung von Positiv-Abdrücken Herrn G. LIPPMANN (vormals Frankfurt a. M., jetzt Naturhistorisches Museum Mainz).

Die vorliegende Studie wurde vom Sonderforschungsbereich 53 „Paläontologie unter besonderer Berücksichtigung der Palökologie“, Tübingen, unterstützt. Ein beachtlicher Zuschuß zu den Klischerkosten durch die Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V. ermöglichte den Druck zusätzlicher Tafeln.

Das Belegmaterial befindet sich im Forschungs-Institut Senckenberg, Frankfurt a. M. (SMF) und im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Frankfurt a. M. (GPIF). Einige der in vorliegender Arbeit abgebildeten Stücke gehören dem Institut für Paläontologie der Universität Bonn (IPB), dem Ruhrland-Museum Essen (RME) bzw. dem Geologischen Institut Warschau (GIW).

2. Ophiuren-Ossikeln aus dem Eifeler Mitteldevon

2.1. Vorbemerkungen

Im folgenden sollen als Ophiuren-Ossikeln angesprochene Echinodermen-Reste beschrieben werden, die bei der Auswertung von Mikroproben im Rahmen paläökologischer Untersuchungen an Ostracoden im Eifeler Mitteldevon (s. BECKER 1971; BECKER, KULLMANN & VOGEL 1974) angefallen sind. Auch aus oberdevonischen Vergleichsproben (Prümer Mulde der Eifel, Paffrather Mulde, Mulde von Dinant) liegen einige Funde vor.

Die Proben, meist feste, stückige Mergel mit geringem Silt-Anteil (s. hierzu bei BECKER, KULLMANN & VOGEL 1974), wurden nach der Glaubersalz-Methode (s. HILTERMANN 1958: 31) aufbereitet und danach unter dem Binokular bei etwa zwanzigfacher Vergrößerung ausgelesen. Eine Auswertung nach Ophiuren erfolgte (gemäß der primären Zielsetzung) in der Regel nur qualitativ, nur vom Fundpunkt „Wilhelmshöhe“ (s. 2.3.) konnten Schlammrückstände (Br 105/2b, Br 105/3d) auch auf Ophiuren-Reste quantitativ ausgelesen werden: die meisten, in vorliegender Arbeit abgebildeten Stücke stammen aus diesen Proben.

Die Klassifizierung von isolierten Echinodermen-Elementen ist z.T. äußerst problematisch. Als Ophiuren-Ossikeln ansprechbar sind mit Sicherheit die wirbelförmigen Ambulacralia der Oegophiurida und Ophiurida. Auch hinsichtlich der Adambulacralia (Lateralplatten) dieser Ordnungen scheinen (soweit einfache funktionelle Zusammenhänge erkennbar) weniger Schwierigkeiten zu bestehen. Andere Elemente des Armes (orale und apicale Sklerite, sog. „Dorsal“- und „Ventral“-Platten, Stacheln) hingegen oder gar solche der Körperscheibe lassen sich (ohne Kenntnis der Anatomie) nur in seltenen Fällen identifizieren. Vom Mundapparat sind die Munddeckstücke noch am ehesten erkennbar, obwohl hier die Verwechslung mit solchen von Asteriden möglich ist.

2.2. Benennung der Elemente

Es können mit Sicherheit zwei verschiedene Bautypen von Ambulacralia unterschieden werden. Was die Adambulacralia anbelangt, so ließen sich nur solche eines einzigen Bauprinzips nachweisen, funktionell dem einen Ambulacraltyp koordinierbar, allerdings mit deutlich faßbaren Unterschieden in Umriß und Bestachelungsmuster. Neben zwei verschiedenen Bautypen von Munddeckstücken, höchstwahrscheinlich Ophiuren-Elemente darstellend, liegen noch wirbelförmige Ossikeln vor, deren Ophiuren-Natur allerdings nicht gesichert ist.

Im einzelnen wurden aufgrund morphologischer Merkmale unterschieden:

- a) Ambulacralia, Bautyp 1 (abgekürzt Amb-1). Ambulacralia eines Armglieds unverschmolzen; linke und rechte Ambulacralkörper („Halbwirbel“) vermutlich alternierend, d.h. um $\frac{1}{2}$ Amb-Länge gegeneinander verschoben.
- b) Ambulacralia, Bautyp 2 (abgekürzt Amb-2). Ambulacralia eines Armglieds gegenständig, paarweise zu einem Wirbel verschmolzen.
- c) Adambulacralia (Lateralplatten), Bautyp 1 (abgekürzt Lat-1). Lateralplatten mit jeweils einem adradialen halbkugelförmigen Fortsatz (= „nose“ der englischsprachigen Literatur). Nach Umriß und Bestachelung lassen sich unterscheiden: Form A — Form D.
- d) Munddeckstücke, Bautyp 1 (abgekürzt ME-1).
- e) Munddeckstücke, Bautyp 2 (abgekürzt ME-2).
- f) Skelettelemente unbekannter Zugehörigkeit (abgekürzt Sk-dub).

Zur Orientierung der Einzelemente wurden in vorliegender Arbeit folgende Bezeichnungen gewählt:

oral: auf der Mundseite gelegen; diese stellt normalerweise die Unterseite des Tieres dar, ungenau auch als „Ventralseite“ bezeichnet.

apical: auf der der Mundseite abgewandten Seite gelegen, ungenau auch „dorsal“.

lateral: auf die Seitenflächen der Arme bezogen.

medial: auf die Medianebene der Arme bezogen.

- axial: auf die Achse der Arme bezogen; adaxial, abaxial.
 radial: auf den Armradius innerhalb der Körperscheibe bezogen.
 interrarial: auf die Interrarialfelder der Körperscheibe bezogen.
 proximal: dem Zentrum der Körperscheibe genähert.
 distal: dem Zentrum der Körperscheibe abgewandt.
 links, rechts: in Apicalansicht von proximal nach distal.

2.3. Fundorte und Material

Die meisten Fundpunkte (20) liegen gemäß dem Schwerpunkt der Untersuchungen im Mitteldevon (Lauch- bis Rodert-Schichten) der Eifel. Oberdevonisch sind drei Vorkommen (Oos-Schichten der Prümer Mulde, Refrath-Schichten der Paffrather Mulde sowie F2i' der Mulde von Dinant).

Zur Stratigraphie der Eifeler Kalkmulden s. STRUVE (1961 b), bezüglich der Einstufung der Refrath-Schichten s. STRUVE (1964); dort auch weiterführende Literaturhinweise.

1. Wegböschung ESE Kapelle Gees, Gerolsteiner Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Lauch-Schichten, Wolfenbach-Horizont.
 Probe Br 551: 1 Lat-1/Form indet., SMF XX 61.
2. Weganschnitt Bachtal N Üxheim, Hillesheimer Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Untere Nohn-Schichten, Weilersbach-Horizont.
 Probe Br 538: 1 Lat-1/Form indet., SMF XX 62.
 Probe Br 538a: 1 Lat-1/Form A, SMF XX 63.
 Probe Br 538b: 6 Lat-1/Form A, SMF XX 64; 2 Lat-1/Form indet., SMF XX 65.
3. Eisenbahneinschnitt Bahnhof Ahütte, Hillesheimer Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Untere Nohn-Schichten, Hunnertsberg-Horizont.
 Probe Br 537: 2 Amb-2?, SMF XX 66.
4. Anschnitt Straße Niederehe – Heyroth, Hillesheimer Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Obere Nohn-Schichten, Dankerath-Horizont.
 Probe Br 533: 1 Amb-1, SMF XX 67; etwa 15 Lat-1/Form A, SMF XX 68.
5. Steinbruch im Quartbachtal W Pesch, Sötenicher Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Ahrdorf-Schichten, Paulsgraben-Horizont.
 Probe Br 80: 2 Amb-2, SMF XX 69.
6. Aufschlüsse NW Gees („Trilobitenfelder“), Gerolsteiner Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Ahrdorf-Schichten, „Geeser Horizont“.
 Probe Br 543a: 4 Lat-1/Form A, SMF XX 70.
 Probe Br 543b: 1 Lat-1/Form A, SMF XX 71; 5 Amb-2, SMF XX 72.
7. Anschnitt Straße Niederehe – Heyroth, Hillesheimer Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Ahrdorf-Schichten, Niederehe-Folge.
 Probe 573a: 1 Lat-1/Form A, SMF XX 73.
 Probe 573b: 3 Lat-1/Form A, SMF XX 74; 2 Lat-1/Form A, GPIF Ech 2/1.
 Probe 573c: 1 Amb-2, SMF XX 75.
8. Eisenbahneinschnitt E Hohenfels („Basalt-Verladestelle“), Gerolsteiner Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Ahrdorf-Schichten, Niederehe-Folge.
 Probe Br 544: 1 Amb-1, SMF XX 76; 1 Lat-1/Form A, Taf. 3 Fig. 5, SMF XX 77;
 4 Lat-1/Form A, SMF XX 78; 10 Amb-2, SMF XX 79.

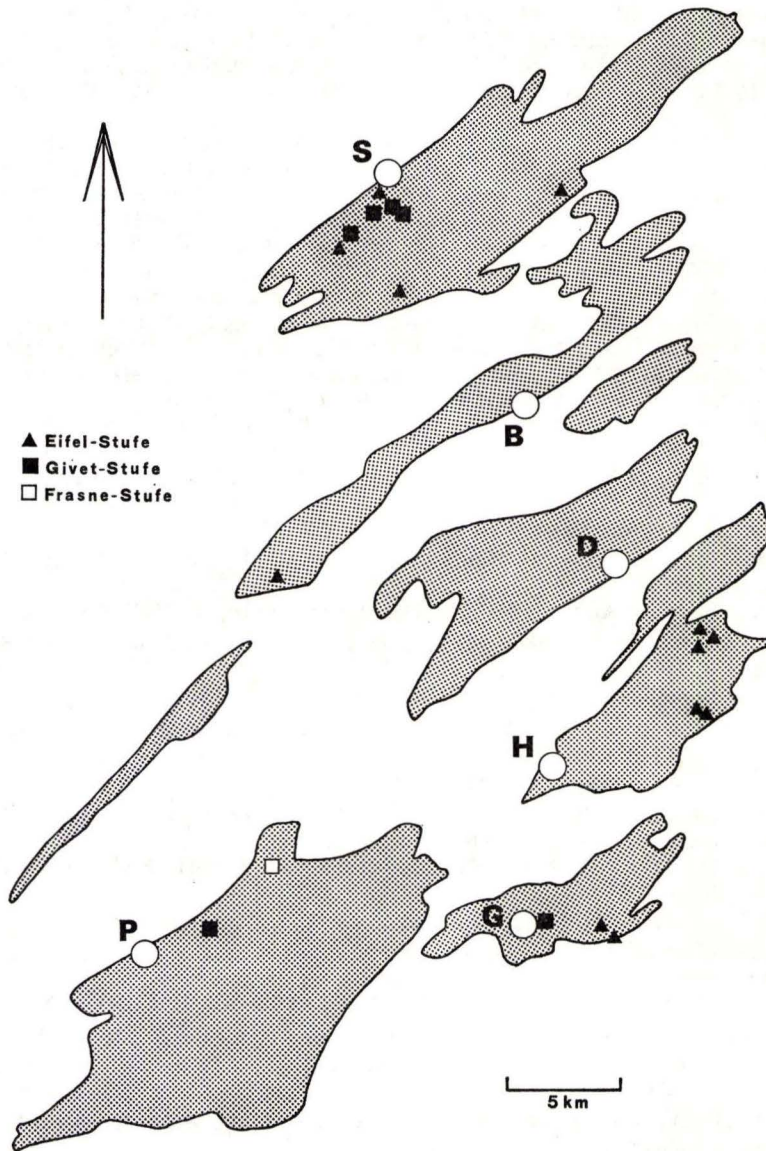


Abb. 1. Lage und stratigraphische Grobeinstufung der Ophiuren-Fundpunkte in der Eifeler Muldenzone; Einzelheiten s. bei 2.3. — Abkürzungen: B = Blankenheim, D = Dollendorf, G = Gerolstein, H = Hillesheim, P = Prüm, S = Sötenich.

9. Böschung Straße Marmagen – Wahlen NE Wilhelmshöhe, Sötenicher Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Junkerberg-Schichten, Rohr-Horizont.

Probe Br 105/Od: 1 Amb-2, SMF XX 80.

Probe Br 105/1b: 1 Amb-1, Taf. 1 Fig. 4, Taf. 2 Fig. 2, SMF XX 81; 1 Amb-2, Taf. 4 Fig. 6, SMF XX 82; 1 Amb-2, SMF XX 83, 1 Sk-dub, SMF XX 84.

- Probe Br 105/2b: 1 Amb-1, Taf. 1 Fig. 6, SMF XX 85; 18 Amb-1, SMF XX 86; etwa 30 Lat-1/Form B, SMF XX 87; etwa 25 Lat-1/Form B, GPIF Ech 2/2; 1 Amb-2, Taf. 4 Fig. 5, SMF XX 88; etwa 80 Amb-2, SMF XX 89; etwa 50 Amb-2, GPIF Ech 2/3; 1 ME-2, Taf. 4 Fig. 8, SMF XX 90; etwa 10 ME-2, SMF XX 91; etwa 10 ME-2, GPIF Ech 2/4.
- Probe Br 105/3d: 1 Amb-1, Taf. 1 Fig. 1, Taf. 2 Fig. 1, SMF XX 92; 1 Amb-1, Taf. 1 Fig. 2, SMF XX 93; 1 Amb-1, Taf. 1 Fig. 5, SMF XX 94; 17 Amb-1, SMF XX 95; 16 Amb-1, GPIF Ech 2/5; 1 Lat-1/Form B, Taf. 2 Fig. 3, SMF XX 96; 1 Lat-1/Form B, Taf. 2 Fig. 4, SMF XX 97; 1 Lat-1/Form B, Taf. 2 Fig. 5, SMF XX 98; 1 Lat-1/Form B, Taf. 2 Fig. 6, SMF XX 99; 1 Lat-1/Form B, Taf. 2 Fig. 7, SMF XX 100; etwa 10 Lat-1/Form B, SMF XX 101; etwa 10 Lat-1/Form B, GPIF Ech 2/6; 1 Amb-2, Taf. 4 Fig. 1, Taf. 5 Fig. 5, SMF XX 102; 1 Amb-2, Taf. 4 Fig. 2, SMF XX 103; 1 Amb-2, Taf. 4 Fig. 3, SMF XX 104; 1 Amb-2, Taf. 4 Fig. 4, Taf. 5 Fig. 4, SMF XX 105; 1 Amb-2, Taf. 4 Fig. 7, SMF XX 106; 1 Amb-2, Taf. 5 Fig. 2, SMF XX 107; etwa 150 Amb-2, SMF XX 108; etwa 80 Amb-2, GPIF Ech 2/7; 1 ME-1, Taf. 1 Fig. 7, SMF XX 109; 1 ME-2, Taf. 4 Fig. 9, SMF XX 110; 12 ME-2, SMF XX 111; 3 ME-2, GPIF Ech 2/8; 1 Sk-dub, Taf. 3 Fig. 1, SMF XX 112; 1 Sk-dub, Taf. 3 Fig. 2, SMF XX 113; 4 Sk-dub, SMF XX 114.
- Probe Br 105/4f: 1 Amb-1, Taf. 1 Fig. 3, SMF XX 115; 2 Amb-1, SMF XX 116; 1 Amb-2, SMF XX 117.
- Probe Br 105/6b: 1 Lat-1/Form B, SMF XX 118.
10. Steinbruch „Kohlstraße“ W Rinnen, Sötenicher Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Freilingen-Schichten, oberer Teil.
Probe Br 51: 1 Amb-1, SMF XX 119; 1 Lat-1/Form A, SMF XX 120.
 11. Steinbruch S Baasem, Blankenheimer Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Ahabach-Schichten, Pierensberg-Horizont.
Probe Br 563a: 1 Lat-1/Form ind., SMF XX 121.
 12. Steinbruch „Müllertchen“ SW Ahütte, Hillesheimer Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Ahabach-Schichten, Müllert-Horizont.
Probe Br 523: 1 Amb-2, SMF XX 122.
 13. Böschung Straße am Zementwerk Sötenich, Sötenicher Mulde, Eifel; Eifel- bis Givet-Stufe, Übergangsbereich Ahabach-/Loogh-Schichten.
Probe Br 101: 1 Amb-1, SMF XX 123; 5 Amb-2, SMF XX 124; 1 Lat-1/Form indet., SMF XX 125.
 14. Steinbruch N-Hang Wachtberg bei Sötenich, Sötenicher Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Loogh-Schichten, Wachtberg-Horizont.
Probe Br 46a: 1 Amb-2, SMF XX 126.
Probe Br 46b: 1 Amb-1, SMF XX 127; 1 Lat-1/Form B?, SMF XX 128.
 15. Aufschluß am Lokomotiv-Schuppen Gerolstein, Gerolsteiner Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Cürten-Schichten, Felsbach-Horizont.
Probe Br 525: 5 Amb-2, SMF XX 129.
 16. Steinbruch Wachtberg bei Sötenich, Sötenicher Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Cürten-Schichten, Scheid-Horizont.
Probe Br 47c: 3 Amb-1, SMF XX 130; 1 Lat-1/Form indet., SMF XX 131; 2 Amb-2, SMF XX 132.
 17. Steinbruch Winter & Weiss W Rinnen, Sötenicher Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Cürten-Schichten, Scheid-Horizont.
Probe Br 60: 6 Amb-2, SMF XX 133.
 18. Aufschluß S Weinsheim, Prümer Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Dreimühlen-Schichten, Binz-Horizont.
Probe Br 514: 1 Amb-1, Taf. 3 Fig. 6, SMF XX 134; 7 Amb-1, SMF XX 135; 2 Amb-1, GPIF Ech 2/9; 1 Lat-1/Form C, Taf. 3, Fig. 4, SMF XX 136; 3 Lat-1/

- Form C, SMF XX 137; 1 Lat-1/Form indet., SMF XX 138; 1 Amb-2, Taf. 5 Fig. 3, SMF XX 139; etwa 25 Amb-2, SMF XX 140; etwa 20 Amb-2, GPIF Ech 2/10; 3 ME-2, SMF XX 141; 2 Sk-dub, SMF XX 141.
19. Steinbruch Scheid bei Sötenich, Sötenicher Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Rodert-Schichten, Sötenich-Horizont.
Probe Br 43: 1 Amb-1, SMF XX 143; 5 Amb-2, SMF XX 144.
20. Steinbruch Wachtberg bei Sötenich, Sötenicher Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Rodert-Schichten, Sötenich-Horizont.
Probe Br 67c: 2 Lat-1/Form indet., SMF XX 145; 2 Amb-2, SMF XX 146.
21. Wegböschung W Ammelsbüsch, Prümer Mulde, Eifel; Adorf-Stufe, Oos-Schichten, Danzert-Horizont.
Probe Br 577: 1 Amb-2, SMF XX 147.
22. Steinbruch „Steinbreche“ Refrath, Paffrather Mulde, Bergisches Land; Frasne-Stufe, Refrath-Schichten, F 2a.
Probe Br 39: 2 Amb-1, SMF XX 148; 2 Amb-1, GPIF Ech 2/11; etwa 15 Amb-2, SMF XX 149; 10 Amb-2, GPIF Ech 2/12; 6 Sk-dub, SMF XX 150.
Probe St 2143: 1 Sk-dub, SMF XX 151.
Probe St 2144: 2 Amb-2, SMF XX 152.
Probe St 2145: 1 Lat-1/Form D, Taf. 3 Fig. 3, SMF XX 153; 6 Lat-1/Form D, SMF XX 154; 2 Amb-2, SMF XX 155; 3 ME-2, SMF XX 156; 3 Sk-dub, SMF X 157.
23. Carrière du Lion bei Frasnes-lez-Couvin, Mulde von Dinant, Ardennen; Frasne-Stufe, F 21'.
Probe Br B 28: 1 Amb-2, SMF XX 158.

2.4. Beschreibungen

2.4.1. Amb-1 (Taf. 1 Fig. 1—6, Taf. 2 Fig. 1—2, Taf. 3 Fig. 6)

Linke und rechte Ambulacralia subzylindrisch, gedrungen (proximale Elemente; s. Taf. 1 Fig. 4) bis gestreckt (distale Elemente; s. Taf. 1 Fig. 5). Oralseite mit großer lateraler-oraler Grube (Podialgrube) in der distalen Ossikelhälfte und markantem halbkugeligem lateralem-oralem Fortsatz in der proximalen Hälfte, adaxiale Rippe der Podialgrube breit, etwa $\frac{1}{2}$ der Ossikelbreite einnehmend; oraler-proximaler Muskelansatz (der Längsmuskulatur) eine ziemlich breite, tief in den halbkugeligen Fortsatz eingesenkte Grube; orale-distale Muskelansatzstelle weniger deutlich, auf die distale Fläche der adaxialen Rippe beschränkt. In Apicalansicht apicales-proximales sowie apicales-distales Muskelfeld sehr breit, innere Begrenzung \pm deutlich, bei proximalen Ossikeln gratartig hervortretend. In Lateralansicht Podialgrube und lateraler-oraler Fortsatz bis zur halben Ossikelhöhe hinaufreichend; apicale Muskelfelder die obere Ossikelhälfte einnehmend, als Dreiecke erscheinend, Basis etwa von $\frac{1}{4}$ Ossikellänge, innere Begrenzung der dreieckigen Felder bei proximalen Ambulacralia gratartig zugespitzt. Medialseite abgeflacht, abaxial schwach konkav; mit deutlicher Längsgrube (Ambulacralrinne), größte Eintiefung zentral, von hier Durchbohrung (Porus) zur Podialgrube abzweigend; in Verlängerung der Ambulacralrinne jeweils ein kleiner abaxialer Höcker, proximal zweigeteilt (Gelenkpfanne), distal ungeteilt (Gelenkzapfen). In Proximalansicht Gelenkpfanne an der Mitte des Medialrands, zu diesem hin ein liegendes offenes U bildend; orale-proximale Muskelgrube tief, lateral vom (hohlen) halbkugeligen Fortsatz umfaßt; apicales-proximales Muskelfeld breit, vom distalen Ende des Fortsatzes zur

medialen-proximalen Kante ziehend. In Distalansicht korrespondierender Gelenkzapfen ebenfalls an der Mitte des Medialrands; orales-distales Muskelfeld vergleichsweise klein und flach, auf die Distalfläche der adaxialen Rippe beschränkt, apicaler-distaler Muskelansatz \pm halbkreisförmig, am lateroapicalen und apicalen Rand gelegen. Oberfläche der Ossikeln fein porös.

Taf. 3 Fig. 6 zeigt ein Ossikel desselben Bautyps, jedoch mit einigen Besonderheiten: lateraler-oraler Fortsatz fehlend, Ossikel daher in Seitenansicht schief trapezförmig mit kurzer proximaler und längerer distaler Seite. In Oralansicht außer der abaxialen Podialgrube eine ebensolche adaxial zu beobachten; letztere ebenfalls ziemlich tief, aber proximalwärts verlängert; adaxiale Grube mit einem proximalen Porus (p2?); zwischen beiden Gruben ein keilförmiger Steg, an der (distalen) Basis etwa von $\frac{1}{3}$ Ossikelbreite, proximalwärts abtauchend. In Medialansicht adaxiale Podialgrube ziemlich schmal, ein wenig gegen die distale Kante geneigt; proximaler Gelenkhöcker vergleichsweise sehr breit, ungeteilt. — Es liegt nur ein einziges Ossikel dieser Bauart vor; wegen der adaxialen (bzw. radialen) Podialgrube als „1. Ambulacrale“ (= Am1 der Abb. 2) deutbar.

Maße der abgebildeten Stücke:

Taf. 1 Fig. 1, SMF XX 92	: Länge = 1,30 mm, Höhe = 0,96 mm
Taf. 1 Fig. 2, SMF XX 93	: Länge = 1,32 mm, Höhe = 0,93 mm
Taf. 1 Fig. 3, SMF XX 115	: Länge = 1,36 mm, Höhe = 0,92 mm
Taf. 1 Fig. 4, SMF XX 81	: Länge = 1,07 mm, Höhe = 1,03 mm
Taf. 1 Fig. 5, SMF XX 94	: Länge = 1,00 mm, Höhe = 0,36 mm
Taf. 1 Fig. 6, SMF XX 85	: Länge = 1,18 mm, Höhe = 1,20 mm
Taf. 3 Fig. 6, SMF XX 134	: Länge = 1,45 mm, Höhe = 1,14 mm

Vorkommen (Einzelheiten s. 2.3.): Rund 85 Amb-1 vorliegend, vorwiegend aus dem Rohr-Horizont der Junkerberg-Schichten (Eifel-Stufe) und dem Binz-Horizont der Dreimühlen-Schichten (Givet-Stufe); Einzelfunde ab Obere Nohn-Schichten/Dankerath-Horizont bis Refrath-Schichten/F2a.

2.4.2. Amb-2 (Taf. 4 Fig. 1—7, Taf. 5 Fig. 2—5)

Ambulacralia gegenständig, paarweise verschmolzen; Wirbel rhomboedrisch (spitzer Winkel oral-distal), gedrungen (proximale Elemente; s. Taf. 4 Fig. 6) bis gestreckt (distale Elemente; s. Taf. 4 Fig. 2). Oralseite rechteckig bis trapezförmig (Schmalseite distal), \pm schmaler als die Apicalseite, in Oralansicht daher laterale Flanken \pm sichtbar; Ambulacralrinne deutlich. Apicalseite ähnlich im Umriß wie Oralseite, \pm breiter; axiale Furche weniger markant als die Ambulacralrinne. Lateralflächen angenäherte Parallelogramme, Winkel oral-distal um 45° , oral-proximal supplementär; Proximal- und Distalseiten facettiert (Ansatzstellen der Längsmuskulatur), orale-distale, apicale-distale sowie apicale-proximale Muskelfelder deutlich; proximalwärts des oralen-distalen Muskelfeldes eine schmale Rinne (Podialgrube), parallel der distalen Kante verlaufend. Proximale und distale Flächen subquadratisch bis trapezförmig (Schmalseite oral); beide oral und apical eingekerbt (Ambulacralrinne, Apicalfurche). Proximale Fläche mit drei kleinen Gelenkgruben; untere subzentral gelegen, die beiden anderen nahe dem Apicalrand, auf gleicher Höhe und in gleichem Abstand von der Medianlinie, Verbindungslinie der Gruben ein gleich-

seitiges, auf der Spitze stehendes Dreieck bildend; zwischen den Gruben ein zarter, zweigeteilter, proximalwärts gerichteter Fortsatz; orale-proximale Muskelansatzstellen flügelartig verlängert, schräg nach außen weisend. Distalfläche mit drei zarten, rundlichen korrespondierenden Gelenkzapfen, durch niedere Rippen miteinander verbunden; außerhalb derselben und parallel zur lateralen Kante jeweils ein orales-distales Muskelfeld; apicale-distale Muskelansatzstellen in den apicalen Ecken. Taf. 4 Fig. 6 zeigt einen extrem gedrungenen Wirbel (= „proximaler Wirbel“) mit besonders deutlich ausgebildeten, leistenförmig hervortretenden Muskelansatzstellen und vergleichsweise kräftiger Gelenkung. Oberfläche der Ambulacralia fein porös (s. hierzu auch weiter hinten).

Das Exemplar Taf. 4 Fig. 7 weicht in Einzelheiten von den im obigen Absatz beschriebenen Wirbeln erheblich ab: Ambulacralkörper sehr kurz, scheibenförmig. In Oralansicht Ambulacralrinne verzweigt, einen proximal geöffneten Halbkreis bildend. Proximalseite mit subzentral verbreiteter und eingetiefter Medianrinne; in den apicalen Ecken je eine Vertiefung, nach außen offen, nach innen durch V-förmige Leisten begrenzt; Ambulacralrinne nach oben durch bogenförmige, durch die Medianrinne getrennte Leisten begrenzt; Seitenumriß zwischen V-förmiger und bogenförmiger Leiste zurückspringend. Distalfläche mit ähnlichem Muster, Medianrinne unterhalb der Mitte tropfenförmig erweitert und vertieft, oral zu einer distal offenen Halbröhre verengt; in den apicalen Ecken tiefe napfförmige Gruben, randliche Begrenzung deutlicher als auf der proximalen Seite, wulstartig. In Apicalansicht die bereits erwähnten apicalen-proximalen und apicalen-distalen Gelenkgruben mit ihren leisten- bzw. wulstartigen Begrenzungen deutlich erkennbar; auf der distalen Fläche innerhalb der wulstartigen Grubenbegrenzungen eine nicht näher identifizierbare narbenartige Struktur. — Es liegt nur dieses eine Exemplar vor. Die scheibenförmige Gestalt, die sich proximalwärts verzweigende Ambulacralrinne und die sehr tiefen apicalen-proximalen Muskelgruben könnten für eine Position in Mundnähe sprechen. Vielleicht liegt ein „Mundwirbel“ vor. Allerdings fehlen jegliche Gelenkhöcker, die zumindest bei mesozoischen Ophiuren für die Proximalseite des Mundwirbels sehr charakteristisch sind (s. HESS 1960b: 410, 1962: 615).

Die Ossikeloberfläche erscheint bei herkömmlicher lichtmikroskopischer Betrachtungsweise bei den meisten Exemplaren \pm gleichmäßig fein porös. Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop (Stereoscan Cambridge) zeigen, daß die exponierten Stellen glatt sind, und nur auf den dazwischenliegenden Flächen meist unzusammenhängende und unregelmäßige Grübchenstrukturen zu erkennen sind (s. Taf. 5 Fig. 2, 4–5). Nur in seltenen Fällen setzen sich diese zu ausgeprägten Mustern zusammen (s. Taf. 5 Fig. 3), die an die Gitterstrukturen rezenter Ophiuren-Wirbel erinnern (s. Taf. 5 Fig. 1).

Aufgrund dieser spärlichen Indizien darf angenommen werden, daß bei den fossilen Ophiuren hinsichtlich des Aufbaus der Ossikeln ähnliche Konstruktionsprinzipien herrschten wie bei den rezenten. Bei der der Einbettung nach dem Tode folgenden Diagenese kommt es dann zur Bildung von kompakten Großkristallen. Infolge Eindringens von „Verunreinigungen“ (Tonpartikeln, -häutchen) in das Gitterwerk vor Einsetzen der Echinodermen-Diagenese können ehemalige Strukturen desselben \pm erhalten bleiben (freundl. mündl. Mitt. von Dr. J. NEUGEBAUER, Tübingen). Dies ist

offensichtlich nur oberflächennahe und bei weitlumigeren Gittern der Fall (vgl. hierzu auf Taf. 5 die Fig. 2 b und 1 f, 5 und 1 b).

Maße der abgebildeten Stücke:

Taf. 4 Fig. 1, SMF XX 102:	Länge = 0,77 mm,	Höhe = 0,38 mm
Taf. 4 Fig. 2, SMF XX 103:	Länge = 0,86 mm,	Höhe = 0,36 mm
Taf. 4 Fig. 3, SMF XX 104:	Länge = 0,71 mm,	Höhe = 0,39 mm
Taf. 4 Fig. 4, SMF XX 105:	Länge = 0,82 mm,	Höhe = 0,43 mm
Taf. 4 Fig. 5, SMF XX 88 :	Länge = 0,89 mm,	Höhe = 0,53 mm
Taf. 4 Fig. 6, SMF XX 82 :	Länge = 0,64 mm,	Höhe = 0,79 mm
Taf. 4 Fig. 7, SMF XX 106:	Länge = 0,50 mm,	Höhe = 0,77 mm

Vorkommen (Einzelheiten s. 2.3.): Mehr als 480 Amb-2 vorliegend aus dem Zeitabschnitt Untere Eifel-Stufe (Untere Nohn-Schichten ?/Ahrdorf-Schichten) bis Mittlere Frasn-Stufe (F 2i').

2.4.3. Lat-1/Form A (Taf. 3 Fig. 5)

Lateralplatten in Seitenansicht \pm schief eiförmig. Apicalrand mäßig gerundet, proximo-apical stetig in den ziemlich eng gerundeten, beim abgebildeten Stück (Taf. 3 Fig. 5) etwas nach oben hochgezogenen Proximalrand übergehend; disto-apical eine deutliche unsymmetrische Einsenkung; proximale Seite der Kerbe steiler und länger als die distale, Übergang in den ziemlich gleichmäßig gerundeten Distalrand in engem Bogen. Oralrand ebenfalls nur mäßig konvex, proximo-oraler Übergang stetig, disto-oral wieder eine, allerdings schwächere, Einziehung. In Außenansicht vor dem Distalrand, dort wo Apical- bzw. Oralrand sich einsenken, eine deutliche distalwärts konvexe Kante; distalwärts von der Kante deutliches Abknicken („slope“) der Lateralfäche; auf der Kante vier kräftige Stachelnarben, Abstand der Narben untereinander ziemlich gleichmäßig. Am proximalen Ende eine breite und flache, das erste Plattendrittel einnehmende, etwa schief eiförmige Delle (Auflagerungsfläche der vorangegangenen Platte). In Innenansicht proximo-oral eine eiförmige, oralwärts ein wenig abgeflachte Erhebung (= „articulating nose“), Länge der „nose“ etwa $\frac{1}{4}$ der Plattenlänge, Breite ca. $\frac{1}{3}$ der Plattenhöhe, Abstand vom Oralrand ungefähr $\frac{1}{6}$ der Ossikelhöhe; distal Platte abgeflacht (Auflagerung auf die nächst folgende Lateralplatte), Breite der Abflachung etwa $\frac{1}{4}$ der Plattenlänge einnehmend.

In Apicalansicht Platte ziemlich breit (ca. $\frac{1}{4}$ der Plattenlänge), nur wenig nach innen gebogen; distaler Knick der Außenseite deutlich, einen Winkel von etwa 120° einschließend; zwischen proximaler Gelenkung („nose“) und distaler Auflagerungsfläche Umriß der Innenseite breit und tief muldenartig zurückspringend („podial cup“); Apicalkante stumpf gerundet, Ansatzstelle des apicalen Stachels etwas nach außen verlagert. In Oralansicht Narbe des oralwärts gelegenen Lateralstachels außen neben der ziemlich scharfen Oralkante gelegen; Oralkante flach sichelförmig, außen am ziemlich gut gerundeten Proximalende ansetzend und zum Innenrande des schmalen Distalendes ziehend.

Maße des abgebildeten Stückes:

Taf. 3 Fig. 5, SMF XX 77:	Länge = 1,31 mm,	Höhe = 0,86 mm
---------------------------	------------------	----------------

Vorkommen (Einzelheiten s. 2.3.): Fast 40 Ossikeln vorliegend, sämtlich aus der Eifel-Stufe (Untere Nohn- bis Freilingen-Schichten).

2.4.4. Lat-1/Form B (Taf. 2 Fig 3—7)

Lateralplatten in Seitenansicht abgerundet rechteckig, bei proximalen Elementen (Taf. 2 Fig. 6) Längen/Höhen-Verhältnis um 1,3, bei distalen Platten (Taf. 2 Fig. 3) bis 2,0. Apicalrand breit konvex, vor dem Distalrand eine ziemlich tiefe, ca. $\frac{1}{4}$ der Plattenlänge einnehmende Einkerbung; proximalwärts gerichtete Seite der Kerbe mit der Tangente an den Apicalrand einen Winkel von etwa 45° bildend, distalwärts gerichtete Seite nur wenig kürzer, horizontal bis schwach geneigt verlaufend. Oralrand in der Mitte ein wenig konkav eingezogen; Proximal- und Distalrand stumpf, Plattenecken gut gerundet. In Außenansicht proximale Abflachung \pm deutlich, nahezu das erste Plattendrittel einnehmend, \pm halbkreisförmig; Kante vor dem Distalrand nur angedeutet, keine Stachelnarben erkennbar. In Innenansicht proximo-orale „nose“ deutlich, halbkugelig, dem Oralrand sehr genähert; distale Auflagerungs-Fläche ebenfalls deutlich erkennbar.

In Apicalansicht proximale Platten (Taf. 2 Fig. 6) ziemlich breit, nur wenig gebogen, bei distalen Elementen (Taf. 2 Fig. 3) Längen/Dicken-Verhältnis nahezu doppelt so groß, Platten auch stärker (nach außen konvex) gebogen; apicale Kante stumpf, vor dem Distalende deutlich eingedellt; Eindellung rinnenförmig, vom Innenrand schräg distalwärts verlaufend, proximale Begrenzung der Rinne in die schwache Lateralkante übergehend. Proximales Ende der Lateralplatten keilförmig; distales Ende, zumindest bei proximalen Elementen (Taf. 2 Fig. 6), lippenförmig ausgezogen; „articulating nose“ in Apicalansicht infolge Transversalkrümmung der Platte nicht sichtbar. In Oralansicht „podial cup“ breit muldenförmig, „articulating nose“ weit (nach innen) vorspringend; Oralkante stumpf.

Die Abb. auf Taf. 2 Fig. 7 zeigt eine extrem dicke Lateralplatte von abweichendem, trapezförmigem Seitenumriß und, in Apicalansicht gesehen, breit keilförmigem Proximalende; in Anlehnung an KESLING (1969: Abb. 1) als 1. *Adambulacrale* (= Ad 1 der Abb. 2 in vorliegender Arbeit) gedeutet. Diese Interpretation ist zweifellos stark hypothetisch.

Maße der abgebildeten Stücke:

Taf. 2 Fig. 3, SMF XX 96: Länge = 0,61 mm, Höhe = 0,33 mm

Taf. 2 Fig. 4, SMF XX 97: Länge = 1,15 mm, Höhe = 0,57 mm

Taf. 2 Fig. 5, SMF XX 98: Länge = 1,39 mm, Höhe = 0,96 mm

Taf. 2 Fig. 6, SMF XX 99: Länge = 1,65 mm, Höhe = 1,21 mm

Taf. 2 Fig. 7, SMF XX 100: Länge = 1,09 mm, Höhe = 0,75 mm

Vorkommen (Einzelheiten s. 2.3.): Ungefähr 80 Stücke aus dem Rohr-Horizont der Junkerberg-Schichten (Eifel-Stufe) vorliegend; bei einem Einzelfund aus dem Wachtberg-Horizont der Loogh-Schichten (Givet-Stufe) könnte es sich um dieselbe „Form“ handeln.

2.4.5. Lat-1/Form C (Taf. 3 Fig. 4)

Lateralplatten in Seitenansicht abgerundet rechteckig. Apicalrand nur wenig konvex, disto-apical eingekerbt; Kerbe nicht allzu tief, proximale Seite steiler ver-

laufend als die distale. Oralrand in der Mitte schwach konkav. Proximal- und Distalrand breit gerundet, ersterer beim abgebildeten Exemplar (Taf. 3 Fig. 4) nach oben hochgezogen. Auf der Außenseite vor dem Distalrand eine nicht sehr deutliche Kante, distaler „slope“ ebenfalls vergleichsweise schwach; auf der Kante mehrere (vermutlich fünf) Stachelnarben; proximale Eindellung beim abgebildeten Stück flach. In Innenansicht distale Abplattung deutlich; proximo-orale „nose“ flach, (soweit bekannt) ein wenig vom Oralrand nach oben abgesetzt. In Oralansicht Platten nur schwach (nach außen konvex) gebogen, Oralkante vermutlich nicht allzu scharf.

Maße des abgebildeten Stückes:

Taf. 3 Fig. 4, SMF XX 136: Länge = 1,24 mm, Höhe = 0,76 mm

Vorkommen (Einzelheiten s. 2.3.): Nur wenige, schlecht erhaltene Ossikeln aus dem Binz-Horizont der Dreimühlen-Schichten (Givet-Stufe) vorliegend.

2.4.6. Lat-1/Form D (Taf. 3 Fig. 3)

Lateralplatten in Seitenansicht gestreckt rechteckig; Apical- und Oralrand kaum merklich konvex, annähernd parallel zueinander verlaufend; Proximal- und Distalrand stumpf; Ecken eng bis gut gerundet; Apicalrand mit distaler Einkerbung; Kerbe nicht sehr deutlich, proximale Seite steiler als die distale. In Außenansicht vor dem Distalrand eine scharfe, distalwärts konvex gebogene Kante mit steilem distalem „slope“, ohne erkennbare Stachelnarben; proximale Eindellung deutlich. In Innenansicht distale Abplattung gleichfalls markant; proximo-orale „nose“ ziemlich groß, abgeflacht, Abstand vom Oralrand gering. Die Oralansicht zeigt die nur sehr geringe Längsbiegung der Platten, die große und flache proximo-orale Gelenkung, die deutliche Lateralkante sowie die zugeschärfte Oralkante; Lateral- und Oralkante nicht miteinander in Verbindung tretend.

Maße des abgebildeten Stückes:

Taf. 3 Fig. 3, SMF XX 153: Länge = 0,79 mm, Höhe = 0,48 mm

Vorkommen (Einzelheiten s. 2.3.): Bisher nur wenige Stücke vorliegend, sämtlich aus den Refrath-Schichten (F 2a) der Paffrather Mulde (Bergisches Land).

2.4.7. Lat-1/Form indet.

Außer den unter 2.4.3. bis 2.4.6. beschriebenen Lat-1 liegen sowohl aus Vorkommen der Eifel- als auch der Givet-Stufe (s. bei 2.3.) noch einige schwer zu beurteilende Lateralplatten desselben Bautyps vor. Die meisten sind infolge schlechter Erhaltung nicht näher bestimmbar. Bei den Lat-1, SMF XX 61—62 aus Proben der unteren Eifel-Stufe (Br 551: Lauch-Schichten, Br 538: Untere Nohn-Schichten) könnte es sich um einen weiteren, hier noch nicht erwähnten Formen-Typ handeln; das mäßige Material läßt aber einen sicheren Schluß nicht zu. Es handelt sich dabei um vergleichsweise kleine und dicke Platten, subquadratisch in Seitenansicht und ohne erkennbare Stachelnarben auf der Außenfläche.

2.4.8. ME-1 (Taf. 1 Fig. 7)

Munddeckstück in Seitenansicht trapezförmig, apicale Kante länger als die orale, distales Ende höher als das proximale. Auf der Radialseite etwas unterhalb der Mitte eine schmale, proximalwärts aushebende Furche (Ambulacralrinne); oralwärts von dieser, durch eine schmale Rippe von der Ambulacralrinne getrennt, eine weitere schmale Furche; zentralapical eine längliche Grube (Podialgrube), adradiale Flanke der Grube niedrig, konkave Kante am proximalen Ende bis nahe an den Apicalrand heranreichend; interradiale Begrenzung durch die apicale Kante; am proximalen Ende der Grube eine Durchbohrung (Porus, p1); disto-apical Ossikel zum Distalrand hin abgeschrägt (? radiale Gelenkfläche). Auf der Interradialseite disto-oral eine proximal- und oralwärts aushebende, oben (apicalwärts) rinnenartig eingetiefte Furche; am proximalen Ende, unterhalb der Mitte, eine proximal- und oralwärts auskeilende Kerbe, apicalwärts flankiert von einem zahnartigen Fortsatz; apicales-distales Muskelfeld vergleichsweise groß, auf einer zum Distalrand verlaufenden Abschrägung liegend.

In Oral- und Apicalansicht Ossikel plattenförmig, proximales Ende gerundet, distales Ende radialwärts keilförmig ausgezogen; Keil asymmetrisch, interradiale Flanke größer und etwas flacher verlaufend als die radiale, Spitze des Keils daher gegen die Radialseite verschoben. In Oralansicht adradiale-orale Rinne sowie disto-orale Furche und proximale Kerbe deutlich; orale Kante ziemlich scharf, gegen die interradiale Seite konvex gebogen. Podialgrube in Apicalansicht proximalwärts rinnenartig eingetieft; Apicalkante gerundet.

Maße des abgebildeten Stückes:

Taf. 1 Fig. 7, SMF XX109: Länge = 1,21 mm, Höhe = 0,91 mm

Vorkommen (s. bei 2.3.): Es liegt nur ein einziges Stück aus dem Rohr-Horizont (Junkerberg-Schichten, Eifel-Stufe) der Sötenicher Mulde vor.

2.4.9. ME-2 (Taf. 4 Fig. 8—9)

Munddeckstücke in Seitenansicht von rautenförmiger Grundgestalt, mit hohem, dreieckigem apicalem „Zahn“ und vergleichsweise schwächerem oralem Fortsatz, gerundetem proximalem und \pm keilförmigem distalem Ende. Auf der Radialseite im Zentralfeld zwei längsgerichtete rinnenartige Vertiefungen, getrennt bzw. umrahmt von schmalen Leisten; im apicalen Fortsatz eine subzentrale Durchbohrung (? in Anlehnung an Hess 1962: Abb. 48 als „Eintrittsstelle des vom Wassergefäßring entspringenden Zweiges, welcher sich im Inneren des ambulacralen Teils des Munddeckstückes in die beiden das erste und zweite Füßchen versorgenden Äste spaltet“ deutbar); davor (distal) ein weiterer Porus (p1?); im oralen Fortsatz ebenfalls eine Durchbohrung (p2?). Auf der Interradialseite vor dem keilförmigen distalen Ende eine Grube (Muskelfeld?).

In Oral- und Apicalansicht Ossikeln \pm keilförmig, größte Dicke beim apicalen „Zahn“. Taf. 4 Fig. 8d und Fig. 9 zeigen die Durchbohrungen der Apicalfläche; Fig. 8c die sich vom Porus proximalwärts erstreckende Furche (Ambulacralrinne), auf der interradialen Seite flankiert vom oralen Fortsatz, sowie die distale Muskelgrube.

Maße der abgebildeten Stücke:

Taf. 4 Fig. 8, SMF XX 90 : Länge = 1,20 mm, Höhe = 0,93 mm

Taf. 4 Fig. 9, SMF XX 110: Länge = 1,19 mm, Höhe = 0,53 mm

Vorkommen (Einzelheiten s. bei 2.3.): Mehr als 40 ME-2 vorliegend. Die meisten Stücke kommen aus dem Rohr-Horizont (Junkerberg-Schichten, Eifel-Stufe) der Sötenicher Mulde (quantitativ ausgelesene Proben Br 105/2b und 3d), die restlichen aus dem Binz-Horizont (Dreimühlen-Schichten, Givet-Stufe) der Prümer Mulde sowie aus den Refrath-Schichten (F 2a) der Paffrather Mulde.

2.4.10. Sk-dub (Taf. 3 Fig. 1—2)

Aus drei Vorkommen (s. u.) liegen etwa 20 Ossikeln vor, bei denen es sich unseres Erachtens um Ambulacalkörper von Echinodermen handelt. Die meist schlanken Ossikeln zeigen auf der einen Seite (Medialseite) eine deutliche, sehr an die Ambulacralrinne der Amb-1 erinnernde Furche, auf der Gegenseite (Lateralseite) eine Durchbohrung (Porus), flankiert von zwei breiten und hohen (apicalen?) „Muskelzapfen“. Gelenkzapfen sind nicht zu beobachten. Obwohl der allgemeine Bauplan für eine Interpretation als Elemente von Ophiuren (Oegophiurida) spricht, läßt sich eine solche nicht beweisen.

Maße der abgebildeten Stücke:

Taf. 3 Fig. 1, SMF XX 112: Länge = 0,75 mm, Höhe = 0,68 mm

Taf. 3 Fig. 2, SMF XX 113: Länge = 0,86 mm, Höhe = 0,64 mm

Vorkommen (Einzelheiten s. bei 2.3.): Etwa 20 Ossikeln des beschriebenen Bautyps vorliegend, aus dem Rohr-Horizont (Junkerberg-Schichten, Eifel-Stufe) der Sötenicher Mulde, dem Binz-Horizont (Dreimühlen-Schichten, Givet-Stufe) der Prümer Mulde sowie Refrath-Schichten (F 2a) der Paffrather Mulde.

2.5. Taxonomische Schlußfolgerungen

2.5.1. Bewertung der Skelettelemente

Die taxonomische Verwendbarkeit von Ophiuren-Elementen ist im allgemeinen begrenzt; MORTENSEN (1938: 342) hält diese sogar für „gewöhnlich ganz unbestimmbar“. Gründe hierfür sind einmal die Ausbildung sehr ähnlicher Ossikeln bei verschiedenen Arten, Gattungen und selbst Familien, zum anderen die oftmals bedeutenden Unterschiede zwischen proximalen und distalen Elementen bei einzelnen Arten — wenn nicht auffällige Skulpturen, wie bei Außenflächen von Lateralplatten, diese Schwierigkeiten überbrücken helfen (HESS 1962: 600). Bei fossilen Materialien kommt hinzu, daß in der Regel die für einen Vergleich mit rezenten oder auch fossilen Arten wichtigen Merkmale infolge diagenetischer Veränderungen bzw. unterschiedlicher Mineralisation und Erhaltung nicht mehr beobachtbar sind. Fehlende Detailbeobachtungen machen die Entscheidung, ob isolierte Ossikeln bereits beschriebenen, auf im anatomischen Zusammenhang überlieferte Tiere begründete Arten zuzuordnen sind, oft unmöglich. Erschwerend tritt hinzu, daß die Systematik sowohl der rezenten als auch der fossilen Ophiuren immer noch unbefriedigend ist (s. HYMAN 1955: 645, KAESTNER 1963: 1209, 1362; HESS 1960a: 376, 1960b: 387, KESLING 1969: 38, 1970: 74).

Am wenigsten brauchbar für systematische Zwecke scheinen von den überhaupt als Ophiuren-Elemente sicher ansprechbaren Skelett-Teilchen die Ambulacralia zu sein. MORTENSEN (Zitat von WOLBURG 1939: 39) hält das Studium fossiler Ophiuren-Wirbel „überhaupt nur bei Vergleich mit einer großen Anzahl rezenter Ophiuren für fruchtbar“. Auch RASMUSSEN (1951) reichen isolierte Wirbel zur Bestimmung von Gattungen oder gar Arten nicht aus. Er widerspricht A. H. MÜLLER (1950), der eine Anzahl neuer Taxa (Arten und auch Gattungen) glaubte auf diese Elemente begründen zu können. HESS (1960b, 1962) stimmt RASMUSSEN zu; für ihn kommen isolierte Ophiuren-Wirbel „nur in Ausnahmefällen als Basis von Arten in Frage“ (1962: 600). In unserem konkreten Falle lassen sich mit Hilfe isolierter Ambulacralia mit Sicherheit sogar nur Ordnungen auseinanderhalten.

Am ehesten geeignet zur Trennung von Arten dürften die Lateralplatten sein. RASMUSSEN (1951) mißt ihnen zuweilen spezifischen Wert bei; HESS (1960b: 388) hält die Schaffung neuer Arten dann für zulässig, wenn „mindestens Wirbel und Lateralschilder . . . sicher kombiniert werden können“, wobei (HESS 1962: 599) „die proximalen Schilder am brauchbarsten sind“. Wichtige Merkmale sind nach HESS (1962: 600–601): Dicke und Krümmung der Schilder, Ausbildung und Skulptur der Außenfläche, Umrisse in Apical- und Oralansicht, Ausbildung, Lage und Anzahl der Stachelwarzen sowie die Beschaffenheit der Innenfläche. Die von HESS gezogenen Schlußfolgerungen beziehen sich auf „moderne“ Ophiurida des Mesozoikums, dürfen sicher aber auch auf „altertümliche“ paläozoische Oegophiurida übertragen werden. Von dieser Ordnung kommen in unserem Material verschiedene „Formen“ von Lateralplatten vor, die Hinweise auf Familie und Gattung geben und womöglich mehreren Arten angehören.

Der taxonomische Wert von Mundeckstücken wird sehr gemindert durch die Erfahrung, daß „es selten gelingen wird, diese Elemente sicher mit den Lateral Schildern und Wirbeln zu kombinieren“ (HESS 1962: 601). Zur Trennung von Ordnungen scheinen sie aber auch dann brauchbar (HESS 1962: 602).

2.5.2. Einordnung der vorliegenden Funde

Kombinationen und taxonomische Zuordnungen der uns vorliegenden Ophiuren-Ossikeln haben wegen der im vorigen Kapitel aufgezeigten Schwierigkeiten mit großer Vorsicht zu geschehen. Die folgenden Deutungen scheinen uns vertretbar.

Die vergleichsweise großen, unverschmolzenen, jeweils aus einem linken und einem rechten Ambulacrale (Halbwirbel) zusammengefügt Wirbel mit relativ schwacher Gelenkung und deutlicher adaxialer oraler Rippe („oral boot-leg“, „Ambulacralschaft“) (= Amb-1 der vorliegenden Arbeit) weisen mit Sicherheit auf die Ordnung Oegophiurida MATSUMOTO 1915 hin. Die sinusförmige mediane Kontaktlinie deutet ein Alternieren der Ambulacralen an, was eine Einordnung bei der Unterordnung *Lysophiurina* GREGORY 1897 zur Folge hätte. Bei gegenständiger („opposite“) Anordnung der Ambulacralia müßte ein Anschluß bei der Unterordnung *Zeugophiurina* MATSUMOTO 1929 erfolgen. Die Ausbildung der vorliegenden Lateralplatten (s. nächsten Abschnitt) spricht aber unseres Erachtens gegen eine solche Zugehörigkeit.

Die vorliegenden Adambulacralia, sämtlich schildförmige Platten mit adaxialer Gelenkung („oral nose“) (= Lat-1 der vorliegenden Arbeit) lassen sich nur mit den im vorigen Kapitel diskutierten Amb-1 (Oegophiurida, Lysophiurina) kombinieren (s. Rekonstruktionsversuch, Abb. 2). Bei den quantitativ ausgewerteten Proben (Br 105/2b, Br 105/3d), die jeweils nur Lateralplatten einer „Form“ erbrachten, erscheint auch gesichert, daß die ausgelesenen Ambulacralia (Amb-1, Taf. 1 Fig. 1—6, Taf. 2 Fig. 1—2) und Adambulacralia (Lat-1/Form B, Taf. 2 Fig. 3—7) ein und derselben Art angehören. Folgt man SPENCER & WRIGHT (1966: U86), so weisen Schildform, adaxiale Gelenkung und die äußere transversale Rippe („vertical ridge bearing short or long spines“) auf die Familie Protasteridae MILLER 1889 hin.

Bei den Adambulacralia Lat-1/Form B ist der adaxiale Gelenkfortsatz angenähert kugelförmig und der proximo-orale Kante sehr genähert. Dies sollte für eine Zugehörigkeit zu *Protaster* FORBES 1849 (oder auch *Eugasterella* SCHUCHERT 1914; s. hierzu die Anmerkung bei KESLING 1969: 38) sprechen. Die stumpfe orale Kante, frei von Stachelnarben, und die bestenfalls schwache Bestachelung der wenig entwickelten Lateralrippe stützen nach SPENCER (1934b: 456) diese gattungsmäßige Zuordnung. Nicht in Einklang hiermit scheinen allerdings die großen apicalen-proximalen und apicalen-distalen Muskelfelder der zugehörigen Amb-1 zu stehen. Eine ausgeprägte apicale Längsmuskulatur der Arme ist vielmehr kennzeichnend für *Taeniaster* BILLINGS 1858 und *Drepanaster* WHIDBORNE 1898; die Seitenplatten dieser beiden, einander nahestehenden Gattungen tragen aber deutliche orale und laterale Stacheln, wobei die Furchenstacheln entlang einer scharfen, sichelförmig nach außen gebogenen Oralkante (SPENCER 1934b: 484) bzw. Oralfurche (KESLING 1970: 76) stehen.

Die restlichen, in vorliegender Arbeit behandelten Lateralplatten, Lat-1/Form A, Lat-1/Form C und Lat-1/Form D (Taf. 3 Fig. 3—5), zeigen eine Ausbildung der adaxialen „articulating nose“, wie sie nach SPENCER & WRIGHT (1966: U87) typisch für *Bohemura* JAEKEL 1903 sein soll: „plain, distant from oral edge“. Bei diesem Genus sind jedoch, wiederum nach SPENCER (1934b: 472), kräftige Furchenstacheln entwickelt, ähnlich wie bei *Taeniaster* und *Drepanaster*.

Nicht nur die z. T. erheblichen Altersunterschiede (s. bei 2.6.) sprechen dafür, daß es sich bei den in vorliegender Arbeit anhand der Lateralplatten unterschiedenen Form-Typen auch um selbständige Arten handeln könnte. Voraussetzung für eine zweifelsfreie Entscheidung ist aber der gesicherte Nachweis von proximalen Schildern, denn nur diese besitzen nach HESS (s. bei 2.5.1.) überhaupt spezifisches Gewicht, überdies in vorzüglicher Erhaltung, die auch das Erkennen von weniger auffälligen Besonderheiten, insbesondere bei der Skulptur, erlaubt. Ob dies möglich sein wird, müssen zukünftige Untersuchungen zeigen. Im Zweifelsfalle ist das Vorliegen von noch im anatomischen Zusammenhang befindlichen Skeletten abzuwarten.

Fürs erste ergibt ein Vergleich von mutmaßlich proximalen Elementen folgende gut faßbare Unterschiede: „Form A“ (Taf. 3 Fig. 5) ist gekennzeichnet durch den eiförmigen Umriß, die kräftigen Narben der Flankenstacheln und die scharfe, sichelförmige Oralkante; „Form B“ (Taf. 2 Fig. 7) durch die nur andeutungsweise entwickelte, von Stachelnarben freie Vertikalkante, die orale Lage der „articulating

nose“ sowie die breite und stumpfe Oralfäche. „Form C“ (Taf. 3 Fig. 4), rechteckig im Seitenumriß wie „Form B“ und „Form D“, hat wieder, allerdings weniger deutlich als bei „Form A“, Stachelnarben auf der Lateralkante; „Form D“ (Taf. 3 Fig. 3) bleibt am kleinsten, Oral- und Vertikalkante schärfer ausgebildet als bei „Form C“.

Die Kombination des auf Taf. 1 Fig. 7 abgebildeten Mundeckstücks (= ME-1 in vorliegender Arbeit) mit den (allerdings aus derselben Probe stammenden) Bauelementen Amb-1 und Lat-1/Form B (s. Abb. 2) ist ziemlich hypothetisch. Für eine solche Möglichkeit spricht eigentlich nur die Ähnlichkeit des ME-1 mit Mundeckstücken von *Eugasterella thorni* KESLING 1969 (s. dortige Abb. 1) aus dem Mitteldevon (Arkona shale) von Ontario (N-Amerika).

Ein artlicher Vergleich der aufgefundenen Protasteriden(?)-Elemente mit bereits beschriebenen Spezies ist wegen der im vorigen Kapitel aufgezeigten Unsicherheiten und aus den eingangs geschilderten Gründen kaum möglich. Generelle Beziehungen, wenn auch loserer Art, mögen zu der bereits erwähnten *E. thorni* sowie zu *Drepanaster wrighti* KESLING 1970 (ebenfalls Arkona shale) bestehen. Für einen Vergleich mit „Form A“ kommt womöglich *Bundenbachia?* n. sp.? GRABERT & GRABERT 1965 aus den Odershausen-Schichten des Bergischen Landes in Betracht. Diese ist etwa gleich alt wie der uns vorliegende Fund aus Freilingen-Schichten. Der von GRABERT & GRABERT (1965: 192) beschriebene „Hauptstachel . . . an der vorderen Ecke des Adambulacralrandes“ könnte dem ziemlich oral gelegenen Lateralstachel der „Form A“ entsprechen (s. Taf. 3 Fig. 5c).

Bei den vergleichsweise kleinen und zarten Wirbeln mit zygophiuroider Gelenkung, aus miteinander verschmolzenen gegenständigen Ambulacralia bestehend, handelt es sich zweifelsfrei um Skelettelemente der Ordnung Ophiurida MÜLLER & TROSCHEL 1840. Besonderheiten, die eine Trennung des aus Schichten recht unterschiedlichen Alters (Eifel- bis Frasn-Stufe) stammenden Materials erlauben würden, konnten nicht beobachtet werden — waren auch, falls ursprünglich überhaupt vorhanden, bei der durchweg mäßigen Erhaltung der Stücke nicht zu erwarten. Bei den von BLESS & SÁNCHEZ DE POSADA (1971: Taf. 1 Fig. 12—13) aus dem Oberkarbon von N-Spanien abgebildeten Exemplaren handelt es sich offensichtlich noch um denselben Wirbeltyp.

Aus dem Variscischen Gebirge bislang bekannt gewordene Ophiurida gehören sämtlich der Familie Ophiurinae GREGORY 1897 (sensu SPENCER & WRIGHT 1966) an. Es liegt daher nahe, daß es sich auch bei den im vorigen Abschnitt erwähnten Funden um einen (oder mehrere) Vertreter dieser Familie handelt. Ophiurinae wurden beschrieben aus dem Unterdevon (s. auch Kap. 3 der vorliegenden Arbeit), dem Oberdevon (s. Kap. 4) sowie aus unterkarbonischen Ablagerungen (s. Kap. 5). Die vorliegenden Funde wären der erste Nachweis im Mitteldevon. Gesichert ist aber diese Vermutung keineswegs. Denn außer Skelettelementen, für die eine Interpretation als Mundeckstücke von Ophiuren (= ME-2 der vorliegenden Arbeit) möglich erscheint (freundl. schriftl. Mitt. durch Dr. H. HESS-DISTELI vom 22. 5. 1972), ließen sich keine Ossikeln identifizieren, die mit den Amb-2 kombinierbar wären. Es konnten weder Lateralplatten noch die für die Familie Ophiurinae bezeichnenden Marginal-Elemente der Körperscheibe (Stäbe: *Ophiurina* STÜRTZ 1890, Unterdevon; Platten: *Ophiaulax* UBAGHS 1941, *Stephanoura* UBAGHS 1941, Oberdevon; wulstartige Verdickung: *Silesiaster* SCHWARZBACH & ZIMMERMANN 1936, Unterkarbon)

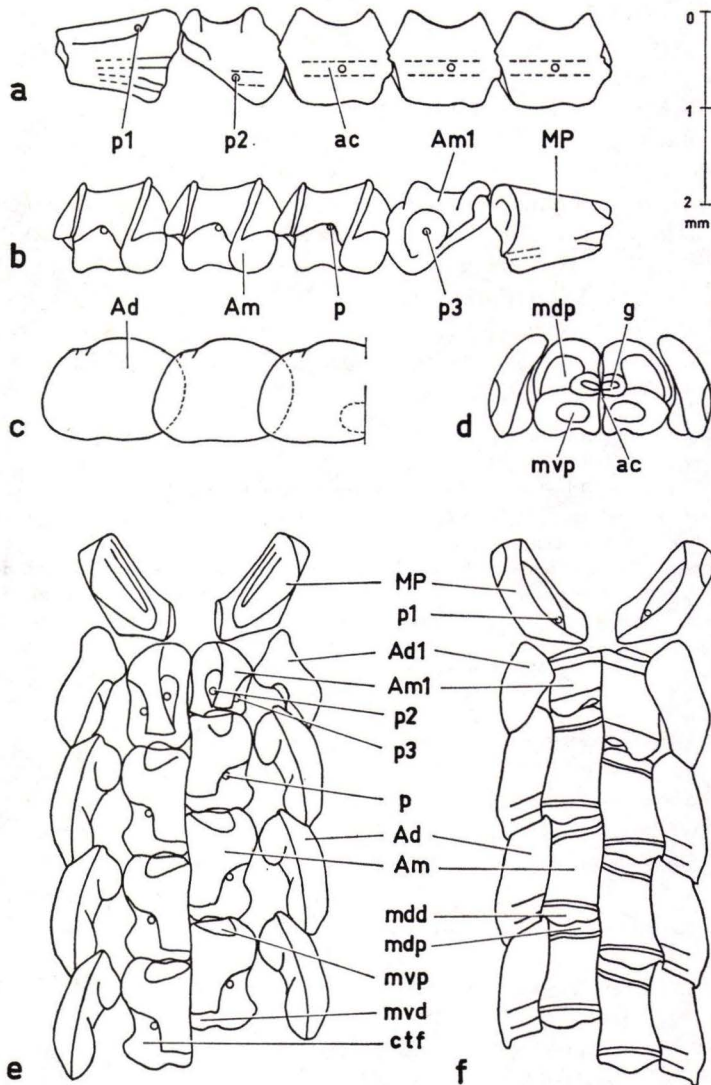


Abb. 2. Versuchsweise Rekonstruktion des proximalen Armbereichs eines Protasteriden (?) mit Hilfe von isolierten Skelettelementen, abgebildet auf Taf. 1–2. Insbesondere Mundregion hypothetisch, in Anlehnung an KESLING (1969: Abb. 1).

Abkürzungen (Terminologie zum allgemeinen Verständnis in Anlehnung an die englischsprachige Literatur):

Ossikeln: MP (mouth-angle plate) = Mundeckstück, Am (ambulacral) = Ambulacrale, Am1 (first ambulacral) = 1. Ambulacrale, Ad (adambulacral) Adambulacrale, Lateralplatte; Ad1 (first adambulacral) = 1. Adambulacrale.

Interambulacral-Muskulatur: mdp (proximal dorsal muscle) = apicales-proximales Muskelfeld,.mvp (proximal ventral muscle) = orales-proximales Muskelfeld, mdd (distal dorsal muscle) = apicales-distales Muskelfeld, mvd (distal ventral muscle) = orales-distales Muskelfeld.

Ambulacralsystem: ac (ambulacral channel) = Kanal für das radiäre Wassergefäß, p (pore) = Porus; p1, etc. (first pore, etc.) = 1. Porus, usw.; ctf (cup for tube feet) = Podialgrube.

Ansichten: a) medial, b) lateral, c) Lateralplatten von außen, d) proximal, e) oral, f) apical.

entdeckt werden, auch nicht in den an Echinodermen-Resten ziemlich reichen, quantitativ ausgelesenen Proben vom Fundpunkt Wilhelmshöhe (Br 105). Denkbar wäre somit auch eine Zugehörigkeit zur Familie Ophiuridae LYMAN 1865 (sensu SPENCER & WRIGHT 1966). Im europäischen Raum konnte bisher von dieser Familie lediglich *Aganaster* MILLER & GURLEY 1890 im Unterkarbon von Schottland (s. SPENCER 1925: 287) nachgewiesen werden. Die für diese Gattung charakteristischen Radialschilder fehlen aber ebenfalls in unserem Material. Vielleicht gehört auch *Syntomospora* aus dem Upper Pennsylvanian von N-Amerika, von MORRIS, ROLLINS & SHAAK (1973: 473) mit ? zu den Ophiurinae gestellt, in die Nähe von *Aganaster*.

Das völlige Fehlen von (mit den Amb-2 kombinierbaren) Lateralplatten überrascht; ähnliches war aber offensichtlich auch schon WELLER (1930: 2) widerfahren. Zu erwarten waren unschwer identifizierbare Elemente (vgl. die Abb. bei HESS 1960b, 1962), weitaus zahlreicher (theoretisch zweimal häufiger) als die zugehörigen Wirbel. Im fossilen Beispiel schwankt diese Relation sehr; HESS (1962: 620f.) konnte eine Verschiebung des Verhältnisses bis zum Vierzigfachen zugunsten der Lateralplatten beobachten, wogegen WOLBURG (1939: 22) bei seinem (ebenfalls jurassischem) Material am häufigsten „naturgemäß die Wirbel, dann die Seitenschilder und Mundeckstücke“ fand. — Die ursprünglich von STÜRTZ (1890: 232) vertretene, auf einer Fehlinterpretation des Arm-Skeletts von *Ophiurina lymani* beruhende Annahme, daß „Lateralschilder fehlen“ oder „erst nachträglich mitsamt der Hauthülle verloren gegangen sein“ könnten, wurde von SPENCER (1925: 284, 289) widerlegt. Derselben Täuschung wie STÜRTZ waren wohl auch SCHWARZBACH & ZIMMERMANN (1936: 438) bezüglich des Armbaus von *Silesiaster longivertebralis* erlegen (s. bei 5.2. der vorliegenden Arbeit). Auch bei unserem Material darf von der Annahme ausgegangen werden, daß Lateralplatten ursprünglich vorhanden waren. Vermutlich waren in unserem Falle diese Elemente (wie auch solche der Körperscheibe) überaus zart und noch zerbrechlicher als die zugehörigen Wirbel und wurden infolge Wasserbewegung (s. hierzu bei 2.7.) noch vor der Einbettung zerstört (vgl. hierzu SCHÄFER 1962: 113—114). Einen Ausfall der Lateralplatten infolge Frachtsonderung möchten wir ausscheiden. Das Vorliegen von Skelettresten verschiedenster Herkunft und unterschiedlichster Größe und Form in ein und derselben Probe spricht unseres Erachtens gegen eine solche Deutung. Tatsächlich treten bei den zweifellos recht robusten Lat-1 (s. Taf. 2 Fig. 3—7) auch Platten von sehr unterschiedlicher Größe zusammen auf. Diese können von verschiedenen Armpositionen (proximal-distal) aber auch von Individuen unterschiedlichen Alters (adult, juvenil) stammen.

2.6. Biostratigraphische Bedeutung

Ophiuren werden oft pauschal als Fazies-Fossilien ohne Leitwert abgetan. HESS indessen gelangt bei seinen detaillierten Studien an mesozoischen Ophiurida zu differenzierteren Vorstellungen und stellt (1962: 607) fest, es könne „nicht ohne weiteres behauptet werden, daß alle Ophiuren als Zeitmarken unbrauchbar seien“.

Von den uns isoliert vorliegenden Ophiuren-Ossikeln können stratigraphische Aussagen aus bereits diskutierten Gründen (s. bei 2.5.1.) nur von den Lateralplatten (Lat-1) erwartet werden. Wegen der noch ungenügenden Kenntnis der Materie, bedingt durch vorerst geringe Probendichte und meist mäßiges Material sowie durch Unsicherheiten hinsichtlich des taxonomischen Gewichts der Form-Typen, dürfen stratigraphische Schlußfolgerungen allerdings nur mit großer Vorsicht und unter Vorbehalten gezogen werden.

Aus der Materialliste (s. bei 2.3.) läßt sich für die verschiedenen „Formen“ der Lat-1 folgende, \pm vorläufige Verbreitungsdauer erkennen:

Lat-1/Form A wurden aus nahezu der gesamten Eifel-Stufe (tiefere Untere Nohn-Schichten bis höhere Ahrdorf-Schichten, Freilingen-Schichten) bekannt. Gleichfalls noch in der Eifel-Stufe, in hohen Junkerberg-Schichten, erscheinen die Lat-1/Form B, um vermutlich bis in die Givet-Stufe (Loogh-Schichten) hinaufzureichen. Bei den Lat-1/Form C aus der höheren Givet-Stufe (Dreimühlen-Schichten) und den Lat-1/Form D aus der mittleren Frasne-Stufe (Refrath-Schichten) handelt es sich um Einzelnachweise aus stratigraphisch weit voneinander entfernten Vorkommen.

Die insgesamt sechs Vorkommen mit Lat-1/Form A zeigen z.T. recht unterschiedliche Fazies. Vorausgesetzt, alle Funde dieses Form-Typs wären auf ein und dieselbe Spezies zu beziehen (s. hierzu bei 2.5.2.), so würde eine zwar recht verbreitete und wenig faziesempfindliche, aber auch langlebige Art mit nicht allzu hohem, \pm die gesamte Eifel-Stufe betreffendem Leitwert vorliegen.

2.7. Paläökologische Erörterungen

Die rezenten Ophiuren besiedeln fast ausschließlich marine Böden, nur wenige Arten dringen in brackisches Milieu ein. Man findet sie zwischen äquatorialen und subpolaren Breiten, in der Flachsee wie auch im tieferen Wasser, sogar unterhalb 4000 m (bis 6800 m nach KAESTNER 1963: 1356) werden noch einzelne Schlangensterne-Arten angetroffen. Sie leben auf dem Substrat — kriechend auf Sand- und Hartböden mit Hilfe von Stemm- und Schlangeltechniken, seltener auf den Füßchen schreitend, bzw. kletternd auf Pflanzen, Schwämmen, Korallen oder anderen Echinodermen — oder eingegraben bis zu 10 cm Tiefe (FELL 1966: 134, 138; FECHTER 1970: 398) in Sand oder Schlick, wobei mitunter nur die besonders flexiblen Armspitzen freibleiben. Einige Spezies vermögen sogar kurze Strecken zu schwimmen. Ein Teil der Arten ist streng faziesgebunden, andere vermögen in \pm weiten Grenzen zu leben (s. FECHTER 1970: 407—408). Der Nahrungsbedarf der Ophiuren ist groß (ÜBCKÜLL nach REICHENSPERGER 1934: 438), die Technik des Nahrungserwerbs vielfältig. Das Spektrum reicht vom Allesfresser, über Arten mit mehreren, je nach den herrschenden Umweltbedingungen eingesetzten Techniken (FECHTER 1970: 396) bis zum extrem angepaßten Nahrungsspezialisten. Man kann unterscheiden räuberische oder detritusfressende Weidegänger, Filtrierer, Suspensions- und Sedimentfresser, Planktonfänger oder -fischer (nähere Angaben z. B. bei FELL 1966: 132—135, FECHTER 1970: 396—399, KESLING & LE VASSEUR 1971: 377).

Nach dem Tode zerfallen die Ophiuren-Skelette normalerweise sehr rasch und die Einzelteile werden zerstreut. Da ein Auftreiben von Ophiuren-Leichen unmöglich ist (SCHÄFER 1962: 113), können nur Einzelstücke, nach SCHÄFER über weite Strecken, verdriftet werden. An der Verfrachtung beteiligen sich auch verschiedene Fischarten, die Schlangensterne regelmäßig als Nahrung aufnehmen (SCHÄFER 1962: 112). Aussicht auf vollständige Überlieferung haben nur Exemplare, die nach dem Tode rasch mit Sediment eingedeckt wurden, bzw. im Sediment abgestorbene Endobionten. Abtöten und Eindeckung gehen oft Hand in Hand durch (z. B. bei Schlechtwetterlagen) plötzlich einsetzende vermehrte Sedimentüberdeckung, wobei nach SCHÄFER

(1962: 113) bereits 5 cm ausreichen. Viele Massensterben von Ophiuren dürften so zu erklären sein. Eine weitere, unabdingbare Voraussetzung für eine Überlieferung vollständiger Skelette ist, daß die in Frage kommenden Sedimente für „alle Zeiten“ (SCHÄFER 1962: 111) liegen bleiben, d. h. nicht durch Strömungen oder Wellenschlag umgelagert bzw. durch Organismen verwühlt werden.

Das Eifeler Mitteldevon-Meer war nach STRUVE (1961a, 1963) ein warmes Flachmeer mit vorwiegend karbonatischer-feinklastischer Sedimentation (s. hierzu auch WINTER, in BECKER, KULLMANN & VOGEL 1974), reich an riff- bis rasenartigen biogenen Bildungen. Verbreitete Strömungen und Wellenschlag bewirkten eine fortwährende Umlagerung der Sedimente; ein reiches Bodenleben hatte intensive Bioturbation zur Folge. Dies erklärt, daß trotz jahrelanger und z. T. sehr detaillierter Durchforschung bisher noch kein vollständig erhaltenes Ophiuren-Exemplar im Eifeler Mitteldevon gefunden wurde, schließt aber nicht aus, daß eine gezielte Nachsuche, insbesondere in gröberen Sedimenten, die nach SCHÄFER (1962: 113) besonders günstige Erhaltungsbedingungen für Ophiuren bieten, eines Tages doch noch zum Erfolg führen könnte.

In diesem Zusammenhang seien einige Beobachtungen bezüglich Erhaltung und Vorkommen des Echiniden *Lepidocentrus muelleri* mitgeteilt. Von dieser Art konnte bisher im linksrheinischen kalkig-mergeligen Mitteldevon, obwohl isolierte Täfelchen in einzelnen Niveaus (*Lepidocentrus*-Mergel) gar nicht selten sind, nur ein einziges größeres Gehäuse-Bruchstück, der Holotypus von SCHULTZE (1867: Taf. 13 Fig. 1), gefunden werden, während aus der rechtsrheinischen sandig-tonigen Fazies des Mitteldevons vergleichsweise reichere derartige Funde vorliegen (s. HAFFER & JENTSCH 1962: 77, 79).

Die uns vorliegenden Einzelelemente konnten als Reste von Ophiurida bzw. Oegophiurida interpretiert werden. Weitergehende Klassifizierungen, d. h. Einordnungen in bestimmte untergeordnete systematische Kategorien (Gattungen, Arten) waren nicht möglich, da Skelettverbände nicht rekonstruiert werden konnten, — Abb. 2 der vorliegenden Arbeit stellt ausdrücklich lediglich einen vagen derartigen Versuch für das Material eines einzigen Fundpunktes dar. Detaillierte paläökologische Aussagen für einzelne Ophiuren-Faunen können somit nicht gemacht werden; gewagt werden lediglich einige Bemerkungen allgemeinerer Art, daran geknüpfte Schlußfolgerungen sind womöglich weitgehend spekulativ.

Viele Arten der rezenten Ophiurida, insbesondere die langarmigen, graben sich ein, und zwar so tief, daß nur noch die Armspitzen aus dem Boden ragen (FELL 1966: 134, 138; FECHTER 1970: 396). Dies könnte unseres Erachtens auch für die paläozoischen Ophiurinae zutreffen; das nahezu regelmäßige Fehlen der distalen Armtile bei im anatomischen Zusammenhang überlieferten Exemplaren von *Ophiurina* (s. die in vorliegender Arbeit abgebildeten Stücke) könnte durch eine solche Lebensweise bedingt sein. Aus dem Eifeler Mitteldevon können nur Ambulacralia (Amb-2) dieser Ordnung gemeldet werden. Die vergleichsweise zarten Wirbel mit zygophiuroider Gelenkung weisen auf einen schlanken und (insbesondere in horizontaler Richtung, s. UBAGHS 1941: 9) beweglichen Arm hin. Ob es sich hierbei wirklich um vergraben lebende Pipettierer oder Suspensionsfresser gehandelt hat, ist nicht zu beweisen. Ebenso gut könnte es sich um einen schnellen und beweglichen Weidegänger gehandelt haben.

Als einziger rezenter Vertreter der Oegophiurida wird *Ophiocanops* KOEHLER 1922 angesehen. Diese in indonesischen Gewässern vorkommende monospezifische Gattung lebt fest verankert parasitär auf Korallen. FELL (1962, zit. in FELL 1966: 134) zieht daraus den Schluß, daß Parasitismus an Korallen oder zumindest eine epizoische Lebensweise bei den altertümlichen Ophiuroidea verbreitet gewesen sei. SPENCER (1950: 394) hält die erdgeschichtlich alten Ophiuren hingegen für meist eingegraben lebende „deposit-feeders“.

Mit den uns bislang vorliegenden Oegophiurida-Teilen (Amb-1 und Lat-1) läßt sich kaum zu einer der oben dargestellten Ansichten begründet Stellung beziehen. Sicher erscheint lediglich, daß es sich (verglichen mit den mit ihnen vergesellschafteten Ophiurida) um recht plumpe Tiere gehandelt haben muß. Die ausgeprägte Interambulacral-Muskulatur weist auf eine gewisse Beweglichkeit der Arme hin, wegen der zapfenförmigen Gelenkung der Ambulacralia auch in vertikaler Richtung (= asteroid). Langsame Schreit- und Kletterbewegungen erscheinen somit möglich. Zumindest die mit Seitenstacheln bewehrten Formen dürften auf dem Substrat gelebt haben. Hierfür spricht womöglich auch das Fehlen von Oralstacheln. Nach DES ARTS (1910, zit. in HESS 1960a: 378) bilden nämlich vergraben lebende Schlangensterne häufig dicht stehende „groove spines“ aus zum Schutz des Ambulacralsystems gegen Verunreinigungen durch das den Arm umgebende Sediment. Orale, allerdings hakenförmige Stacheln hat aber auch der „korallophile“ *Ophiocanops*.

3. Nachweis von *Ophiurina* STÜRTZ im Unterdevon des Taunus

3.1. Vorbemerkungen

In der Echinodermen-Sammlung des Forschungs-Instituts Senckenberg, Frankfurt a. M., sind aus der Sammlung WEISSGERBER stammende Ophiuren-Reste hinterlegt, darunter ein als „*Ophiurina lymani*“ bestimmtes Exemplar aus der Unteremmsstufe von Grävenwiesbach, Taunus. Es handelt sich hierbei um den Abdruck der Oralseite einer (womöglich einer neuen Art angehörenden) *Ophiurina* auf einem grünlich-grauen, etwas glimmerhaltigen Siltstein. Über Lokalität und Fundjahr (1951) hinaus liegen keine näheren Angaben bezüglich der Fundumstände vor.

Das uns vorliegende Stück ist auch deshalb von besonderem Interesse, weil es sich um den Erstnachweis von *Ophiurina* STÜRTZ im Taunus bzw. um den zweiten Ophiuren-Fund aus diesem Gebiet überhaupt handelt. BENNER (1937) beschrieb aus \pm gleichaltrigen Gesteinen des benachbarten Blattes 5617 Usingen der TK 25 ein von G. SOLLE und ihm gesammeltes *Euzonosoma tischbeinianum* (F. ROEMER).

3.2. Fundort

Auf dem Begleitzettelchen ist als Fundpunkt angegeben: Steinbruch 900 m NNE Kirche Grävenwiesbach, Bl. Grävenwiesbach. Gemeint ist offensichtlich der alte Steinbruch unterhalb der in der Zwischenzeit erbauten Jugendherberge. Dieser Bruch wurde mit dem Geländeabraum dieses Bauvorhabens aufgefüllt (frdl. mündl. Mitt. von Präparator H. FUNK), die Fundschichten sind somit unzugänglich.

Die Geologische Karte (Bl. 3275 Grävenwiesbach, Lfg. 253) verzeichnet an der angegebenen Stelle Singhofen-Schichten (tug). Gemäß den zugehörigen Erläuterungen (SCHLOSSMACHER 1928: 12) handelt es sich hierbei um fossilarme Tonschiefer und sandige Schiefer der Unterems-Stufe mit Einlagerungen von plattigen Sandsteinen.

3.3. Beschreibung

Bei dem vorliegenden Ophiuren-Rest (SMF XX161a) handelt es sich um den Abdruck der Oralseite (Taf. 6 Fig. 1). Zur besseren Beurteilung des Skelettbaus wurden (nach dem in BECKER & LIPPMANN 1972 beschriebenen Verfahren) Positiv-Abdrücke (SMF XX161b, GPIF Ech 2/14) mit Fimo-Modelliermasse hergestellt.

Das Exemplar ist nicht vollständig erhalten; bei dreien der Arme (zwei benachbarte und der gegenübergelegene) fehlen offensichtlich nur die distalen Enden (Spitzen), von den übrigen beiden sind nur noch Stümpfe vorhanden. Die größte gemessene Spannweite beträgt 33 mm.

3.3.1. Körperscheibe

Die etwas deformierte Körperscheibe hat einen (gemittelten) Durchmesser von 10 mm. In jedem Interradialfeld liegen mehrere in der Scheibenebene nach außen konvex gebogene Marginalstäbe; deren genaue Anzahl (? 3), Form und Lage sind nicht beobachtbar. Außer den Randstäben scheinen keine weiteren Skelettelemente auf der Scheibenunterseite ausgebildet.

3.3.2. Mundapparat

Die Mundregion ist nur andeutungsweise zu erkennen. Einzelheiten betreffend Anzahl, Lage und Form der den Mundapparat bildenden Ossikeln bleiben daher unbekannt. Es könnte sich um eine ähnliche Konstruktion wie bei den Exemplaren auf Taf. 6 Fig. 3 und Taf. 7 Fig. 1–2 gehandelt haben.

3.3.3. Arme

Die Arme sind vergleichsweise (vgl. z.B. Taf. 6 Fig. 3) breit, lanzettförmig. Die größte Breite (bis nahezu 3 mm) wurde am Rand der Körperscheibe gemessen. Von dort werden die Arme zu den Spitzen hin allmählich, auf den Mund zu offensichtlich rascher schmaler.

Die Ambulacralia sind paarweise angeordnet, wahrscheinlich zu Wirbeln verschmolzen, vergleichsweise (vgl. z.B. Taf. 7 Fig. 1) kurz (etwa $\frac{1}{2}$ Armbreite), schmal: Ambulacralrinne, zumindest im proximalen Armteil ausgeprägt. Die Oralfäche der Adambulacralia (Lateralplatten) ist etwas schmaler als die der Ambulacralia, einen Winkel nur wenig größer 90° einschließend. Die Podialgruben sind, im Verhältnis zur Wirbellänge, sehr groß (vgl. hierzu das Stück, Taf. 6 Fig. 3). Die Anzahl der Armglieder bleibt innerhalb der Körperscheibe gering (soweit beobachtbar maximal drei); beim „freien“ Arm sind bis zu 14 Segmente erhalten.

3.4. Beziehungen

Die zu Wirbeln verschmolzenen Ambulacralia weisen eine Zugehörigkeit zur Ordnung Ophiurida MÜLLER & TROSCHEL 1840 aus. Die Ausbildung von Marginalstäben am Scheibenrand rechtfertigt eine Zuordnung zu *Ophiurina* STÜRTZ 1890 innerhalb der Familie Ophiurinae GREGORY 1897. Dem seinerzeit (vom Sammler?) vorgeschlagenen Anschluß an *O. lymani* STÜRTZ 1890 möchten wir jedoch nicht ohne weiteres zustimmen. Zwar scheint das vorliegende Exemplar eine sehr ähnliche Körperscheibe wie diese Art aufzuweisen, die Arme weichen jedoch in Umriß und Aufbau stark ab. *O. lymani* aus dem Hunsrückschiefer (Siegen- bis Unterems-Stufe) zeigt stets \pm peitschenförmige Arme (s. z. B. bei LEHMANN 1957: Taf. 23 Fig. 1—3 und OWEN 1965: Abb. 349, sowie in vorliegender Arbeit: Taf. 6 Fig. 3, Taf. 7 Fig. 1 bis 2). Die Lateralplatten sind bei der Art von STÜRTZ offensichtlich mehr gestreckt röhrenförmig ausgebildet (s. Taf. 6 Fig. 3 in dieser Arbeit). Was den Bau des Armes anbelangt, so bestehen Ähnlichkeiten mit *O. armoricana* MORZADEC & UBAGHS 1969 aus dem Unterdevon (Siegénien supérieur — Emsien inférieur) der Bretagne. Bei dieser französischen Art sind die Marginalplatten (wie die guten Abb. in MORZADEC & UBAGHS 1969: Taf. A—B zeigen) stark abweichend vom hier geschilderten Befund ausgebildet. Vielleicht liegt eine neue, *O. lymani* ablösende Art vor. Dies läßt sich jedoch nicht anhand eines einzigen Stückes schlüssig nachweisen.

4. Bemerkungen zu W. E. SCHMIDTS Belegmaterial zu *Ophiaulax decheni* (DEWALQUE)

Von dem durch H. PAUL (1939) in der obersten Famenne-Stufe des Angertals (Ruhrgebiet) entdeckten und im Ruhrland-Museum Essen hinterlegten, später von W. E. SCHMIDT (1944) beschriebenen Material zu *Ophiaulax decheni* (DEWALQUE 1881) hat uns ein Teil (etwa 15 \pm vollständig erhaltene Exemplare auf mehreren Gesteinstücken) vorgelegen, darunter die in W. E. SCHMIDT (1944: Abb. 1) abgebildeten Originale. W. E. SCHMIDT macht hinsichtlich der Beschaffenheit der ihm übergebenen Gesteinssammlung keine Angaben; hierzu kann einiges nachgetragen werden. Bemerkungen zu SCHMIDTS Zeichnungen schließen sich an.

Es lagen uns insgesamt zehn Gesteinsstücke (acht davon paarweise als Druck und Gegendruck zusammenfügbar) eines glimmerhaltigen, ziemlich festen, grünlich-grauen, bräunlich verwitternden Siltsteins vor. Die Stücke mit den SCHMIDTSchen Originalen sind katalogisiert.

Die Originalexemplare lassen sich anhand der von W. E. SCHMIDT gegebenen Gesamtansichten leicht identifizieren, wobei allerdings zu beachten ist, daß seine Abb. die Schlangensterne im Spiegelbild zeigen. W. E. SCHMIDT hat offensichtlich als Vorlage für seine Zeichnungen die im Text (1944: 174) erwähnten Positiv-Abdrücke aus „sehr weicher Plastilinmasse“ benutzt.

Im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Frankfurt a. M. wurden nach einer hier entwickelten Methode (s. BECKER & LIPPMANN 1972) Positiv-Abdrücke aus Fimo-Modelliermasse hergestellt (SMF XX 164—166; GPIF Ech 1/1—2, Ech 2/16—23). Taf. 7 Fig. 4 der vorliegenden Arbeit zeigt den Positiv-Abdruck (SMF XX 164a) der Apicalseite des bei W. E. SCHMIDT als Fig. 1a dargestellten Exemplares; Taf. 7 Fig. 3 stellt das dazugehörige Original dar.

Zu dem „Exemplar 1“ (Abb. 1a₁—1a₃ bei W. E. SCHMIDT) findet sich der apicale Abdruck auf dem Handstück RE 551.743.5 A426/1, der dazugehörige Abdruck der Oralseite auf dem Gegendruck A426/2. Auf denselben, etwa 6 × 8 cm messenden Gesteinsstücken liegen noch die Abdrücke eines weiteren Exemplares.

Die Gesteinsstücke RE 551.734.5 A427/1—2 sind etwas kleiner (ungefähr 4 × 6 cm) und zeigen Abdrücke von insgesamt drei Exemplaren, darunter „Exemplar 2“ von W. E. SCHMIDT (Abb. 1b₁—1b₃); A427/1 trägt dessen Apicalabdruck, der Gegendruck A427/2 den Oralabdruck.

„Exemplar 3“ (Abb. 1c₁—1c₃) liegt mit mehreren, darunter drei vollständigen Individuen auf den etwa 4 × 17 cm messenden Gesteinsplatten RE 551.734.5 A428/1—2; A428/1 zeigt dessen Oralabdruck, die Gegenplatte A428/2 den Apicalabdruck. Unter den das Original begleitenden Exemplaren befindet sich auch das bei BECKER & LIPPMANN (1972: Abb. 1) dargestellte Stück.

Die Detailtreue der SCHMIDTSchen Zeichnungen ist z. T. gering. So konnten die von ihm auf Abb. 1 herausgestellten Einzelheiten zum überwiegenden Teil, insbesondere bei Abb. 1c₃, nicht identifiziert werden. Abb. 1a₂ kann nicht mehr beurteilt werden. Handstück A426/2 ist nämlich nachträglich zerbrochen und nur unfachmännisch wieder geleimt worden. Die Bruchlinie kreuzt unglücklicherweise die Körperscheibe von „Exemplar 2“, wobei auch die beiden auf Abb. 1a₂ horizontal orientierten Arme distal gekappt wurden.

5. Zum Holotypus von *Silesiaster longivertebralis*

SCHWARZBACH & ZIMMERMANN

5.1. Verbleib des Waldenburger Materials

Das von F. ZIMMERMANN im Jahre 1929 in Kulmtonschiefern am Bahnhof Waldenburg-Altwasser (Schlesien) gesammelte Material von *S. longivertebralis* war seinerzeit in der Sammlung der Bergschule Waldenburg hinterlegt worden. Hierhin gelangten offensichtlich auch die von F. ZIMMERMANN noch 1942 im „Tiefen Grund“ bei Waldenburg gesammelte Stücke (s. das Begleitschildchen, Abb. 4 in vorliegender Arbeit).

Als Holotypus wurde von SCHWARZBACH & ZIMMERMANN (1936) ein auf einer größeren Platte (s. Abb. B1 in SCHWARZBACH & ZIMMERMANN 1936) gelegenes Exemplar ausgewählt. Die Abb. B2 in SCHWARZBACH & ZIMMERMANN zeigt den Apicalabdruck dieses Stückes.

Im Zuge einer Klärung von Schicksal und Verbleib des ZIMMERMANNschen Materials wurden auf unsere Bitte hin Teile desselben durch Dr. J. BŁASZYK im Museum des Geologischen Instituts Warschau wiederaufgefunden (schriftl. Mitt. von Dr. BŁASZYK vom 2. 10. 1972). Auf uns übersandten Fotografien des Materials konnte zunächst nur das als Abb. B4 bei SCHWARZBACH & ZIMMERMANN (1936) dargestellte Exemplar identifiziert werden. Dieses Stück ist inzwischen im Geologischen Institut Warschau unter der Nr. I.G. 139.II.210 katalogisiert. Die „größte erhaltene Platte“ (SCHWARZBACH & ZIMMERMANN 1936: 441, = Abb. B1) mit dem Abdruck der Apicalseite des Holotypus fand sich nicht in Warschau. Es muß befürchtet werden, daß sie in den Kriegswirren verloren ging. Dr. BŁASZYK konnte jedoch später in einer inzwischen als I.G. 141.II.208 gekennzeichneten Gesteinsplatte den Gegen-

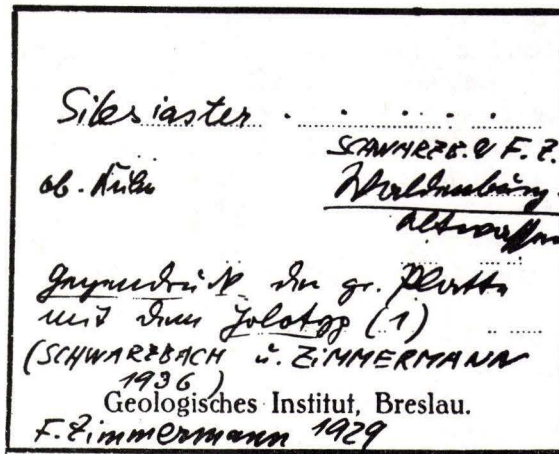


Abb. 3. Originaletikett der Gesteinsplatte mit dem Abdruck der Oralseite des Holotypus von *Silesiaster longivertebralis* (s. Taf. 8 Fig. 1), = Gegendruck der in SCHWARZBACH & ZIMMERMANN (1936: Abb. B1) abgebildeten Platte.

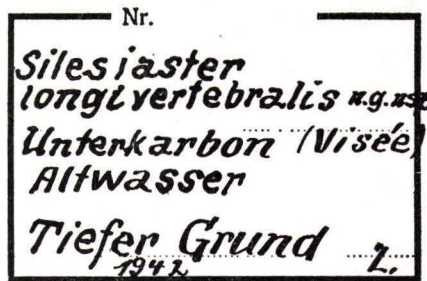


Abb. 4. Etikett der von F. ZIMMERMANN im Jahre 1942 gesammelten Hypotypoiden von *S. longivertebralis*. Zu diesem, inzwischen im Geologischen Institut Warschau hinterlegten Material (I.G. 139. II. 211) gehört auch das Original zu dem Positiv-Abdruck SMF XX 169 (Taf. 8 Fig. 4).

druck feststellen (s. das Originaletikett, Abb. 3 in vorliegender Arbeit). Diese Gegenplatte (Taf. 8 Fig. 1 in unserer Arbeit) weicht offensichtlich in Größe und Umriß von der in SCHWARZBACH & ZIMMERMANN dargestellten Platte ab; der Oralabdruck des Holotypus läßt sich aber anhand eines charakteristischen Sprungs der Gesteinsplatte sicher lokalisieren.

5.2. Bemerkungen zur Originalbeschreibung

Dr. F. BŁASZYK übersandte uns liebenswürdigerweise auch einige Positiv-Abdrücke aus Latex (SMF XX 167—169, GPIF Ech 2/24—28) von *S. longivertebralis* SCHWARZBACH & ZIMMERMANN 1936. Mit Hilfe dieser Dokumente können einige Bemerkungen zur Originalbeschreibung der Art gemacht werden.

Taf. 8 Fig. 2 zeigt den Positiv-Abdruck (SMF XX 167) von der Oralseite des Holotypus, die Fig. 3 den eines weiteren Exemplares (Abdruck SMF XX 168) von der

auf Fig. 1 (s. die Pfeile) dargestellten Gesteinsplatte. Taf. 8 Fig. 4 gibt Details von der Oralseite des Abdrucks SMF XX 169.

SCHWARZBACH & ZIMMERMANN (1936) heben die diffuse randliche Verdickung der Interradialfelder der Körperscheibe (vgl. Taf. 8 Fig. 3) und die Stachelbüschel am Arm (vgl. Taf. 8 Fig. 4) hervor. Hierdurch unterscheidet sich *Silesiaster longivertebralis* deutlich von *Ophiurina lymani* STÜRTZ (vgl. Taf. 6 Fig. 3, Taf. 7 Fig. 1—2) und *Ophiaulax decheni* (DEWALQUE) (vgl. Taf. 7 Fig. 3—4). Einer Einordnung von *Silesiaster* bei den Ophiurinae GREGORY ist zuzustimmen.

Was beide Autoren jedoch bezüglich der „Wirbel“ aussagen, bezieht sich eindeutig auf die Lateralplatten von *S. longivertebralis*. Die Adambulacralia eines Armgliedes bilden eine oral und apical \pm geschlossene, schlank sanduhrförmige Röhre, mit der breitesten Stelle distal. Oral-distal befindet sich in jeder Lateralplatte eine große Öffnung für das Ambulacralfüßchen; hier setzen die langen abradialen Stacheln an. An dem Exemplar Taf. 8 Fig. 4 scheinen die Füßchenöffnungen randlich ausgebrochen, wodurch die sehr schlanken Wirbel beobachtbar werden; Ambulacrallrinne deutlich. Die Stacheln sind fein längsgerieft.

6. Schriftenverzeichnis

- ASSELBERGHS, E. (1930): Description des faunes marines du Gedinien de l'Ardenne. — Mém. Mus. roy. hist. nat. Belg., 41: 3—73, 3 Abb., 1 Tab., Taf. 1—6; Bruxelles.
- BECKER, G. (1971): Paleocology of Middle Devonian ostracods from the Eifel Region, Germany. — Bull. Centre Rech. SNPA, 5 suppl.: 801—816, 8 Abb.; Pau.
- , KULLMANN, J. & VOGEL, K. (in Zusammenarbeit mit J. WINTER u. H. ZORN) (1974): Beziehungen zwischen morphologischen Merkmalen der Brachiopoden, Ostracoden, rugosen Korallen und Sedimentparametern am Beispiel des Mitteldevons der Eifel und Südmarokkos. — Nachr. deutsch. geol. Ges., 9: 126—135; Hannover.
- & LIPPMANN, G. (1972): Positiv-Abdrücke zarter paläontologischer Objekte. — Präparator, 18, (3/4): 80—83, 2 Abb.; Bochum.
- BECKMANN, H. (1965): Holothuriensklerite aus dem Givet der Paffrather Mulde (Rheinisches Schiefergebirge). — Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., 9: 195—208, 15 Abb., Taf. 1; Krefeld.
- BENNER, J. (1937): *Euzonosoma tischbeinianum* (F. ROEMER), Ech. Ast., aus dem Unterkoblenz des Taunus. — Senckenbergiana, 19, (3/4): 115—125, 9 Abb.; Frankfurt a.M.
- BLESS, M. J. M. & SÁNCHEZ DE POSADA, L. (1971): Restos de asterozoa en el Westfaliense superior de Asturias. — Breviora geol. Astúrica, 15, (1): 13—16, Taf. 1—2; Oviedo.
- CLARKE, J. M. (1912): A remarkable occurrence of Devonian starfish. — Bull. N.Y. State Mus., 158: 5—50, 6 Taf.; Albany.
- DAHMER, G. (1946): Revidiertes Verzeichnis der Versteinerungen des Oberharzer Kahlebergssandsteins (Unter-Devon). — Senckenbergiana, 27: 176—187, 10 Abb.; Frankfurt a.M.
- DAVY, L. (1886): Note sur un Ophiure (*Protaster daoulasensis*) du Dévonien inférieur de la rade de Brest. — Bull. Soc. géol. France, (3), 14: 182—187, 5 Abb.; Paris.
- DESTINEZ, P. (1899): Découverte de *Protaster* dans l'assise d'Esneux (Fa 1c) à Hohogne. — Ann. Soc. géol. Belg., 26 (1898—1899): LVI—LVIII; Liège.
- (1900): Quelques fossiles nouveaux du Famennien, rencontrés dans les assises (Fa 2a), (Fa 2c) et (Fa 1b) à la Hesse (Hohogne), au Bois de Mont (Clavier) et à Clémodeau (Villers-le Temple). — Ann. Soc. géol. Belg., 27 (1899—1900): CLVI—CLXI; Liège.
- DEWALQUE, D. (1881): Fragments paléontologiques. — Ann. Soc. géol. Belg., 8: 43—54, Taf. 1—3; Liège.
- (1899): Note on *Dinocystis barroisi*. — Geol. Mag., n. s. (4), 6: 94; London.

- FECHTER, H. (1970): Die Schlangensterne. — In: B. GRZIMEK [Hrsg.]: GRZIMEKS Tierleben, **3**: 391—408, m. Abb.; Zürich (Kindler Vlg.).
- FELL, H. B. (1962): Evidence for the validity of MATSOMUTOS classification of the Ophiurides. — Publ. Seto mar. biol. Laborat., **10**, (2): 145—152, 3 Abb.; Sirahama.
- (1966): The ecology of ophiurids. — In: R. A. BOOLOTIAN [Ed.]: Physiology of Echinodermata: 129—143, 1 Tab.; New York-London-Sydney (Interscience Publ., Wiley & Sons).
- GOLDFUSS, G. A. (1848): Ein Seestern aus der Grauwacke. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl., **5**: 145—146, Taf. 5; Bonn.
- GOSSELET, J. (1880): Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines. 1. Terrains primaires. — 167 S., 22 Taf.; Lille (Six-Hormans).
- (1888): L'Ardenne. — Mém. explic. carte géol. dét. France, 881 S., 244 Abb., 26 Taf., 1 geol. Kte. 1:320000; Paris.
- GRABERT, G. & GRABERT, H. (1965): Eine Protasteride (Ophiuroidea) aus dem rheinischen Mitteldevon. — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **9**: 189—194, 3 Abb., Taf. 1; Krefeld.
- HAFFER, J. & JENTSCH, ST. (1962): Über die *Lepidocentrus*-Arten (Echinoidea) des rechtsrheinischen Mitteldevon. — Paläont. Z., H. SCHMIDT-Festband: 77—85, 1 Abb., 2 Tab., Taf. 8; Stuttgart.
- HALFAR, A. (1893): Die erste Asteride aus den paläozoischen Schichten des Harzes. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst. u. Bergakad., **13**: 186—199, Taf. 10; Berlin.
- HESS, H. (1960a): Neubeschreibung von *Geocoma elegans* (Ophiuroidea) aus dem Unteren Callovien von La Voulte-sur-Rhône (Ardèche). — Eclogae geol. Helv., **53**, (1): 335 bis 385, 37 Abb.; Basel.
- (1960b): Ophiurenreste aus dem Malm des Schweizer Juras und des Departements Haut-Rhin. — Eclogae geol. Helv., **53**, (1): 385—421, 50 Abb.; Basel.
- (1962): Mikropaläontologische Untersuchungen an Ophiuren. — Eclogae geol. Helv., **55**, (2): 595—656, 142 Abb., 1 Tab.; Basel.
- HILTERMANN, H. (1958): Anwendung der Mikropaläontologie in der Geologie, entwickelt durch die Erdölgeologie. — In: H. FREUND [Hrsg.]: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, **2**, (3): 15—60, 23 Abb., 1 Tab., Taf. 1—2; Frankfurt a. M. (Umschau-Vlg.).
- HYMANN, L. H. (1955): The Invertebrates, 4: Echinodermata. The coelomate Bilateria: VII, 763 S., 280 Abb.; New York-Toronto-London (Mc Graw-Hill).
- KAESTNER, A. (1963): Lehrbuch der Zoologie, **1** (5), Wirbellose: V—VI, 981—1423, Abb. 862—1165; Stuttgart (G. Fischer).
- KESLING, R. V. (1969): A new brittle-star from the Middle Devonian Arkona Shale of Ontario. — Contr. Mus. Paleont. Univ. Michigan, **23**, (2): 37—51, 2 Abb., 1 Tab., Taf. 1—6; Ann Arbor.
- (1970): *Drepanaster wrighti*, a new species of brittle-star from Middle Devonian Arkona Shale of Ontario. — Contr. Mus. Paleont. Univ. Michigan, **23**, (4): 73—79, Taf. 1—2; Ann Arbor.
- (1971): *Antiquaster magrumi*, a new unusual brittle-star from the Middle Devonian silica formation of Northwestern Ohio. — Contr. Mus. Paleont. Univ. Michigan, **23**, (10): 181—191, 1 Abb., 2 Tab., Taf. 1—4; Ann Arbor.
- & LE VASSEUR, D. (1971): *Strataster ohioensis*, a new early Mississippian brittle-star, and the paleoecology of its community. — Contr. Mus. Paleont. Univ. Michigan, **23**, (20): 305—341, 9 Abb., 4 Tab., Taf. 1—13; Ann Arbor.
- LEHMANN, W. M. (1938): Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Paläontologie. — Jb. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **27**: 16—24, 6 Taf.; Stuttgart.
- (1957): Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **21**: 160 S., 31 Abb., 55 Taf.; Wiesbaden.
- LERICHE, M. (1912): La faune du Gedinnien inférieur de l'Ardenne. — Mém. Mus. roy. hist. nat. Belg., **6**, (23): 1—58, 6 Abb., Taf. 1—3; Bruxelles.
- MAILLEUX, E. (1933): Terrains, roches et fossiles de la Belgique. — 3. Aufl., 217 S., 252 Abb. i. Text u. a. Taf.; Bruxelles (Hayez).
- MATSUMOTO, H. (1929): Morphological notes on two Palaeozoic Ophiuroids. — Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. Sendai, (2), **13**, (2): 23—24, Taf. 10; Tôkyô u. Sendai.

- MORRIS, R. W., ROLLINS, H. B. & SHAAK, G. D. (1973): A new ophiuroid from the brusck creek shale (Conemaugh group, Pennsylvanian) of Western Pennsylvania. — J. Paleont., **47**, (3): 473—478, 4 Abb., 1 Tab., Taf. 2—4; Tulsa/Okl.
- MORTENSEN, T. (1938): Über die stratigraphische Verwendbarkeit der mikroskopischen Echinodermenreste. — Senckenbergiana, **20**: 342—345; Frankfurt a.M.
- MORZADÉC, P. & UBAGHS, G. (1969): *Ophiurina armoricana* n. sp., Ophiuride nouveau du Dévonien inférieur de la Bretagne. — Ann. Paléont., Invertébr., **55**, (2): 179—186, 2 Taf.; Paris.
- MÜLLER, A. H. (1950): Die Ophiuroideenreste aus dem Mucronatensenon von Rügen. — Geologica, **5**: 7—35, 4 Abb., 11 Tab., Taf. 1—3; Berlin.
- MÜLLER, J. (1855): In: ZEILER, F. & WIRTGEN, PH.: Bemerkungen über die Petrefacten der älteren devonischen Gebirge am Rheine, insbesondere über die in der Umgegend von Coblenz vorkommenden Arten. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westph., **12**, N.F. 2: 1—20, Taf. 1—9a; Bonn.
- OPITZ, R. (1931): Seltene Seesternfunde aus Bundenbach. — Nat. u. Mus., **61**: 352—354, 4 Abb.; Frankfurt a.M.
- (1932): Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld. — 223 S., 169 Abb.; Birkenfeld (Enke).
- OWEN, H. G. (1965): The British Palaeozoic Asterozoa. Table of contents, supplement and Index. — Palaeontogr. Soc., **1964**: I—VII, 541—583, Abb. 349, 1 Tab.; London.
- PAUL, H. (1939): Die Etroeuung-Schichten des Bergischen Landes. — Jb. preuß. geol. L.-Anst., **59**: 647—726, Taf. 39—42; Berlin.
- RASMUSSEN, H. W. (1951): Cretaceous Ophiuroidea from Germany, Sweden, Spain and New Jersey, — Meddel. Dansk. Geol. Foren., **12**: 47—57, 5 Abb.; Kjøbenhavn.
- REICHENSPERGER, A. (1934): Stachelhäuter. — In: Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 2. Aufl., **9**: 431—484, 48 Abb.; Jena (G. Fischer).
- ROEMER, F. (1863): Neue Asteriden und Crinoiden aus Devonischem Dachschiefer von Bundenbach bei Birkenfeld. — Palaeontogr., **9**, (4): 143—152, Taf. 23—29; Cassel.
- SANDBERGER, F. (1869): Ueber die Entwicklung der unteren Abtheilung des devonischen Systems in Nassau, verglichen mit jener in anderen Ländern. Nebst einem paläontologischen Anhang. — Jb. nassauisch. Ver. Naturk., **42**: 3—107, 1 Tab., Taf. 1—5; Wiesbaden.
- SCHÄFER, W. (1962): Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee. — VIII, 666 S., 277 Abb., 36 Taf.; Frankfurt a.M. (W. Kramer).
- SCHLOSSMACHER, K. (1928): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Grävenwiesbach, Lfg. **253**, Nr. 3275, geol. aufgen. v. K. SCHLOSSMACHER & A. FUCHS, m. Beitr. v. F. MICHELS. — 47 S., geol. Kte. 1:25000; Berlin.
- SCHMIDT, W. E. (1930): Die Echinodermen des deutschen Unterkarbons. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., **122**: 1—92, 20 Abb., Taf. 1—3; Berlin.
- (1944): *Ophiaulax decheni* (DEWALQUE), ein Schlangensterne in den Angertal-Schichten des Blattes Kettwig (Ruhrgebiet). — Z. deutsch. geol. Ges., **96**: 170—175, 1 Abb.; Berlin.
- SCHÖNDORF, F. (1908): *Aspidosoma schmidti* nov. spec. Der erste Seestern aus den Siegener Schichten. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst., **29**: 698—708, 1 Abb., Taf. 19; Berlin.
- (1909): Die fossilen Seesterne Nassaus. — Jb. nassauisch. Ver. Naturk., **62**: 7—46, 2 Abb., Taf. 2—5; Wiesbaden.
- (1910): Palaeozoische Seesterne Deutschlands. II. Die Aspidosomatiden des deutschen Unterdevon. — Palaeontogr., **57**: 1—66, 10 Abb., Taf. 1—3; Stuttgart.
- (1915): *Lapworthura hüffneri* nov. spec. — In: HÜFFNER, E.: Beiträge zur Kenntnis des deutschen Culms. — Jb. preuß. geol. L.-Anst., **35**, 1: 496—499, Taf. 19 Fig. 8; Berlin.
- (1933): *Xenura koboldi* (n. gen., n. sp.). — In: KOBOLD, A.: Die Gliederung des oberharzer Kulms nach Goniatiten. — Jb. preuß. geol. L.-Anst., **53**: 507—508, Taf. 23 Fig. 49; Berlin.
- SCHULTZE, L. (1867): Monographie der Echinodermen des Eifler Kalkes. — Denkschr. k. Akad. Wiss., math.-nat. Cl., **26**: 113—230, Taf. 1—13; Wien.

- SCHWARZBACH, M. & ZIMMERMANN, F. (1936): Ophiuren aus dem Waldenburger Kulm (*Silesiaster longivertebralis* n. g., n. sp.). — Zbl. Min. Geol. Paläont., 1936, B: 438—444, Abb. A u. B; Stuttgart.
- SEILACHER, A. (1960): Strömungsanzeichen im Hunsrückschiefer. — Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., 88: 88—106, 13 Abb., Taf. 12—13; Wiesbaden.
- SIMONOWITSCH, SP. (1871): Über einige Asteroiden der rheinischen Grauwacke. — S.-Ber. math.-nat. Cl. Akad. Wiss., 64, (I, 7): 77—122, Taf. 1—4; Wien.
- SPENCER, W. K. (1923): [Original nicht gesehen; zitiert nach SPENCER 1934a.]
 — (1925): A monograph of the British Palaeozoic Asterozoa, 6. — Palaeontogr. Soc., 1922: 237—324, Abb. 172—212, Taf. 18—22; London.
 — (1934a): Un Ophiuroïde du Calcaire carbonifère du Boulonnais. — Ann. Soc. géol. Nord, 59: 187—191, 1 Abb., Taf. 6; Lille.
 — (1934b): A monograph of the British Palaeozoic Asterozoa, 9. — Palaeontogr. Soc., 1933: 437—494, Abb. 281—321, Taf. 29—32; London.
 — (1950): Asterozoa and the study of Palaeozoic faunas. — Geol. Mag., 87, (6): 393—408; Hertford.
 — & WRIGHT, C. W. (1966): Asterozoans. — In: MOORE, R. C. [Ed.]: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part U, Echinodermata, 3, 1: U4—U107, 89 Abb.; Lawrence/Kansas (Univ. Kansas Press u. Geol. Soc. Amer.).
- STRUVE, W. (1961a): Das Eifeler Korallen-Meer. — Aufschluß, Sonderh., 10: 81—107, 12 Abb., 1 Tab.; Heidelberg.
 — (1961b): Zur Stratigraphie der südlichen Eifler Kalkmulden. — Senckenbergiana lethaea, 42, (3/4): 291—344, 1 Abb., 2 Tab., Taf. 1—3; Frankfurt a.M.
 — (1963): Das Korallen-Meer der Eifel vor 300 Millionen Jahren — Funde, Deutungen, Probleme. — Nat. u. Mus., 93, (6): 237—276, 23 Abb.; Frankfurt a.M.
 — (1964): Erörterung des Alters der Refrath-Schichten und Darstellung einiger devonischer Atrypinae. — Senckenbergiana lethaea, 45, (6): 523—532, 4 Abb., 1 Tab.; Frankfurt a.M.
- STÜRTZ, B. (1886a): Beitrag zur Kenntnis palaeozoischer Seesterne. — Palaeontogr., 32, (2): 75—98, Taf. 8—13, 14 Fig. 1; Stuttgart.
 — (1886b): Über palaeozoische Seesterne. — N. Jb. Min. Geol. Palaeont., 1886, (2): 142—154; Stuttgart.
 — (1890): Neuer Beitrag zur Kenntnis palaeozoischer Seesterne. — Palaeontogr., 36: 203—247, Taf. 26—31; Stuttgart.
- THORENT, A. (1838): Mémoire sur la constitution géologique de la partie nord du département de l'Aisne, touchant au royaume de Belgique et de l'extrémité sud du département du Nord. — Mém. Soc. géol. France, (1), 3, (7): 239—260, Taf. 21—22; Paris.
 — (1844): Description de l'*Asterias constellata* du terrain de transition de l'Aisne. — Bull. Soc. géol. France, (2), 1: 208—209, Taf. 3 Fig. 1—3; Paris.
- UBAGHS, G. (1941): Description de quelques Ophiures du Famennien de la Belgique. — Bull. Mus. roy. hist. nat. Belg., 17, (44): 1—31, 1 Abb., Taf. 1—2; Bruxelles.
 — (1942): *Bohemura constellata* (THORENT) et *Drepanaster* sp., Ophiuroïdes du Dévonien inférieur de la Belgique et du Nord de la France. — Bull. Mus. roy. hist. nat. Belg., 18, (7): 1—19, 1 Abb., Taf. 1—2; Bruxelles.
- WEISS, E. (1869): [Ueber Grauwackenversteinerungen von der Hohenreiner Hütte bei Nieder-Lahnstein]. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westph., 26, S.-Ber.: 43; Bonn.
- WELLER, J. M. (1930): Ophiuroid remains of Pennsylvanian age. — J. Paleont., 4, (1): 1—13, Taf. 1; Austin/Texas.
- WOLBURG, I. (1939): Skelettreste von Ophiuren aus dem deutschen Lias, ihre systematische Zugehörigkeit und Bedeutung als Mikrofossilien. — Palaeont. Z., 21: 20—42, 9 Abb., Taf. 1—3; Stuttgart.
- ŽAKOWA, H. & ŽAK, C. (1962): Dolny karbon z Kamionek (Góry Sowie). — Biul. Inst. Geol., 173: 169—277, 24 Abb., 4 Tab., Taf. 1—21; Warszawa.

Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers

40. *Rhenopterus diensti*, ein Eurypteride im Hunsrückschiefer

Von

FRITZ KUTSCHER*

Mit 1 Abbildung

Kurzfassung: Im Hunsrückschiefer hat W. M. LEHMANN den Eurypteriden *Rhenopterus diensti*, bisher aus der Klerf Schichten des Unterdevons bekannt, nachgewiesen. Es wird darüber referiert und die systematische Stellung verfolgt.

Abstract: W. M. LEHMANN has written about the occurrence of the Eurypterid *Rhenopterus diensti* in the Hunsrueck slate. Before that it has been known from the Klerf layers of Lower Devonian. Especially its systematical position is discussed.

Résumé: W. M. LEHMANN a référé sur la présence de l'Eurypteride *Rhenopterus diensti* dans les schistes de l'Hunsrueck.

Jusq'à ses études l'espèce n'était pas connue que dans les assises de Klerf du Dévonien inférieur.

La position systématique particulièrement est discutée en suivant.

Inhalt

1. Einleitung	38
2. Aufzählung von Beschreibungen und Erwähnungen der Gattung	38
3. Eurypteriden im Hunsrückschiefer-Meer	38
4. Zur systematischen Stellung von <i>Rhenopterus</i>	39
5. Familie <i>Rhenopteridae</i> STÖRMER 1951	39
6. Gattung <i>Rhenopterus</i> STÖRMER 1936	39
7. <i>Rhenopterus diensti</i> STÖRMER 1936	40
8. Das Vorkommen von <i>Rhenopterus diensti</i> im rheinischen Unterdevon	41
9. Zusammenfassung	42
10. Schriftenverzeichnis	42

* Prof. Dr. F. KUTSCHER, Diplom-Geologe, 6200 Wiesbaden, Regerstraße 25.

1. Einleitung

Die Hunsrückschiefer haben die mannigfachsten Arthropoden-Formen überliefert, dazu manche Arten in einer beachtlichen Zahl, so daß von Zufallsformen, die eingeschwemmt worden sind oder zumindest nicht ihr Leben im Hunsrückschiefer-Meer verbrachten, nicht geredet werden kann. Das Hunsrückschiefer-Meer war vollmarin, und alle Formen, die in ihm lebten, waren marine Tiere.

Nur beiläufig waren bisher die Nachrichten über Eurypteriden, über die im nachfolgenden berichtet werden soll. Es liegt zwar nicht viel Fundmaterial vor, aber die Bestimmungen von W. M. LEHMANN sind sicherlich zuverlässig.

2. Aufzählung von Beschreibungen und Erwähnungen der Gattung

- 1936 STÖRMER, Eurypteriden aus dem rheinischen Unterdevon.
S. 63–69: Erstmalige Beschreibung von *Rhenopterus diensti* aus den Klerfer Schichten des Unterdevons von Willwerath in der Eifel/Rheinland.
- 1944 STÖRMER, On the relationship and phylogeny of fossil and recent Arachnomorpha.
S. 45: Two pairs of sutures seem to be present in *Hughmilleria*, and one pair, which is sometimes united into one median suture (*Eurypterus*, *Rhenopterus*), in other genera.
- 1956 LEHMANN, Kleine Kostbarkeiten in Dachschiefern.
S. 69: Gigantotraken wurden im Hunsrückschiefer gefunden.
- 1956 LEHMANN, Beobachtungen an *Weinbergina opitzi*.
S. 76: Im Hunsrückschiefer haben wir in denselben Meeresablagerungen Gigantotraken (*Rhenopterus diensti* STÖRMER), 3 Synziphosuren (*Weinbergina opitzi* R. & E. RICHTER) und einen Skorpion (*Palaeoscorpius devonicus* LEHMANN) gefunden. Bei der Seltenheit dieser Zufallsfunde läßt sich aus dem stratigraphischen Auftreten kein Schluß auf die Abstammungsverhältnisse ziehen.
- 1961 KUHN, Bundenbacher Schiefer.
S. 16: Die Urform der Chelicerata ist die der Skorpione. Diese Form kommt sowohl bei den sehr groß werdenden, im Meer lebenden Gigantotraken, die im Bundenbacher Schiefer durch *Rhenopterus diensti* STÖRMER 1936 vertreten sind, als auch bei den meist recht klein bleibenden Skorpionen vor.
- 1970 KUTSCHER, Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers.
S. 95: Zu den Cheliceraten darf der Gigantotrake *Rhenopterus diensti* STÖRMER gestellt werden.

3. Eurypteriden im Hunsrückschiefer-Meer

In einer Zusammenstellung der Hunsrückschiefer-Fauna berichtet LEHMANN (1956a) über Funde von Gigantotraken im Hunsrückschiefer-Meer. Bei der Beschreibung von *Weinbergina opitzi* nimmt er an, daß zwischen den Skorpionen und Gigantotraken verwandtschaftliche Beziehungen bestehen.

In einer Arbeit über *Weinbergina opitzi* (LEHMANN 1956b) stellt er fest, daß neben *Weinbergina opitzi* in denselben Meeresablagerungen Gigantotraken (*Rhenopterus diensti*) und ein Skorpion (*Palaeoscorpius devonicus* LEHMANN) gefunden wurden. Hier gibt er also eine korrekte Bestimmung an. Er erklärt weiter, daß sich bei der Seltenheit dieser Zufallsfunde aus dem stratigraphischen Auftreten kein Schluß auf die Abstammungsverhältnisse ziehen ließe.

4. Zur systematischen Stellung von *Rhenopterus* STØRMER

Rhenopterus ist zu den Cheliceraten zu stellen; die Urform der Cheliceraten ist zweifellos die der Skorpione.

Es kann folgende systematische Gliederung aufgestellt werden:

- Stamm Arthropoda SIEBOLD & STANNIUS 1845
- Unterstamm Chelicerata HEYMON 1901
- Klasse Merostomata DANA 1852
- Subklasse Eurypterida BURMEISTER 1843
- Superfamilie Stylonuracea DIENER 1924
- Familie Rhenopteridae STØRMER 1951
- Gattung *Rhenopterus* STØRMER 1936

5. Familie Rhenopteridae STØRMER 1951

- 1951 Rhenopteridae STØRMER — STØRMER, A new eurypterid.
- 1955 Rhenopteridae STØRMER — STØRMER, Chelicerata: in MOORE, Treatise on Invertebrate Paleontology: P 39.

STØRMER (1955: P 39) gibt folgende Charakteristik:

„Small; outer surface with scattered tubercles and knobs; prosoma subtrapezoid, prosomal doublure with median suture, no epistoma; first 2 (or ?3) pairs of walking legs with spines, last 2 pairs long and powerful, without spines; metastoma pearshaped, with slightly concave anterior margin; genital appendages of male short, with 2 distal spines. L. Dev.“

6. Gattung *Rhenopterus* STØRMER 1936

- 1936 *Rhenopterus* n. gen. — STØRMER, Eurypteriden aus dem Rheinischen Unterdevon: 62—63.
- 1944 *Rhenopterus* — STØRMER, On the relationships and phylogeny of fossil and recent Arachnomorpha: 45.
- 1955 *Rhenopterus* STØRMER — STØRMER, Chelicerata: in MOORE, Treatise on Invertebrate Paleontology: P 39.

Das Genus unterscheidet sich von *Eurypterus* durch die Gestalt der letzten Prosegmentmaßen, von *Stylonurus* hauptsächlich durch das Fehlen eines Epistoma und anscheinend von allen besser bekannten Gattungen durch die Gestalt des Metasoma und vielleicht durch die Entwicklung der Intersegmentalmembran.

STØRMER gibt (1936: 62) folgende Gattungsdiagnose:

„Prosoma subtrapezoidal, vorne am schmalsten. Vorderrand gebogen. Facettierte Seitenaugen in einiger Entfernung von den Seitenrändern. Schale mit verstreuten kleinen Tuberkeln. Umschlag mit Mediansutur, ohne Epistoma. Chelizeron klein. Gehbeine von *Stylonurus-Drepanopterus*-Typus. Metasoma birnenförmig, hinten am breitesten, vorne mit kleiner Einbuchtung. Die hinteren Tergiten greifen nur wenig über und sind durch eine dickere Intersegmentalhaut getrennt. Oberfläche grob skulptiert. Achsialfurchen angedeutet. Opercular-Anhang nach Typus A kurz, mit paarigen distalen Teilen der Endstücke. Erstes Segment des Metasoma mit stumpf abgeschnittenen Seitenecken. Hinterer Teil des Metasoma unbekannt.“

7. *Rhenopterus diensti* STÖRMER 1936

- 1936 *Rhenopterus diensti* n. gen. n. sp. — STÖRMER, Eurypteriden aus dem Rheinischen Devon: 63–69, Abb. 2j u. 9; Taf. 9–12.
- 1955 *Rhenopterus diensti* STÖRMER — STÖRMER, Chelicerata: in MOORE, Treatise on Invertebrate Paleontology: P 39, Abb. 27,5.
- 1956 Gigantostrake — LEHMANN, Kleine Kostbarkeiten in Dachschiefern: 69.
- 1956 *Rhenopterus diensti* STÖRMER — LEHMANN, Beobachtungen an *Weinbergina opitzi*: 76.
- 1961 *Rhenopterus diensti* STÖRMER — KUHN, Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer: 16.
- 1970 *Rhenopterus diensti* STÖRMER — KUTSCHER, Die Versteinerungen des Hunsrück-schiefers: 95.

Diagnose: Gleichlautend mit der Gattungsdiagnose.

Holotypus: Nr. 48 mit Gegendruck 48a des ehemaligen Geologischen Landes-museums zu Berlin.

Allgemeine Beschreibung: Nur das Prosoma, das Mesosoma und das erste Segment des Metasoma sind erhalten. Aus der lanzettförmigen Gestalt dieses Körper-

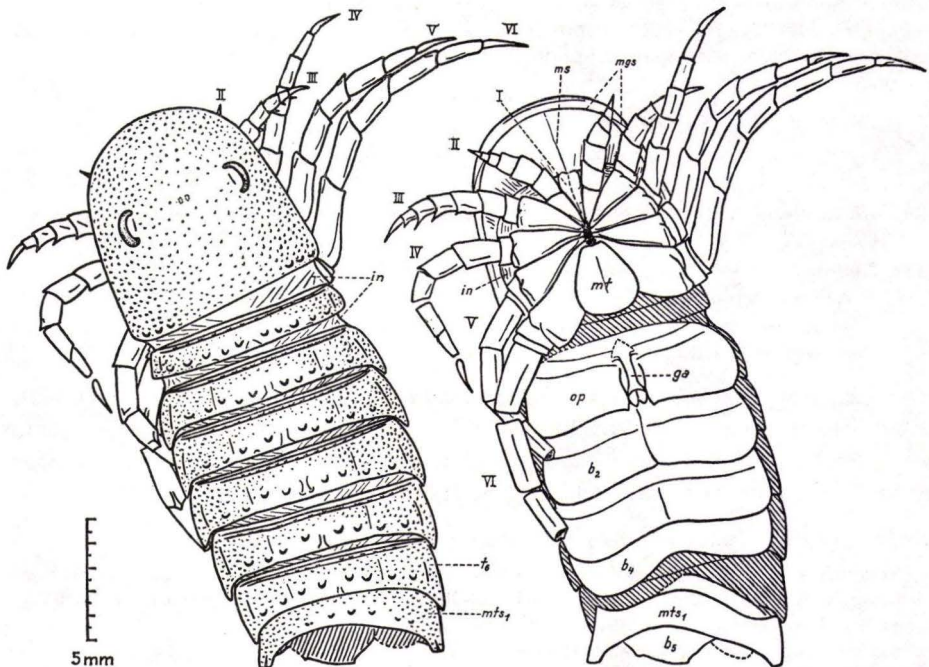


Abb. 1. *Rhenopterus diensti* STÖRMER. Rekonstruktion der erhaltenen Teile des Holotyps. I–VI Prosoma-Gliedmaßen; b₂–b₆ = Abdominalfüße; ga = Genitalanhang; in = weiches Integument; mgs = Randsutur; ms = Mittelsutur des Umschlags; mts₁ = erstes Metasoma-Segment; op = Operculum; t₁–t₆ = Tergite.

teils kann man auf eine gleichmäßige Verschmälerung des Metasoma schließen, das wahrscheinlich in ein griffelförmiges Telson endigte.

Da die Reste aus dem Hunsrückschiefer nirgends abgebildet sind, können darüber keinerlei Einzelheiten angegeben werden. Der Holotyp ist als Rekonstruktion in Abb. 1 wiedergegeben (nach STRÖMER 1936: 64).

Vorkommen: *Rhenopterus diensti* fand sich in den Klerfer Schichten des Unterdevons von Willwerath in der Eifel. LEHMANN führt Reste aus dem Hunsrückschiefer an, ohne jedoch eine genauere Fundangabe zu machen.

Lebensraum von *Rhenopterus diensti*: Die morphologischen Charaktere des Genotyps geben mehrere Anhaltspunkte für eine Beurteilung seines Habitats. Die ziemlich zentral gelegenen Seitenaugen und der ausgeprägte Gehtypus der Extremitäten sprechen eindeutig für eine benthonische Lebensweise. Auch wegen seiner schlanken Körpergestalt vermochte das Tier sich schnell zu bewegen. Die Gehbeine, die starke Entwicklung der Intersegmentalhäut sowie die Gestalt der Abdominalplatten ähneln denen der ausgestorbenen lobosternen Skorpione. Die paläozoischen Skorpione werden von einigen Forschern als aquatische Formen angesehen, von anderen als terrestrische. Ein zeitweiliger Aufenthalt außerhalb des Wassers ist für *Rhenopterus* denkbar (STRÖMER 1936: 63–69).

Auch im Hunsrückschiefer-See sind sicherlich diese Tiere auf die benthonische Lebensweise voll eingestellt gewesen. Die aquatische Lebensweise dürfte also zutreffen. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß diese Tiere auch marin gewesen sind, wie alle Tiere des Hunsrückschiefers.

8. Das Vorkommen von *Rhenopterus diensti* im rheinischen Unterdevon

Typische devonische Eurypteriden haben durch die alten Funde gigantischer Arten von *Pterygotus* und *Stylonurus* aus Schottland und den nordamerikanischen Staaten beträchtliches Ansehen erlangt. Trotz dieser Vorkommen sind devonische Eurypteriden sehr selten, und die beschriebenen Arten beruhen gewöhnlich nur auf einzelnen zerstreuten Bruchstücken.

DIENST und GROSS fanden wohlerhaltene Eurypteriden-Reste in den dreißiger Jahren in den Unterdevon-Schichten von Willwerath in der Eifel. Dieses Material ist sehr gut erhalten und enthält neue und aberrante Formen. Ein kleiner neuer Stylo-nuride wurde auf einer Exkursion 1934 gefunden und 1936 unter dem Namen *Rhenopterus diensti* von STRÖMER beschrieben. Er zeigt ungewöhnliche Einzelheiten; die Erhaltung ist demnach ebenso gut wie bei den berühmten Exemplaren von *Eurypterus fischeri* von Ösel.

Der Fund von *Rhenopterus diensti* in den Hunsrückschiefer-Schichten des Hunsrücks, die älter sind als die Klerfer Schichten, wirft wiederum ein Schlaglicht auf die paläontologische Überlieferung solcher ausgefallenen großen Formen. Hier sind sie in einem vollmarinen Schichtglied des Unterdevons aufgetreten und mit großer Wahrscheinlichkeit nicht aus einem brackischen Uferbereich oder einem benachbarten Süßwasser eingeschwemmt worden. Letzteres wurde immer wieder bei ausgefallenen

Arthropodenfunden des Hunsrückschiefer-Meeres erwogen, jedoch bei häufigeren Funden immer wieder ausgeschlossen.

Das Vorkommen des Eurypteriden *Rhenopterus diensti* vervollständigt das Wissen um das reiche benthonische Leben in diesem Flachmeerbereich des Hunsrückschiefer-Meeres und berichtet uns von dem vielfältigen Leben, das zur damaligen Zeit hier vorhanden war.

9. Zusammenfassung

Die vielen Arthropodenfunde aus den unterdevonischen Hunsrückschiefern bereicherte LEHMANN durch den Nachweis von *Rhenopterus diensti* STÖRMER, einen Eurypteriden, den STÖRMER 1936 erstmalig aus den Klerfer Schichten der Eifel beschrieb. Eurypteriden-Funde sind im rheinischen Unterdevon sehr selten.

Rhenopterus gehört zu den Cheliceraten und kommt gemeinsam mit einer Urform derselben, mit der alten Skorpion-Art *Palaeoscorpius devonicus* in den gleichen Schichten vor.

Neben der Beschreibung der Art werden Definitionen für die Gattung *Rhenopterus* und die Familie Rhenopteridae STÖRMER 1951 aufgeführt.

10. Schriftenverzeichnis

- KUHN, O. (1961): Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer. — Neue Brehm-Bücherei, 274, 48 S., 45 Abb.; Wittenberg-Lutherstadt.
- KUTSCHER, F. (1970): Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers. — Aufschluß, Sonderh. 19, 87–100, 14 Abb.; Heidelberg.
- LEHMANN, W. M. (1956a): Kleine Kostbarkeiten in Dachschiefern. — Aufschluß, 3. Sonderh., 63–74, 20 Abb.; Rossdorf bei Darmstadt.
- (1956b): Beobachtungen an *Weinbergina opitzi* (Merost., Devon). — Senckenbergiana lethaea, 37, 67–77, 3 Abb., 2 Taf.; Frankfurt a.M.
- STÖRMER, L. (1936): Eurypteriden aus dem Rheinischen Unterdevon. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., 175, 74 S., 10 Abb., 12 Taf.; Berlin.
- (1944): On the relationships and Phylogeny of fossil and recent Arachnomorpha. — Norske Vid.-Akad. Oslo, 1. Mat.-naturv. Kl., Nr. 5, 158 S.; Oslo.
- (1955): Merostomata: P4–P41. In Treatise on Invertebrate Paleontology, Part P, Arthropoda 2; Lawrence, Kansas.

Manuskript eingegangen am 7. 6. 1974

Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers

41. „Cystoideen“-Arten im Hunsrückschiefer

Von

FRITZ KUTSCHER*

Mit 6 Abbildungen

Kurzfassung: Aus dem Hunsrückschiefer des Hunsrücks machte DEHM 1932 und 1934 4 Arten Cystoideen bekannt. Sie gehören nach dem Treatise on Invertebrate Paleontology zu den Echinodermen-Unterstämmen Homalozoa und Crinozoa.

Die vorher bei *Dendrocystites* untergebrachte Art *globulus* wurde von CASTER 1967 in die neue Gattung *Dehmicystis* gestellt.

Abstract: DEHM published in the years 1932 and 1934 4 species of Cystoids from the Hunsruck shale. According to Treatise on Invertebrate Paleontology they belong to the group of Homalozoa and Crinozoa of the Echinodermata. Contrary to the former integration of the species *globulus* into the genus *Dendrocystites* it is attributed to the new genus *Dehmicystis* by CASTER 1967.

Résumé: En 1932 et 1934 4 espèces de Cystidés étaient publiées par DEHM des Schistes de l'Hunsruck. Suivant le Treatise on Invertebrate Paleontology elles appartiennent aux Homalozoaires et Crinozoaires des Echinoderms. L'ancienne classification de l'espèce *globulus* dans le genre *Dendrocystites* est relevée en faveur du genre *Dehmicystis* par CASTER 1967.

Inhalt

1. Einleitung	44
2. Gliederung der Echinodermata im System	44
3. Bedeutung der Hunsrückschiefer-„Cystoideen“	44
4. Die Hunsrückschiefer-Arten	45
<i>Regulaecystis pleurocystoides</i>	45
<i>Mitrocystites</i> (?) <i>styloideus</i>	47
<i>Rhenocystis latipedunculata</i>	48
<i>Dehmicystis globulus</i>	50
5. Zusammenfassung	51
6. Schriftenverzeichnis	52

* Prof. Dr. F. KUTSCHER, Diplom-Geologe, 6200 Wiesbaden, Regerstraße 25.

1. Einleitung

Cystoideen waren schon lange aus dem Hunsrückschiefer bekannt. Aber erst DEHM war es vorbehalten in 2 wesentlichen Arbeiten aus den Jahren 1932 und 1934 Ordnung zu schaffen und mehrere neue Arten aufzustellen, zu denen allerdings bis heute keine weiteren hinzugekommen sind.

Bis 1967 waren die Arten den Cystoidea zugeordnet. Bei der Bearbeitung des „Treatise on Invertebrate Paleontology“ zeigte es sich jedoch, daß die bisherigen Cystoideenformen nicht in einem gemeinschaftlichen Subphylum untergebracht werden konnten. Außerdem wurden Berichtigungen von Gattungsnamen vorgenommen. Über die Änderungen wird im folgenden berichtet.

2. Gliederung der Echinodermata im System

Die Zuordnung der im Hunsrückschiefer gefundenen Arten wurde nach dem Treatise on Invertebrate Paleontology, Pars S, Echinodermata 1, Vol. 1 und Echinodermata, Part 2, Vol. 2 vorgenommen. Danach gehören zu den Echinodermata KLEIN 1734 die 4 Unterstämme Homalozoa, Crinozoa, Echinozoa und Asterozoa.

In das Subphylum Homalozoa gehören die Gattungen *Mitracystites*, *Rhenocystis* (Klasse Stylophora) und *Dehmicystis* (Klasse Homoiostelea), in das Subphylum Crinozoa die Gattung *Regulaecystis* (Klasse Cystoidea).

Die 4 Arten des Hunsrückschiefers sind somit in 2 Unterstämmen der Echinodermaten vertreten.

3. Bedeutung der Hunsrückschiefer-„Cystoideen“

Die „Cystoideen“ des Hunsrückschiefers sind insofern von besonderer Bedeutung, als sie das zeitlich jüngste reichere Vorkommen von Cystoideen in Europa darstellen. Bei der Bearbeitung durch DEHM lagen bereits 1934 85 Fundstücke vor; inzwischen sind weitere hinzugekommen.

Durch die Echinodermaten ist der Hunsrückschiefer weltweit bekanntgeworden. Fast die Hälfte aller Arten des unterdevonischen Hunsrückschiefers gehören dem Echinodermatenstamm an.

KUHN (1961) äußert sich wie folgt zu den Cystoideen des Hunsrückschiefers: Die Cystoideen sind ebenso wie die Crinoiden bestielt. Sie besitzen nicht den regelmäßigen, streng radial aufgebauten Kelch der Seelilien, haben vielmehr unregelmäßige, meist beutelförmige Gestalt und sind abgeplattet. Die Cystoideen lagen meist frei am Meeresboden. Der Stiel war zu schwach, um als Verankerung zu dienen, wahrscheinlich diente er mit Hilfe kurzer Schläge der Fortbewegung. Zugleich konnte er auch ein Einsinken am Meeresboden verhindern. Dafür sprechen die Fortsätze an dem reichgliederten Stiel von *Rhenocystis*.

Starke Abplattung des Kelches und verschiedene Plattenmuster oben und unten sprechen für enge Beziehung zum Meeresboden. An Stelle der regelmäßigen, reichgliederten Arme der Seelilien haben die Cystoideen eigenartige starre Gebilde, nicht mit Unrecht als „Hörner“ bezeichnet. JAEKEL nahm an, daß sie einen Fangapparat stützten oder zum Aufrichten des weichen Mundes dienten.

4. Die Hunsrückschiefer-Arten

Klasse: Cystoidea VON BUCH 1846
 Ordnung: Rombifera ZITTEL 1879
 Superfamilie: Glyptocystitida BATHER 1899
 Familie: Pleurocystitidae NEUMAYR 1889
 Gattung: *Regulaecystis* DEHM 1932

***Regulaecystis pleurocystoides* DEHM 1932**

Abb. 1—3

- 1932 *Regulaecystis pleurocystoides* n. sp. — DEHM, Cystoideen aus dem rheinischen Unterdevon: 76—91, Abb. 8—13, Taf. 2 Fig. 5—8.
 1934 *Regulaecystis pleurocystoides* DEHM — DEHM, Untersuchungen an Cystoideen: 31—35, Taf. 2 Fig. 3—6.
 1961 *Regulaecystis pleurocystoides* DEHM — KUHN, Tierwelt Bundenbacher Schiefer: 12, 31, Abb. 13, 5—8.
 1967 *Regulaecystis pleurocystoides* DEHM — KESLING, Cystoids: S 199, Abb. 98, 1, 99, 4.
 1970 *Regulaecystis pleurocystoides* DEHM — KUTSCHER, Versteinerungen des Hunsrückschiefers: 96.

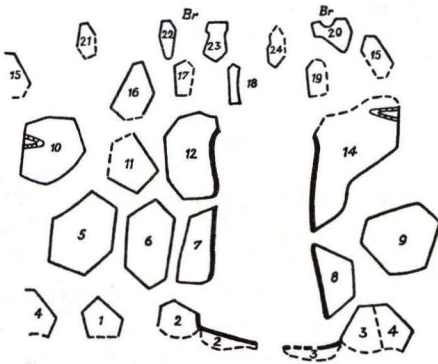


Abb. 1

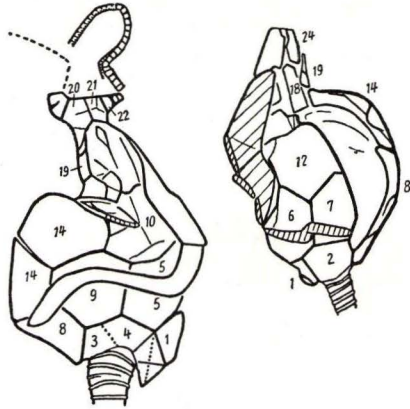


Abb. 2

Abb. 1. Plattendiagramm von *Regulaecystis pleurocystoides* (nach DEHM 1932, Fig. 8).

Abb. 2. *Regulaecystis pleurocystoides*, beidseitig präpariert, Typus (nach DEHM 1932, Fig. 9 und 10).

Zur Beschreibung dieser Art standen DEHM 1932 zahlreiche Individuen aus Bundenbach und Gemünden zur Verfügung. Bei seiner ergänzenden Beschreibung 1934 lagen bedeutend mehr Exemplare vor.

Artbeschreibung nach DEHM 1932 (gekürzt):

Die Thekagestalt ist infolge verschiedener Einbettung wechselvoll. Sie verjüngt sich gegen die Ansatzstelle der 2 Brachiolen. Die Größe der Theka schwankt erheblich, die größten Stücke sind fast $2\frac{1}{2}$ mal so groß als die kleinsten Jugendformen.

Die Thekaplatten stimmen mit denen von *Pleurocystites* BILL. soweit überein, daß die von BATHER (1913: 453) angegebene Durchzählung angewendet werden kann (Abb. 1).

Die „geteilte Bandleiste“ ist auffallendes Merkmal, auch der weniger gut erhaltenen Stücke.

Regelmäßig ist die Gegend zwischen Brachiolenansatz und Pl. 10 durch eine kleine Kante ausgezeichnet.

Das Analfeld wird von wulstig verdickten Rändern der Pl. 12, 7, 2, 3, 8 und 14 eingerahmt.

Die beiden Brachiolen sitzen der oben verjüngten Theka auf.

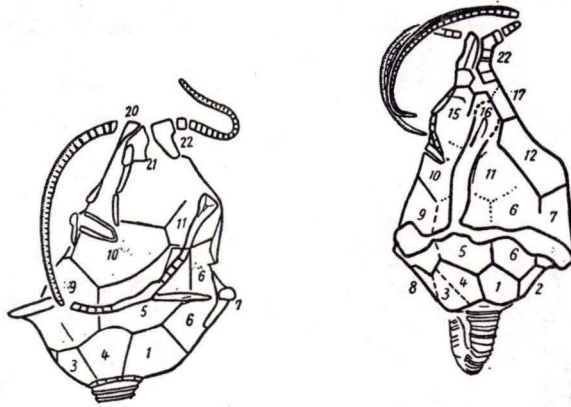


Abb. 3. *Regulaecystis pleurocystoides*, Abanalseite (nach DEHM 1932, Fig. 11 und 12).

Der sehr lange Stiel ist dem von *Pleurocystites* BILL. ähnlich gebaut. Sein proximaler Teil besteht aus 20–30, abwechselnd einfachen Gliedern und größeren Kragerringen, der distale Teil aus 60–80 länglich tonnenförmigen Gliedern. Irgendeine Skulptur ist nicht beobachtbar.

Regulaecystis pleurocystoides war ein auf dem Meeresboden liegendes, zeitweise frei sich bewegendes Wassertier und gleicht damit in seiner Lebensweise der überwiegend benthonischen Tierwelt des Hunsrückschiefers.

Gattungsdiagnose für *Regulaecystis* nach DEHM 1932:

Theka flach, ähnlich der von *Pleurocystites* BILL. Analfeld erweitert, zum größten Teil mit kleinen Blättchen getäfelt, Rand wulstig verdickt. Thekaplatten in Zahl und Anordnung denen von *Pleurocystites* ähnlich, aber dünner, ohne deutliche Skulptur, zuweilen mit Anwachsstreifen. Nur eine ganz schmale Porenraute 10:14 mit verdickter Umwallung. Über die Theka eine „geteilte Bandleiste“ geschoben. 2 Brachiolen und ein langer Stiel wie bei *Pleurocystites* BILL.¹

¹ Eine eingehende Gattungsdiagnose findet sich bei KESLING 1967: S199.

Klasse: Stylophora GILL & CASTER 1960
 Ordnung: Mitrata JAEKEL 1918
 Unterordnung: Mitrocystitida CASTER 1952
 Familie: Mitrocystitidae UBAGHS 1967
 Gattung: *Mitrocystites* BARRANDE 1887

***Mitrocystites* (?) *styloideus* DEHM 1934**

Abb. 4

1934 *Mitrocystites* (?) *styloideus* n. sp. — DEHM, Untersuchungen an Cystoideen: 22—23, Abb. 1, 2, Taf. 1 Fig. 2, 3.

1961 *Mitrocystites styloideus* DEHM — KUHN, Tierwelt Bundenbacher Schiefer: 21.

1967 [*Mitrocystites* (?) *styloideus* DEHM] — UBAGHS, Stylophora: S552.

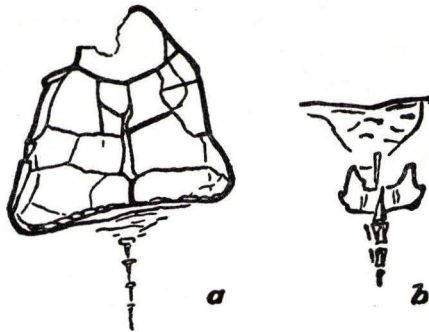


Abb. 4. *Mitrocystites* (?) *styloideus* (nach DEHM 1934, Abb. 1).

Bei Aufstellung dieser Art stand DEHM nur ein beidseitig präpariertes Stück zur Verfügung. Weitere Funde sind nicht bekanntgeworden.

DEHM (1934) beschreibt das Stück folgendermaßen (Auszug):

Die Theka besitzt eine gerade Basis von 15 mm Länge, die beiden Seiten stehen auf der Basis etwa senkrecht und vereinigen sich zu einem geschlossenen Bogen von 15 mm Höhe. Der Rand ist auf der Oberseite etwas aufgebogen, wodurch die Umgrenzung der Theka hervorgehoben wird. Hörner oder andere Fortsätze waren an der Theka nicht vorhanden.

Auf der Oberseite sind schmale längliche Randtäfelchen zu erkennen, weniger deutlich zwei Basalia.

Die Unterseite besteht aus kräftigen Platten. Es sind 2 Basalia, an den Seiten verhältnismäßig schmal die Marginalia und anscheinend vorn wieder eine größere Platte zu erkennen; die Mitte besteht offenbar aus mehreren symmetrisch angeordneten Platten. Öffnungen der Theka sind nicht zu beobachten.

Der 6 mm lange Stiel ist fast vollständig und beginnt mit wenigen flachen Ringen (4—6); das große Styloid mit einer Mittelkante und 2 symmetrischen seitlichen Vorsprüngen nimmt auf der Oberseite fast $\frac{1}{3}$ Stiellänge ein, die distalen eckigen Glieder werden rasch zarter.

Beziehungen: Da das beschriebene Stück wegen seines ankerförmigen Styloids zu keiner bekannten Art gehört, stellt es DEHM als neue Art vorbehaltlich zur Gattung *Mitrocystites* BARR.

Lebensweise: Der kurze Stiel mit seinem kräftigen, kantigen Styloid erweckt den Eindruck eines Ankers zum Festhalten des Tieres im schlammigen Meeresboden.

Vorkommen: 1 Exemplar in Bundenbach (I 44 der Münchener Staatssammlung).

Diskussion der Gattungszugehörigkeit:

Für die Zuordnung der Art *styloideus* zur Gattung *Mitrocystites* spricht nach DEHM (1934) die Gestalt (fast ebenso breit als hoch) und die größere Zahl der Dorsalia. Da das Stück wegen seines ankerförmigen Styloids zu keiner bekannten Art gehört, wird es als neue Art der Gattung *Mitrocystites* BARR. mit Vorbehalt eingliedert.

In einem Nachtrag zu seiner Arbeit über die Bundenbacher Schiefer erwähnt KUHN (1961: 21) *Mitrocystites styloideus* DEHM 1934 als eine Form von noch nicht ganz geklärter Gattungszugehörigkeit.

UBAGHS (1967) erwähnt unter *Mitrocystites* BARR. 1887 die Art aus dem Hunsrück-schiefer als: A very doubtful species has been recorded by DEHM (1934) in the Lower Devonian (Hunsrück Sh.) of Germany.

Klasse: Stylophora GILL & CASTER 1960

Ordnung: Mitrata JAEKEL 1918

Unterordnung: Anomalocystitida CASTER 1952

Familie: Anomalocystitidae BASSLER 1938

Gattung: *Rhenocystis* DEHM 1932

Rhenocystis latipedunculata DEHM 1932

Abb. 5

1932 *Rhenocystis latipedunculata* n. gen., n. sp. — DEHM, Cystoideen aus dem rheinischen Unterdevon: 66—74, Abb. 1—6, Taf. 2 Fig. 1—4.

1934 *Rhenocystis latipedunculata* DEHM — DEHM, Untersuchungen an Cystoideen: 24, Abb. 2, Taf. 1 Fig. 4—9, Taf. 2 Fig. 1, 2.

1961 *Rhenocystis latipedunculata* DEHM — KUHN, Tierwelt Bundenbacher Schiefer: 12, 31, 32, Abb. 13, 1—4, Abb. 14.

1967 *Rhenocystis latipedunculata* DEHM — UBAGHS, Stylophora: S 561, Fig. 1 a, 1 b.

1970 *Rhenocystis latipedunculata* DEHM — KUTSCHER, Versteinerungen des Hunsrück-schiefers: 96.

Vorkommen: Häufig in Bundenbach, 1 Einzelstück in Gemünden. DEHM untersuchte 35 Individuen (1932: 66—67, 89—90; 1934: 24—25).

DEHM beschreibt diese Art wie folgt:

Die Thekagestalt wechselt zwischen länglich rechteckig und abgerundet quadratisch.

Auf der Ventralseite beiderseits am Rande 3 Marginalia, das oberste am kleinsten. 5 Querreihen von \pm regelmäßigen, zweiseitig-symmetrisch angeordneten Platten. Ansatzstelle der Hörner meist undeutlich. Der proximale, verbreiterte Teil des Stieles berührt die Basis in ganzer Breite.

Auf der Dorsalseite Basalreihe mit 2 Marginalia und 2 gleichgroßen Basalia, Mittelreihe mit 2 Marginalia, einem rechten großen Dorsale und an seiner linken oberen Ecke ein kleines Dorsale, Oberreihe mit einem mittleren größeren und 2 seitlichen kleineren Täfelchen. Ansatzstelle der Hörner ist eine kleine Vertiefung, die von oberem Marginale und äußerem Täfelchen des Oberrandes gebildet wird. Der proximal verbreiterte Stiel trägt die ganze Basis.

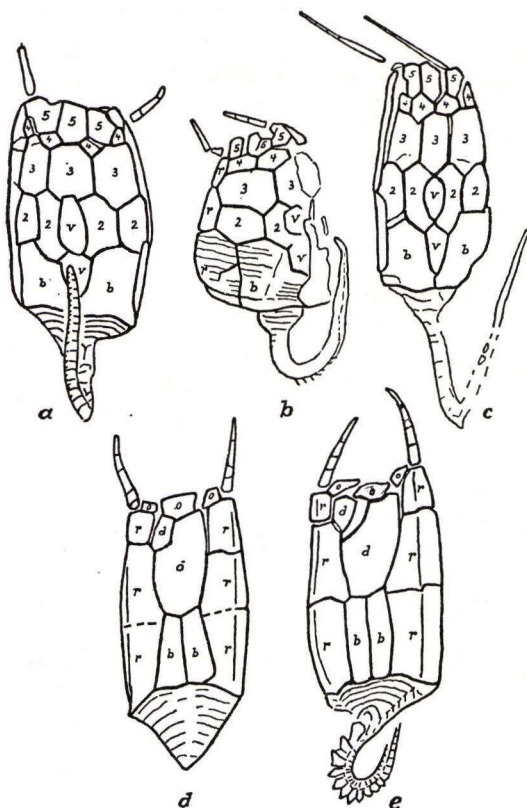


Abb. 5a—e. *Rhenocystis latipedunculata* (nach DEHM 1934, Abb. 2a—e) $\frac{2}{3}$.

Die Hörner haben etwa $\frac{1}{2}$ Thekalänge und sind an den oberen Seitenecken in seichten Vertiefungen aufgesetzt. Sie sind unregelmäßig gegliedert.

Der Stiel erreicht durchschnittlich $\frac{5}{3}$ Thekahöhe. Der verbreiterte proximale Teil berührt auf Ventral- und Dorsalseite die ganze Basis, verjüngt sich rasch und geht mit deutlichem Knick in den gleichmäßig dünner werdenden distalen Teil über. Der Stiel biegt nach oben um.

Die Individuen zeigen eine starke Variabilität. Es gibt ausgesprochen kräftige Tiere (DEHM 1934, Taf. 1 Fig. 4, 7, 9) und auffallend zarte (Taf. 1 Fig. 5). Die Täfelchenform wird verschieden gebildet. Die Hörner wechseln von derb und kräftig bis zu fein ausgezogenen, zarten Spitzen.

Biologische Bemerkungen: Die Nahrungsaufnahme geschah mit großer Wahrscheinlichkeit durch den Enddarm.

Mit dem breit aufsitzenden Ruderschwanz und mit der ausgeglichenen Gewichtsverteilung einer zweiseitig symmetrischen Theka waren diese Formen sicherlich gewandte Schwimmer, die sich mit raschen Schlägen in gerader Richtung über den schlammigen Grund des Unterdevon-Meeres vorwärts bewegten (DEHM 1934: 28—30).

Holotypus ist Stück 1 der Münchener Staatssammlung (1928 VII 2), abgebildet bei DEHM 1932 auf Taf. 2 Fig. 1 und Textfigur 1.

Definition der Gattung *Rhenocystis* (DEHM 1932: 64—65):

Theka sehr flach, gerundet vierseitig, Seitenränder scharf mit je 3 Marginalia, Oberrand und Unterrand wenig gebogen, fast gerade. Platten auf der Ventralseite bilateralsymmetrisch, 2 Basalia nicht ganz durch ein Ventrals getrennt, darüber in der Symmetrieebene ein kleineres Ventrals, durch symmetrische Einschaltung einer neuen Tafelchenreihe mehr Ventrals als bei *Placocystites*. Auf der Dorsalseite 4 unsymmetrische Platten, ähnlich *Placocystites*. An den oberen Seitenecken 2 Hörner. Stielansatz nimmt die ganze Basis ein. — Genotyp: *Rhenocystis latipedunculata* DEHM.

Klasse: Homoiostelea GILL & CASTER 1960

Ordnung: Soluta JAEKEL 1901

Familie: Dendrocystitidae BASSLER 1938

Gattung: *Dehmicystis* CASTER 1967

Dehmicystis globulus (DEHM 1934)

Abb. 6

- 1932 *Agriocrinus* mit einer Cystoidee — OPITZ, Bilder aus der Erdgeschichte: 113, Abb. 111 rechts.
- 1934 *Dendrocystites* (*Dendrocystoides*?) *globulus* n.sp. — DEHM, Untersuchungen an Cystoideen: 20—21, Taf. 1 Fig. 1.
- 1960 „*Rutroclypeus*“ *globulus* (DEHM) — GILL & CASTER, Australian carroids: 42, Abb. 9, Taf. 6 Fig. 2, 4.
- 1961 *Dendrocystites globulus* DEHM — KUHN, Tierwelt Bundenbacher Schiefer: 21.
- 1961 *Rutroclypeus globulus* (DEHM) — KUHN, Tierwelt Bundenbacher Schiefer: 21.
- 1967 *Dehmicystis globulus* (DEHM) — CASTER, Homoiostelea: S 613, Fig. 388, 1, 2.
- 1970 *Dehmicystis globulus* DEHM — KUTSCHER, Versteinerungen des Hunsrückschiefers: 96.

OPITZ (1932: 113, Abb. 111) bildete aus dem Hunsrückschiefer von Bundenbach eine Gruppe mit „*Agriocrinus* mit einer Cystoidee“ ab. DEHM untersuchte diese Platte näher. Von der Analseite einer verdrückten *Regulaecystis* geht nach einer Seite der Stiel eines gut erhaltenen *Agriocrinus* aus, auf der anderen Seite liegt das distale Stielende einer leider nicht vollständigen Cystoidee.

DEHM (1934: 20) beschreibt diese Cystoidee und führt sie unter dem Namen *Dendrocystites* (*Dendrocystoides*?) *globulus* in die Literatur ein. Sie fällt durch die unregelmäßig mehreckigen, dünnen, 3—5 mm großen Tafelchen ihrer Theka und den zerteiligen Bau ihres Stieles auf. Die Theka (der obere Teil fehlt an dem Fundstück)

dürfte kugelige Gestalt mit einem Durchmesser von 4 cm besessen haben. Ein After ist nicht erkennbar. Der Stiel greift in eine tiefe Einbuchtung der Thekabasis ein; der gekrümmte proximale Teil (2 cm) besteht aus der konvexen Seite aus 8–10 mm breiten, auf der konkaven aus anscheinend gleichvielen schmäleren Gliedern, wobei beide Gliederreihen durch eine Längsrinne getrennt werden; der distale Teil (über 4,5 cm lang) besteht aus 1–2 mm breiten und ebenso langen Gliedern mit einer durchlaufenden Längsrinne.

Die Zweizeiligkeit des Stieles verweist die Form zu den Carpoideen und innerhalb diesen die unregelmäßige Tafelchenverteilung der Theka zu der Gruppe der Soluta JAEKEL mit den Gattungen *Dendrocystites* BARR., *Dendrocystoides* JAEKEL 1921 und *Rhipidocystis* JAEKEL 1901.

KUHN (1961) teilt mit, daß die von DEHM beschriebene Cystoidee *Dendrocystites globulus* nach GILL & CASTER (1960) zu *Rutroclypeus* gehöre.

CASTER (1967: S 613) läßt die von DEHM aufgestellten Beziehungen bestehen und begründet die neue Gattung *Dehmicystis* wie folgt:

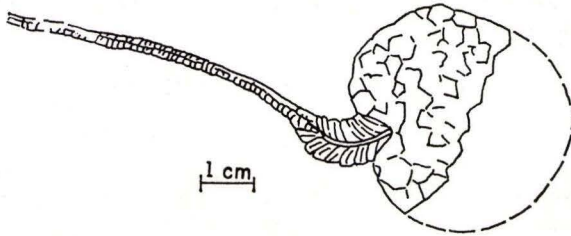


Abb. 6. *Dehmicystis globulus* (nach GILL & CASTER 1960, Abb. 9).

Spherically inflated (or moderately depressed), appearing circular when crushed; thinly plated, unornamented; anus large, circular and proximal, covered by large pyramid of elongate trigonal imbricating plates; some periproctal plates between anal pyramid and adanal thecal plates. Proxistele anomalocystitoid, very flexible; dististele long and dimerous.

[GILL & CASTER (1960) tentatively assigned this species to *Rutroclypeus*, but further examination of the holotype reveals a large circular anal area, and strongly supports DEHM's original idea that the theca was inflated in life; hence the new assignment.] Only incomplete holotype known. — Lower Dev. (Bundenbach), Eu. (Ger.).

5. Zusammenfassung

Aus dem Hunsrückschiefer sind bisher 4 Arten „Cystoideen“ bekanntgeworden. Sie sind in der vorliegenden Arbeit nach dem Treatise on Invertebrate Paleontology abgehandelt. Die Beschreibung und Bebilderung der einzelnen Arten wurde referiert.

Bemerkenswert ist, im Gegensatz zu anderen Hunsrückschiefer-Fossilien, der teilweise Individuenreichtum der „Cystoideen“. Sie passen gut in das Bild der benthonischen Hunsrückschieferfauna.

6. Schriftenverzeichnis

- CASTER, K. E. (1967): Homoiostelea: S 581—S 627. In *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Pars S, Echinodermata, 1, Vol. 2.
- DEHM, R. (1932): Cystoideen aus dem rheinischen Unterdevon. — *N. Jb. Mineral. etc.*, Beil.-Bd. 69, B: 63—93, 13 Abb., 5 Tab., Taf. 2; Stuttgart.
- (1934): Untersuchungen an Cystoideen des rheinischen Unterdevons. — *Sber. bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Abt.*, Jg. 1934: 19—43, 6 Abb., 2 Taf., München.
- GILL, E. D. & CASTER, K. E. (1960): Carpodid echinoderms from the Silurian and Devonian of Australia. — *Bull. Am. Paleontology*, 41, 1—71, 12 Abb., 10 Taf.; Ithaca, New York.
- KESLING, R. V. (1967): Cystoids: S 85—S 267. In *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part S, Echinodermata, 1, Vol. 1.
- KUHN, O. (1961): Die Tierwelt der Bundenbacher Schiefer. — *Neue Brehm-Bücherei*, 274: 48 S., 45 Abb.; Wittenberg-Lutherstadt.
- KUTSCHER, F. (1970): Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers. — *Aufschluß*, 19. Sonderband, Idar-Oberstein: 87—100, 14 Abb.; Heidelberg.
- MOORE, R. C. (1967): *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part S, Echinodermata, 1, Vol. 1 u. 2.
- OPITZ, R. (1932): *Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld*. — 224 S., 170 Abb.; Birkenfeld.
- UBAGHS, G. (1967): Stylophora: S 495—S 565. In *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part S, Echinodermata, 1, Vol. 2.

Manuskript eingegangen am 6. 11. 1974

Die Myophorien der germanischen Trias in Niederhessen Vorkommen und Verbreitung

Von

DIETHELM BAUMGARTE*

Mit 1 Tabelle und den Tafeln 9—10

Kurzfassung: Die niederhessische Trias ist von ihrer Basis bis zum Unteren Keuper in allen Stufen vollständig ausgebildet. Insbesondere ist auch der Muschelkalk lückenlos repräsentiert. Es wird untersucht, welche Arten der für die Trias typischen Lamelli-branchiatengattung *Myophoria* in Niederhessen vertreten sind, welche Besonderheiten sie aufweisen und wie sie regional und stratigraphisch verteilt sind. Eine Art wird neu aufgestellt: *Myophoria crassa* n. sp.

Abstract: In the northern part of Hesse the Triassic sequence is completely represented from the basal part up to the Lower Keuper. It is discussed which species of the genus *Myophoria* (Bivalvia, Trigonioida) occur in this region, their regional and stratigraphic distribution and their relations to facies. One of the described species is new: *Myophoria crassa* n. sp.

Inhalt

1. Einleitung	53
2. Das Untersuchungsgebiet	54
3. Die Gattung <i>Myophoria</i> und ihre Verbreitung	55
4. Die Erhaltungsweise	56
5. Die Arten und Unterarten	57
6. Zusammenfassung	69
7. Schriftenverzeichnis	69

1. Einleitung

Die Myophorien sind eine überaus charakteristische Gattung der Lamellibranchiaten. Sie finden sich bereits im Devon und enden mit ihrer größten Entfaltung in der Trias, in deren germanischer Ausbildung sie von hervorragender Bedeutung sind. Die im Muschelkalk nicht seltenen Lumachelle-Bänke zeigen im Schnitt oft große Mengen der leicht kenntlichen Schalen. In kaum einem „Muschelpflaster“, wie sie

* D. BAUMGARTE, 3500 Kassel-Ki., Mittelbinge 6.

sowohl im Unteren als auch im Oberen Muschelkalk häufig sind, fehlen die schief-ovalen bis dreieckigen Gehäuse von Myophorien. Vergesellschaftet mit anderen Gattungen bedecken sie gelegentlich in zahlreichen Exemplaren die Schichtflächen. Ohne Begleitfauna findet man *Myophoria orbicularis* BRONN, die ihre maximale Häufigkeit im obersten Wellenkalk erreicht, dem Bereich der *Orbicularis*-Schichten. Graugelb bis gelb, dünnbankig und klingend hart, bisweilen auch mürbe, kräftiger gebankt und dolomitisch, stellen sie eine unverwechselbare Zone im Grenzbereich zum Mittleren Muschelkalk dar.

Häufigkeit und leichte Kenntlichkeit haben die Myophorien der Trias schon früh bekannt gemacht. Sie wurden von fast allen maßgebenden Autoren des 19. Jahrhunderts bearbeitet. Eine erschöpfende Zusammenfassung führte RÜBENSTRUNK 1912 durch, so daß zu einer Revision bis heute kein Anlaß war, sondern lediglich Ergänzungen notwendig wurden. Zweck der vorliegenden Arbeit ist eine Darstellung der geographischen und stratigraphischen Verbreitung der Gattung im Untersuchungsgebiet des ehemaligen Kurhessen-Waldeck und des geologisch damit verbundenen westfälischen Kreises Warburg, sowie Aussagen über fazielle Sonderentwicklungen. Eine neue Art aus dem Wellenkalk wird aufgestellt. Die erwähnte Arbeit von RÜBENSTRUNK orientiert sich beinahe ausschließlich an süddeutschen Verhältnissen, wie denn ausdrücklich auf die überwiegende Verwendung des Heidelberger Materials der Sammlung KÖNIG verwiesen wird. Danach befaßt sich FRANCK (1929) mit den Verwandtschaftsverhältnissen der Gattung. SCHMIDT (1928, 1938) legte in seiner umfassenden Trias-Arbeit eine auf den Stand der Zeit gebrachte Zusammenstellung vor. Später sind nennenswerte Bearbeitungen nicht bekannt geworden. An dieser Stelle dankt der Verfasser besonders Herrn Dr. h. c. BUSSE, Kassel, für seine freundliche Unterstützung und wertvollen Hinweise.

2. Das Untersuchungsgebiet

Der Nordteil des Landes Hessen — im Zuge der Hessischen Senke etwa identisch mit dem ehemaligen Kurhessen und Teilen von Waldeck bzw. dem heutigen Reg.-Bez. Kassel — wird weithin von den Ablagerungen der Trias beherrscht. Ausgenommen sind lediglich die östlichen Ausläufer der Rheinischen Masse und die tertiären und quartären Bedeckungen z. B. im Bereich des Habichtswaldes oder des Knüllgebirges. Der flächenhaft verbreitete Buntsandstein ist paläontologisch wenig abwechslungsreich, die Keuper-Stufe wiederum nur in geringem Umfang erhalten und derzeit praktisch nicht aufgeschlossen. Aufsammlung und Bearbeitung sind somit an den Muschelkalk gebunden, der an zahlreichen Stellen des Untersuchungsgebietes in tektonischen Gräben auftritt. Kasseler und Wolfhagen-Naumburger Graben liegen in seinem Zentrum. Der Gelstertalgraben im westlichen Meißner-vorland sowie der ihn verlängernde Spangenberg Graben, dessen Fortsetzung sich bis in den Raum Alsfeld verfolgen läßt sowie Netragraben und Momberger Graben haben wesentliches Material geliefert. Hinzu treten die flächenhaften Vorkommen des Muschelkalkes in der Kuppenrhön sowie im Ringgau und im hessisch-westfälischen Grenzgebiet im Nordteil der ehemaligen Kreise Wolfhagen und Hofgeismar bis hin zum Eggegebirge im Raum Willebadessen.

Der Muschelkalk ist im oben umschriebenen Gebiet lückenlos erhalten. Sein Idealprofil reicht von den Grenzschiechten zum Röt im Liegenden bis hin zu den Schichten mit *Bairdia pirus* v. SEEBACH, die den Lettenkohlenkeuper unmittelbar unterlagern. Die Abfolgen des Wellenkalkes und auch des Mittleren Muschelkalkes können weit hin nachgewiesen werden. Der Hauptmuschelkalk ist jedoch nur im Bereich des Gelstertalgrabens vollständig ausgebildet. Nur dort sind der Trochitenkalk und die Tonplatten der Ceratitenschichten durchgehend abgelagert und auch noch der anschließende Keuper vereinzelt nachweisbar, während im übrigen Untersuchungsgebiet die Schichten mit *Ceratites spinosus* s. l. regelmäßig die Ablagerungen des Oberen Muschelkalkes abschließen. Dies hat zur Folge, daß die den höheren Schichten der untersuchten Abfolge zuzuordnenden Formen der Gattung *Myophoria* mitunter als selten anzusprechen sind. Der Grund für diese Erscheinung ist darin zu suchen, daß der Gelstertalgraben und der mit ihm verbundene Spangenberg Graben Beckentiefstes und damit Zentrum des auf sie regredierenden Muschelkalkmeeres waren.

3. Die Gattung *Myophoria* und ihre Verbreitung

Der Gattungsbegriff ist eindeutig gefaßt. A. H. MÜLLER (1963: 454) gibt eine klare Definition. Die meisten bekannten Formen werden aus fast allen Gebieten der germanischen Trias und aus Oberschlesien genannt. Zahlreiche Arten sind relativ langlebig und überdauern oft selbst den Mittleren Muschelkalk, der im Untersuchungsgebiet vermutlich wegen extremer Übersalzung des Meeres absolut steril ist. Über welche Distanz und aus welcher Richtung eine Neueinwanderung erfolgte, ließ sich bisher nicht ermitteln. Die aus dem Grenzbereich Mittlerer/Oberer Muschelkalk bekanntgewordenen Faunen, deren stratigraphische Zuordnung zudem nicht eindeutig zu belegen ist, führen ausschließlich Kleinformen und weisen damit deutlich auf Pioniercharakter und Neubesiedlung hin. Die Gattung *Myophoria* ist — soweit bereits beteiligt — von diesem ökologisch bedingten Kleinwuchs nicht ausgenommen.

Andere, weniger langlebige Arten, sind als Zonenfossilien anzusprechen. Sie sind charakteristisch für bestimmte Bereiche, sei es im Röt, im Muschelkalk oder auch im Keuper. Sie können daher bedingt als Leitfossilien verwandt werden, da sie eine stratigraphische Grobeinstufung ermöglichen.

Charakteristisch sind Entwicklung und Ausbildung einiger Arten im Zusammenhang mit bestimmten faziellen Bedingungen. Diese Arten sind hinsichtlich ihres Vorkommens, ihrer Häufigkeit und ihrer optimalen Entwicklung an bestimmte Voraussetzungen ihrer Umwelt gebunden. Dabei spielt es keine Rolle, welche zeitliche Differenz zwischen den Vorkommen liegt. Der Charakter von Faziesfossilien ist damit erwiesen. Als Beispiel hierfür sei *Myophoria elegans* angeführt. Diese Art liegt dem Verfasser aus der Terebratel-Zone des Kreuzberges in der Rhön aus einem Stratum mit stark sandig-klastischer Komponente in einer Ausbildung vor, die der aus gleichfalls sandig-klastischen Ablagerungen der *Astarte*-Bank im Hauptmuschelkalk bei Willebadessen/Eggegebirge fast identisch ist. Gehäuftes Vorkommen und gleiche Ausbildung verdeutlichen ihre Bindung an die Fazies, zumal diese Form in den üblichen kalkig-tonigen Sedimenten des Muschelkalkes selten oder nicht zu finden ist.

4. Die Erhaltungsweise

In den hier untersuchten stratigraphischen und regionalen Bereichen sind die überlieferten Individuen in allen bekannten Erhaltungsformen nachgewiesen. Die Steinkernerhaltung überwiegt weitaus, wobei sich diese Aussage auf präparierbare Exemplare bezieht. In den nicht seltenen Schillbänken, aus denen sich jedoch kein brauchbares Material gewinnen läßt, dürfte eine Ersatzschalenerhaltung überwiegen. In diesen Vorkommen sind die Myophorien regelmäßig mit anderen Gattungen vergesellschaftet. Selten nur nehmen sie eine beherrschende Stellung ein. Dies trifft jedoch gelegentlich dann zu, wenn die faziellen Voraussetzungen eine optimale Entwicklung begünstigten. Muschelpflaster ausschließlich aus Myophorien wurden, abgesehen von *M. orbicularis*, vom Verfasser nicht beobachtet. Gute Ersatzschalenerhaltung, die sowohl eine vollständige Präparation als auch eine Beobachtung aller Einzelheiten erlaubt, ist im Untersuchungsgebiet selten. Vorzügliche Exemplare mit feinsten Struktur vermag hier z. B. die Terebratel-Zone des Unteren Muschelkalkes zu liefern. Die Härte des Gesteins vereitelt in der Regel jedoch eine Schloßpräparation. Ausgezeichnete Exemplare in Ersatzschalenausbildung liefert hingegen eine Sonderentwicklung innerhalb des Oberen Trochitenkalkes, die vorher bereits erwähnte *Astarte*-Bank. Sie ist jedoch nur im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes nachweisbar. Anklänge an diese charakteristische sandig-oolithische Ausbildung finden sich im Raum Wenigenhasungen westlich Kassel auf Bl. 4621 Wolfhagen der TK 25, während sie ihre volle Ausprägung erst nördlich davon bei Wettelingen und Calenberg südlich Warburg/Westf. und dann zwischen Willebadessen und Altenheerse im südlichen Eggegebirge erfährt. Dieses Stratum, in jüngster Vergangenheit von BUSSE (1972) und vom Verfasser (1973) bearbeitet, liefert speziell in seinen nördlichen Vorkommen zahlreiche Arten der Gattung in völliger Ersatzschalenerhaltung. Es liegen nicht wenige Exemplare vor, die bereits beidseitig frei herausgewittert waren oder vollständig präpariert werden konnten. Alle Einzelheiten von Schalen- und Schloßbau sind zu beobachten. Die im Verlaufe des diagenetischen Prozesses erfolgte Um-Mineralisation und vielleicht gewisse mechanische Beanspruchungen durch das relativ grobe, sandige Sediment verwischen allenfalls einige Feinstrukturen.

Ein besonderes Problem in diesem Zusammenhang ist — und dies nicht auf die Gattung *Myophoria* beschränkt, sondern genereller Natur — die Verformung des überlieferten Materials. In allen Schichten des Muschelkalkes fanden Verwitterungs-, Zerbrechungs- und bruchlose Deformationsprozesse statt. Während die beiden erstgenannten Veränderungen im allgemeinen leicht kenntlich sind, führt die Verformung durch Sackung des sich verfestigenden Gesteins oder durch kleintektonische Beanspruchung, wie sie vor allem im Wellenkalk gern auftritt, zu täuschenden Gestaltänderungen der Fossilien. Diese Tatsache in Verbindung mit der normalen Variationsbreite einer Art ist in der Vergangenheit sicher nicht selten Anlaß zur Begründung neuer taxonomischer Kategorien gewesen. Besonders kritisch sollte man dort sein, wo vereinzelte stark aberrante Formen sonst relativ undifferenzierter Spezies zur Grundlage neuer Arten oder Unterarten gemacht wurden. Der Verfasser sah sich deshalb veranlaßt, die Überprüfung der zahlreichen Unterarten bzw. Varietäten einiger einfacher Myophorien-Formen zu empfehlen. Abgesehen von der

oft völlig unzureichenden Begründung bei älteren Autoren, denen z.T. nur spärliches und mangelhaftes Material zur Verfügung stand, findet sich im Untersuchungsgebiet kein Anhalt, daß es sich um mehr als normale Schwankungen der artspezifischen Schwankungsbreite handeln könnte.

5. Die Arten und Unterarten

Myophoria laevigata v. ALBERTI

Taf. 9 Fig. 1 u. 9

Die Form ist seit etwa 1820 bekannt und in den folgenden Jahrzehnten für den gesamten germanischen Muschelkalk nachgewiesen. Aus dem Raum Kassel erwähnt sie DUNKER (1848/49). In der Literatur über Niederhessen ist *M. laevigata* an fast allen untersuchten Lokalitäten aufgeführt. Ihr Vorkommen im gesamten untersuchten Gebiet ist sicher. Beginnend im Unteren Wellenkalk läßt sie sich durch sämtliche Horizonte — den Mittleren Muschelkalk ausgenommen — bis in die mittleren Ceratitenschichten verfolgen. Aus dem Bereich der Discoceratiten ist sie nicht sicher belegt. Dies mag daran liegen, daß diese Schichten seit Jahrzehnten im Untersuchungsgebiet nicht mehr aufgeschlossen waren.

Ihr Vorkommen ist häufig bis massenhaft, vor allem in bestimmten fossilreichen Lagen der Oolith- und der Terebratel-Zone. Gute Exemplare sind dennoch nur recht selten zu gewinnen.

Das Untersuchungsmaterial beschränkt sich auf ausgesuchte, repräsentative Stücke guter Qualität. Hier zeichnen sich insbesondere vorzügliche Schalenexemplare aus der Oolith-Zone des Weinberges in Kassel und der Terebratel-Zone des Eilenberges bei Naumburg aus. Weitere gute Stücke liegen aus der *Astarte*-Bank des Eggegebirges vor.

Von einer bei RÜBENSTRUNK (1912: 130) erwähnten radialen Skulptur ist nichts festzustellen. Die Arealskulptur beschränkt sich bei den Stücken aus dem Unteren Muschelkalk auf eine deutliche, von flachen Furchen begleitete Rippe, die jedoch bei den Belegstücken aus der *Astarte*-Bank nur noch auf eine Andeutung reduziert ist. Deutlich hingegen ist eine sehr feine, wenn auch unregelmäßig konzentrische Anwachsstreifung, die bei den Stücken aus der *Astarte*-Bank verschwimmt. Zahlreiche Steinkerne der Art von verschiedenen anderen Fundpunkten geben keinen Anhalt für zusätzliche Aussagen. Die Größe von *M. laevigata* kann im Untersuchungsgebiet mit einer Höhe bis zu 30—35 mm und einer Länge von 35—45 mm angenommen werden. Ein Steinkern aus den Myophorien-Undularien-Schichten von Walburg erreicht eine Länge von ca. 60 mm und ist ca. 46 mm hoch. Damit wird eine der süddeutschen vergleichbare maximale Größe erreicht. Die Variationsbreite der Art ist nicht sehr groß. Einige beschädigte Stücke aus der *Astarte*-Bank scheinen mit abgeflachter Arealkante auf *M. ovata* zu verweisen.

Myophoria laevigata transiens RÜBENSTRUNK

Myophoria laevigata elongata PHILIPPI

Myophoria laevigata elargata PHILIPPI

Myophoria laevigata rotunda PHILIPPI

Myophoria laevigata ovalis PHILIPPI

Die 5 aufgeführten Unterarten von *M. laevigata* sind von PHILIPPI (1898) und RÜBENSTRUNK (1912: 124—137) als Varietäten aufgestellt worden; sie wurden ebenfalls von SCHMIDT (1928: 183—185) als Varietäten aufgeführt. RÜBENSTRUNK lag kein Material zu den bereits bestehenden Varietäten vor. Anhand dreier Belegstücke begründete er zusätzlich *M. laevigata transiens*, die von *M. laevigata laevigata* zu *M. laevigata elongata* vermitteln soll.

Das niederhessische Material ist reich. Es stammt aus den unterschiedlichsten stratigraphischen und geographischen Bereichen und verteilt sich auf Steinkerne und (Ersatz-)Schalenexemplare. Bei nur mäßiger Variationsbreite weichen die Extreme hin und wieder beträchtlich voneinander ab. Ihr Unterschied zum Typus ist hingegen stets gering. Ab und zu scheint ein Merkmal einer der oben genannten Formen zuzutreffen. Dies mag von diagenetischen und anderen Verformungsprozessen unterstützt werden. Insgesamt sollte an einer derartigen Untergliederung der Art in selbständige systematische Einheiten — wenn auch nur niederen Ranges — nicht festgehalten werden. Sie findet im vorliegenden nordhessischen Material keinerlei Bestätigung. Die z.T. fragmentarische Erhaltung der nur aus Abbildungen bekannten Holotypen bestärkt in dem Schluß, daß auch andernorts eine weitere Fassung der Variationsbreite der Art den Verhältnissen eher gerecht wird. Eine Aufgliederung von *M. laevigata* in Unterarten ist nach Auffassung des Verfassers nicht angebracht.

Myophoria cardissoides v. ALBERTI

Taf. 9 Fig. 3

Für die seit etwa 1830 bekannte Art teilt DUNKER (1848/49) mit, daß sie in der Kasseler Gegend vorkomme. v. SEEBACH (1861) bemerkt jedoch, daß er sie aus Thüringen und dem gesamten nördlichen Deutschland nicht kenne. Alle neuen Mitteilungen über ihr Vorkommen im niederhessischen Raum werden mit Vorbehalt gemacht. Der vertikale Nachweis reicht vom Unteren Wellenkalk bis in den Grenzbereich zwischen Trochitenkalk und Ceratitenschichten (mo 1/mo 2).

Das vorliegende Material ist nicht reichlich. Guterhaltene Schalenexemplare aus der Terebratel-Zone von Remsfeld und der Oolith-Zone vom Kratzenberg in Kassel weisen zwar die als typisch herausgestellte leichte Eindellung auf, die vom Wirbel bis zur Unterkante der Schale sich allmählich verbreiternd neben der Arealkante einherläuft. Der sonstige Habitus fällt aber in die Variationsbreite von *M. laevigata*. So finden wir denn auch bereits bei RÜBENSTRUNK (1912: 165) den Hinweis, „daß die *M. cardissoides* und die *M. laevigata* manche Eigenschaften, wegen deren sie bisher getrennt wurden, miteinander gemeinsam haben, und . . . Übergänge zueinander aufweisen“.

Weitere Schalenexemplare aus den Basisschichten des Oberen Muschelkalks von Großalmerode können wegen ihrer geringen Größe auch nur mit erheblichem Vorbehalt der Art zugeordnet werden. Lediglich ein Steinkern aus den Myophorien-Undularen-Schichten an der Basis des Oberen Muschelkalkes bei Walburg zeigt den charakteristischen herzförmigen Umriß der Gesamtarea. Er weist auch mit 27 mm Länge und 23 mm Höhe die Abmessungen der süddeutschen Exemplare auf. Das Belegstück ist jedoch verdrückt und somit für einen einwandfreien Nachweis nicht

geeignet. Das auf Taf. 9 Fig. 3 abgebildete Exemplar stammt von Neckarelz (Sammlung des Verfassers). Diese Form wurde bisher in dem gesamten Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit nicht nachgewiesen. Das Vorkommen von *M. cardissoides* ist hier demnach zumindest zweifelhaft.

Myophoria cardissoides transiens RÜBENSTRUNK

Myophoria cardissoides elongata RÜBENSTRUNK

Myophoria cardissoides parva GRUBER

Beide von RÜBENSTRUNK (1912: 121—124) als Varietäten aufgestellten Unterarten wurden von SCHMIDT (1928: 185) übernommen. Hier wird jedoch bereits bei den Erläuterungen zur Art auf zahlreiche Verdrückungsformen — speziell im Wellenkalk — hingewiesen. Die Varietäten bzw. Unterarten wurden im Falle *transiens* an sechs, bei *elongata* an einem Stück aus dem Wellenkalk und fünf „sehr kleinen Exemplaren“ aus dem Trochitenkalk aufgestellt. Einzig *M. cardissoides transiens* findet einmal Erwähnung im Berichtsgebiet, und zwar aus der Stadt Kassel. Da jedoch schon die typische Art in ganz Hessen noch nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden konnte, ist das Vorkommen von abweichenden Formen desto unwahrscheinlicher. Gültige Aussagen können nicht gemacht werden. Eine grundsätzlich weitere Fassung der Variationsbreite von *M. cardissoides* ist der Übersichtlichkeit von Systematik und Nomenklatur mit Sicherheit dienlich.

Myophoria crassa n. sp.

Taf. 9 Fig. 2 u. 4

- Name: *crassus* (lat.) = dick; wegen der rundlichen Form.
 Holotypus: Originalstück zu Taf. 9 Fig. 2 u. 4, Slg. Museum für Naturkunde zu Kassel.
 Paratypen: ca. 30 Exemplare Slg. BUSSE und Slg. Museum für Naturkunde zu Kassel.
 Locus typicus: Siechenberg bei Liebenau, Kreis Kassel.
 Stratum typicum: Obere Terebratel-Bank des Unteren Muschelkalkes.

Diagnose: Eine fast gleichseitig-dreieckige *Myophoria*, gelegentlich auch etwas gestreckt, ohne Rippen, mit runder Arealkante und rundem Wirbel.

Beschreibung: Das vorliegende Typusexemplar aus der Terebratel-Zone des Siechenberges ist die linke Klappe eines Steinkernes von 22 mm Länge und 21 mm Höhe. Der Wirbel ist mittelständig und sehr rund. Ebenfalls rund ist die Arealkante. Die Area fällt relativ steil ab und ist sanft geschwungen. Der Gesamteindruck ist der eines regelmäßigen Dreiecks mit stark abgerundeten Ecken. Der Steinkern weist gleich allen Paratypen keine Skulptur, keine Rippen und keine Andeutung einer Anwachsstreifung auf. Das Hauptschalenfeld ist gewölbt-glatt. Die Abmessungen des vorliegenden Materials schwanken in der Höhe zwischen 14 mm und 21 mm und in der Länge zwischen 14 mm und 22 mm. Die Größenordnung entspricht *M. cardissoides*, die *M. crassa* nahestehen dürfte. Ebenso sind Anklänge an *M. laevigata* deutlich, wengleich diese Form wesentlich größer wird. Die von RÜBENSTRUNK ermittelten Quotienten aus Höhe : Länge und Wölbung (Dicke) : Höhe verdeutlichen

die Zugehörigkeit zum Formenkreis der beiden vorgenannten Arten, wengleich rechnerische Werte allein nicht über die Artzugehörigkeit entscheiden sollten:

	Höhe : Länge	Dicke : Höhe
<i>M. cardissooides</i>	1 : 1,23	1 : 2,12
<i>M. laevigata</i>	1 : 1,12	1 : 3,56
<i>M. crassa</i> n. sp.	1 : 1,08	1 : 2,30

Die Werte weisen aus, daß es sich bei der neuen Art um eine gedrungene Form handelt, die hinsichtlich ihrer relativen Wölbungshöhe näher bei *M. cardissooides*, hinsichtlich ihres Höhe-Länge-Verhältnisses aber näher bei *M. laevigata* steht.

In einer nicht veröffentlichten Arbeit weist BUSSE bereits 1961 auf eine Muschel hin, die in über 30 Exemplaren als Steinkern vorliegt und deren Merkmale auf die Zugehörigkeit zur Gattung *Myophoria* verweisen. Schalenexemplare, die eine Nachprüfung des Schloßbaues ermöglichen, fehlen.

Myophoria ovata (GOLDFUSS)

Taf. 9 Fig. 7

Vor ihrer Aufstellung im Jahre 1840 wird die Form gelegentlich erwähnt. In der älteren Literatur ist ihr Vorkommen aus dem gesamten Ablagerungsgebiet des germanischen Muschelkalkes beschrieben. Der niederhessische Raum wird dabei nicht erwähnt. Für ihn ist die Art jedoch aus den Fossilverzeichnissen neuer Arbeiten vielfach belegt. Sie setzt hier etwa mit der Oolith-Zone des Unteren Wellenkalkes ein und läßt sich — unterbrochen durch den Mittleren Muschelkalk — bis in den hohen Trochitenkalk und die trochitenkalkähnlichen Vertretungen der Unteren Ceratitenschichten im N und NW des Untersuchungsgebietes verfolgen. Ihr gehäuftes Vorkommen in den Bereichen der Oolith-, der Terebratel- und der Schaumkalk-Bänke des Unteren Muschelkalkes und abermals im Trochitenkalk und der *Astarte*-Bank des Oberen Muschelkalkes belegt ihren Charakter als Faziesfossil für Bereiche weniger kalkreicher und stärker klastischer Flachwassersedimentation. Daß diese Bereiche der Art ein ökologisches Optimum geboten haben müssen, ergibt sich aus ihrem z.T. massenhaften Vorkommen verbunden mit ungewöhnlicher Größe in der *Astarte*-Bank nahe Wettasingen. Die Schalen sind dort mitunter zu kompakten Nestern zusammengeschwemmt und erreichen eine Länge von 66 mm und eine Höhe von 52 mm, während RÜBENSTRUNK ein größtes Stück — das Original von GOLDFUSS — mit 35 mm Länge und 26 mm Höhe angibt. Das Fehlen tonig-kalkiger Substanz im Sediment — es mag später z.T. herausgelöst worden sein, wengleich hiergegen die stabilen Ersatzschalen in reiner calcitischer Ausbildung sprechen — und das nesterweise Zusammenschwemmen lassen auf einen bewegten Frischwasserbereich schließen, der offensichtlich ein Optimum für angepaßte Arten geboten hat.

Es liegt Material in Steinkernerhaltung mit guten Negativen aus der Terebratel-Zone des Eckerich bei Fritzlar und in Schalenerhaltung vom Kalkberg bei Niederkaufungen vor. Kleine Ersatzschalenexemplare aus der Pionierfauna an der Grenze vom Mittleren zum Oberen Muschelkalk der Alpsriede bei Großalmerode sind vorhanden. Die umkristallisierten Schalen von Wettasingen weisen außer ihrer Größe keine Besonderheiten auf und liegen innerhalb der Variationsbreite der Art. Am

Südrand der Egge finden sich Exemplare extrem guter Erhaltung, die u. U. aus grusig-mürben Bereichen der *Astarte*-Bank frei von jedem anhaftenden Material gewonnen werden können. Hier sind Formen, die auf *M. laevigata* zu verweisen scheinen, und langgestreckte Varianten innerhalb der Art nicht selten. Es kann von einer weiten Verbreitung der Art ausgegangen werden.

Myophoria ovata elongata GIEBEL

Myophoria ovata trigona ZIETEN

Myophoria ovata orbiculari similis RÜBENSTRUNK

Die vorgenannten Nebenformen aus dem Kreis um *M. ovata* werden von RÜBENSTRUNK (1912: 143–145) als Varietäten aufgeführt bzw. neu begründet und von SCHMIDT (1928) übernommen. Schon RÜBENSTRUNK hat Material nicht vorgelegt, sondern er stützt sich auf ältere Angaben und Abbildungen. Lediglich für die von ihm benannte Form gab es zwei beschaltete Exemplare mit einem „einem Kreis mehr oder weniger genäherten“ Umriß. Auch erwähnt er hier eine „gerundete, aber deutliche Arealante“. Reiches und bisher durchweg zur typischen Art gestelltes Material aus Niederhessen in Steinkern- und in Ersatzschalenerhaltung weist zahlreiche Abweichungen von der Normalform auf. Hierzu gehören rundliche ebenso wie gestreckte und auch mehr dreieckige Formen. Ebenso ist gelegentlich eine gerundete Arealante zu konstatieren. Deutliche Abweichungen von der Normalform, die darüber hinaus noch eine gewisse Mindesthäufigkeit haben sollten, um als Unterart abtrennbar zu sein, sind so gut wie nicht festzustellen. Hinzu kommt die nicht seltene und gut nachweisbare bruchlose Deformation der Schalen durch Sackungsdruck im lockeren Sediment der *Astarte*-Bank. Der Verfasser empfiehlt daher, die vorgenannten Unterarten bzw. Varietäten aufgrund des niederhessischen Materials aufzugeben, da sie nicht hinreichend begründet erscheinen und sie als zur Variationsbreite der Art gehörig zu betrachten.

***Myophoria orbicularis* BRONN**

Taf. 9 Fig. 5 u. 6

In der älteren Literatur wird *M. orbicularis* nach ihrer Aufstellung im Jahre 1837 aus dem gesamten Bereich des germanischen Muschelkalkes und aus Oberschlesien beschrieben. DUNKER (1848/49) erwähnt sie „aus der Gegend von Cassel und Göttingen“. Von ihrem Vorkommen wird aus Baden, Bayern, Thüringen, Schwaben und dem Elsaß berichtet. Alle Nachrichten beziehen sich auf den Unteren Muschelkalk. Im Untersuchungsgebiet ist sie durchaus verbreitet. In völliger Übereinstimmung mit RÜBENSTRUNK ist ihr quantitatives Maximum im oberen Bereich des Unteren Muschelkalkes anzusetzen. Mit Sicherheit nachgewiesen ist sie im Bereich der Terebratel-Zone, wo sie auch schon häufig bis sehr häufig sein kann. Von da ab gehört sie zu den Charakterfossilien des Oberen Wellenkalkes, der Schaumkalk-Zone und der eigentlichen *Orbicularis*-Schichten. Sie erreicht darin eine Höhe von 21 mm und eine Länge von 24 mm. Abweichend von der Entwicklung im süddeutschen Raum überschreitet sie nicht die Grenze zum Mittleren Muschelkalk. Auch kehrt sie nach Neubeginn der Besiedlung nicht wieder.

Wenn *M. orbicularis* im Unteren Muschelkalk auch nicht zu einem feinstratigraphisch leitenden Fossil wird, kann sie doch innerhalb der oft wenig differenzierten Gliederungen des Wellenkalkes, wenn dieser in kleinen Aufschlüssen ohne leitende Bänke auftritt, durch ihr Vorkommen zumindest eine durchaus wichtige Grobeinstufung ermöglichen. Sie ist damit ein ausgezeichnetes und vor allen Dingen leicht kenntliches Hilfsmittel zur stratigraphischen Vororientierung.

Das aufgesammelte Material und die in der Literatur aufgeführten Stücke liegen fast ausschließlich in Steinkernerhaltung vor. Diese Steinkerne sind oft zweiklappig, häufiger als bei allen anderen Arten der Gattung, wenngleich auch an deren autochthonem Vorkommen Zweifel nicht bestehen. Eines der überaus seltenen Exemplare in Schalenerhaltung aus der unteren Terebratelbank von Naumburg bei Kassel ist auf Taf. 9 Fig. 5 wiedergegeben.

Myophoria orbicularis gibba RICHTER

Myophoria orbicularis ovatae similis RÜBENSTRUNK

Gleichzeitig mit der typischen Art erscheinen abweichende Formen, die sich jedoch nur geringfügig von dieser unterscheiden. Sie wurden bisher in zwei Unterarten bzw. Varietäten gesondert geführt. Das vorliegende Material des Formenkreises um *M. orbicularis* aus dem Untersuchungsgebiet weist nicht selten auf die oben zitierten Unterarten hin. Sowohl kreisrunde als auch längliche sowie mit Anklängen an eine Arealkante versehene Exemplare sind vorhanden. Der Eindruck einer selbständigen systematischen Einheit entsteht jedoch in keinem Fall. So schreibt RÜBENSTRUNK (1912: 154) schon bei Aufstellung seiner Varietät *M. orbicularis ovatae similis*, der Unterschied zum Typus sei „so gering, daß man geneigt sein könnte, ihn ganz zu vernachlässigen“. Es ist ihm aber „aus praktischen Gründen angenehm, einen besonderen Namen dafür zur Verfügung zu haben“. Vergleichbar schwach scheint dem Verfasser die Aufstellung der Varietät *M. orbicularis gibba* begründet, die — mit dem Typus vollständig identisch — gelegentlich \pm ausgeprägte Andeutungen einer Arealkante aufweist. Es soll nicht verneint werden, daß im süddeutschen Raum vereinzelte Sonderentwicklungen stattgefunden haben. Das niederhessische Material legt jedoch nahe, *M. orbicularis* eine Variationsbreite zuzugestehen, die die beschriebenen Abweichungen umfaßt, so daß die Abtrennung von Unterarten nicht notwendig ist.

Myophoria rotunda v. ALBERTI

Die dem Formenkreis um *M. orbicularis* zuzurechnende Art ist aus dem süddeutschen Muschelkalk beschrieben. Vergleichbare Formen sind hier nicht bekannt.

Myophoria germanica HOHENSTEIN

Taf. 9 Fig. 8

Die Art wurde 1913 aufgestellt. Bei SCHMIDT (1928: 188) wird ihr Vorkommen im Mittleren und im Oberen Muschelkalk angeführt. Im Untersuchungsgebiet ist sie in weiten Teilen des Unteren Muschelkalkes nachgewiesen. Unterhalb der Oolith-Zone ist die Form jedoch noch selten. Der einzige Hinweis in der Literatur ist mit dem

Zusatz „cf“ versehen, da der Erhaltungszustand eine sichere Bestimmung nicht erlaubt. Für den Bereich von der Oolith- bis zur Terebratel-Zone einschließlich ist die Art in Literatur und Belegmaterial sicher fixiert. Ab Oberem Wellenkalk ist ihr Vorkommen bereits wieder selten bis unsicher. Ab Schaumkalk-Zone fehlt jeder Nachweis. Die Form fällt offensichtlich der sich andeutenden Verarmung der Fauna bis zum völligen Erlöschen jeden Lebens schon bald zum Opfer. Dafür setzt sie in sehr kleinen Exemplaren frühzeitig an der Wende vom Mittleren zum Oberen Muschelkalk in der bekannten Pionierfauna bei Großalmerode (BUSSE 1964) wieder ein und ist durchgehend über den Trochitenkalk bis in die Unteren Ceratitenschichten nachgewiesen. Danach fand sich bisher keine Spur mehr. Die vertikale und horizontale Verbreitung läßt keine spezifischen Eigenschaften erkennen, die eine Einstufung als Zonen- oder gar Leitfossil rechtfertigen würden.

Das vorliegende Material kann, soweit es in Steinkernerhaltung vorliegt, oft nur mit Vorbehalt zur Art gestellt werden. Wegen der geringen Größe von max. 18 mm Länge und 15 mm Höhe sind charakteristische Merkmale selten klar kenntlich. Die vorkommenden Schalenexemplare sind insbesondere aus der Oolith-Zone in vorzüglichem Erhaltungszustand. Eine Sonderstellung nimmt hier — wie in vielen Fällen bei den Lamellibranchiaten — die oolithische *Astarte*-Bank des Eggegebirges nahe Willebadessen ein. Dort ist die Art in zahlreichen Exemplaren und regelmäßig mit Ersatzschale erhalten; jedoch sind sie wegen ihrer Feinheit nur beschränkt zu gewinnen.

***Myophoria struckmanni* v. STROMBECK**

Die Form ist aus dem Lettenkohlenkeuper des Gelstertalgrabens bekannt.

***Myophoria intermedia* v. SCHAUROTH**

Ursprünglich als *M. curvirostris* angesehen, wird die Art 1857 aufgestellt. Wenngleich sie in allen deutschen Muschelkalkgebieten vorkommt, tritt die Art nirgendwo häufig auf. In Übereinstimmung mit älteren Darstellungen läuft *M. intermedia* im Untersuchungsgebiet mit Ausnahme des Mittleren Muschelkalks vom Unteren Wellenkalk bis in die Oberen Ceratitenschichten durch. Das wenige vorliegende Material läßt Schlüsse auf fazielle Eigenheiten nicht zu. Es sind nur Steinkerne und in einem Fall der Negativabdruck einer Klappe vorhanden. Ergänzende Aussagen zur Art sind nicht möglich.

***Myophoria incurvata* v. SEEBACH**

Taf. 10 Fig. 1

Die Art wurde erst 1867 durch VON SEEBACH als eigenständig erkannt. Bis zu diesem Zeitpunkt hielt man sie für eine kleine Varietät von *M. vulgaris*, als die sie in älteren Bearbeitungen aufgeführt und abgebildet wurde. Sie wird aber auch danach nicht oft erwähnt. Mitteilungen über ihr Vorkommen liegen nur von wenigen Punkten aus Norddeutschland, Thüringen und Württemberg vor. Das bekannte Material ist dementsprechend nicht reichlich. Im Untersuchungsbereich dürfte die Art nicht allzu häufig sein. Dieser Eindruck wird noch dadurch gefördert, daß die

Form sehr unauffällig ist und mit max. 20 mm Höhe und 20 mm Länge durchaus zu den kleineren Arten der Gattung gehört. Hinzu kommt eine starke Beschränkung der vertikalen Verbreitung und der nicht selten unbefriedigende Erhaltungszustand in dem von ihr offensichtlich bevorzugten tonig-kalkigen Sedimentationsbereich. Die Art ist, in Übereinstimmung mit allen früheren Feststellungen, auch in N-Hessen auf den Unteren Muschelkalk beschränkt. Sie tritt dort erst spät — etwa in den mittleren Bereichen des Oberen Wellenkalks auf — wo sie gleichzeitig ihre stärkste Verbreitung findet. Schon in der Schaumkalkzone ist nur ein einzelner Nachweis bekannt, während ein solcher für die *Orbicularis*-Schichten vollständig fehlt. Dies weicht von den süddeutschen Verhältnissen ab, wo die Form in dem letztgenannten Niveau noch vorkommt. Auffällig ist weiterhin, daß das vorliegende Material sowie die Hinweise in der Literatur sich auf einige wenige Fundpunkte im Raum um Kassel, im Meißnergebiet und am Eggegebirge beschränken. Dennoch ist die Verbreitung von *M. incurvata* im gesamten Untersuchungsgebiet wahrscheinlich.

Die ausschließlich vorliegenden Steinkerne lassen zusätzliche Aussagen zu den bereits bekannten der Artbeschreibung nicht zu. Auffällig ist lediglich der charakteristische Schwung des Wirbels. Erkenntnisse über die Variationsbreite lassen sich anhand des geringen vorliegenden Materials nicht gewinnen, wenngleich Anklänge an *M. vulgaris* nicht von der Hand zu weisen sind. Sicher ist es nicht zulässig, von Übergangsformen zwischen den beiden Arten auszugehen, zumal *M. vulgaris* in den höheren Bereichen des Wellenkalkes, die für *M. incurvata* charakteristisch sind, bereits sehr selten wird.

Myophoria vulgaris (v. SCHLOTHEIM)

Taf. 10 Fig. 2 u. 3

Die weitverbreitete und überaus charakteristische Art wird unter dem Gattungsnamen „*Trigonellites*“ bereits 1820 aufgestellt. Sie gehört zu den häufigen Fossilien des niederhessischen Muschelkalkes und ist innerhalb des Stadtgebietes von Kassel, am Rammelsberg, schon aus dem obersten Röt nachgewiesen. Von da ab ist ihr Vorkommen durch den gesamten Unteren Muschelkalk bis zum Oberen Wellenkalk belegt. Weder in der Literatur noch im vorliegenden Material findet sich aber ein Nachweis für die Schaumkalk-Zone und die *Orbicularis*-Schichten, ganz abgesehen von dem in Niederhessen sterilen Mittleren Muschelkalk. In kleinen Exemplaren taucht die Art an der äußersten Basis des Oberen Muschelkalkes wieder auf und ist dann in unterschiedlicher Häufigkeit bis in die Mittleren Ceratitenschichten hinein zu verfolgen.

Nach RÜBENSTRUNK (1912: 177) ist *M. vulgaris* „vom Röt bis zum untersten Nodosuskalk verbreitet, darüber hinaus ist sie als Seltenheit zu bezeichnen“. Im Untersuchungsgebiet fehlt ein Nachweis für die Oberen Ceratitenschichten und den Unteren Keuper. Die Größe der Exemplare ist schwankend. Während sie im Wellenkalk meist klein bleiben und nur im Bereich der Oolith- und Terebratel-Bänke größer werden, ist das Größenmaximum mit 35 mm Höhe und 38 mm Länge im Oberen Trochitenkalk festzustellen.

Der Erhaltungszustand des Materials ist unterschiedlich. Es treten Steinkerne und Schalenexemplare nebeneinander auf, wobei letztere besonders im Bereich der Tere-

bratel-Zone hervorragend erhalten sein können. In den Tonplatten des Oberen Muschelkalkes sind nur Steinkerne zu registrieren. Ersatzschalenexemplare von ungewöhnlicher Erhaltung liefert die *Astarte*-Bank im Oberen Trochitenkalk des Eggebirges im Raum Willebadessen, in der die Art nicht allzu häufig vorkommt. Nur wenige Kilometer südlich dieses Vorkommens, nahe Wettelingen, ist *M. vulgaris* in der gleichen Bank bisher nicht nachgewiesen. Diese Erscheinung trifft auch für eine ganze Reihe anderer Mollusken zu und belegt damit sehr eindrucksvoll, daß die gleiche stratigraphische Einheit trotz identischer petrographischer Ausbildung auf kleinem Raum einen beträchtlichen Wandel der biofaziellen Ausprägung erfahren kann.

Myophoria vulgaris cornuta v. ALBERTI

Die im Jahre 1864 aufgestellte Art *M. cornuta* unterscheidet sich von *M. vulgaris* nur durch die größere Länge. Sie wurde daher von RÜBENSTRUNK (1912: 178) und SCHMIDT (1928: 190) als Varietät von *M. vulgaris* aufgefaßt. Im süddeutschen Raum nicht häufig, wird sie im Untersuchungsgebiet nur von zwei Fundpunkten im Trochitenkalk des Meißnervorlandes und aus dem Raum Spangenberg erwähnt. Das vorliegende Material erlaubt keine Aussagen, ob eine echte Subspezies angenommen werden kann, oder ob nicht von einer erweiterten Variationsbreite von *M. vulgaris* ausgegangen werden muß.

Myophoria vulgaris semicostata HOHENSTEIN

Die Unterart wird aus dem Mittleren Muschelkalk des Schwarzwaldes von HOHENSTEIN (1913) beschrieben. Im Untersuchungsgebiet ist die Form bisher unbekannt.

Myophoria schmidti WEIGELIN

Die Art, die dem erweiterten Formenkreis um *M. vulgaris* zuzurechnen ist, wird aus dem Mittleren und Oberen Muschelkalk des süddeutschen Raumes beschrieben. Sie ist in Niederhessen nicht bekannt.

Myophoria simplex (v. SCHLOTHEIM)

Taf. 10 Fig. 5

Die 1820 begründete Art gehört im weiteren Sinne zum Formenkreis um *M. vulgaris*, ist von dieser jedoch recht klar abgesetzt. Die vorliegende Literatur weist ein Vorkommen vom Röt durchgehend bis in den Keuper nach. Die geographische Verbreitung reicht danach vom Röt bei Würzburg und in Thüringen über den Muschelkalk in seinem gesamten Ablagerungsraum bis in den Keuper bei Lüneburg. v. STROMBECK (1849) wiederum billigt der Art keine große vertikale Verbreitung zu, verweist aber auf ihr Vorkommen in der *Nodosus*-Zone in „unglaublicher Menge“. Zumindest hinsichtlich des vertikalen Auftretens müssen wir in Niederhessen v. STROMBECK folgen, da *M. simplex* bei uns nur aus den Mittleren und Oberen Ceratitenschichten nachgewiesen ist. Daraus folgt, daß ihre geographische Verbreitung sich im Untersuchungsgebiet auf den Gelstertalgraben — die einzige vollständige Abfolge des Hauptmuschelkalkes im Untersuchungsgebiet — beschränkt. Die Form ist hier jedoch selten. Verf. hat in nahezu zwanzig Jahren nicht ein einziges brauchbares Stück gefunden.

***Myophoria transversa* (BORNEMANN)**

Taf. 10 Fig. 6

Die dem weiten Formenkreis um *M. vulgaris* zuzurechnende Art wurde vor ihrer Aufstellung 1856 zunächst auch als „*vulgaris*“ angesprochen. Aus allen Bereichen der germanischen Trias wird ihr Vorkommen berichtet. Sie ist jedoch nirgendwo häufig. Ihre stratigraphische Verbreitung wird vom Buntsandstein bis in den Keuper angegeben. In Niederhessen ist die Art im Muschelkalk ausgesprochen selten und nur im Hauptmuschelkalk nachgewiesen. In den spärlichen Ablagerungen des Lettenkohlenkeupers ist *M. transversa* dann jedoch stärker vertreten. Die Fundorte beschränken sich im Untersuchungsgebiet auf den Gelstertalgraben. Es sind nur Steinkerne vorhanden.

Myophoria transversa finalis ZELLER*Myophoria transversa dolomitica* ZELLER

Beide Subspezies werden aus dem Unterkeuper beschrieben. Im Untersuchungsgebiet sind sie nicht bekannt.

***Myophoria kefersteini* v. MÜNSTER**

Die aus dem süddeutschen Gipskeuper bekannte Form ist im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen.

***Myophoria pesanseri* (v. SCHLOTHEIM)**

Taf. 10 Fig. 4

Die 1820 unter der Gattungsbezeichnung „*Trigonellites*“ beschriebene Art kann als die markanteste Myophorie der Trias bezeichnet werden. Ihre charakteristische Form und ihre im ausgewachsenen Zustand weit überdurchschnittliche Größe machen sie leicht kenntlich. Die Länge wird mit bis zu 100 mm angegeben. Das größte vorliegende niederhessische Exemplar weist eine solche von ca. 60 mm auf. Als weiteres Merkmal ist die nur ihr zukommende Zweirippigkeit anzusehen.

Ältere Mitteilungen über das Vorkommen von *M. pesanseri* liegen aus Süddeutschland, Thüringen, Norddeutschland und insbesondere aus dem Raum Göttingen – Diemarden – Geismar vor. Die Art ist im hier behandelten Raum mit einer Ausnahme aus den Mittleren Ceratitenschichten ausschließlich in den Oberen Ceratitenschichten nachgewiesen. Andere Angaben lauten auf ein Vorkommen bis in den Unteren Keuper hinein. In jüngster Vergangenheit sind dem Verfasser aus Niederhessen keine neuen Funde bekannt geworden, obwohl umfangreiche Aufschlüsse von Straßenbauarbeiten zwischen Laudenbach und Weissenbach im Werra-Meißner-Kreis gerade die schon seit langem nicht mehr zu erreichenden Schichtkomplexe um *Ceratites nodosus* und höher flächenhaft zugänglich gemacht haben. In der *Nodosus*-Zone selbst mag dies die Folge schlechter Erhaltungsbedingungen in einem an dieser Stelle ausgeprägt tonig-fladigen Sediment sein. Aber auch in den darüber liegenden harten Kalkbänken konnten Funde nicht gemacht werden. Ausgewachsene Exemplare der Art können im Untersuchungsgebiet als selten bezeichnet werden. Dies stimmt mit Beobachtungen an anderen Plätzen überein. Für Niederhessen ist das

Vorkommen auf den Gelstertalgraben beschränkt, in dem allein der Obere Muschelkalk bis zur Keupergrenze voll ausgebildet ist.

Die wenigen Exemplare der Art aus dem zuvor genannten Fundgebiet liegen als einklappige Steinkerne aus gutgebanktem, kalkig-kristallinem Sediment vor. Zusätzliche Angaben zu den vorhandenen Beschreibungen können nicht gemacht werden.

***Myophoria goldfussi* v. ALBERTI**

Taf. 10 Fig. 7

Die 1864 aufgestellte Art wird aus dem süddeutschen Raum als häufig bis gelegentlich sehr häufig beschrieben. Ihre vertikale Verbreitung reicht dort vom Hauptmuschelkalk — genauer den Schichten mit *Ceratites nodosus* — bis in den Mittleren Keuper. In Niederhessen beschränkt sich der Nachweis auf die kleinen Vorkommen des Lettenkohlenkeupers und in zwei Einzelstücken aus dem Bereich der Discoceratiten im Gelstertalgraben. Wegen des geringen Materials sind weitere Aussagen nicht möglich.

***Myophoria costata* (ZENKER)**

Taf. 10 Fig. 10

Die Art, 1833 aufgestellt, ist für den Röt charakteristisch; sie wurde schon frühzeitig in Norddeutschland, Thüringen und Bayern nachgewiesen. Ihr regelmäßig auf diesen oberen Teil des Buntsandsteins beschränktes Vorkommen macht sie zum Leitfossil. Die in der Literatur angegebene Größe von bis zu 18 mm wird im Untersuchungsgebiet nicht erreicht. Die fast durchweg einklappigen Steinkerne bleiben klein und durch den vorherrschend bröckelig-mergeligen Charakter der betreffenden Ablagerungen in Niederhessen läßt auch die Erhaltung zu wünschen übrig.

***Myophoria curvirostris* (v. SCHLOTHEIM)**

Die bereits 1820 aufgestellte Art wird in der älteren Literatur aus dem süd- und mitteldeutschen Raum erwähnt. Häufige Hinweise beziehen sich auf Thüringen und in einem Fall auch auf die Rhön. Das hier beschriebene Untersuchungsgebiet wird nicht genannt. Dies mag, wie in vielen anderen Fällen auch, daran liegen, daß es nicht zu den „klassischen“ Bereichen der Triasforschung gehört. Alle neueren Nachweise des Vorkommens der Art im hiesigen Raum stützen sich auf die Arbeiten von BUSSE und die auf seinen Untersuchungen basierenden Fossillisten der Erläuterungen zu den neu bearbeiteten Blättern der geologischen Landesaufnahme. Danach dürfte diese Art weitverbreitet sein. Sie ist wahrscheinlich auf den älteren Teil des Wellenkalkes beschränkt. Alle vorhandenen Hinweise in der Literatur und das vorliegende Material reichen vom Unteren Wellenkalk bis in die Terebratel-Zone. Sie ist damit bei uns stratigraphisch tiefer angesiedelt, als dies in der Arbeit von RÜBENSTRUNK zum Ausdruck kommt. Seine Nachweise reichen bis zur Schaumkalk-Zone.

Die Art scheint nicht sehr häufig zu sein. Möglicherweise entsteht jedoch auch ein unrichtiges Bild dadurch, daß ihre Unauffälligkeit ein den Verhältnissen nicht entsprechendes Bild vortäuscht. Die geringe Größe von max. 10—12 mm in Höhe und Länge und ihre in Niederhessen bisher ausschließlich festgestellte Steinkernerhaltung

lassen ergänzende Feststellungen zu den bereits vorhandenen Artbeschreibungen nicht zu. Besonders in den von ihr stärker besiedelten Bereichen der Oolith- und Terebratel-Bänke kann kaum die sehr feine Skulptur erkannt werden. Diese ist durch die Überprägung auf das mehr oder wenige klastisch bzw. oolithisch ausgebildete Material des umhüllenden Gesteins weitgehend gestört oder gar verlorengegangen. Die Bevorzugung dieser Faziesbereiche lassen u. U. den Charakter eines Faziesfossils erkennen. Dieser ist aber nicht völlig ausgeprägt. Für den Raum Niederhessen dürfte der Charakter eines Zonenfossils den Verhältnissen entsprechen.

***Myophoria vestita* v. ALBERTI**

Die dem Mittleren Keuper zuzurechnende Art ist in Niederhessen nicht bekannt.

***Myophoria elegans* (DUNKER)**

Taf. 10 Fig. 9

Die relativ kleine Art läßt sich in der Literatur bis zum Jahre 1820 zurückverfolgen. Sie wird aus dem nord- und süddeutschen Raum, aus Thüringen und Schlesien erwähnt. Auch im Gebiet um Kassel ist sie weit verbreitet. In der neuen Literatur ist sie von fast allen bearbeiteten Fundpunkten beschrieben, so daß ihr Vorkommen im gesamten niederhessischen Raum bis an die Rhön und im N bis an die Egge gesichert ist. Ihre maximale Häufigkeit hat *M. elegans* im Unteren Muschelkalk und dort besonders im Bereich der Oolithbänke und in der Terebratel-Zone. Im Röt, aus dem sie AHLBURG (1906) erwähnt, ist sie in Niederhessen nicht bekannt. Nach dem im Untersuchungsgebiet fossil-leeren Mittleren Muschelkalke setzt sie jedoch z. B. im Meißnergebiet im Trochitenkalk wieder ein und ist bis in die Mittleren Ceratitenschichten nachgewiesen.

Das vorliegende Material ist trotz Häufigkeit der Art nicht überreichlich, da vorzügliche Exemplare selten sind. Steinkerne und Ersatzschalenexemplare kommen sowohl in der Oolith- als auch in der Terebratel-Zone nebeneinander vor. Eine Sonderstellung nimmt auch bei *M. elegans* die *Astarte*-Bank der Unteren Ceratitenschichten am Eggegebirge ein. Hier ist die Art nicht selten und in vorzüglich erhaltenen Ersatzschalenexemplaren vertreten. Auch aus der durch ihre klastische Komponente den vorgenannten Schichten nicht unähnlichen Basis des Oberen Muschelkalkes der Alpsliede bei Großalmerode liegen guterhaltene Vertreter der Art vor, die jedoch weit hinter der normalen Größe von etwa 22 mm Länge und 19 mm Höhe zurückbleiben. Als Mitglieder einer Pionierfauna, die nach BUSSE (1964: 49) im Anschluß an die sterile Periode des Mittleren Muschelkalkes wahrscheinlich über die Burgundische Pforte einwanderte, trugen sie zur Neubesiedlung des niederhessischen Meeresraumes bei. Die völlige Identität des vorliegenden Materials aus der Terebratel-Zone des Unteren Muschelkalkes der Rhön und des Oberen Trochitenkalkes am Eggegebirge läßt zusätzlich an die Möglichkeit eines oder mehrerer nähergelegener Refugien für die Dauer des übersalzenen Meeres des Mittleren Muschelkalkes denken. Hinweise darauf sind jedoch nicht feststellbar. Charakteristisch ist in jedem Fall die Vorliebe der Form für Schichten mit stark sandiger oder sonst klastischer Komponente. Im Bereich der für weite Teile des niederhessischen Muschelkalkes vorherrschenden tonigen und kalkigen Sedimente ist sie nur gelegentlich anzutreffen.

***Myophoria postera* (QUENSTEDT)**

Die aus dem Rhätkeuper beschriebene Art ist im Berichtsgebiet nicht nachgewiesen. Rhätaufschlüsse sind sehr selten und meist klein.

6. Zusammenfassung

Die Lamellibranchiatengattung *Myophoria* ist in der niederhessischen Trias weit verbreitet. Sie gehört, wie in den anderen deutschen Triasgebieten wohl auch, zu den häufigsten Fossilien. Dennoch weichen die Vorkommen hinsichtlich der vorhandenen Arten, ihrer besonderen faziellen Bindungen und auch bezüglich der Variationsbreite bzw. der möglichen Unterarten nicht unerheblich von den Verhältnissen ab, die aus dem süddeutschen Raum bekannt sind. Eine Sonderstellung in der Überlieferung nimmt die *Astarte*-Bank des Unteren Hauptmuschelkalkes ein. Reiches Material aus allen Schichtbereichen ermöglicht die kritische Betrachtung einiger gebräuchlicher Subspezies. Die neue Art *Myophoria crassa* n. sp. wird aufgestellt.

Tab. 1. Verbreitungsgebiet der Arten (Einteilung des Wellenkalkes nach BUSSE)

	Röt	mu 1	Oolith.-Z.	mu 2	Terebratel.-Z.	mu 3	Schaumkalk.-Z. u. <i>Orbicularis</i> -Sch.	mm	Trochitenkalk	Untere Cer.-Sch.	Mittlere Cer.-Sch.	Obere Cer.-Sch.	Unt. Keuper
<i>M. laevigata</i>		×	×	×	×	×	×		×	×	×		
<i>M. cardissoides</i>		?	?	?	?				?				
<i>M. ovata</i>			×	×	×	×	×		×	×			
<i>M. orbicularis</i>					×	×	×						
<i>M. crassa</i> n. sp.		×	×	×	×	×	×						
<i>M. germanica</i>			×	×	×				×	×			
<i>M. struckmanni</i>													×
<i>M. intermedia</i>		×	×	×	×				×	×	×	×	×
<i>M. incurvata</i>						×	×						
<i>M. vulgaris</i>	×	×	×	×	×	×			×	×	×		
<i>M. simplex</i>											×	×	×
<i>M. transversa</i>									×		×	×	×
<i>M. pesanseris</i>										×	×	×	
<i>M. goldfussi</i>											×		×
<i>M. costata</i>	×												
<i>M. curvirostris</i>		×	×		×				×	×			
<i>M. elegans</i>		×	×	×	×	×	×		×	×	×		

7. Schriftenverzeichnis

ASSMANN, P. (1915): Die Brachiopoden und Lamellibranchiaten der oberschlesischen Trias. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst. **36** (1); 586—638; Berlin.

- ASSMANN, P. (1937) Revision der Fauna der Wirbellosen der oberschlesischen Trias. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F. 170: 1—134, 22 Taf.; Berlin.
- BAUMGARTE, D. (1973): Die Gattung *Astarte* SOWERBY im Oberen Muschelkalk am Südoststrand des Eggegebirges. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 101: 166—175, 6 Abb., Taf. 18; Wiesbaden.
- BLANCKENHORN, M. (1887): Über die Verbreitung einer oolithischen Bank des Trochitenkalkes mit *Myophoria ovata* und mehreren Astartearten in der Trias des westlichen Deutschlands. — Verh. naturhist. Ver. Rheinl. u. Westf., 44; Bonn.
- BUSSE, E. (1952): Feinstratigraphie und Fossilführung des Trochitenkalkes im Meißnergebiet, Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) 3: 118—137; Wiesbaden.
- (1954): Profil der Unteren und Mittleren Ceratitenschichten vom Eisenberg bei Hessisch-Lichtenau und Walburg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 82: 152 bis 167; Wiesbaden.
- & RÖSING, F. (1955): Über Muschelkalk-, Keuper- und Liasschollen im Stadtgebiet von Kassel. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 83: 198—204; Wiesbaden.
- (1956): Ein Wellenkalkprofil vom Fürstengarten in Kassel (Blatt Kassel West). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 84: 176—183; Wiesbaden.
- & RÖSING, F. (1957): Aufschlüsse in der Oolithzone bei Oberelsungen und Escheberg (Blatt Wolfhagen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 85: 146—151; Wiesbaden.
- (1964a): Die Gastropoden-Gattungen *Undularia* KOKEN und *Pustularia* KOKEN im obersten Mittleren Muschelkalk des westlichen Meißner-Vorlandes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 92: 29—51, 5 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.
- (1964b): Stratigraphie des Unteren Muschelkalkes (Wellenkalk) im westlichen Meißner-Vorland. — Abh. Ver. Naturk. Kassel, 62 (1), 35 S.; Kassel.
- & RÖSING, F. (1966): 2. Muschelkalk. — Erl. geol. Kte. Hessen 1: 25 000, Bl. 4621 Wolfhagen: 48—79; Wiesbaden.
- (1972a): Fazies und Fauna des Oberen Muschelkalkes von Willebadessen. — Philippia, 1 (3): 110—126, 2 Taf.; Kassel.
- (1972b): Zur Stratigraphie des Oberen Muschelkalkes im Diemeltal bei Warburg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 100: 135—152; Wiesbaden.
- (1973): Aufschlüsse im Oberen Muschelkalk bei Eberschütz und Manrode (Diemeltalgebiet, Bl. 4422 Trendelburg). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 101: 176—187; Wiesbaden.
- (1974a): Der Obere Muschelkalk im nordwestlichen Niederhessen (Blätter Liebenau, Hofgeismar, Warburg, Arolsen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102: 91—135; Wiesbaden.
- (1974b): Die *Terebratulazone* des Unteren Muschelkalkes (Wellenkalk) am Eckerich westlich Fritzlar. — Philippia, 2 (2): 57—66, 2 Abb.; Kassel.
- FRANK, M. (1929): Über die Verwandtschaftsverhältnisse der germanischen Triasmyophorien. — Cbl. Mineral., Abt. B, 11: 558—577; Stuttgart.
- HOHENSTEIN, V. (1913): Beiträge zur Kenntnis des Mittleren Muschelkalks und des unteren Trochitenkalks am östlichen Schwarzwaldrand. — Geol. u. paläontol. Abh., N. F., 12: 1—100, 8 Taf.; Jena.
- MÜLLER, A. H. (1963): Lehrbuch der Paläozoologie. — 2 (1), 2. Aufl., 574 S., 712 Abb.; Jena (Fischer).
- RÜBENSTRUNK, E. (1912): Beitrag zur Kenntnis der deutschen Trias-Myophorien. — Mitt. bad. geol. L.-Anst., 6: 85—248, 3 Taf.; Heidelberg.
- SCHMIDT, M. (1928): Die Lebenswelt unserer Trias. — 461 S., 1220 Abb.; Öhringen (Hohenloh'sche Buchhandlung, F. Rau).
- (1938): Die Lebewelt unserer Trias. Nachtrag. — 143 S., zahlr. Abb., Öhringen (Hohenloh'sche Buchhandlung, F. Rau).

Eine neue Selachier-Faunula aus dem mitteloligozänen Meeressand des Mainzer Beckens

Von

JÜRGEN A. BOY*

Mit 9 Abbildungen, 2 Tabellen und den Tafeln 11-13

Kurzfassung: Eine Selachier-Faunula aus dem Unteren Meeressand von Feilbingert bei Bad Kreuznach wird beschrieben. Zwei Gattungen, *Scyliorhinus* (mit *Scyliorhinus* sp.) und *Dasyatis* (mit *D. aff. delfortriei*), werden dabei erstmals für das Mainzer Becken nachgewiesen.

Die teilweise unterschiedliche Zusammensetzung der Selachier-Fauna in den wichtigsten Vorkommen im Mainzer Becken wird aus paläökologischer und taphonomischer Sicht diskutiert.

Abstract: A selachian faunula from the Unterer Meeressand (Rupelian, Oligocene) of Feilbingert near Bad Kreuznach is described. Two genera *Scyliorhinus* (with *Scyliorhinus* sp.) and *Dasyatis* (with *D. aff. delfortriei*) are recovered from the Mainz basin for the first time.

The partially different composition of the selachian fauna in the most important localities in the Mainz basin is explained by paleoecology and taphonomy.

Inhalt

1. Einleitung	71
2. Fundort	72
3. Beschreibung der Selachierreste	74
4. Zur Paläökologie und Taphonomie der wichtigsten Selachier-vorkommen im Mainzer Becken	87
5. Schriftenverzeichnis	98

1. Einleitung

Tertiäre Selachier sind durch zahlreiche Funde aus dem Eozän und Miozän recht gut überliefert. Verhältnismäßig wenig wissen wir dagegen über ihre oligozänen

* Dr. J. A. Boy, Paläontologisches Institut, Johannes-Gutenberg-Universität, 6500 Mainz, Saarstr. 21.

Vertreter; denn Fundgebiete oligozänen Alters sind relativ selten. In Europa liegen sie vornehmlich in Belgien (LERICHE 1910), Holland (v. D. GEYN 1937, v. D. BOSCH 1961), Norddeutschland (KRUCKOW 1965) und im Mainzer Becken.

Bereits L. AGASSIZ, der Begründer der Paläoichthyologie, bearbeitete in seinem berühmten Werk „Recherches sur les poissons fossiles“ (1833–1844) Selachiermaterial aus Rheinhessen (zumeist aus der Umgebung von Flonheim). Spätere Funde wurden insbesondere durch JAEKEL (1898), WITTICH (1897, 1898, 1900) und WEILER (1922, 1928) untersucht. Diese Reste stammen überwiegend aus dem mitteloligozänen Unteren Meeressand und wurden in der Umgebung von Weinheim b. Alzey (Neumühle, Würzmühle, Trift) sowie im Raume von Wendelsheim, Eckelsheim, Wonsheim, Wöllstein, Flonheim und Uffhofen gefunden. Auch der gleichfalls mitteloligozäne Rupelton lieferte verschiedene Fischreste, wengleich mehr Teleostier als Selachier (WEILER 1928, LERICHE 1948).

Bei der Fossilsuche war allerdings die nordwestliche Randfazies des Rupelmeeres im Raume von Langenlonsheim–Mandel–Waldböckelheim–Feilbingert etwas vernachlässigt worden. Nur einige sehr lohnende Fossilvorkommen wurden zumeist von Privatsammlern ausgebeutet, wovon heute noch die reiche Tertiärsammlung im Karl-Geib-Museum in Bad Kreuznach zeugt. Mit Ausnahme der Funde von Waldböckelheim wurde dieses Material aber kaum wissenschaftlich bearbeitet. Im Rahmen einer großangelegten Aufarbeitung der Meeressand-Fossilien durch Mitarbeiter des Paläontologischen Institutes der Universität Mainz sind vor einiger Zeit zunächst die Mollusken in Angriff genommen worden (KUSTER-WENDENBURG 1973, NEUFFER 1973). Die Fische und speziell die Selachier sollen in wenigen Jahren monographisch durch Herrn F. v. D. HOCHT (Krefeld) bearbeitet werden. Ich möchte an dieser Stelle im Vorgriff eine kleine, aber sehr interessante Selachier-Faunula vorstellen, deren Fundort zwar schon seit längerem bekannt aber wenig untersucht ist.

Für verschiedene Hinweise danke ich sehr herzlich den Herren U. RAST, G. DREYER und Prof. Dr. K. ROTHAUSEN (alle Mainz) sowie Herrn G. BOLD (Kaiserslautern) und Herrn v. D. HOCHT (Krefeld), für die freundliche Ausleihe einiger Fundstücke Herrn Dr. V. BULLINGER (Bad Kreuznach) und Herrn D. GRÜLL (Gernsheim). Besonderen Dank schulde ich Herrn M. SCHMICKING (Mainz) für die Anfertigung der Photographien. Die Zeichnungen wurden von mir angefertigt.

2. Fundort

Erstmals wird das hier zu behandelnde Vorkommen am SE-Hang des Kahlenberges bei Feilbingert (früher Feil; s. Abb. 9) von BUCHER (1914: 101) erwähnt. Dieser Autor lieferte keine Aufschlußbeschreibung aber eine recht genaue Fossiliste, in der auch Fischreste aufgeführt sind. Später gaben REIS (1921: 155) und GEIB (1938: 97) Kurzbeschreibungen des Vorkommens und Ergänzungen zu BUCHERS Fossiliste; dabei wurden erstmals Haiﬁschzähne ohne genauere Bestimmung genannt.

Ihren Angaben zufolge muß zur damaligen Zeit der Untere Meeressand an dieser Stelle bis zu einer Mächtigkeit von vier Metern und mehr abgebaut worden sein. Lagenartig war er zu Kalksandstein verhärtet. Sowohl in den lockeren als auch in den verfestigten Partien wurden z. T. massenhaft verschiedene Mollusken gefunden

Tab. 1. Fossilliste der Sandgrube am Kahlenberg bei Feilbingert

Nach BUCHER (1914) und GEIB (1938)		
alter Name	neuer Name (vorausgesetzt, daß die nebenstehende Bestimmung richtig ist)	neu nachgewiesen
<i>Nucula piligera</i>	<i>Nucula (Nucula) piligera</i> SANDBERGER	<i>Hexanchus primigenius</i> (AGASSIZ)
<i>Pectunculus obovatus</i>	<i>Glycymeris (Glycymeris) obovatus</i> (LAMARCK)	<i>Odontaspis cuspidata</i> (AGASSIZ)
<i>Cardita omaliana</i>	<i>Cyclocardia (Cyclocardia) orbicularis tuberculata</i> (MÜNSTER in GOLDFUSS)	<i>Odontaspis acutissima</i> (AGASSIZ)
<i>Cardita paucicostata</i>	<i>Cyclocardia (Cyclocardia) orbicularis paucicostata</i> (SANDBERGER)	<i>Lamna rupeliensis</i> (LEHON)
<i>Chama exogyra</i>	<i>Chama (Chama) exogyra</i> SANDBERGER	<i>Scyliorhinus</i> sp.
<i>Diplodonta fragilis</i>	<i>Diplodonta (Diplodonta) fragilis</i> SANDBERGER	<i>Carcharhinus elongatus</i> (LERICHE)
<i>Lucina heberti</i>	<i>Saxolucina (Saxolucina) heberti</i> (DESH.)	<i>Galeorhinus latus</i> (STORMS)
<i>Lucina cf. tenuistria</i>	<i>Claibornites (Codalucina) cf. tenuistria</i> (HEBERT)	<i>Squatina angeloides</i> v. BENEDEN
<i>Cardium scobinula</i>	<i>Plagiocardium (Papillicardium) scobinula</i> (DESH.)	<i>Dasyatis</i> aff. <i>delfortriei</i> CAPETA
<i>Cytherea splendida</i>	<i>Callista (Macrocallista) splendida</i> (DESH.)	<i>Myliobatis</i> sp.
<i>Thracia elongata</i>	<i>Thracia (Thracia) elongata</i> SANDBERGER	Schwanzstacheln von Rochen
<i>Thracia faba</i>	<i>Thracia (Thracia) faba</i> SANDBERGER	Dornen von Rochen oder Engelshaien
<i>Perna sandbergeri</i>	<i>Isognomon (Hippochaeta) maxillata sandbergeri</i> (DESH.)	„ <i>Eutrichiurides delheidi</i> “ (LERICHE)
<i>Perna heberti</i>	<i>Isognomon (Isognomon) heberti</i> (COSSMAN & LAMB.)	„ <i>Cybius lingulatum</i> “ (v. MEYER)
<i>Pecten pictus</i>	<i>Chlamys (Chlamys) picta</i> (GOLDFUSS)	„ <i>Sarda</i> “ sp.
<i>Natica crassatina</i>	<i>Ampullina (Ampullinopsis) crassatina</i> (LAMARCK)	„ <i>Scarus</i> “ sp.
<i>Cerithium cf. lamarcki</i>	<i>Potamides (Potamides) cf. lamarcki</i>	Sparidae gen. et sp. indet.
<i>Cerithium plicatum</i> var.	<i>Pirenella plicata</i> ssp.	
<i>Cerithium dentatum</i>	<i>Cerithium (Chondrocerithium) intradentatum</i> (DESH.)	
<i>Pleurotoma belgica</i>	<i>Turricula (Turricula) belgica</i> (MÜNSTER)	
<i>Halitherium schinzi</i>	<i>Halitherium schinzi</i> KAUP	

Nach dem zweiten Weltkrieg wurde die Sandgrube weitgehend aufgefüllt, so daß die Fossilagen nicht mehr zugänglich sind. Lediglich die obersten eineinhalb Meter des Profils liegen an einigen Stellen noch frei. Hierin wurden die unten beschriebenen Selachierreste gefunden.

Die genauere stratigraphische Einstufung der Sande ist nicht gesichert. Frühere Autoren stellten sie in den Unteren Meeressand; dafür sprechen auch viele Mollusken, speziell die Bivalven. Andererseits deutet aber das Vorkommen von *Potamides* cf. *lamarcki* und *Pirenella plicata*, — falls diese Bestimmungen durch BUCHER wirklich richtig sind —, auf ein etwas jüngeres Alter hin. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die genannten Mollusken in erster Linie Faziesanzeiger und keine chronostratigraphischen Leitformen sind. Sie können also nur auf dem Umweg über weit verbreitete, zeitgleiche Faziesänderungen in beschränktem Maße chronostratigraphische Bedeutung erlangen. Es liegen also bisher nur recht unsichere Hinweise für eine Einstufung in den obersten Teil des Unteren Meeressandes oder in den Übergangsbereich vom Unteren zum Oberen Meeressand vor.

3. Beschreibung der Selachierreste

Da die meisten der hier zu behandelnden Arten bereits gut bekannt sind, wird im folgenden meist auf eine ausführliche Beschreibung verzichtet, und in den Synonymie-Listen werden lediglich die für die Kenntnis der Art und ihr Vorkommen im Mainzer Becken wichtigsten Arbeiten aufgeführt.

Der größte Teil des untersuchten Materials wurde vom Verf. gesammelt und wird im Paläontologischen Institut der Universität Mainz (SBPIM) aufbewahrt, weitere Stücke befinden sich ebenfalls in Mainz (Sammlung DREYER, SDPIM) sowie in der Sammlung GRÜLL/Gernsheim (SDD) und im Karl-Geib-Museum Bad Kreuznach (KGMBK).

Ordnung: Hexanchiformes

Familie: Hexanchidae

Hexanchus primigenius (AGASSIZ 1843)

Taf. 11 Fig. 1, 2

- 1843 *Notidanus primigenius* — AGASSIZ, Recherches sur les poissons, III: 218, Taf. 27 Fig. 6—8, 13—17 (non 4 u. 5).
- 1898 *Notidanus primigenius* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 162.
- 1910 *Notidanus primigenius* — LERICHE, Les poissons oligocènes: 257, Abb. 71, 72, Taf. 13.
- 1922 *Notidanus primigenius* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 83.
- 1928 *Notidanus* (*Notorhynchus*?) *primigenius* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, II: 9.
- 1929 *Notidanus* (*Heptranchias*?) *primigenius* — WEILER, Die Fischreste: 106, Taf. 6 Fig. 7, 8.
- 1942 *Notidanus primigenius* — VITALIS, Die Zähne der rezenten: 32—38, Abb. 7—12, Taf. A.
- 1961 *Notidanus primigenius* — v. D. BOSCH, Fossielen van de Vlijt: 40, Taf. 1.
- 1971 *Hexanchus primigenius* — v. D. BOSCH, Elasmobranchii uit: 49, Abb. 1—7.

Material: 1 kompletter Oberkieferzahn aus der mittleren Kieferhälfte (SBPIM-M2184, Taf. 11 Fig. 1), kenntlich an der relativ geringen Breite des Zahnes und der starken Betonung der vordersten Kronenspitze, und 1 kompletter Unterkieferzahn (SBPIM-M2185, Taf. 11 Fig. 2) gleichfalls aus der mittleren Kieferhälfte, gekennzeichnet durch die große Breite des Gesamtzahnes und durch die größtmäßig stärker aneinander angeglichenen Kronenspitzen, die von vorne nach hinten nur allmählich an Höhe verlieren, sowie verschiedene Zahnfragmente (SBPIM, SGG, KGMBK).

Bemerkungen: Die charakteristische Form der Zähne läßt eine eindeutige Zuordnung zu dieser im Oligozän und Miozän häufigen Art zu.

Ordnung: Galeiformes

Familie: Odontaspidae

Odontaspis cuspidata (AGASSIZ 1843)

Taf. 11 Fig. 3—8

- 1843 *Lamna cuspidata* — AGASSIZ, Recherches sur les poissons, III: 290, Taf. 37a Fig. 43—49 (?50).
 1898 *Odontaspis denticulata* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 162.
 1910 *Odontaspis cuspidata* — LERICHE, Les poissons oligocènes: 268, Taf. 15 Fig. 1—21.
 1922 *Odontaspis cuspidata* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 88.
 1928 *Odontaspis cuspidata* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, II: 10, Taf. 2 Fig. 15.
 1929 *Odontaspis cuspidata* — WEILER, Die Fischreste: 106, Taf. 6 Fig. 5.
 1929 *Odontaspis cuspidata* — WEILER, Über die Reste von Haifischen: 112, Taf. 6 Fig. 2.
 1934 *Odontaspis cuspidata* — THEOBALD, Les poissons oligocènes: 125, Abb. 4, Taf. 11 Fig. 4.
 1961 *Odontaspis (Synodontaspis) cuspidata* — v. D. BOSCH, Fossielen van de Vlijt: 43, Taf. 2.
 1971 *Odontaspis cuspidata* — v. D. BOSCH, Elasmobranchii uit: 49, Abb. 8—22.

Material: 11 ± komplette Zähne, davon 4 Vorderzähne, 6 Lateralzähne des Oberkiefers und 1 Lateralzahn des Unterkiefers. Aufbewahrung: SBPIM, SDPIM, KGMBK, SGG. Diese Art ist so oft und gründlich bearbeitet worden, daß sich eine Beschreibung dieses Materials erübrigt.

Bemerkungen: Eine Unterscheidung zwischen *Odontaspis cuspidata* und *Odontaspis acutissima* ist bei den Zähnen ausgewachsener Individuen in der Regel wegen der unterschiedlichen Größe verhältnismäßig leicht möglich. Schwierigkeiten ergeben sich dagegen bei der Abgrenzung von jugendlichen *O. cuspidata*-Zähnen gegen ausgewachsene *O. acutissima*-Zähne (s. unten).

Odontaspis acutissima (AGASSIZ 1843)

Taf. 12 Fig. 1—8

- 1843 *Lamna (Odontaspis) acutissima* — AGASSIZ, Recherches sur les poissons, III: 294, Taf. 37a Fig. 33, 34.
 1898 *Odontaspis contortidens* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 163.
 1898: *Scyllium andreae* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 163.

- 1910 *Odontaspis acutissima* — LERICHE, Les poissons oligocènes: 261, Abb. 73–76, Taf. 14 Fig. 1–27.
- 1922 *Odontaspis acutissima* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 89, Taf. 1 Fig. 11, 12.
- 1928 *Odontaspis acutissima* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, II: 9–10.
- 1929 *Odontaspis acutissima* — WEILER, Die Fischreste: 106, Taf. 6 Fig. 3, 4.
- 1929 *Odontaspis acutissima* — WEILER, Über Reste von Haifischen: 112, Taf. 6 Fig. 1.
- 1934 *Odontaspis acutissima* — THEOBALD, Les poissons oligocènes: 124, Abb. 1–3, Taf. 14 Fig. 4.
- 1961 *Odontaspis (Synodontaspis) acutissima* — v. D. BOSCH, Fossielen van de Vlijt: 41, Taf. 2.
- 1971 *Odontaspis acutissima* — v. D. BOSCH, Elasmobranchii uit: 50, Abb. 23–53.

Material: 51 ± komplette Zähne, davon 3 Parasymphysenzähne, 1 Intermediärzahn, 16 Vorderzähne, 19 Lateralzähne des Oberkiefers und 12 Lateralzähne des Unterkiefers. Aufbewahrung: SBPIM, SDPIM, KGMBK, SGG. Auch diese Art ist so gut bekannt, daß eine Beschreibung des vorliegenden Materials überflüssig erscheint.

Bemerkungen: Die Zähne dieser Art werden sehr leicht mit den Zähnen jugendlicher *O. cuspidata*-Individuen verwechselt. Eine eindeutige Unterscheidung ist nicht möglich. In den meisten Fällen kann man sich aber mit folgenden Merkmalen behelfen: *O. acutissima* besitzt meistens (aber nicht immer) auf der lingualen Kronenseite eine vertikale „Schmelz“streifung, *O. cuspidata* dagegen nie. Bei *O. acutissima* ist die Krone durchschnittlich etwas schlanker und im Profil stärker sigmoidal gebogen als bei *O. cuspidata*, und auf der basalen Lingualseite ist sie abgeflacht (aber auch bei ausgewachsenen *O. cuspidata*-Zähnen!); ihre Seitenspitzen sind gewöhnlich etwas höher und spitzer.

CAPETTA (1970: 31) hat erst kürzlich darauf hingewiesen, daß sich der mitteloligozäne *O. acutissima* merklich von dem miozänen unterscheidet. Er stützt sich dabei auf die unterschiedliche Gestaltung der Seitenspitzen und die stärkere basale Kerbung des labialen Kronenrandes bei den oligozänen Formen. Darüber hinaus ist festzustellen, daß die größten der von CAPETTA (1970: Taf. 1 Fig. 4–6, 8–10; Taf. 2 Fig. 1) zu *O. acutissima* gestellten Zähne auch in anderen Merkmalen von den mitteloligozänen Formen abweichen. Sie sind etwas größer und besitzen anscheinend keine „Schmelz“streifung, ihre Hauptspitze ist etwas breiter und ihre Wurzel ist etwas massiger und höher. Auf Grund dieser Merkmale stimmen sie weitgehend mit kleineren Zähnen von *O. cuspidata* überein.

Verschiedene Autoren haben außerdem die große Ähnlichkeit mit der rezenten Art *O. taurus* (RAFINESQUE) hervorgehoben. Manche von ihnen (ARAMBOURG 1927, ANTUNES & JONET 1969–70, CARETTO 1972) haben sogar, ausgehend von dem miozänen *O. acutissima*-Material, beide Arten vereint. Die oligozänen Vertreter des *O. acutissima* zeigen jedoch einige, allerdings nicht sehr deutliche Unterschiede: So wies bereits CAPETTA (1970: 31) auf die bei der rezenten Art fehlende Verdoppelung der Seitenspitzen an den Lateralzähnen hin. Dem läßt sich noch hinzufügen, daß bei *O. taurus* die hinteren Lateralzähne des Unterkiefers merklich nach hinten umgebogen sind, während sie bei dem mitteloligozänen *O. acutissima* in der Regel ± gerade

sind, und daß bei den oberen Lateralzähnen der rezenten Art der Hinterrand der Hauptspitze stärker konkav ist als bei der oligozänen Art. Auch besitzt der dritte Vorderzahn des Unterkiefers eine unterschiedliche Gestalt (vgl. LERICHE 1910: Taf. 14 Fig. 6, 22 und APPLGATE 1965: Abb. 2, 3).

Es wäre also durch vergleichend morphologische Untersuchungen noch zu klären, ob die oligozänen, miozänen und rezenten Formen als Unterarten einer Art *O. taurus* oder als selbständige Arten anzusehen sind, oder ob eine oligozäne und eine miozän-rezente Art existiert.

Familie: Isuridae

***Lamna rupeliensis* (LEHON 1871)**

Taf. 11 Fig. 9

- 1871 *Otodus rupeliensis* — LEHON, Préliminaires d'un mémoire: 22, Abb. 2.
 1898 *Oxyrhina rhenana* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 163.
 1910 *Lamna rupeliensis* — LERICHE, Les poissons oligocènes: 271, Taf. 15 Fig. 22—47.
 1922 *Lamna rupeliensis* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 90, Taf. 3 Fig. 5—11.
 1928 *Lamna rupeliensis* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, II: 11, Taf. 1 Fig. 1.
 1961 *Lamna rupeliensis* — v. D. BOSCH, Fossielen van de Vlijt: 44, Taf. 3.
 1971 *Lamna rupeliensis* — v. D. BOSCH, Elasmobranchii uit: 52, Abb. 54—57.

Material: Von dieser im Mainzer Becken seltenen Art liegt nur 1 Zahn vor, der im KGMBK aufbewahrt wird. Es handelt sich wahrscheinlich um einen hinteren Vorderzahn des Oberkiefers. Darauf deutet die für diese Art schmale Wurzel und die breite, deutlich nach hinten geneigte Krone hin.

Bemerkungen: Von den im Mainzer Becken weit häufigeren *Odontaspis*-Zähnen unterscheidet er sich deutlich durch die höhere, auf der Lingualseite abgeflachte Wurzel ohne tiefe Nährfurchung und durch die breiten, plumpen Seitenspitzen.

Die Zuordnung zu *Lamna rupeliensis* ist eindeutig. Diese Art ist typisch für das Rupelium; sie wurde u. a. aus dem Mittelligozän von Belgien (LERICHE 1910) und Holland (v. D. GEYN 1937, v. D. BOSCH 1961) und aus dem norddeutschen Oberoligozän (KRUCKOW 1965) beschrieben. Sie weicht durch die im Verhältnis zur Wurzel kleine Krone und durch die stumpfen Seitenspitzen von den eozänen Arten (LERICHE 1905, CASIER 1966, ARAMBOURG 1952) und von *L. cattica* (PHILIPPI) aus dem Neogen (ANTUNES 1969, CAPETTA 1973) merklich ab.

Familie: Scyliorhinidae

***Scyliorhinus* sp.**

Abb. 1 u. 2

Material: Mir liegen 3 Zähne vor (SBPIM), die mehr oder weniger korrodiert sind. Insbesondere die Wurzel ist sehr angegriffen, so daß ihre ursprüngliche Form nur noch schlecht zu erkennen ist. Deutlich sichtbar ist das Nährforamen; seitlich davon liegen unregelmäßige Vertiefungen, die Foramina vortäuschen könnten, die aber wohl durch die Korrosion entstanden sind.

Einer der Zähne hat möglicherweise im vorderen Bereich des Oberkiefers gestanden (Abb. 2). Er besitzt eine verhältnismäßig breite und dicke Hauptspitze mit deutlich konvexer Labialfläche und stumpfer Schneide. Die Seitenspitzen sind sehr breit und hoch, labial ebenfalls deutlich konvex. Die gesamte Krone ist im unteren Teil der Labialfläche mit prägnanten, vertikalen und schwach welligen „Schmelz“falten bedeckt, sie wölbt sich hier oberhalb der Wurzel stark vor.

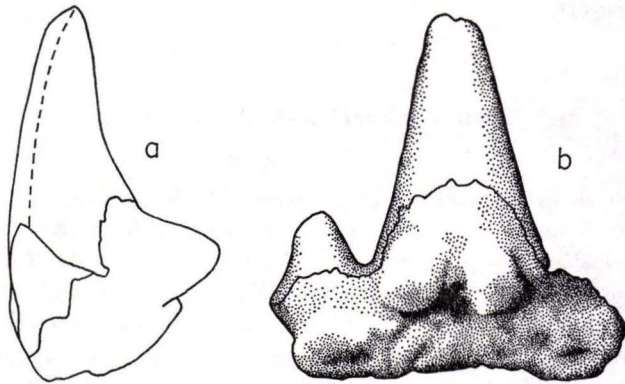


Abb. 1. *Scyliorhinus* sp. Unterkieferzahn. PIM-M 2234. $\times 16$. — a) im Profil; b) Lingualseite.

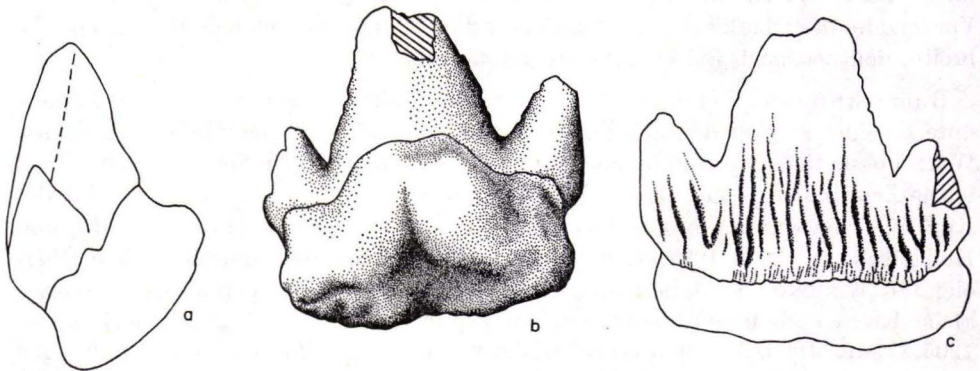


Abb. 2. *Scyliorhinus* sp. Oberkieferzahn. PIM-M 2235. $\times 16$. — a) im Profil; b) Lingualseite; c) Labialseite.

Ein anderer Zahn stammt vermutlich aus dem hinteren Abschnitt des Unterkiefers (Abb. 1). Er besitzt eine verhältnismäßig schlanke, gerade Hauptspitze. Die Seitenspitzen sind stärker als bei dem obigen Zahn von der Hauptspitze abgerückt, und die Wurzel ist auch merklich breiter. Die vertikalen „Schmelz“falten sind nur schwach angedeutet.

Bemerkungen: Die hier beschriebenen Zähne und weiteres, z. T. besser erhaltenes Material von der Neumühle und vom Zeilstück bei Weinheim wurden erst kürzlich durch die Herren v. D. HOCHT (Krefeld), GRÜLL (Gernsheim), BETTAG (Speyer) und

durch Verf. gefunden. Bis dahin war *Scyliorhinus* aus dem mitteloigozänen Rupelium noch nicht bekannt.

Unter den zahlreichen eozänen und paläozänen *Scyliorhinus*-Arten stehen diesen Zähnen diejenigen des Formenkreises um *S. minutissimus* am nächsten. Gegen *S. minutissimus* (WINKLER) selbst sind sie allerdings deutlich abzugrenzen durch die kräftigen „Schmelz“falten und die größere Konvexität der Labialfläche sowie durch die schmalere Wurzel und die stärkere Vorwölbung der Kronenlabialfläche über der Wurzel (s. LERICHE 1905: 113). Unter allen präoligozänen Formen kommt ihnen anscheinend *S. cabindensis* (LERICHE) am nächsten; diese Art scheint aber eine schlankere Hauptspitze zu besitzen (DARTEVELLE & CASIER 1943: 101).

Am größten ist die Übereinstimmung mit *S. distans* (PROBST). Diese Art wurde bisher im Miozän Europas (ANTUNES & JONET 1969—70: 158, CAPETTA 1970: 41) und im Oberoligozän von Kassel (WEILER 1943: 75, als *S. aff. venloensis* WEILER) nachgewiesen. Sie unterscheidet sich von der rheinhessischen Form im wesentlichen nur dadurch, daß ihre Zähne merklich größer sind (4,0—5,5 mm hoch; im Mainzer Becken: 3,0—3,5 mm hoch). Die ungenügende Erhaltung der vorliegenden Zähne läßt leider noch keine eindeutige Bestimmung zu.

? *Scyliorhinus* sp.

Abb. 3

Material: 1 Zahn, der sehr wahrscheinlich aus der Mundwinkelregion stammt (SBPIM-M 2209). Seine Wurzel ist in ähnlicher Weise wie bei den oben beschriebenen *Scyliorhinus*-Zähnen korrodiert. Wurzel und Krone sind sehr breit. Ungewöhnlich ist die Form der Krone. Sie besitzt eine sehr niedrige und breite, an der Spitze ein wenig abgeschliffene Hauptspitze, die nach hinten geneigt ist. Nach vorne geht sie ohne scharfe Abgrenzung in die breite, flache vordere Seitenspitze über. Hinten legen sich zwei breite, stumpfe hintere Seitenspitzen an. Die Labialfläche ist mit sehr scharfen, nach hinten geneigten „Schmelz“leisten bedeckt. Ähnliche, aber schwächere Leisten befinden sich auch vorne auf der Lingualfläche. Die Krone ist außerdem durch eine scharfe Furche von der Wurzel abgesetzt.

Bemerkungen: Die scharfen „Schmelz“falten sprechen sehr für *Scyliorhinus*. Untypisch für *Scyliorhinus* sind aber die beiden großen hinteren Seitenspitzen. Morphologisch könnte man diesen Typ am ehesten mit dem von CAPETTA (1970: Taf. 9 Fig. 16) abgebildeten Mundwinkelzahn von *Scyliorhinus distans* (PROBST) vergleichen.

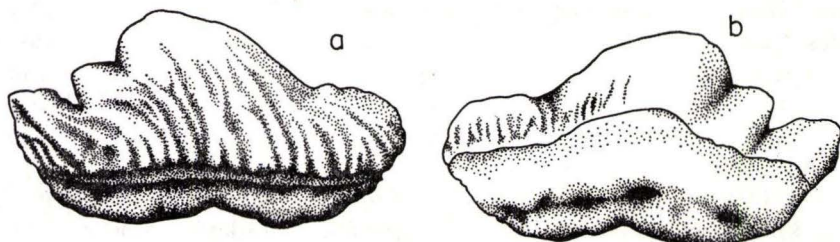


Abb. 3. ?*Scyliorhinus* sp. Mundwinkelzahn. PIM-M 2209. $\times 20$. — a) Labialseite; b) Lingualseite.

Familie: Carcharhinidae

Carcharhinus elongatus (LERICHE 1910)

Taf. 13 Fig. 7, 8

- 1898 *Aprionodon (Carcharias) frequens* — WITTICH, Über neue Fische: 34, Taf. 1 Fig. 1, 2.
 ?1898 *Scoliodon rhenanus* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 165.
 ?1898 *Hypoprion rhenanus* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 166.
 1910 *Sphyrna elongata* — LERICHE, Les poissons oligocènes: 300, Taf. 19 Fig. 26—30.
 1922 *Sphyrna elongata* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 84, Taf. 3 Fig. 5a—d, 12.
 1928 *Cestracion elongatus* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, II: 13.

Material: 1 Unterkieferzahn (SBPIM-M2210), kenntlich an der geraden, breiten Wurzel und der schlanken, geraden, schwach nach hinten geneigten Hauptspitze mit anschließendem, kurzem, sehr schmalem und glattem Schmelzsaum. 4 Oberkieferzähne (SBPIM, SDPIM; Taf. 13 Fig. 7, 8), charakterisiert durch die basal breitere Hauptspitze und den stärkeren, schwach gezähnelten vorderen und hinteren Schmelzsaum sowie durch die im stumpfen Winkel zueinander stehenden Wurzeläste.

Bemerkungen: Diese Art tritt im Mainzer Becken zahlenmäßig gegenüber anderen Arten zurück, ist aber an verhältnismäßig vielen Fundstellen nachzuweisen (Tab. 2).

CAPETTA erkannte die große Ähnlichkeit mit der neogenen Art *C. priscus* (1970: 54, Taf. 13 Fig. 1—20; Taf. 14 Fig. 1—20) und stellte *C. elongatus* in die Synonymie von *C. priscus*, obwohl gewisse Unterschiede vorhanden sind. Generell ist bei der neogenen Art die Zähnelung der vorderen und hinteren Schmelzleisten stärker, und auch die Hauptspitze ist meist fein gezähnelte. Darüber hinaus ist die Hauptspitze der Oberkieferzähne durchschnittlich ein wenig schlanker und weniger deutlich von der hinteren Schmelzleiste abgesetzt. Innerhalb der neogenen „Populationen“ treten aber auch vereinzelte Zähne auf, die den mitteloligozänen Formen vom Typ des *C. elongatus* stärker gleichen (CAPETTA 1970: Taf. 13 Fig. 19, 20).

Bemerkenswert ist, daß die von WEILER (1943: 80, Abb. 16, 17) als *Sphyrna* aff. *prisca* aus dem norddeutschen Oberoligozän beschriebenen Zähne sich mehr an *C. elongatus* als an *C. priscus* anlehnen. Vermutlich ist auch der mitteloligozäne *Hypoprion reisi* WEILER (WEILER 1932: 309; 1933: 26) mit *C. elongatus* identisch; denn aus den Abbildungen bei WEILER (1933: Abb. 17) und WOLF (1897: Taf. 24 Fig. 17, 18) ergeben sich keine eindeutigen Unterschiede.

Vieles deutet darauf hin, daß sich die Formen vom Typ des *C. priscus* aus denen vom Typ des *C. elongatus* entwickelt haben. In diesen Formenkreis könnten auch die von CAPETTA (1973: Taf. 12 Fig. 19—21) als *Carcharhinus* sp. 1 aus dem Unter-miozän beschriebenen Zähne, die sich von *C. elongatus* nur durch die etwas breitere Hauptspitze unterscheiden, gehören.

Bei der Beurteilung der frühen *Carcharhinus*-Arten aus dem Formenkreis des *C. priscus* herrschen also noch viele Unsicherheiten. Es bedarf erst einer detaillierten monographischen Bearbeitung all dieser Formen, um klären zu können, ob etwa *C. priscus* und *C. elongatus* Unterarten ein und derselben Art oder selbständige Arten

darstellen. Ich halte es bis zu dieser Klärung für das beste, beide Formen vorläufig als selbständige Arten zu behandeln.

Weitere Schwierigkeiten entstehen übrigens dadurch, daß die Zähne vom Typ des *C. elongatus* verhältnismäßig leicht mit kleineren Zähnen des *Negaprion kraussi* (PROBST) verwechselt werden können. Leider ist der letztere insbesondere in seinem Unterkiefergebiß nicht vollständig bekannt. Seine Oberkieferzähne unterscheiden sich von *C. elongatus* im wesentlichen nur durch die durchschnittlich etwas schwächere Zähnelung des vorderen und hinteren Schmelzsaumes. Die Unterkieferzähne könnten durch eine schmälere Wurzel und eine relativ höhere Krone stärker abweichen (s. CAPETTA 1970: 52, Taf. 15 Fig. 1—17).

Galeorhinus latus (STORMS 1894)

Taf. 13 Fig. 1—6

- 1894 *Protogaleus latus* — STORMS, Troisième note sur: 78, Taf. 6 Fig. 17 a—c.
 1898 *Galeus mülleri* — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 164.
 1910 *Galeus latus* — LERICHE, Les poissons oligocènes: 297, Taf. 19 Fig. 31—35.
 1922 *Galeus latus* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 84, Taf. 2 Fig. 22a—b.
 1928 *Eugaleus latus* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, II: 12.
 1934 *Eugaleus latus* — THEOBALD, Les poissons oligocènes: 130, Abb. 5, 6.
 1961 *Galeus latus* — v. D. BOSCH, Fossielen van de Vlijt: 47, Taf. 4.
 1971 *Galeorhinus latus* — v. D. BOSCH, Elasmobranchii uit: 54, Abb. 72—83.

Material: 15 ± komplette Oberkieferzähne mit verhältnismäßig breiter, stark nach hinten geneigter Hauptspitze, grob gezähneltem hinterem Schmelzsaum und unterschiedlich starkem, schwächer gezähneltem vorderem Schmelzsaum (Taf. 13 Fig. 1—3). 10 ± komplette Unterkieferzähne (Taf. 13 Fig. 4—6), deren Hauptspitze schlanker und deren Vorderrand stärker konkav und feiner gezähnelte (bis fast glatt) ist als bei den Oberkieferzähnen; darunter 1 Exemplar aus der ersten Zahnreihe (Taf. 13 Fig. 4) mit verhältnismäßig schmaler Wurzel, annähernd senkrecht stehender Hauptspitze, sehr kurzem, hier etwas erodiertem vorderem Schmelzsaum und gleichfalls kurzem, undeutlich gezähneltem hinterem Schmelzsaum. Aufbewahrung: SBPIM, SDPIM, SGG, KGMBK.

Bemerkungen: Eine Abgrenzung gegen andere Arten dieser Gattung ist recht gut möglich. Gegenüber *G. affinis* (PROBST) aus dem europäischen Neogen (ANTUNES & JONET 1969—70: Taf. 12 Fig. 75; CAPETTA 1970: 65, Taf. 18 Fig. 1—18) ist die Hauptspitze der Krone merklich breiter, ist der Vorderrand der Krone durchschnittlich stärker gezähnelte und ist der Hinterrand der Krone etwas weniger geneigt und mit einer stumpferen Zähnelung versehen. — Auch bei *G. loangoensis* DARTEVELLE & CASIER aus dem Eozän des Kongogebietes (DARTEVELLE & CASIER 1943: 154, Taf. 12 Fig. 32—36) ist die Hauptspitze schlanker und der Gesamtzahn breiter.

Am ähnlichsten ist *G. minor* (Agassiz) aus dem europäischen Eozän (LERICHE 1905: Taf. 8 Fig. 33—43). Dieser ist jedoch deutlich kleiner als *G. latus*. Seine Oberkieferzähne gleichen denen des letzteren sehr. Seine Unterkieferzähne besitzen dagegen eine breitere, stumpfere Hauptspitze; auch ist der Vorderrand der Krone normalerweise stärker gezähnelte und seltener konkav ausgebildet.

Die hinteren Unterkieferzähne von jugendlichen Individuen des *G. latus* können außerdem den hinteren Ober- und Unterkieferzähnen von *Paragaleus pulchellus* (JONET) aus dem europäischen Neogen (ANTUNES & JONET 1969–70: Taf. 7 Fig. 68 bis 74; CAPETTA 1970: Taf. 18 Fig. 19–31) sehr ähnlich werden. Gegenüber dessen Oberkieferzähnen ist ihre Hauptspitze in der Regel etwas kürzer und breiter ausgebildet, gegenüber den Unterkieferzähnen ist sie etwas stärker geneigt.

Ordnung: Squaliformes

Familie: Squatinidae

***Squatina angeloides* v. BENEDEN 1873**

Taf. 13 Fig. 9–12

- 1873 *Squatina angeloides* — v. BENEDEN, Patria Belgica: 384.
 1894 *Squatina angeloides* — STORMS, Troisième note sur: 74, Taf. 4 Fig. 13, 14.
 1897 *Squatina alata* — WITTICH, Über neue Fische: 46, Taf. 5 Fig. 5, 6.
 1898 *Squatina* sp. — JAEKEL, Verzeichnis der Selachier: 167.
 1922 *Squatina* aff. *angeloides* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 92, Taf. 1 Fig. 5–7.
 1922 *Squatina crecelii* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, I: 94, Taf. 3 Fig. 23–25.
 1928 *Rhina* aff. *angeloides* — WEILER, Beiträge zur Kenntnis, II: 13, Taf. 2 Fig. 12.
 1961 *Squatina angeloides* — v. D. BOSCH, Fossielen van de Vlijt: 39, Taf. 1.
 1971 *Squatina angeloides* — v. D. BOSCH, Elasmobranchii uit: 55, Abb. 84–87.

Material: 14 zumeist komplette Zähne (SBPIM, SDPIM, SGG); darunter ein großer lateraler Vorderzahn möglicherweise des Unterkiefers (Taf. 13 Fig. 9) mit schwach nach hinten geneigter Hauptspitze und asymmetrisch rhombischer, auf der Unterseite deutlich konkaver Wurzel. Wesentlich kleinere Zähne mit \pm vertikaler, niedrigerer Hauptspitze und annähernd rhombischer, unten konkaver Wurzel (Taf. 13 Fig. 10) sind möglicherweise als Vorderzähne des Oberkiefers zu deuten (bei rezenten Arten sind die Vorderzähne des Oberkiefers deutlich kleiner als die des Unterkiefers). Außerdem liegen mehrere Lateralzähne vor (Taf. 13 Fig. 11, 12). Diese besitzen gegenüber den Vorderzähnen eine breitere, unten kaum konkave bis plane Wurzel und eine niedrigere Hauptspitze. Die Unterscheidung zwischen Unter- und Oberkieferzähnen ist auch hier sehr schwierig. In der Regel scheinen die Oberkieferzähne durch eine etwas schlankere, schwächere Hauptspitze gekennzeichnet zu sein.

Bemerkungen: *Squatina angeloides* gilt als typisch oligozäne Form. Sie ist u. a. aus Belgien (STORMS 1894, LERICHE 1910), Holland (v. D. GEYN 1937, v. D. BOSCH 1961), vom Niederrhein (v. D. BOSCH 1971) und von Kassel (WEILER 1943) beschrieben worden. Mit diesem Material stimmen die Exemplare des rheinhessischen Meeresandes gut überein. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den einzelnen *Squatina*-Arten nur gering, und die innerartliche Variabilität ist kaum bekannt, so daß es noch einer gründlichen, vergleichend-morphologischen Studie aller *Squatina*-Zähne und -Gebisse bedarf, um endgültig zu klären, ob die oligozänen Formen eine eigene Art *S. angeloides* repräsentieren, oder ob sie mit einer der eozänen oder miozänen Arten zu vereinen sind. Sehr ähnlich sind insbesondere *S. prima* (WINKLER) aus dem Paläozän und Eozän (LERICHE 1905, WHITE 1931, ARAMBOURG 1952, CASIER 1966) und *S. subserrata* MÜNSTER aus dem Miozän (CAPETTA 1970, SCHULTZ 1971).

Ordnung: Rajiformes
 Familie: Dasyatidae

Dasyatis aff. *delfortriei* CAPETTA 1970

Abb. 4—6

Material: 9 Zähne (SBPIM), 3 von männlichen und 6 von weiblichen Individuen. Der Sexualdimorphismus ist bei Dasyatiden sehr ausgeprägt. (Zur hier verwendeten Terminologie s. CAPETTA 1970: 86.)

Für die Systematik sind die weiblichen Zähne von weitaus größerem Nutzen. Sie sind verhältnismäßig breit und niedrig (Abb. 4, 5). Entsprechend ihrer Stellung im Gebiß nehmen sie von der Symphyse zum Mundwinkel an Höhe ab und an Breite zu. Der Labialrand der Krone ist bei den lateralen Zähnen fast gleichmäßig konvex gerundet, bei den vorderen Zähnen dagegen merklich gewinkelt. Der Lingualrand besitzt fast gerade bis schwach konkave Posterolateralseiten und ist oft abgestutzt.

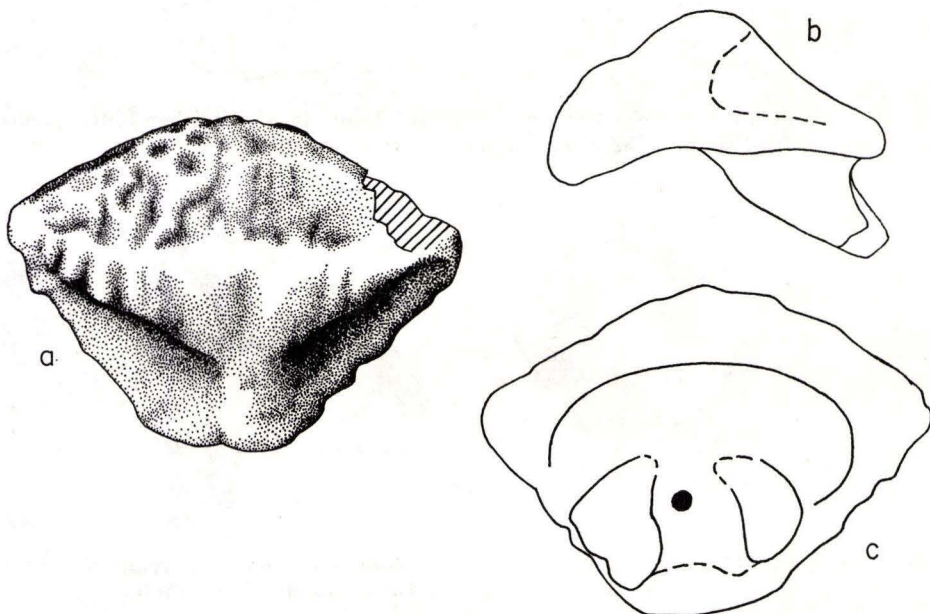


Abb. 4. *Dasyatis* aff. *delfortriei* CAPETTA. Hinterer Zahn eines weiblichen Individuums. PIM-M 2212. $\times 13$. — a) Dorsalansicht; b) im Profil; c) Ventralansicht.

Von einer Lateralecke zur anderen verläuft ein mehr oder weniger breit gerundeter Transversalgrat in schwach nach lingual durchgebogener Linie. Er nimmt von den Seiten zur Mitte beträchtlich an Breite zu und ist quer zu seiner Längserstreckung breit gekerbt. Die Stärke dieser Kerbung kann sehr variieren; bei den Zähnen aus der vorderen Kieferregion kann sie fast fehlen. Bei lateralen Zähnen ist der Transversalgrat in seiner Mitte, wo sich nach lingual der weit schwächere Posteromediangrat anschließt, dreieckig verbreitert; bei den vorderen Zähnen läuft er hier in eine breite Spitze aus.

Die Labialfläche der Krone ist in der Regel deutlich gewölbt und meist vollständig mit einem kräftigen Muster aus unregelmäßig polygonalen Leisten und Gruben versehen. In ihrer dorsalen Hälfte befindet sich eine manchmal nur schwach angedeutete Medioexterndepression. Deren Begrenzung ist unscharf und oft etwas unregelmäßig. Häufig liegt sie auch asymmetrisch zu einer Lateralecke verschoben. In ihrem Bereich ist die Skulptur manchmal nur sehr schwach entwickelt.

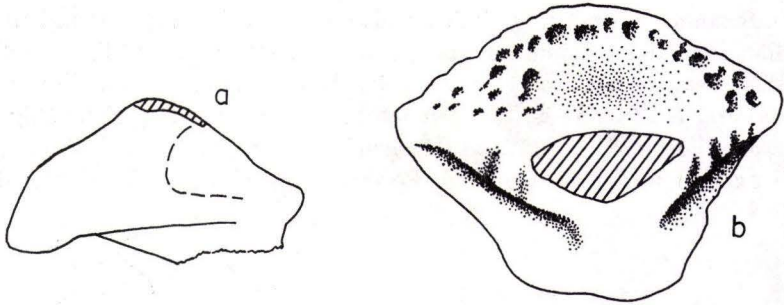


Abb. 5. *Dasyatis* aff. *delfortriei* CAPETTA. Vorderer Zahn eines weiblichen Individuums. PIM-M 2213. $\times 13$. — a) im Profil; b) Dorsalansicht.

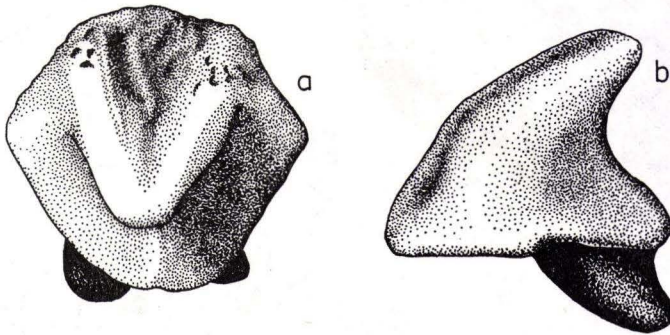


Abb. 6. *Dasyatis* aff. *delfortriei* CAPETTA. Zahn eines männlichen Individuums. PIM-M 2214. $\times 13$. — a) Dorsalansicht; b) im Profil.

Die Lingualfläche der Krone baut sich aus dem bereits erwähnten Posteromediangrat, der breit gerundet und sehr niedrig ist (bei einem sehr weit hinten stehenden Zahn fehlt er sogar), und den glatten, deutlich konkaven Posterolateralflächen auf.

An den Rändern ist die Krone kragenartig als das sogenannte labiale und linguale Visier nach unten umgeschlagen. Dieses Visier besitzt mehr oder weniger gerundete Kanten; nur in Ausnahmefällen ist es an den Anterolateralseiten abgeschrägt. Auf der Unterseite ist das labiale Visier durch eine breite Furche von der Wurzel abgesetzt. Die Wurzel ist verhältnismäßig schmal und schräg nach lingual gerichtet. Leider ist sie bei allen Zähnen mehr oder weniger korrodiert, so daß ihr exakter Umriss schwer festzustellen ist. Ihre Ventralfläche ist relativ klein und schmal. Sie ist

durch eine breite Nährfurche, in deren Boden sich ein großes Nährforamen öffnet, zweigeteilt.

Die Zähne männlicher Individuen sind bei allen *Dasyatis*-Arten recht ähnlich gestaltet. Sie sind viel schmaler und höher als die der weiblichen Exemplare. Ihr Umriss ist mehr oder weniger fünfeckig (Abb. 6). Die Labialfläche enthält eine breite, unterschiedlich starke Medianfurche, in der sich einige unregelmäßige Längsleisten befinden können. Im übrigen gleicht ihre Skulpturierung der der weiblichen Zähne, nur ist sie meist schwächer entwickelt; bei den vordersten Zähnen kann sie fast verschwinden. Der Transversalgrat ist scharf und läuft in einer hohen Spitze, die nach lingual umgebogen ist, aus. Die Lingualfläche besteht aus den beiden winklig zueinander stehenden, glatten Posterolateralfächchen. Ihre Wurzel ist auffallend klein.

Soweit ich aus den mir vorliegenden Zähnen und aus Vergleichsmaterial von den Fundstellen Neumühle und Zeilstück ersehen kann, ist die innerartige Variabilität, auch abgesehen von dem Sexualdimorphismus, recht beträchtlich. Sie drückt sich insbesondere in der Stärke und Feinheit der Skulpturierung und in der Kerbung des Transversalgrates sowie in der Ausprägung der Medioexterndepression und in der Ausbildung des Posteromediangrates aus.

Bemerkungen: Diese Art wurde erst kürzlich durch KUSTER-WENDENBURG (1974), GRÜLL und Verf. im Mainzer Becken nachgewiesen. Bis dahin war *Dasyatis* noch nicht aus dem europäischen Mitteloligozän bekannt. Unter den vielen *Dasyatis*-Arten sind ihr besonders einige durch CAPETTA (1970) aus dem südfranzösischen Miozän beschriebene Formen sehr ähnlich.

Von diesen stimmt *D. delfortriei* CAPETTA in allen wesentlichen Merkmalen mit ihr überein; jedoch sind auch leichte Unterschiede festzustellen. So ist bei den hier untersuchten Zähnen der Transversalgrat weniger deutlich und weniger dicht gekerbt, und die Wurzeläste sind vermutlich schlanker. Bei den männlichen Zähnen fehlt zudem die „Schmelz“streifung der Posterolateralfächchen. Angesichts der beträchtlichen innerartigen Variabilität bei *Dasyatiden* kann allein aus dem vorliegenden Material noch nicht entschieden werden, ob diese Unterschiede eine innerartige Variation oder eine selbständige Art belegen. Deshalb stelle ich diese Zähne vorerst mit Vorbehalt in die Nähe des *Dasyatis delfortriei*.

Von den gleichfalls miozänen Arten *D. cavernosa* (PROBST) und *D. probsti* CAPETTA (s. CAPETTA 1970: 88, Taf. 22 Fig. 1–13 und S. 91, Taf. 21 Fig. 15–23) können sie verhältnismäßig leicht durch die schmalere Wurzel, den verbreiterten Transversalgrat und die flachere Medioexterndepression und von *D. rugosa* (PROBST) (s. CAPETTA 1970: 95, Taf. 21 Fig. 1–14) durch die schwächere Wurzel, den stärkeren Posteromediangrat, den abgewinkelten Lingualrand und durch das undifferenzierte labiale Visier unterschieden werden.

Unter den eoizänen *Dasyatiden* sind ihnen *D. jaekeli* (LERICHE) und *D. davisi* CASIER am ähnlichsten. Ersterer kann von ihnen u. a. deutlich abgegrenzt werden durch die stärkere Wölbung der Labialfläche sowie durch das Fehlen einer medioexternen Depression und der Kerbung des Transversalgrates (LERICHE 1905: 100, CASIER 1946: 101), letzterer durch den schärferen, ungekerbten Transversalgrat und die etwas stärkere Medioexterndepression (CASIER 1966: 91).

Familie: Myliobatidae

***Myliobatis* sp.**

Taf. 12 Fig. 9, 10

Material: 10 komplette Medianzähne (KGMBK) sowie zahlreiche Zahnfragmente (KGMBK, SBPIM, SGG). Darunter befinden sich mehrere eindeutige Unterkiefer-Zahnleisten mit annähernd geradem Vorder- und Hinterrand sowie planer oder in der Längsrichtung schwach konvexer oder auch konkaver Oberfläche (Taf. 12 Fig. 10) und 2 stark abgekaute Oberkiefer-Zahnplatten mit stärker konvexer Oberfläche und mit \pm konvexem Vorderrand (Taf. 12 Fig. 9).

Bemerkungen: Einzelzähne von Myliobatiden sind bekanntlich nicht näher zu bestimmen. Allerdings ist aus dem europäischen Mitteloligozän bisher nur eine Art beschrieben worden, die nach WEILER (1922) als *Myliobatis serratus* v. MEYER zu bezeichnen ist, und die von LERICHE (1910) und anderen Autoren als Unterart (*M. aquila oligocaena*) des rezenten *Myliobatis aquila* LINNE-GMELIN aufgefaßt wird. Da die Kriterien zur Unterscheidung fossiler *Myliobatis*-Arten wenig eindeutig sind, und da die innerartliche Variabilität am Gebiß der Myliobatiden recht beträchtlich zu sein scheint, halte ich es für sehr gewagt, die oligozäne Form mit der rezenten Art zu vereinen. Solange keine detaillierte, vergleichend morphologische Analyse der Myliobatiden-Gebisse vorliegt, sollte man besser die oligozänen Reste bei der möglicherweise künstlichen „Form-Art“ *Myliobatis serratus* belassen.

Familie: Dasyatidae oder Myliobatidae

Schwanzstacheln

Taf. 11 Fig. 10

Material: Mehrere Bruchstücke (KGMBK) mit einer glänzenden, von unregelmäßigen Längsfurchen und einer wechselnd starken Medianfurche durchzogenen Oberseite und mit einer nicht glänzenden, durch eine beiderseitige Randfurche charakterisierten Unterseite. Die randliche Zähnelung ist kräftig und regelmäßig.

Bemerkungen: Im Mainzer Becken treten manchmal verschiedene Typen von Schwanzstacheln nebeneinander an einer Fundstelle auf. Aus Untersuchungen der rezenten Fauna wissen wir, daß diese Stacheln nicht art- oder gattungsspezifisch sind und daß sie bei Vertretern der Myliobatidae wie der Dasyatidae vorkommen. Die rheinhessischen Funde waren bisher uneingeschränkt der Gattung *Myliobatis* zugeordnet worden. Durch den erstmaligen Nachweis von *Dasyatis* muß diese Bestimmung generell angezweifelt werden; denn wahrscheinlich war *Dasyatis* im Mainzer Becken nicht viel seltener vertreten als *Myliobatis*. Eine Art- oder Gattungsbestimmung von Schwanzstacheln sollte deshalb am besten unterbleiben.

Ordnung: Squaliformes oder Rajiformes

Familie: Squatinidae, Rajidae oder Dasyatidae

Dornen

Abb. 7

Material: 1 Dorn (SBPIM-M2211) von breit tütenförmiger Gestalt mit nach hinten umgebogener Spitze und mit sehr unregelmäßigem, asymmetrischem Basal-

umriß. Von der Spitze verläuft eine schwache, breit gerundete Erhebung nach vorne, und von den Rändern gehen flache, breite Radialfurchen aus. Die Oberseite ist ein wenig korrodiert; vielleicht ist deshalb keine glänzende, schmelzähnliche Außenschicht sichtbar, vielleicht fehlt diese aber auch primär. Die Unterseite ist glatt und schwach konkav ausgebildet.

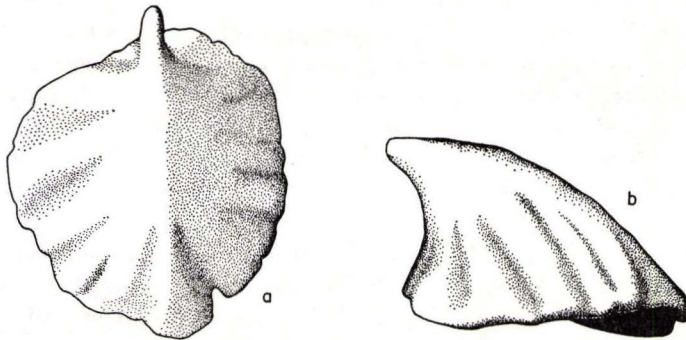


Abb. 7. Rücken- oder Schwanzdorn vermutlich eines Rochens. PIM-M2211. $\times 10$. — a) Dorsalansicht; b) Seitenansicht.

Bemerkungen: Für die bei manchen Engelshaien und Rochen auf dem Rücken und auf der Schwanzoberseite sitzenden, vergrößerten Dornen gilt dasselbe wie für die Schwanzstacheln. Sie sind keiner Gattung oder Familie definitiv zuzuordnen. BIGELOW & SCHRÖDER (1948, 1953) bilden z. B. in ihrer umfangreichen Monographie der Fische des westlichen Nordatlantik Dornen von dem hier beschriebenen Typ bei verschiedenen Vertretern der Rajidae und Dasyatidae ab. Unter den bisher im Mainzer Becken nachgewiesenen Gattungen könnten als Urheber *Squatina* oder, was wahrscheinlicher ist, *Dasyatis* in Frage kommen. Erstaunlicherweise sind derartige Dornen bisher im Mainzer Becken noch nie gefunden worden.

4. Zur Paläökologie und Taphonomie der wichtigsten Selachiervorkommen im Mainzer Becken

WEILER hat durch verschiedene eingehende Untersuchungen (1928, 1953, 1955, 1966) sicher nachweisen können, daß während des Mittelligozän im Oberrheingraben und im Mainzer Becken eine reichhaltige Fischfauna von insgesamt subtropischem Gepräge existierte. Er konnte weiterhin belegen, daß diese Fauna zu Beginn des Mittelligozäns über zwei unterschiedliche Meeresstraßen eingewandert war: a) Von N über die breite und recht tiefe Hessische Senke, die sogar den Zutritt von Hochseeformen gestattete. Diesen Weg nahmen wahrscheinlich die meisten Haie (insbesondere *Cetorhinus*, die *Alopias*- und *Procarcharodon*-Arten). b) Von S aus dem Molassetrog über die sogenannte „Raurachische Meeresstraße“. Diese war vermutlich relativ schmal und flach, so daß zumeist nur Flachwasserbewohner (viele Teleostier) eindringen konnten.

WEILERS Ergebnisse werden durch die hier erstmals vorgestellten Neufunde voll bestätigt. Die mit vielen Arten vertretene Gattung *Dasyatis* kommt rezent vorwiegend in tropischen bis subtropischen Gewässern vor und erscheint in den gemäßigten Breiten meist nur als Sommergast. Im mittel- und westeuropäischen Oligozän fehlte sie bisher, und während des Miozäns tritt sie besonders artenreich in der württembergischen Molasse und in Südfrankreich auf; darunter befinden sich auch die nächsten Verwandten der im Mainzer Becken nachgewiesenen Art. Möglicherweise ist diese aus dem S in den Rheinalgraben eingewandert. — *Scyliorhinus* ist rezent von den tropischen bis zu den gemäßigten Zonen verbreitet, bevorzugt aber mit vielen Arten die gemäßigten Breiten. In den europäischen Mitteloligozän-Vorkommen fehlte er bisher und war erst aus dem Oberoligozän der Hessischen Senke bekannt. Er könnte von N wie von S eingewandert sein.

Im Mainzer Becken sind, wie aus Tab. 2 zu ersehen ist, die meisten fossilführenden Ablagerungen des Rupel-Meereres verhältnismäßig arm an Haifischresten. Lediglich das Vorkommen an der Neumühle bei Weinheim bildet eine ungewöhnliche Ausnahme, sowohl was die Individuen- wie die Artenzahl anbelangt. In größerer Zahl treten Selachierreste nur noch an einigen Fundstellen bei Weinheim (Offenheimer Str., Zeilstück), bei Wendelsheim und bei Feilbingert auf. Allerdings ist nur bei Feilbingert, am Zeilstück und letztlich auch an der Trift (dort vornehmlich erst durch die intensive, jahrzehntelange Absammlung nachweisbar!) ein gewisser Artenreichtum zu beobachten.

Alle bei Feilbingert nachgewiesenen Arten kommen auch an der Neumühle vor (z. T. erst während der letzten Jahre gefunden). Umgekehrt fehlen aber manche der an der Neumühle auftretenden Arten bei Feilbingert. Die Unterschiede in der Faunenzusammensetzung scheinen nicht gravierend zu sein, zumal man das Fehlen einzelner, an der Neumühle seltener Arten (*Isurus desorii*, *Alopias* sp., *Procarcharodon angustidens*, *Squalus alsaticus*) bei Feilbingert auf die verschieden intensive Erforschung beider Fundstellen zurückführen könnte. Der unterschiedliche prozentuale Anteil einzelner Arten an der Gesamtfauuna (z. B. sind bei Feilbingert *Squatina* und *Dasyatis* häufiger als an der Neumühle) weist aber darauf hin, daß die beiden Faunulae aus ökologischer und/oder taphonomischer Sicht voneinander abweichen könnten.

Da sich die Selachier seit dem Oligozän nur sehr wenig verändert haben, sind Analogieschlüsse allgemeinerer Art bezüglich ihrer Lebensweise möglich.

Im folgenden sind die wichtigsten Daten über die fossil im Mainzer Becken nachgewiesenen Gattungen zusammengetragen (nach BIGELOW & SCHRÖDER 1948, 1953; ergänzt durch ANTUNES & JONET 1969–70 und ANTUNES 1970).

Hexanchus (*H. griseus*) lebt ausgesprochen pelagisch¹. Er ruht tagsüber in Bodennähe und steigt nachts in höhere Wasserschichten auf. Dabei bevorzugt er das Mesopelagial bis höhere Bathyal (130–1800 m) und gelangt nur als Irrläufer bis in küstennahe, 30–40 m tiefe Gewässer.

Isurus (*I. oxyrinchus*) ist ein hervorragender Schwimmer und hält sich vorwiegend im küstenfernen Epipelagial auf. Nur selten dringt er bis in küstennahes Flachwasser vor.

¹ Die Unterteilung und Benennung der marinen Lebensräume wird immer noch recht unterschiedlich gehandhabt. Ich richte mich hier nach dem „Treatise on Marine Ecology and Paleontology“ (HEDGPETH 1957, s. auch AGER 1963: 26ff.).

Tab. 2. Übersicht über die Selachier des europäischen Mitteloligozäns

	Belgien — Nordseebecken			Mainzer Becken und Oberrheingraben										Untere Meeresmolasse																
	Belgien (1)	Winterswijk/Holland (2)	Glaukantsand in Ostholand (3)	Unterer Meeressand											O. M.	Rupelton														
			Lintorf b. Düsseldorf (4)	Magdeburg (5)	Mallis/Mecklenburg (5)	NW-Sachsen (6)	Kassel (umgelagert) (5)	Neumühle (9—8, 11, 12)	Offenheimer Str. (6)	Zellstück (6, 7)	Trift (6, 9, 12)	Würzmühle (12)	Flonheim (10, 13)	Wendelsheim (6, 7)	Eckelsheim (6, 13)	Wonsheim (10)	Feilbingert (6, 7, 13)	Waldböckelheim (9, 10)	Mandel (13)	Zellstück (7, 8)	Flonheim (14)	Flörsheim (14)	Offenbach (15)	Wiesloch + Frauenweiler (16, 17)	Elsaß (18)	Schweizer Jura (19)	Oberbayern (20)	Kiscell/Ungarn (21)		
<i>Hezanchus primigenius</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Isurus desorii</i> (= <i>I. gracilis</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Isurus flandricus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Isurus benedeni</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Alopias erigua</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Alopias latidens</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Alopias</i> sp.																														
<i>Lamna rupeliensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Lamna van den broeki</i>	x																													
<i>Lamna celtica</i>																														
<i>Procarcharodon angustidens</i> (+ <i>P. turgidus</i>)	x																													
<i>Procarcharodon praemegalodon</i>																														
<i>Odontaspis cuspidata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Odontaspis acutissima</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Cetorhinus parvus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Scyliorhinus</i> sp.																														
<i>Galeocercus medius</i>																														
<i>Galeocercus acutus</i>	x																													
<i>Carcharhinus elongatus</i>	x																													
„ <i>Hypoprion reisi</i> “																														
<i>Galeorhinus latus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Squalus alsaticus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x																					
<i>Squatina angeloides</i>	x																													
<i>Dasyatis</i> aff. <i>delfortriei</i>																														
<i>Myliobatis</i> sp.	x																													

Nachweise: (1) LERICHE 1910, (2) V. D. BOSCH 1961, (3) V. D. BOSCH 1964, (4) V. D. BOSCH 1971, (5) KRUCKOW 1965, (6) Aufsammlungen des Verf., (7) Slg. GRÜLL (Gernsheim), (8) Slg. BETTAG (Speyer), (9) KUSTER-WENDENBURG 1974, (10) WEILER 1922, (11) Material im Mus. Darmstadt, (12) Material im Mus. Mainz, (13) Material im Mus. Bad Kreuznach, (14) WEILER 1928, (15) WEILER 1963, (16) WEILER 1931, (17) WEILER 1966, (18) ANDREAE 1892 u. THEOBALD 1934, (19) LERICHE 1927, (20) WEILER 1932, (21) WEILER 1933 u. 1938.

Alopias (*A. vulpinus* u. *A. superciliosus*) lebt ebenfalls ausgesprochen pelagisch in küstenferneren Gebieten. (*A. vulpinus* bevorzugt das obere Epipelagial, *A. superciliosus* das Mesopelagial.) Nur *A. vulpinus* gelangt öfters auf der Jagd nach Fischen in das Flachwasser des Küstenbereichs.

Lamna (*L. nasus*) kommt im Epipelagial von den oberflächennahen Zonen bis in 150 m Tiefe und auch in Bodennähe vor. Sein Verbreitungsgebiet liegt stets in größerer Entfernung zur Küste; nur selten erscheinen einzelne Exemplare im küstennahen Flachwasser.

Carcharodon (*C. carcharodon*), der dem ausschließlich fossilen *Procarcharodon* weitgehend gleicht, ist ein typischer Hochseebewohner. Auf der Jagd nach Fischen nähert er sich aber auch häufig den Küsten; dabei dringt er bis in sehr flaches, nur wenige Meter tiefes Wasser vor. Als Großräuber ist er selbst in seinem eigentlichen Lebensraum relativ selten.

Der den mitteloligozänen Arten sehr ähnliche *Odontaspis taurus* ist ein verhältnismäßig schwerfälliger Küstenbewohner, der sich meist in Bodennähe aufhält. Er liebt die flachen Wasserzonen von 3,5–10 m Tiefe, wagt sich aber auch in ausgesprochen flache, nur 0,6–2 m tiefe Gewässer vor.

Cetorhinus (*C. maximus*) ist ein langsam schwimmender Planktonfresser. Er ist auf das oberste Epipelagial beschränkt und wird häufiger auch in Küstennähe gesichtet.

Scyliorhinus (rezent mit vielen Arten vertreten) lebt vorwiegend benthonisch auf oder nahe dem Boden. Je nach Art bevorzugt er unterschiedliche Wassertiefen. Viele Arten meiden die Küstennähe und kommen im äußeren Sublitoral am Rande des Kontinentalschelfs vor, andere, wie *S. canalicula*, ziehen das nur 15–20 m tiefe innerste Sublitoral vor.

Galeocerdo (*G. arcticus*) ist ein typisch pelagischer Hai. Er ist gleichermaßen auf hoher See wie in flachen Küstengewässern und sogar in Flußmündungen anzutreffen.

Die vielen rezenten *Carcharhinus*-Arten sind schlecht mit ihren oligozänen Vorfahren zu vergleichen; denn innerhalb dieser Gattung fand die Hauptentwicklung erst nach dem Oligozän statt. So haben sich viele Arten erst in jüngster Zeit an die unterschiedlichsten Lebensräume (z. T. sogar an das Süßwasser) angepaßt.

Galeorhinus (*G. galeus*) lebt vorwiegend in Bodennähe im Sublitoral.

Squalus (*S. acanthias*, *S. cubensis*, *S. fernandinus*) verkörpert einen kleinen, verhältnismäßig langsamen Haiotyp. Er kommt benthonisch wie pelagisch im Epipelagial und obersten Mesopelagial (bis 300 m Tiefe) der küstennahen bis küstenferneren Gebiete vor.

Squatina (*S. dumeril*) ist ein ausgesprochener Bodenbewohner und kann vom Litoral bis zum obersten Bathyal (bis 1000 m Tiefe) nachgewiesen werden.

Die verschiedenen Arten von Adlerrochen (*Myliobatis*) sind ebenfalls typische Benthonten. Sie halten sich bevorzugt im flachen, nur wenige Meter tiefen inneren Sublitoral, z. T. auch im Brackwasser und in Flußmündungen auf. Gelegentlich wurden sie aber auch in größeren Tiefen (bis 100 m, an der Grenze vom inneren zum äußeren Sublitoral) beobachtet.

Die zahlreichen *Dasyatis*-Arten leben benthonisch im Litoral und innersten Sublitoral und beweisen oft eine beträchtliche Toleranz gegen Salinitätsschwankungen. Manche von ihnen wandern während des Winters in größere Tiefen ab.

In Analogie zu ihren rezenten Verwandten können die im rheinhessischen Mitteloligozän vorkommenden Selachier verhältnismäßig gut unterteilt werden in:

1. ausgesprochene Bodenbewohner: *Dasyatis*, *Myliobatis*, *Squatina*;
2. Formen, die bevorzugt in Bodennähe leben: *Scyliorhinus*, *Galeorhinus*, *Odontaspis*;
3. Formen, die sowohl in Bodennähe als auch in den oberen Wasserzonen leben: *Hexanchus*, *Lamna*, *Galeocerdo*, ?*Carcharhinus*, *Squalus*;
4. ausgesprochen pelagische Formen: *Isurus*, *Alopias*, *Procarcharodon*, *Cetorhinus*.

Weniger sicher ist eine Unterscheidung zwischen:

- a) Formen, die das küstennahe Flachwasser bevorzugen: *Odontaspis*, *Galeorhinus*, *Squatina*, *Myliobatis*, *Dasyatis*;
- b) Formen, die das küstenfernere, tiefere Wasser bevorzugen: *Isurus*, *Alopias*, *?Lamna*, *Procarcharodon*, *Cetorhinus*;
- c) Formen, die in beiden Bereichen gleichermaßen zu Hause sein können: *Scyliorhinus*, *Galeocerdo*, *?Carcharhinus*, *Squalus*.

Letztere Vermutungen werden durch das Vorkommen der Selachierzähne in den küstennahen Meeressanden einerseits und in dem großenteils etwas küstenferneren Rupelton andererseits weitgehend bestätigt.

Die unter a) genannten Formen sind im Meeressand weit verbreitet. Sie treten auch in Vorkommen, die keine Anreicherungen von Fischresten enthalten (U. Meeressand vom Zeilstück, Bretzenheim) auf. Von ihnen wurde nur *Dasyatis*, vermutlich wegen seiner geringen Größe, erst in jüngster Zeit entdeckt. Im Rupelton ist dagegen aus dieser Gruppe lediglich *Odontaspis* sehr häufig und beweist damit seine außerordentlich große Anpassungsfähigkeit, die er heute wohl teilweise verloren hat. *Galeorhinus*, *Squatina* und *Myliobatis* sind im Rupelton selten, und *Dasyatis* fehlt bisher aus diesen Ablagerungen.

Die unter b) genannten Formen kommen alle im Rupelton vor und zwei von ihnen (*Isurus*, *Cetorhinus*) sind dort relativ häufig. Im Meeressand sind sie alle selten. *Isurus*, *Lamna*, *Cetorhinus* und *Alopias* sind außerhalb der Neumühle äußerst selten; letzterer wurde trotz intensiver, langjähriger Suche erst vor kurzem durch v. D. HOCHT, GRÜLL und Verf. nachgewiesen. Lediglich *Procarcharodon* tritt, allerdings auch selten, an verhältnismäßig vielen Fundstellen auf, so wie seine rezenten Verwandten ja auch gerne in die verschiedenartigen Küstengewässer vordringen.

Von den unter c) genannten Formen sind *Carcharhinus* und *Scyliorhinus* im Meeressand wesentlich stärker vertreten als im Rupelton (*Scyliorhinus* ist sogar bislang nur aus dem Meeressand belegt). Diese beiden Formen könnten also die Küstennähe bevorzugt haben. *Galeocerdo* ist in beiden Ablagerungstypen selten, und *Squalus* war bis vor kurzem nur aus dem Rupelton bekannt (wo er selten ist), wurde aber neuerdings durch KUSTER-WENDENBURG, v. D. HOCHT, GRÜLL und Verf. auch im Meeressand (vorwiegend an der Neumühle) nachgewiesen.

Nur eine Gattung scheint während des Oligozäns (und wahrscheinlich auch noch während des Miozäns) von ihrer heutigen Lebensweise deutlich abzuweichen: *Hexanchus*. Ihre rezenten Vertreter meiden die Küste und müßten unter b) eingeordnet werden. *Hexanchus primigenius* kommt dagegen außer im Rupelton überall im Meeressand vor. Er scheint also ähnlich wie *Odontaspis*, nur nicht in so starkem Ausmaß, an verschiedene, auch küstennahe Lebensbereiche angepaßt gewesen zu sein. Erst seine postmiozänen Nachfahren scheinen sich in küstenfernere Lebensräume zurückgezogen zu haben.

Die hier gezogenen ökologischen Rückschlüsse aus den Fossilvorkommen sind allerdings sehr vage, zumal nicht geklärt ist, ob die Fischreste an den einzelnen Fundstellen autochthon oder allochthon auftreten, und, falls letzteres zutreffen sollte, welcher Art der Transport war, ob durch Aufarbeitung älterer Schichten oder durch

Umlagerung der Hartteile mit dem Sediment oder durch Transport der Tierleichen. Auch wäre es wichtig zu wissen, welche Faktoren zu einer Anreicherung der Reste führten.

Als Beispiele sollen hier die beiden Fossil-Lagerstätten Neumühle und Feilbingert untersucht werden.

Das Vorkommen an der Neumühle wurde schon seit dem vorigen Jahrhundert vielfach in der Literatur erwähnt. Ausführlichere Beschreibungen finden sich aber nur bei JÜNGST (1929: 69—71) und SONNE (1967: 132—134). Paläogeographisch hatte es während des höheren Mitteloligozäns seine Lage am SE-Ufer einer schmalen Halbinsel, die die sehr enge Offenheimer Bucht südlich begrenzte (SONNE 1958: Abb. 1, 1970: Abb. 6).

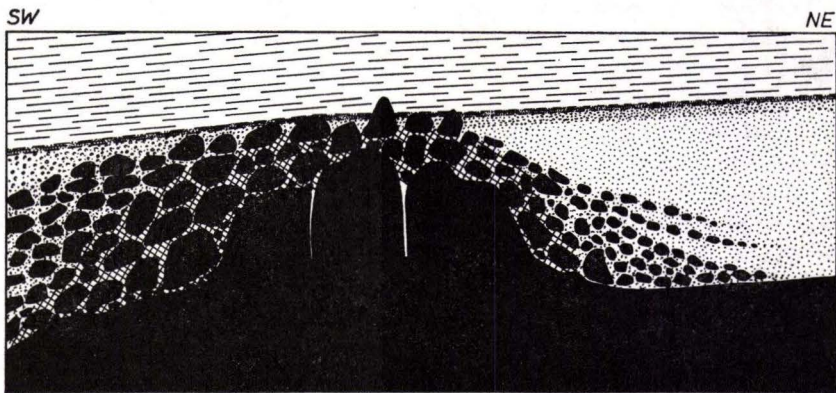


Abb. 8. Schematisiertes Profil durch das Fossilvorkommen an der Neumühle bei Weinheim/Alzey, nicht maßstabgerecht (auf Grund eigener Beobachtungen abgewandelt nach JÜNGST 1929: Abb. 1). — Schwarz = Gestein des Rotliegenden; punktiert = Unt. Meeressand; kariert = sekundär verkalkter Meeressand; gestrichelt = Ob. Rupelton.

Der Meeressand überlagert hier dickbankige Arkosen und Sandsteine der Tholeyer Schichten (Unterrotliegendes). Diese bilden ungefähr in der Mitte des Steinbruchs eine in etwa E-W verlaufende, nur wenige Meter hohe Barre (Abb. 8). Auf ihr und auch auf dem sanft abfallenden südlichen Hang sind große Sandsteinblöcke (bis 1 m³ groß), deren Größe von der Barre aus sehr schnell abnimmt, angehäuft. Auf dem nördlichen Hang haben sie sich dagegen nur in unmittelbarer Nähe der Barre angesammelt. Zwischen ihnen hatten sich zahlreiche Austern angesiedelt. Durch Lösen einzelner Schalen und durch Neubesiedlung kam es zur Bildung einer groben Packung aus Austernschalen und Sand, die später sekundär verkalkte.

Der darüber liegende Meeressand ist am S-Hang der Barre sehr grob und sehr reich an zumeist großen Hai- und Fischzähnen. Die Zähne und auch andere Knochenreste sind hier selten komplett erhalten; zumeist fehlt ihre Wurzel, oder sie sind abgerollt oder zerbrochen. Zur Barre hin nimmt die Mächtigkeit des Sandes stark ab, und auf der Barre tritt der Sand nur noch zwischen den Blöcken auf. Er ist hier bereits etwas feiner und erhält oft ergiebige Anreicherungen von Knochen und Zähnen, die nur

noch z.T. beschädigt sind. Bemerkenswert ist z. B. das Vorkommen von dicht beieinanderliegenden, kompletten (obwohl sehr zerbrechlichen) Haifischwirbeln. In diesem Bereich sind gleichermaßen große und kleine Zähne bzw. Knochen angereichert.

Der Sand wird von der Barre aus nach N schnell noch feinkörniger und wieder mächtiger, so daß er im NE-Teil des Aufschlusses eine Mächtigkeit von schätzungsweise 2 m erreicht. Er zeigt keinerlei Schichtung. Allerdings ist eine gewisse Gliederung nach der Körnung und der Fossilhäufigkeit möglich. Die mittleren und unteren Partien sind auffallend feinkörnig. Sie enthalten wenige Knochen und Zähne. Lediglich an der Basis häufen sich etwas die Wirbeltierfunde, und während im gesamten übrigen Sand infolge diagenetischer Auflösung keine kalkigen Organismenreste erhalten sind, kommen hier einige besonders widerstandsfähige Hartteile, z. B. Otolithen (*Arius*) und Bivalven (*Chlamys picta*) vor. Die obersten 20 cm des Sandes sind etwas gröber als normal, und in ihnen sind die rbWieltierreste (überwiegend unbeschädigt) angereichert, allerdings zahlenmäßig nicht ganz so stark wie auf der Barre. Darüber folgt eine etwa 5 cm mächtige Zone, die auch auf der Barre und südlich davon auftritt und die durch die Zunahme des Silt- und Tongehaltes einen allmählichen Übergang zum hangenden Rupelton anzeigt. Auch diese Zone ist noch reich an Vertebraten. Dabei fällt auf, daß mehr Kleinformen (z. B. *Squalus*) als normal vorkommen, und daß die großen Zähne insgesamt seltener sind. Stellenweise kann eine lokale Häufung von Selachierwirbeln (meist *Squatina*) beobachtet werden.

Es ist noch zu erwähnen, daß WEYL (1939: 39) bei der sedimentpetrographischen Untersuchung verschiedener Meeressandvorkommen zu dem Ergebnis kommt, daß die aus Sedimentderivaten des Rotliegenden bestehenden Meeressande (wozu er die Neumühle zählt) in der Regel schlecht sortiert sind, was auf eine geringe Umlagerung schließen läßt. WEYL folgert deshalb „vielmehr dürfte der Verwitterungsschutt der Rotliegendesandsteine und Schiefer in nächster Nähe seines Bildungsortes schnell wieder zur Ablagerung gekommen sein“.

Geht man von den hier aufgezeigten Daten aus, so könnte man sich die Genese dieses Fossilvorkommens ungefähr wie folgt vorstellen: Das Meer gelangte wahrscheinlich zur Zeit des mittleren Rupeltones in diesen Raum. Vermutlich lag dann der Bereich des heutigen Aufschlusses über einen längeren Zeitraum hinweg in der Küstenzone. Dabei bildeten die auflaufenden Wellen eine Barre aus groben Blöcken mit dahinterliegendem, flachem Trog. Der durch die Erosion freiwerdende Sand wurde größtenteils abtransportiert. In diesem günstigen, gut durchlüfteten Lebensraum siedelten sich zahlreiche Austern an.

Später änderten sich die Sedimentationsbedingungen verhältnismäßig schnell. Die Ursachen hierfür können mannigfaltig sein; ohne ausführliche Analyse der Sedimente und der geologischen Situation in der näheren Umgebung lassen sie sich nicht bestimmen. Es erfolgte jedenfalls ein schnellerer Antransport größerer Sandmengen, eventuell durch lateralen Transport aus einem nahegelegenen Erosionsgebiet. Dieser Sand wurde nur wenig umgelagert, was auf einen kurzen Transportweg und auf Kurzfristigkeit des gesamten Ereignisses schließen läßt. Da der Ablagerungsraum weiterhin im Einflußbereich des Wellenganges blieb, wurde das Sediment vor der Barre bis zu einem gewissen Maße aufgearbeitet, was eine mechanische Abnutzung der ent-

haltenen organischen Reste und eine Anreicherung der groben Sedimentkomponenten zur Folge hatte. Der feinere Sand wurde im Strömungsschatten hinter der Barre und lokal zwischen den großen Blöcken auf der Barre abgesetzt. Dabei kam es auch zu einer gewissen Größensortierung der Zähne und Knochen. Vor der Barre reicherten sich die größeren Stücke an; die aufgearbeiteten kleineren Stücke gelangten vorwiegend auf oder hinter der Barre zum Absatz, zusammen mit Resten, die nicht aus der Aufarbeitungszone stammen. Diese weisen keine deutlichen Spuren eines Transportes auf. Daraus kann geschlossen werden, daß sie entweder am Ort abgelagert wurden, oder daß sie rollend bzw. in Suspension über eine kürzere Entfernung transportiert wurden (was wegen der Leichtigkeit vieler Selachierreste schon bei geringen Strömungen möglich ist; s. SCHÄFER 1962: 67), oder daß sie geringfügig mit dem Sediment umgelagert wurden, was ebenfalls auf einen kurzen Transportweg hindeuten würde. Da sie auch hinter der Barre je nach Sediment bis zu einem gewissen Grade größenmäßig sortiert sind, scheidet eine rein autochthone Anreicherung mit Sicherheit aus. Es ist also zu vermuten, daß der größte Teil der Vertebratenreste einen meist nur kurzen Transportweg, der an den Fossilien nicht deutlich sichtbar zu werden braucht (s. LEDOUX 1972: 169), hinter sich hat.

In Verbindung mit einer zunehmenden Transgression des Meeres zu Beginn der Oberen Rupelton-Zeit rückte dieser Raum allmählich aus der eigentlichen Küstenzone und damit aus dem Gebiet der vorwiegend sandigen Sedimentation heraus, wie die Ausbildung der 5 cm starken Übergangszone anzeigt. Während dieses Zeitraumes machte sich der Einfluß des Wellenganges nicht mehr stark bemerkbar. Die Vertebratenreste zeigen eine geringere Größensortierung, was auch in dem relativen Reichtum an kleinen Zähnen zum Ausdruck kommt. Auch die lokale Anhäufung von Wirbeln einer Art (wahrscheinlich sogar eines Individuums) läßt vermuten, daß nur noch sehr schwache Strömungen diesen Ablagerungsraum erreichten. Mit der rein tonigen Sedimentation des eigentlichen Rupeltones hört dann der Reichtum an Fischresten schlagartig auf.

Vermutlich im Zusammenhang mit der erwähnten Transgression zur Oberen Rupelton-Zeit wurde auch der Raum um Feilbingert von N her überflutet (SONNE 1970: Abb. 5, 6). Es entstand die sogenannte Feiler Bucht (GEIB 1938: 29). Diese war nach SONNE (1958: 293) während der nachfolgenden Schleichsand-Zeit (und in ähnlicher Weise wohl auch zuvor) größtenteils von Steilufern umgeben. Nach der paläogeographischen Karte von GEIB (1938: Taf. 12 Fig. 6) wurde in der gesamten Bucht nur Meeressand und kein Ton abgelagert. Das Fossilvorkommen liegt ungefähr im zentralen Teil der Bucht. Ursprünglich vermutete GEIB (1938: Taf. 12 Fig. 6) südlich davon eine kleine Insel; später hat jedoch SONNE (1958: Abb. 1, 1970: Abb. 6) diese Struktur nicht in seine paläogeographischen Karten übernommen. Die heutige geologische Situation zeigt, daß innerhalb der Feiler Bucht ein lebhaftes Relief geherrscht haben muß. Im Raume von Feilbingert muß mit Untiefen, die als Sedimentlieferanten dienen, gerechnet werden.

So hat die sehr genaue geologische Kartenaufnahme des Raumes zwischen Feilbingert und Norheim durch RAST (1973) erbracht, daß das nördlich von Feilbingert liegende Meeressandvorkommen an seinem Südrand den basischen Laven der Lavarie II (Grenzlager Gruppe, Oberrotliegendes) aufliegt und daß hier ein schmaler

Streifen des Meeressandes aus Aufarbeitungsprodukten der Lava besteht. Die am NW-Rand des heutigen Tertiärvorkommens liegenden Lavaserien und das nördlich gelegene Rhyolith-Konglomerat hatten dagegen keinen nennenswerten Einfluß auf die Zusammensetzung des Meeressandes (RAST, mündl. Mitt.). Hier baut sich der Meeressand wie im gesamten übrigen Raum aus Aufarbeitungsprodukten der Rotliegendesedimente auf. Als Sedimentlieferanten kommen die nordwestlich gelegenen Sandsteine der Tholeyer Gruppe sowie Sandsteine und Konglomerate der unteren Grenzlagergruppe in Frage.

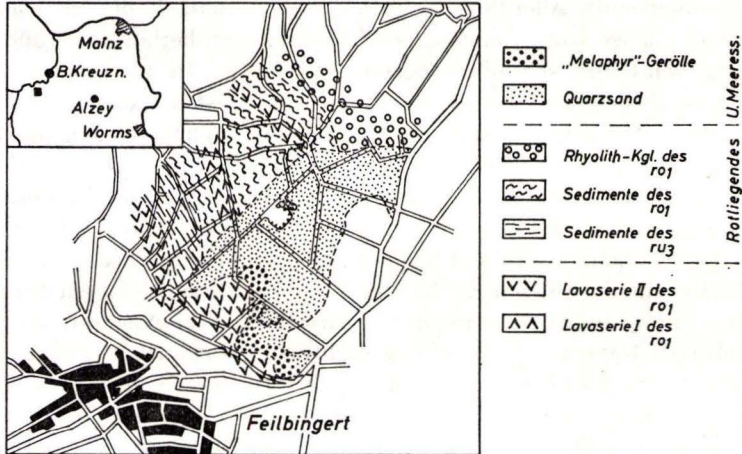


Abb. 9. Lageskizze des Fossilvorkommens bei Feilbingert mit Darstellung der geologischen Situation (vereinfacht nach RAST 1973).

Die Selachier-Fundstelle liegt nur ca. 50 m von der Lavaserie I entfernt bei 275 m über NN. Der Meeressand besteht hier nicht mehr aus Lavakomponenten und ist wenigstens 10 m mächtig (BOLD, mündl. Mitt.). Er ist fein- bis grobsandig und stellenweise feinkonglomeratisch. In den heute nicht mehr zugänglichen Teilen des Profils wurden früher zahlreiche Mollusken und auch einige annähernd vollständige Seekuh-Skelette (*Halitherium schinzi*; mündl. Mitt. BOLD und DREYER) gefunden. Die Mollusken sind in Tab. 1 nach Angaben von BUCHER (1914: 101) und REIS (1921: 156), ergänzt durch GEIB (1938: 29) zusammengestellt worden. Die Zuordnung der alten Fossilnamen zu den derzeit gültigen Taxa verdanke ich Frau Dr. E. KUSTER-WENDENBURG und Herrn Dr. FR. O. NEUFFER (beide Mainz), wofür ich ihnen an dieser Stelle meinen herzlichen Dank ausspreche. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß diese Neubenennung in vielen Fällen sehr fraglich ist, weil den beiden Genannten nicht das betreffende Fossilmaterial vorlag.

Der Fundhorizont der Fischreste befindet sich im höchsten Teil des Profils dicht unter der Oberkante des Aufschlusses und ist deshalb noch heute zugänglich. Er liegt über einer Bank aus grobkörnigem Kalksandstein, die unterschiedlich stark mit Schalen von Austern und von *Glycymeris* sp. angefüllt ist. Im Hangenden wird er durch eine ebenfalls kalkig verfestigte, grobsandige bis feinkonglomeratische Bank

begrenzt. Da die Verkalkung dieser überlagernden Bank nicht horizontbeständig ist, sondern auch mehr oder weniger auf den unterlagernden Sand übergreifen kann, schwankt die Mächtigkeit des Fundhorizontes zwischen 45 und 100 cm. Er besteht aus gelbbraunem, schlecht sortiertem und schlecht zugerundetem Sand, der keine Schichtung erkennen läßt. In der Regel wird er vom Liegenden zum Hangenden ohne deutliche Grenze grobkörniger. Außerdem nimmt seine Körnigkeit von NE (fein- bis grobsandig) nach SW (mittelsandig bis feinkonglomeratisch) zu. Kalkschalige Fossilien fehlen, vermutlich infolge postsedimentärer Auflösung.

Die Fischreste sind fast regelmäßig über den Horizont verteilt, also nirgends deutlich angehäuft. Allerdings ist zu beobachten, daß sie in den tieferen, feinerkörnigen Partien insgesamt zahlreicher sind als in den gröberkörnigen, höheren Lagen. In den letzteren finden sich überwiegend große Zähne. In den besonders groben Lagen des südwestlichen Aufschlußbereiches sind diese fast immer ohne Wurzel. In den feinerkörnigen Partien kommen neben großen auch relativ viele kleine Zähne vor, und ca. 20% von ihnen sind mehr oder weniger unbeschädigt. Wie bei dem Vorkommen an der Neumühle ist also auch hier eine gewisse Sortierung und eine wechselnd starke Umlagerung (feststellbar am Abrollungsgrad) der Zähne zu bemerken.

Die Sedimentation fand höchstwahrscheinlich im küstennahen Flachwasser statt. In der näheren Umgebung der Fundstelle wurde zunächst ein durch die Aufarbeitung des Untergrundes entstandenes Transgressionskonglomerat aus basischer Lava abgelagert. Danach erfolgte ein beträchtlicher Antransport von Sand, eventuell durch küstenparallele Strömungen aus nordwestlicher Richtung, wo mögliche Ausgangsgesteine heute noch anstehen. Umlagerung und Transport der Sedimente waren wahrscheinlich stärker als an der Neumühle, aber insgesamt nicht sehr bedeutend. Entsprechend sind wohl auch die Hartteile der Fische nicht sehr weit verfrachtet worden. Möglicherweise war der südwestliche Bereich des heutigen Aufschlusses stärker dem Wellengang ausgesetzt, so daß es dort zu einer intensiveren Aufarbeitung und Sortierung des Sedimentes mitsamt den enthaltenden organischen Resten kam.

Es wird also vermutet, daß die Fischreste in den Meeressandvorkommen von der Neumühle wie von Feilbingert (und wahrscheinlich ähnlich auch bei vielen anderen Vorkommen) im küstennahen, verhältnismäßig flachen Wasser abgelagert wurden, daß sie keinen weiten Transport hinter sich hatten, daß sie größtenteils aber mehrfach umgelagert und dadurch bis zu einem gewissen Maße nach der Größe sortiert wurden.

Die z. T. sehr ungewöhnliche Konzentrierung kann nicht allein mit einer rein mechanischen Anreicherung aller in der näheren Umgebung anfallenden Fischreste erklärt werden; denn hierfür sind diese Reste unter normalen Umständen viel zu selten (SCHÄFER 1962: 102). Hierfür müssen vornehmlich andere Faktoren entscheidend gewesen sein. JÜNGST (1929: 70) vermutet, daß der Reichtum der Neumühle-Fauna auf besonders günstige Lebensbedingungen am Ort zurückzuführen ist. In einem solchen Falle wäre eine außergewöhnliche Anreicherung an einem Ort nur durch den periodischen Zahnausfall bei manchen Haien und/oder durch den Kot der großen Raubfische und/oder durch katastrophales Massensterben möglich. In den beiden ersten Fällen dürften aber nur bestimmte Fischarten, nämlich unter den Haien Formen mit Schneidegebiß (SCHÄFER 1962: 80) bzw. unter den Teleostiern bestimmte als Beutetiere gut geeignete Arten, angereichert sein. An der Neumühle dominieren

aber unter den Haien die Formen mit Greifgebiß, und unter den Teleostiern sind gerade die großen räuberischen Formen (wie die Scombriden) recht zahlreich vertreten. Katastrophales Massensterben ist in gut durchlüfteten Küstengewässern sehr selten und tritt am ehesten durch Sauerstoffschwund und Vergiftung in Verbindung mit der Massenvermehrung gewisser Planktonen (SCHÄFER 1962: 61—63) auf.

Entscheidend ist aber, daß in der Neumühle-Faunula sehr unterschiedliche Formen zusammen vorkommen, die sicherlich keiner natürlichen Biozönose angehören, sondern aus sehr verschiedenen Biotopen stammen. Neben Küstenbewohnern, die zwar zahlenmäßig dominieren (darunter auch die Seekuh *Halitherium*), gibt es auch ausgesprochen pelagische Formen. Gelegentlich werden sogar Tierreste, die aus dem Süßwasser oder vom Lande stammen (Zähne von Krokodilen und Artiodactylen, Platten von landlebenden und limnischen Schildkröten) angetroffen.

Ich vermute deshalb, daß eine große Anzahl von Fischleichen, die aus unterschiedlichen Lebensräumen stammen, durch bestimmte Oberflächenströmungen begünstigt hier im Flachwasser angedriftet wurden und zerfielen oder in nahegelegenen Spülsäumen angeschwemmt wurden und durch Umlagerung hierher gelangten.

Auf ähnliche Weise scheinen sich auch bei Feilbingert die Fischreste angehäuft zu haben, allerdings mit dem Unterschied, daß dort die Fische aus einem einheitlicheren Lebensraum, vermutlich der näheren Umgebung des Sedimentationsgebietes, stammen. Deshalb sind dort die typischen Bodenbewohner und Vertreter des Flachwassers wie *Squatina* und *Dasyatis* stärker vertreten als an der Neumühle, und die ausgesprochen pelagischen Formen wie *Cetorhinus*, *Isurus* und *Alopias* fehlen, vielleicht weil ihr Lebensraum nicht bis in die Nähe der flachen Feiler Bucht reichte.

Die stratigraphische Bedeutung der Selachier ist gering. Manche von ihnen sind zwar charakteristisch für das Rupelium, wie ein Vergleich mit anderen europäischen Vorkommen zeigt, aber das mag teilweise an der lückenhaften Überlieferung liegen. Leider sind sie auch im Mainzer Becken nicht aus allen stratigraphischen Niveaus des Rupeliums gut belegt. Aus dem Foraminiferenmergel und seinen vermuteten Meeressand-Äquivalenten sind Haifischreste kaum bekannt; lediglich die wenigen Funde von Waldböckelheim können hier eingestuft werden. Sehr gut überliefert sind sie aus dem mittleren Rupelton durch die Vorkommen in der Fischschiefer-Fazies (z. B. Flörsheim, Wiesloch) und durch den Meeressand von der Trift bei Weinheim. Die Faunula von der Neumühle entstammt stratigraphisch dem Grenzbereich zwischen mittlerem und oberem Rupelton; denn der kontinuierliche Übergang der fischführenden Sande in die Basisschichten des oberen Rupeltones zeigt an, daß die Sande unmittelbar vor Beginn oder möglicherweise sogar zu Beginn der oberen Rupelton-Transgression abgelagert wurden. SONNE (1967: 133) hält sie für ein Äquivalent des jüngeren Fischschiefers. Zeitgleich mit dem oberen Rupelton ist eventuell das Vorkommen von Feilbingert, was jedoch bisher nicht biostratigraphisch belegt werden konnte (S. 74).

Der das Rupelium abschließende Schleichsand ist generell sehr arm an Selachierresten. Eine sehr ungewöhnliche Ausnahme stellt lediglich das Vorkommen vom Zeilstück bei Weinheim dar. Dort liegen über dem Unteren Meeressand Schichten, die von SONNE (1958, 1966) mit Hilfe der Mollusken und der Mikrofauna als Papillaten-Schichten, also oberster Schleichsand, angesprochen werden. Diese Papillaten-

Schichten, deren Evertbraten-Fauna einen deutlich brackischen Einfluß anzeigt (SONNE & WEILER 1969: 159), enthalten an ihrer Basis eine vollmarine Fischfauna mit Formen, die ansonsten nur aus dem Unteren Meeressand bekannt sind (Tab. 2 und WEILER 1929a). Neben Spariden und Scariden kommt hier überdies auch *Haliitherium* vor. Eine Umlagerung aus dem liegenden Unteren Meeressand scheidet wegen der z.T. hervorragenden Erhaltung der Reste (z.B. kommen die sehr zerbrechlichen Selachierwirbel komplett vor) aus. Es ist außerdem wenig wahrscheinlich, daß diese Wirbeltiere in einem deutlich brackisch beeinflussten Milieu gelebt haben. Sie müssen aus einem mehr oder weniger vollmarinen Lebensraum hierher eingedrungen oder eingedrftet sein. Da derart vollmarine Verhältnisse zur Zeit der Papillaten-Schichten grundsätzlich nicht mehr herrschten, ergibt sich hieraus ein Widerspruch zu der zu meist anerkannten stratigraphischen Einstufung des Zeilstücks. Es wäre deshalb zu begrüßen, wenn bald eine umfassende faunistische Analyse des Zeilstücks erfolgen könnte. Erscheinen vielleicht diese Ablagerungen infolge eines lokal stärkeren Süßwasserzuflusses innerhalb der Weinheimer Bucht weniger marin als andere zeitgleiche Schichten und damit jünger als sie eigentlich sind?

5. Schriftenverzeichnis

- AGASSIZ, L. (1843): Recherches sur les poissons fossiles. III. — 390 S., Taf. A—Q, 1—47; Neuchatel.
- AGER, D. V. (1963): Principles of paleoecology. — 371 S., Abb. 1.1.—18.7., 6 Taf.; New York (Mc Graw-Hill).
- ANDREAE, A. (1892): Weitere Beiträge zur Kenntnis des Oligocäns im Elsass. — Mitt. geol. L.-Anst. Elsass-Lothringen, 3: 105—122, 6 Abb.; Strassburg i.E.
- ANTUNES, M. T. (1969): Sur *Lamna cattica* ssp. *totuserrata*. Un cas de distribution anti-équatoriale. — Rev. Faculdade Ciênc. Lisboa, 2. Sér., C, 16 (1): 37—62, 7 Abb., 6 Taf.; Lisboa.
- (1970): Présence de *Alopias superciliosus* (LOWE) dans les mers du Portugal remarques sur les *Alopias* (Selachii) recents et fossiles. — Arqu. Mus. Bocage, 2. Sér., 2 (19): 363—378, 2 Tab., 2 Taf.; Lisboa.
- & JONET, S. (1969—1970): Requins de l'Helvétien supérieur et du Tortonien de Lisbonne. — Rev. Faculd. Ciênc. Lisboa, 2. Sér., C, 16 (1): 119—280, 14 Abb., 1 Tab., 20 Taf.; Lisboa.
- APPLEGATE, S. P. (1965): Tooth terminology and variation in sharks with special reference to the sand shark, *Carcharias taurus* RAFINESQUE. — Contrib. Sci. Los Angeles Co. Mus., 86: 1—18, 5 Abb., 2 Tab.; Los Angeles, Calif.
- ARAMBOURG, C. (1927): Les poissons fossiles d'Oran. — Matériaux Carte Géol. Algérie, 1. Sér., Paléont., 6: 1—298, 49 Abb., 7 Tab., 46 Taf.; Alger.
- (1952): Les vertébrés fossiles des gisements de phosphates (Maroc-Algérie-Tunisie). — Protect. Republ. Franç. Maroc, Serv. Géol., Notes et Mém., 92: 1—372, 62 Abb., 11 Tab., 46 Taf.; Paris.
- BIGELOW, H. B. & SCHRÖDER, W. C. (1948): Fishes of the Western North Atlantic. P. 1. Lancelets, Cyclostomes, Sharks. — 576 S., 106 Abb.; New Haven.
- (1953): Fishes of the Western North Atlantic. P. 2. Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays, Chimaeroids. — 588 S., 127 Abb.; New Haven.
- BOSCH, M. VAN DEN (1961): Vissen (Pisces). — In: Fossielen van de Vlijt. Uitgave van het Geologiekader van D6—12 van de Nederlandse Jeugdband voor Natuurstudie: 35—50, 4 Taf.
- (1964): Enige Haaiantanden uit de Zanden van Grimmertingen. — Natuurhist. Maandbl., 53 (9): 131—138, 5 Abb., 2 Tab.

- BOSCH, M. VAN DEN (1971): Elasmobranchii uit het Rupelien van Lintorf bij Düsseldorf (Westduitsland). — Meded. Werkgroep Tertiaire Kwartaire Geol., 8 (2): 46—61, 91 Abb.
- BUCHER, W. (1914): Beitrag zur geologischen und paläontologischen Kenntnis des jüngeren Tertiärs der Rheinpfalz. — Geognost. Jh., 26: 1—103, Taf. 1—2; München.
- CAPETTA, H. (1970): Les séliaciens du Miocène de la région de Montpellier. — Palaeovertebrata, Mém. extraord., 1970: 1—139, 22 Abb., 6 Tab., 27 Taf.; Montpellier.
- (1973): Les séliaciens du Burdigalien de Lespignan (Hérault). — Geobios, 6 (3): 211—223, 3 Abb., Taf. 11—12; Lyon.
- CARETTO, P. G. (1972): Osservazioni tassonomiche su alcuni Galeoidei del Miocene piemontese. — Boll. Soc. Paleont. Ital., 11 (1): 14—85, 7 Abb., Taf. 3—14; Modena.
- CASIER, E. (1946): La faune ichthyologique de l'Yprésien de la Belgique. — Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg., 104: 1—267, 19 Abb., 5 Tab., 6 Taf.; Bruxelles.
- (1966): Faune ichthyologique du London clay. — 496 S., 80 Abb., 6 Tab., 68 Taf.; London (Brit. Mus. N.H.).
- DARTEVELLE, E. & CASIER, E. (1943): Les poissons fossiles du Bas-Congo et des régions voisines. P. 1. — Ann. Mus. Congo Belge, A, Sér. 3, 2 (1): 1—200, 60 Abb., Taf. 1—22; Tervuren.
- (1959): Les poissons fossiles du Bas-Congo et des régions voisines. P. 3. — Ann. Mus. Roy. Congo Belge, A, Sér. 3, 2 (3): 257—568, Taf. 23—34; Tervuren.
- FRÖHLICHER, H. & WEILER, W. (1952): Die Fischfauna der unterstampischen Molasse des Entlebuch, Kt. Luzern, und ihre paläogeographische Bedeutung. — Eclog. Geol. Helvet., 45 (1): 1—35, 18 Abb., 3 Tab., 2 Taf.
- GEIB, K. W. (1938): Stratigraphisch-tektonische Untersuchungen im Bereiche des Kartenblattes Waldböckelheim im Naheberglande und die tertiären Ablagerungen im westlichsten Teile des Mainzer Beckens. — Notizbl. hess. geol. L.-Anst. Darmstadt, (V) 19: 1—51, 2 Abb., Taf. 12; Darmstadt.
- GEYN, W. A. E. VAN DE (1937): Das Tertiär der Niederlande mit besonderer Berücksichtigung der Selachierfauna. — Leidse Geol. Meded., 9: 176—361, 4 Abb., 15 Taf.
- HEDGPETH, J. W. (Edit.) (1957): Treatise on marine ecology and paleoecology. — Geol. Soc. Amer. Mem., 67: 1—1296; New York.
- JAEKEL, O. (1898): Verzeichnis der Selachier des Mainzer Oligozäns. — Sitz-Ber. Ges. naturf. Freunde Berlin, 1898 (9): 161—169; Berlin.
- JÜNGST, H. (1929): Zur Sedimentation des Meeressandes im Mainzer Becken. — Cbl. Min. Geol. Paläont., B, 1929 (3): 65—84, 3 Abb., Stuttgart.
- KRUCKOW, T. (1965): Die Elasmobranchier des tertiären Nordseebeckens im nordwestdeutschen Bereich. — Senck. lethaea, 46a: 215—256, 7 Tab.; Frankfurt a.M.
- KUSTER-WENDENBURG, E. (1974): Ein Beitrag zur Fazies, Biostratonomie und Feinstratigraphie des mitteloligozänen Meeressandes (Rupelium) im Mainzer Tertiärbecken. — Geol. Jb., A, (im Druck).
- LEDoux, J.-C. (1972): Les Squalidae (Euselachii) miocènes des environs d'Avignon (Vaucluse). — Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, 52: 133—175, 18 Abb., 1 Tab.; Lyon.
- LERICHE, M. (1905): Les poissons éocènes de la Belgique. — Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg., 3: 51—228, 64 Abb., Taf. 4—12; Bruxelles.
- (1910): Les poissons oligocènes de la Belgique. — Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg., 5: 231—363, 156 Abb., Taf. 13—27; Bruxelles.
- (1926): Les poissons néogènes de la Belgique. — Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg., 32: 367—472, Abb. 157—228, Taf. 28—41; Bruxelles.
- (1927): Les poissons de la Molasse suisse. 1. Fasc. — Mém. Soc. Paléont. Suisse. 46: 1—55, 7 Abb., 7 Taf., 1 Kte.; Genève.
- (1948): Note sur les rapports entre la faune ichthyologique de l'Argile à septaria (Septarienton) du bassin de Mayence et celle de l'Argile de Boom (Rupélien moyen), suivie d'observations nouvelles sur quelques-unes des espèces communes aux deux faunes. — Bull. Soc. Belge Géol., Paléont., Hydrol., 57: 176—185, Taf. 1; Bruxelles.

- RAST, U. (1973): Geologische Untersuchungen am NE-Rand der Lemberg-Kuppel, Saar-Nahe-Gebiet bei Niederhausen/Nahe. — Geländearbeit, masch.-schriftl., 49 S., 13 Abb., 1 geol. Kte.; Mainz (Joh.-Gutenberg-Universität).
- REIS, O. M. (1921): Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg (Nr. XXI) der Geognostischen Karte von Bayern 1:100000. — 320 S.; München.
- SCHÄFER, W. (1962): Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee. — 666 S., 277 Abb., 36 Taf.; Frankfurt a.M.
- SCHULTZ, O. (1971): Die Selachier-Fauna (Pisces, Elasmobranchii) des Wiener Beckens und seiner Randgebiete im Badenien (Miozän). — Ann. naturhist. Mus. Wien, 75: 311—341, 1 Tab., 4 Taf.; Wien.
- SONNE, V. (1958): Obermitteloligozäne Ablagerungen im Küstenraum des nordwestlichen Mainzer Beckens (mit besonderer Würdigung des „Zeilstücks“ bei Weinheim/Rhh.). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 86: 281—315, 9 Abb.; Wiesbaden.
- (1966): Die erdgeschichtlichen Naturdenkmäler des Kreises Alzey. I. Das „Zeilstück“ bei Weinheim. — Alzeyer Geschichtsbl., 3: 1—13, 2 Abb.; Alzey.
- (1967): Die erdgeschichtlichen Naturdenkmäler des Kreises Alzey. II. Steinbruch an der Neumühle bei Weinheim. — Alzeyer Geschichtsbl., 4: 132—137, 1 Abb.; Alzey.
- (1970): Das nördliche Mainzer Becken im Alttertiär. Betrachtungen zur Paläogeographie, Paläogeographie und Tektonik. — Oberrhein. geol. Abh., 19: 1—28, 12 Abb.; Karlsruhe.
- & WEILER, H. (1969): Die erdgeschichtlichen Naturdenkmäler des Kreises Alzey-Worms. III. Ergänzung zu I. „Das Zeilstück“ bei Weinheim. — Alzeyer Geschichtsbl., 6: 148—153, 5 Abb.; Alzey.
- STORMS, R. (1894): Troisième note sur les poissons du terrain rupélien. — Bull. Soc. Belge, Géol., Paléont., Hydrol., Mém., 8: 67—82, Taf. 6; Bruxelles.
- THEOBALD, N. (1934): Contribution à la paléontologie du Bassin Oligocène du Haut-Rhin et du territoire de Belfort. Les poissons Oligocènes. — Bull. Serv. Carte Géol. d'Alsace Lorraine, 2 (2): 117—162, 6 Abb., Taf. 9—15; Strasbourg.
- VITALIS, I. V. (1942): Die Zähne der rezenten *Notidanus*-Arten und des fossilen *Notidanus primigenius* AG., mit besonderer Rücksicht auf die miozänen *Notidanus*-Zähne von Matraszöllös. — Geol. Hungarica, ser. Paleont., 18: 1—40, 12 Abb., 1 Taf.; Budapestini.
- WEILER, W. (1922): Beiträge zur Kenntnis der tertiären Fische des Mainzer Beckens. I. — Abh. hess. geol. L.-Anst. Darmstadt, (VI) 2: 71—135, 3 Tab., 3 Taf.; Darmstadt.
- (1928): Beiträge zur Kenntnis der tertiären Fische des Mainzer Beckens. II. (3. Teil. Die Fische des Septarientones). — Abh. hess. geol. L.-Anst. Darmstadt, (VIII) 3: 1—63, 6 Taf.; Darmstadt.
- (1929a): Die Fischreste der oberen Meeressande (Schleichsande) des Mainzer Beckens. — Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-Anst. Darmstadt, (V) 12: 105—109, Taf. 6 Fig. 3—13, 15, 16; Darmstadt.
- (1929b): Über Reste von Haifischen aus den Hydrobienschichten des Mainzer Beckens. — Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-Anst. Darmstadt, (V) 12: 112—113, Taf. 6 Fig. 1, 2; Darmstadt.
- (1931): Revision der Fischfauna des Septarientones von Wiesloch bei Heidelberg. — Sitz.-Ber. Heidelberger Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1931 (11): 1—15, 2 Tab., 21 Abb.; Berlin u. Leipzig.
- (1932): Die Fischfauna der unteren und oberen Meeresmolasse Oberbayerns. — N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., Abh., B, 68: 305—352, 34 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- (1933): Zwei oligozäne Fischfaunen aus dem Königreich Ungarn. — Geologica Hungarica, ser. palaeont., 11: 1—54, 23 Abb., 3 Taf., 5 Tab.; Budapestini.
- (1938): Neue Untersuchungen an mitteloligozänen Fischen Ungarns. — Geologica Hungarica, ser. palaeont., 15: 1—31, 2 Abb., 6 Taf.; Budapestini.
- (1943): Fischreste aus dem Oberoligozän Nordwestdeutschlands und dem Mittelmiozän von Venlo in Holland. — Ber. Reichsamt Bodenforsch., 1943: 74—90, 27 Abb.; Wien.

- WEILER, W. (1953): Die Verbindung des mittelligozänen Rheintalgrabens mit dem Mittelmeer. — Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **34**: 21–29, 2 Abb.; Stuttgart.
- (1955): Neue Untersuchungen an Fischen aus dem Alttertiär der Umgebung von Basel. — Eclog. geol. Helvet., **48**: 427–447, 7 Abb., 1 Taf.; Basel.
- (1963): Die Fischfauna des Tertiärs im oberrheinischen Graben, des Mainzer Beckens, des unteren Maintals und der Wetterau, unter besonderer Berücksichtigung des Untermiozäns. — Abh. senckenb. naturforsch. Ges., **504**: 1–75, 258 Abb., 9 Tab., 2 Taf.; Frankfurt a.M.
- (1966): Die Bedeutung der Fischfunde im Rupelton der Tongrube Frauenweiler bei Wiesloch südlich Heidelberg. — Z. rhein. naturforsch. Ges. Mainz, **4**: 17–25, 9 Abb.; Mainz.
- WEYL, R. (1939): Faziesprobleme der mitteleuropäischen Tertiärmeere, Nr. 6 Sedimentpetrographische Studien zur Paläogeographie des Oligocäns im nordwestlichen Rheintalgraben. — N. Jb. Mineral., Geol. Paläont., Beil.-Bd. **80**, B: 31–62, 11 Abb., 11 Tab.; Stuttgart.
- WHITE, E. I. (1931): The vertebrate faunas of the English Eocene, **1**. — 121 S., 162 Abb., 1 Taf.; London.
- WITTICH, E. (1897): Über neue Fische aus dem mittelligozänen Meeressand des Mainzer Beckens. — Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. geol. L.-Anst. Darmstadt, (IV) **18**: 43–49, Taf. 5; Darmstadt.
- (1898): Neue Fische aus den mittelligocänen Meeressanden des Mainzer Beckens (II.). — Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. geol. L.-Anst. Darmstadt, (IV) **19**: 34–49, Taf. 1; Darmstadt.
- (1900): Neue Fische aus den mittelligocänen Meeressanden des Mainzer Beckens. — Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. geol. L.-Anst. Darmstadt, (IV) **21**: 19–29, Taf. 3; Darmstadt.
- WOLFF, W. (1897): Die Fauna der südbayerischen Oligocaenmolasse. — Palaeontographica, **43**: 223–311, Taf. 20–28; Stuttgart.

Manuskript eingegangen am 6. 8. 1974

**Zur Gebißstruktur, Systematik und Evolution der Genera
Piezodus, *Prolagus* und *Ptychoprolagus* (Lagomorpha, Mammalia)
aus einigen Vorkommen im jüngeren Tertiär Mittel- und Westeuropas**

Von
HEINZ TOBIEN*

Mit 101 Abbildungen und 5 Tabellen

Kurzfassung: Im Spätoligozän und im Neogen Europas existieren einige Lagomorphen (hasenartige Säugetiere), die eine längere bodenständige Entwicklung zeigen. Dazu gehören unter anderem die Gattungen *Piezodus*, *Prolagus* und *Ptychoprolagus*. Ihre Gebißstruktur, Systematik sowie die verwandtschaftlichen und evolutiven Zusammenhänge werden dargestellt.

Abstract: Some lagomorphs in the late Oligocene and Neogene of Europe have a longer local evolution. The genera *Piezodus*, *Prolagus* and *Ptychoprolagus* are three of them. Their dentitions, systematics, relationship and evolutionary characters are described.

Sommaire: Pendant l'Oligocène supérieur et le Néogène d'Europe des lagomorphes existent, qui montrent une évolution sur place assez longue. Ce sont inter alia les genres *Piezodus*, *Prolagus* et *Ptychoprolagus*. Leurs dentitions, les relations systematiques et les rapports evolutifs sont décrits.

Inhalt

1. Vorwort und Danksagungen	104
2. Einleitung	106
3. Genus <i>Piezodus</i> VIRET 1929	108
3.1. <i>Piezodus branssatensis</i> VIRET 1929	111
3.1.1. bis 3.1.3. Lokalitäten: Coderet, Peublanc, Groß-Karben	112
3.2. <i>Piezodus tomerdingensis</i> n. sp.	124
3.2.1. bis 3.2.12. Lokalitäten: Tomerdingen, Boudry, Wischberg, Veltheim, Mörigen, Paulhiac, Saulcet, Eselsberg, Heßler, Chaveroches, Frankfurt- Nordbassin, Niederräder Schleusenammer.	125
4. Genus <i>Prolagus</i> POMEL 1853.	143
4.1. <i>Prolagus vasconiensis</i> VIRET 1930	144

* Prof. Dr. H. TOBIEN, Paläontologisches Institut, Johannes-Gutenberg-Universität, 6500 Mainz, Saarstr. 21. BRD.

4.1.1. bis 4.1.12. Lokalitäten: Lagnac, Bouzigues, Frankfurt-Nordbassin, Niederräder Schleusenammer, Mainz-Lenneberg, Estrepouy, Peyrecrachen, Teufen, Mt. Vully, Schnaitheim, Echzell, Becken von Calatayud/Teruel	146
4.2. <i>Prolagus schnaitheimensis</i> n. sp.	161
4.2.1. bis 4.2.4. Lokalitäten: Schnaitheim, Wintershof-West, Limburg, Echzell	165
5. Genus <i>Ptychoprolagus</i> n. g.	170
5.1. <i>Ptychoprolagus forsthartensis</i> n. sp.	173
5.1.1. Lokalität: Forsthart.	173
6. Schlußbemerkungen	174
7. Zusammenfassung, Summary, Résumé	176
8. Schriftenverzeichnis	184

1. Vorwort und Danksagungen

Die nachfolgenden Ausführungen sind der zweite Teil¹ einer Bearbeitung von ochotoniden Lagomorphen des europäischen Tertiärs. Dieses Thema wurde im Anschluß an eine Untersuchung der quartären *Prolagus*-Vertreter in Korsika und Sardinien sowie der Lagomorphen führenden aquitanen Kleinsäugerfauna von Tomerdingen (NW Ulm/Donau; TOBIEN 1935, 1939) bereits vor dem letzten Weltkrieg begonnen und 1941 zu einem gewissen Abschluß gebracht. Das Manuskript wurde im Februar 1941 als Habilitationsschrift von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg i. Br. angenommen.

Dank einer freundlichen persönlichen Einladung der Herren Dr. SCHAUB und Dr. HÜRZELER besuchte nach Beendigung des Krieges Verf. 1945 die osteologische Abteilung des Naturhistorischen Museums in Basel (Schweiz) und erfuhr dort von Herrn Dr. JOH. HÜRZELER, damals Kustos an der genannten Abteilung, daß dieser während des Krieges ebenfalls eine Bearbeitung der europäischen Lagomorphen begonnen hatte² — und zwar gemeinsam mit Herrn Prof. JEAN VIRET, Lyon. Daraufhin wurde beschlossen, die Arbeit gemeinsam fortzusetzen. Neue Aufgaben, andere Probleme und Arbeitsrichtungen der beiden genannten, verehrten Herren Kollegen verhinderten jedoch die Weiterführung des gemeinsamen Projektes; schließlich ermutigte mich Herr Dr. HÜRZELER — im Einverständnis mit Herrn Prof. VIRET — die Bearbeitung der Lagomorphen allein fortzusetzen und womöglich zu einem Ende zu bringen. Beide Forscher haben über Teile ihrer Lagomorphen-Studien im Zusammenhang bereits berichtet [HÜRZELER 1948, 1962; VIRET 1929: 85—101, 1934 (in ROMAN & VIRET): 26—28, 1950].

Herr HÜRZELER übergab mir zum vorgenannten Zweck das umfangreiche Material an Zeichnungen der Gebisse und Einzelzähne von Lagomorphen, das er durch die bewährte Hand von Herrn O. GARRAUX, Basel, hatte anfertigen lassen und stellte mir die reichen Lagomorphen-Materialien des Basler Museums uneingeschränkt zum Studium zur Verfügung.

¹ Teil 1 siehe TOBIEN, H.: Zur Gebißstruktur, Systematik und Evolution der Genera *Amphilagus* und *Titanomys* (Lagomorpha, Mammalia) im jüngeren Tertiär Mittel- und Westeuropas. — Mainzer geowiss. Mitt., 4, Mainz 1974.

² Siehe auch HÜRZELER 1945: 658, Fußnote 4.

Die Bearbeitung des genannten Themas machte in den Jahren nach dem letzten Weltkrieg Studienaufenthalte und Materialentleihen an anderen deutschen und ausländischen Museen und Sammlungen erforderlich. So habe ich außer Herrn HÜRZELER, dem ich auch für viele andere mannigfache, freundschaftlich gewährte Hilfen und Ratschläge während meiner seit dem Sommer 1931 datierenden vielen Studienaufenthalte im Basler Museum ganz besonderen Dank schuldig bin, zahlreichen anderen Sammlungsleitern, Museumsdirektoren und Kollegen aufrichtig für guten Rat, freundliche Tat und mit großen Entgegenkommen gewährte Materialausleihen zu danken (in diesen Dank sind auch jene Gelehrte eingeschlossen, die mir bei den Studien zur Abfassung des oben erwähnten Habilitationsmanuskriptes halfen, und die heute nicht mehr unter den Lebenden weilen). Dies sind:

Basel (Naturhistorisches Museum): † S. SCHAUB, † H. G. STEHLIN, B. ENGESSER, J. HÜRZELER, H. SCHAEFER; Berkeley (Univ. of California, Dept. of Paleontology): † R. A. STIRTON, J. T. GREGORY, D. E. SAVAGE; Berlin (Museum f. Naturkunde): † W. O. DIETRICH; Darmstadt (Hess. Landesmuseum): R. HEIL; Dornbirn (Museum: Vorarlberger Naturschau): W. KRIEG; Frankfurt (Senckenberg-Museum): † R. RICHTER, S. RIETSCHEL, W. SCHÄFER; Freiburg i. Br. (Geol.-Paläont. Inst. d. Univ.): † W. SOERGEL, M. PFANNENSTIEL; Lyon (Faculté des Sciences und Musée d'Histoire Naturelle): † F. ROMAN, † J. VIRET, Mme. M. HUGUENEY, P. MEIN; Montpellier (Université; Lab. de Paléontologie): J. L. HARTENBERGER, J. J. JAEGER, R. LAVOCAT, L. THALER; Moskau (Paläontolog. Museum der Akad. d. Wiss.): Frau E. BELIAEVA, K. K. FLEROV, B. A. TROFIMOV, Frau N. S. SHEVIRJEVA; München (Bayerische Staatssammlung f. Paläontologie und hist. Geologie): † F. BROILI, † E. v. STROMER, R. DEHM, V. FAHLBUSCH; New York (American Museum of Natural History): E. H. COLBERT, M. C. MCKENNA; Paris (Institut de Paléontologie): † C. ARAMBOURG, L. GINSBURG, E. HEINTZ, PH. JANVIER, J. P. LEHMAN, D. E. RUSSELL; Philadelphia (Carnegie Museum): C. C. BLACK, Miss M. DAWSON; Sabadell (Istituto Prov. de Paleontologia): M. CRUSAFONT PAIRO; Stuttgart (Staatl. Museum f. Naturkunde): † F. BERCKHEMER, K. D. ADAM; Zürich (Paläontol. Inst. d. Univ.): K. A. HÜNERMANN, E. KUHN-SCHNYDER; Tübingen: F. WESTPHAL.

Die Freiburger wissenschaftliche Gesellschaft gewährte mir für Museumsreisen in den Jahren 1937—1939 einen namhaften Zuschuß; Beihilfen der Deutschen Forschungsgemeinschaft für verschiedene andere Vorhaben erbrachten bei Geländearbeiten (im Oberrhein-Gebiet, Mainzer Becken und in Nordhessen) auch im Folgenden z. T. verarbeitete Lagomorphen-Reste; Herr O. GARRAUX, Basel, fertigte in seiner bewährten Weise die Vorlagen für weitere Abbildungen an; Frau H. LANG schrieb die Manuskripte. Herr KARSCHNY, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, gab viele redaktionelle Hilfen und Ratschläge. Ihnen, wie auch den genannten Institutionen gebührt gleichfalls mein aufrichtiger Dank.

Folgende Abkürzungen für die häufiger zitierten Sammlungen werden verwendet:

MB	Basel, Naturhistorisches Museum, Osteologische Abteilung
HLD	Darmstadt, Hessisches Landesmuseum, Geolog. Paläontolog. und Mineralog. Abteilung
SM	Frankfurt, Senckenberg-Museum, Geolog.-Paläontolog. Abteilung
FL	Lyon, Faculté des Sciences, Département des Sciences de la Terre
ML	Lyon, Musée d'Histoire Naturelle
BSP	München, Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Hist. Geologie
MP	Paris, Muséum d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie
MSt	Stuttgart, Staatliches Museum f. Naturkunde, Geolog.-Paläontolog. Abteilung
MT	Tübingen, Geolog.-Paläontolog. Institut und Museum der Universität

2. Einleitung

In einer vorläufigen Mitteilung (TOBIEN 1963) wurde eine Aufteilung der europäischen ochotoniden Lagomorphen, soweit sie eine mehr oder weniger längere bodenständige Entwicklung im Spätoligozän und Neogen aufweisen, vorgeschlagen. Folgende 4 evolutive Gruppen wurden unterschieden und kurz charakterisiert:

Amphilagus-Gruppe
Titanomys-Gruppe
Prolagus-Gruppe
Lagopsis-Gruppe

Ihre grobe zeitliche Verbreitung zeigt Abb. 1. Aus ihr sind auch die vorhandenen (*Amphilagus-Titanomys*-Gruppen) bzw. nicht-vorhandenen Verwandtschafts-Beziehungen (*Lagopsis*- und *Prolagus*-Gruppen zueinander, bzw. zu den oben genannten Gruppen) ersichtlich, zumindest soweit sie die europäischen Repräsentanten betreffen.

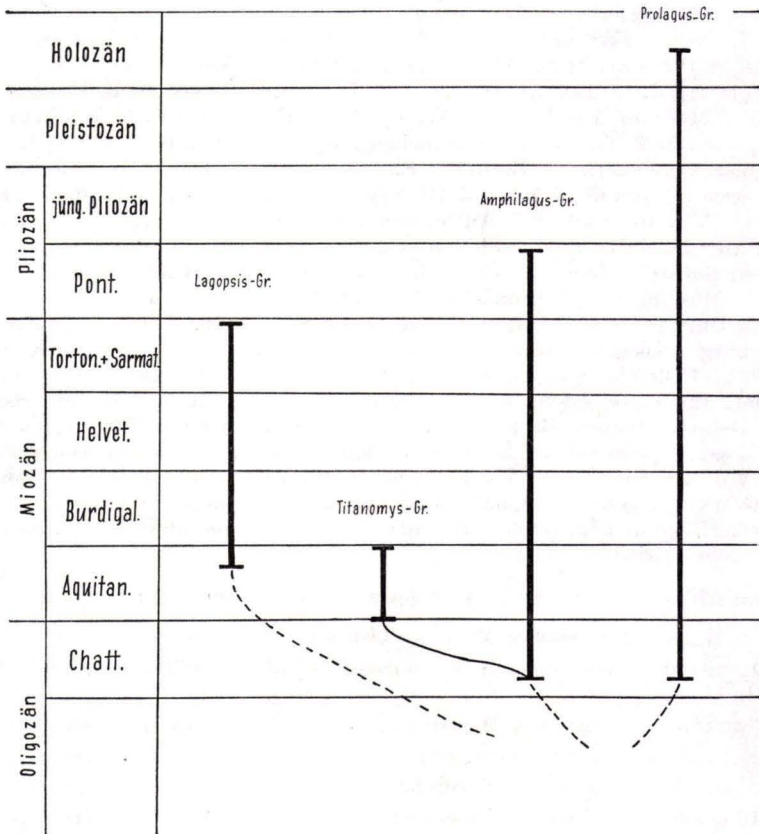


Abb. 1. Zeitliche Verbreitung von vier Lagomorphen-Gruppen im Tertiär und Quartär Europas [Chatt. = Oberes Stampium; Helvet. = Unteres Vindobonium; Torton. (= Badenium) + Sarmat. = Oberes Vindobonium; Pont. = Vallesium + Turolium].

Tab. 1. Zeitliche Stellung der Taxa und Lokalitäten der *Piezodus-Prolagus*-Gruppe im späten Oligozän und frühen Neogen Europas

Unter- abteilungen	Konventionelle Etagen	Zonen-Folge nach THALER 1966 u. HUGUENY 1969	Faunengruppen- Folge nach CICHA et al.1972	Zonenfolge nach MEIN 1975	<i>Piezodus-Prolagus</i> -Gruppe		
					Taxa		Lokali- täten
Unter- Pliozän	Turolium	Teruel	M	13 12 11 10	<i>Prolagus</i> -Formen des Quartärs (<i>P. sardus, calpensis</i>) und jüngeren Neogens (<i>P. loxodus,</i> <i>P. oeningensis</i>) usw.		
	Vallesium	Sabadell	H C	9			
Ober- Miozän	Vindobonium „ob.“ Sarmatium	La Grive	L G	8 7			
	Badenium/„Tortonium“	Sansan	N S	6			
Mittel- Miozän	Vindobonium „unt.“ Karpatum/„Tortonium“		F L	5			
	Ottningium/Helvetium	La Romieu	O L R	4			
Unter- Miozän	„oberes“ Eggenburgium/Burdigalium	Laugnac	L H	2	<i>P. vasconiensis</i>	<i>P. schnaitheimensis</i>	D
	Aquitanium „mittleres“ + „unteres“	Paulhiac	P W	1	<i>Piezodus tomerdingensis</i>		B ₂ B ₁ B ₁
	Oberes Stampium/Chattium	Coderet	G Co	0	<i>Piezodus brassatensis</i>		A

Erläuterungen zu Tab. 1: Aus Gründen der Verständigung und der nomenklatorischen Korrelationen sind hier mehrere Zonierungen nebeneinander gestellt. In diesem Sinne sind die Parallelisierungen und Gleichsetzungen zu verstehen. Sie erheben keineswegs den Anspruch auf letzte Gültigkeit.

Spalte: *Piezodus-Prolagus*-Gruppe

Lokalitäten der Gruppe A (*Piezodus brassatensis*), Oberes Stampium/Chattium: Coderet, Peublanc, Großkarben.

Lokalitäten der Gruppe B (*Piezodus tomerdingensis*), Aquitanium: B₁: Unter Aquitanium: Tomerdingen, Boudry, Wischberg, Veltheim, Mörigen, Paulhiac, Saulcet; B₂: Mittl. Aquitanium, tief. Teil: Eselsberg, Chaveroches; B₃: Mittleres Aquitanium, höh. Teil: Heßler.

Lokalitäten der Gruppe C (*Piezodus tomerdingensis, Prolagus vasconiensis*), Oberes Aquitanium: Laugnac, Bouzigues, Frankfurt-Nordbassin, Niederräder Schleusenkammer, Mainz-Lenneberg.

Lokalitäten der Gruppe D (*Prolagus vasconiensis, P. schnaitheimensis*), Eggenburgium/Burdigalium: Estrepouy, Peyrerechen, Teufen, Mt. Vully, Schnaitheim, Echzell, Lok. im Becken von Calatayud/Teruel, Wintershof-West, Limburg.

Lokalitäten der Gruppe E (*Ptychoprolagus forsthartensis*), Ottningium/Helvetium: Forsthart.

Die *Prolagus*-Formen des jüngeren Neogens (einschl. *P. cf. oeningensis*) und des Quartärs sind in dieser Tabelle nicht berücksichtigt.

Zur topographischen Lage, stratigraphischen Stellung und zum Fauneninhalt der angeführten Lokalitäten s. auch THENIUS 1959, RICHARD 1946 (für das Aquitaine-Becken) sowie die in der Tabelle zitierten Autoren. Für die schweizerischen Lokalitäten existiert ein von Dr. HÜRZELER zusammengestelltes, ausführliches, inedites Register in der Osteologischen Abteilung des Naturhistorischen Museums, Basel (s. DAWSON 1967, TOBIEN 1968). Dazu kommen noch — wo erforderlich — Hinweise bei den Lokalitäten im folgenden Text. Herrn Prof. Dr. P. MEIN, Lyon, danke ich für die freundliche Überlassung seiner Neogen-Tabelle. Sie wird in den Preprints zum VI. Kongreß des „Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy“ Bratislava 1975 veröffentlicht.

Nachstehend soll die *Prolagus*-Gruppe mit den Genera *Piezodus* und *Prolagus* behandelt werden (s. a. TOBIEN 1963: 26—29, Abb. 2b, 12, 13, 14d, e). Dabei sind in diesem Text nur die stratigraphisch älteren Formen von *Prolagus* berücksichtigt. Die jüngeren Formen sollen an anderer Stelle dargestellt werden.

Hierzu ist ein feineres stratigraphisches Schema nötig als jenes der Abb. 1. Dies ist in Tab. 1 versucht worden. Da bisher noch keine international verbindliche biostratigraphische, auf Säugern basierte Gliederung des kontinentalen Tertiärs, speziell des hier in Betracht kommenden höheren Oligozäns und des Neogens existiert, sind in Tab. 1 mehrere bisher verwendete Skalen nebeneinandergestellt: Dies aus Gründen besserer Verständlichkeit und nomenklatorischer Korrelationen. In den Erläuterungen zur Tabelle sind dann jene Lokalitäten aufgeführt, die Angehörige der Gattungen *Piezodus*, *Ptychoprolagus* und *Prolagus*, diese mit ihren älteren Vertretern, geliefert haben.

Im folgenden Text werde ich mich der Einfachheit halber meist der Termini der „konventionellen“ Skala („Oberes Aquitanium“, „Burdigalium“, jung. Pliozän etc.) bedienen, wobei diese Einheiten und ihre Grenzen keineswegs als international gültig oder in sonstiger Weise verbindlich zu bewerten sind.

Die Grenze Oligozän/Miozän liegt in diesem Schema zwischen Aquitanium und Chattium, die Grenze Miozän/Pliozän zwischen Pontium sensu lato (= Vallesium plus Turolium) und dem ob. Vindobonium bzw. Sarmatium. Dieser Grenzziehung entspricht etwa das „*Hipparion*-Datum“; d.h. das Erscheinen der Gattung *Hipparion* in Europa³.

3. Genus *Piezodus* VIRET 1929

Anhand der Materialien aus dem Oberen Stampium von Coderet (Allier) stellte VIRET (1929: 94) das Genus *Piezodus* auf⁴. Der Autor hebt als diagnostische Merkmale hervor:

1. Obere Molaren mit gut ausgebildeten Labialwurzeln und schwach ausgebildeter Hypsodontie, womit die geringe Höhe des Maxillare zusammenhängt.

2. Die Krone der oberen Molaren ist transversal verbreitert, so daß sie über den Rand des Maxillare labial hinausragt.

3. Der P_3 erinnert an *Titanomys*, aber vor dem Vorderlobus befindet sich noch ein rundlicher Pfeiler, der mittels Zement an der Hinterpartie des Zahnes angekittet ist.

VIRET beschrieb (1929: 98) das Vorkommen der Gattung in Chaveroches (Allier), HÜRZELER (1945: 660) nannte es aus Vorkommen des Oberen Stampiums und

³ Die neuerdings vertretene Höherlegung der Miozän/Pliozän-Grenze [wobei der Komplex der sogenannten *Hipparion*-Faunen, und damit das Vallesium und Turolium in das Miozän fallen (VAN COUVERING & MILLER 1971, DE BRUIJN et al. 1971: 20)] reduziert den zeitlichen Umfang des Pliozäns ganz unverhältnismäßig. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Plio/Pleistozän-Grenze höher gelegt wird, z.B. von der Basis des Villafranchiums in das höhere Villafranchium. Eine Entscheidung über die eine oder andere dieser Grenzziehungen ist Sache der Konvention seitens der dafür zuständigen internationalen Gremien.

⁴ Bereits 1928: 1310 so benannt.

Unteren Aquitaniums in Frankreich und der Schweiz. TOBIEN (1963: 26, Abb. 12 c, f) gab einen kurzen Überblick über Gebißstruktur und Evolution des Genus.

In der oben sinngemäß wiedergegebenen Diagnose von *Piezodus* durch VIRET sind die unter 1. und 3. angeführten Merkmale zutreffend. Dies gilt ganz besonders für die Struktur des P_3 . Das zweite Merkmal, die starke Querdehnung der OK-Zähne die VIRET zur Namengebung veranlaßte, ist ein Altersmerkmal. Sie findet sich auch bei anderen archaischen Lagomorphen mit Partialhypodontie und starker Krümmung der Hauptwurzel, wie *Titanomys* und *Amphilagus*. Dies hängt mit dem besonderen Nachschubmechanismus der Oberkieferzähne zusammen: P^3-M^2 werden entsprechend der Abkautung als partiell hypsodonte Zähne allmählich aus den Alveolen herausgeschoben. Infolge der starken Krümmung der Hauptwurzel in der transversalen Ebene kommt es jedoch zusätzlich zu einer Rotation des Zahnes um eine anteroposteriore, labial von der Hauptwurzel gelegene Achse. Dies führt zu einer mit zunehmendem Alter immer schiefen zur Zahnlängsachse liegenden Kaufläche. Damit werden die labialen Kronenpartien über den Maxillarrand hinausgeschoben, und die Ebene der Kauflächen verbreitert sich um ein Mehrfaches; vor allem wenn gerade angekaute P^3-M^2 -Keime mit adulten oder gar senilen Zähnen (Abb. 2—5; 26—30) verglichen werden. Dabei kommt es — wegen der zunehmend schiefen liegenden Schnittebenen der Kauflächen — auch zu einer ganz erheblichen „Verzerrung“ der Altstrukturen auf der Kaufläche (vor allem Innensyncline, Mittlelement, Mittelsyncline). Dieser Prozeß erschwert die Vergleichbarkeit von Kauflächenbildern der P^3-M^2 von *Piezodus*, *Amphilagus* und *Titanomys*, die alle mehr oder weniger den gleichen Nachschubmechanismus aufweisen.

Erst mit der im Genus *Prolagus* einsetzenden Streckung der OK-Zähne, die nur noch eine schwache Krümmung in der transversalen Ebene aufweisen (Abb. 47 b; 70—73; 80—83), ändert sich dieser Zustand. Das „Überhängen“ der labialen Kronenränder über den Maxillenrand, die damit verbundene Querdehnung der Kauflächen und die Verzerrung der auf ihnen vorhandenen Altstrukturen verschwindet fast gänzlich: Juvenile und senile Kauflächen-Umrisse und -Bilder sind längst nicht mehr so verschieden wie bei *Piezodus*, *Amphilagus*, *Titanomys*.

Die von VIRET (1929: 94) in seiner Gattungsdiagnose angeführte, nur schwach ausgebildete Hypsodontie (Labialwurzeln an den oberen Molaren) trifft nur für die bisher älteste Form aus dem Oberen Stampium von Coderet zu. Die jüngeren Vertreter aus dem Aquitanium werden zunehmend hypsodonte, mit Reduktion der Labialwurzeln an den OK-Zähnen und der Abschwächung der Wurzelbildung überhaupt und ihrer Hinausschiebung auf immer spätere Wachstumsstadien an den OK- und UK-Zähnen. In paralleler Weise findet sich der gleiche Prozeß in der Reihe *Amphilagus antiquus* → *Titanomys visenoviensis* → *Titanomys calmaensis* (TOBIEN 1963: 22, 1974: Abb. 7, 71, 72, 74, 75, 80—83, 86).

Ein wesentliches, durchgreifendes Charakteristikum für das Genus *Piezodus* ist dagegen die Struktur des P_3 mit dem isolierten Vorderpfeiler.

Danach ergibt sich folgende, modifizierte

Diagnose des Genus *Piezodus* VIRET 1929:

$$\text{Zahnformel: } P \frac{2 \cdot 3 \cdot 4}{3 \cdot 4} \quad M \frac{1 \cdot 2}{1 \cdot 2}$$

Obere und untere P und M anfänglich mit begrenztem Kronenwachstum (Partialhypodontie an den OK-Zähnen, unvollständige Hypsodontie an den UK-Zähnen), die jüngeren Formen mit zunehmender Hypsodontie unter Abschwächung bis zu fast totaler Reduktion der Wurzelbildung. M_3 gelegentlich nur noch bei den oberstampischen Vertretern vorhanden, später — wie M^3 — gänzlich fehlend. P^3-M^2 in der Transversalebene stark gekrümmt.

P^3 mit Tendenz zu schlingenartiger Konfiguration des Mittelelementes. P_3 mit Vorder- und Hinterlobus, beide durch eine mediane Längskommissur verbunden, und so mit Innen- und Außensynklinid versehen. Vor dem Vorderlobus ein isolierter, rundlicher Schmelzpfleiler.

Typus-Spezies: *Piezodus branssatensis* VIRET 1929.

Zeitliche Verbreitung: Oberes Stampium — Aquitanium⁵.

Beziehungen und Vergleiche: Von der Gattung *Amphilagus* POMEL 1853, mit der *Piezodus* in Coderet und anderen oberstampischen Lokalfaunen zusammen angetroffen wird, unterscheidet sich *Piezodus* durch die anfangs stärkere und später wesentlich verstärkte Hypsodontie, durch den komplizierter gebauten P_3 , das schlingenartig, nicht rundliche Mittelelement des P^3 sowie den Verlust von M_3^3 . VIRET (1929: 96, Abb. 14 bis, C, E) hat auf das Fehlen des M_3 und die Struktur des P_3 gegenüber *Amphilagus* bereits hingewiesen.

Von den ähnlich gebauten, mit Vorderpfleiler versehenen P_3 des *Amphilagus ulmensis* (TOBIEN 1963: 20, Abb. 6; 1974: Abb. 28, 29, 33) ist *Piezodus* durch den wesentlich höheren Hypsodontie-Grad und den andersartigen Mittelhügel des P^3 (bei *Amphilagus* gerundet und nicht schlingenförmig ausgezogen) sowie durch geringere Dimensionen unterschieden.

Schwieriger ist die Abtrennung von *Titanomys*: Der P_3 ist in beiden Gattungen deutlich verschieden, was bereits VIRET (1929: 96, Abb. 14 bis D und E) mitgeteilt hat. Die oberstampischen Vertreter von *Piezodus* sind brachyodonte als die aquitanen *Titanomys*-Formen, dagegen sind obere und untere P_4 und Molaren von *Titanomys* und den progressiven, aquitanen *Piezodus* — wegen des gleichen Hypsodontie-Grades — nur schwer oder gar nicht unterscheidbar (TOBIEN 1963: 26, 1974: Abb. 76, 78).

Das in allen Gebißelementen vollhypsodonte Genus *Prolagus* ist von *Piezodus* ableitbar. Dies hat bereits VIRET (1929: 97) anhand des P_3 erkannt, es wurde später von ihm (1950: 176) und anderen Autoren (HÜRZELER 1948, 1962: 24; DAWSON 1959: 165) ausführlicher dargestellt. Die stratigraphisch älteren (oberstampischen, unteraquitanen, z.T. mittelaquitanen) *Piezodus*-Formen sind durch ihre Partialhypodontie an den OK-Zähnen, bzw. unvollständige Hypsodontie an den UK-Zähnen von *Prolagus* unterscheidbar. Dagegen erreichen die Populationen des späteren Mittelaquitaniums im Grad ihrer Hypsodontie fast die frühen *Prolagus*-Formen des Oberen Aquitaniums. Jedoch kommt es auch bei diesen *Piezodus* noch in späteren Altersstadien zu Verschluß der Pulpen und rudimentärer Wurzelbildung.

⁵ CICHÁ, FAHLBUSCH & FEJFAR (1972: 137, Taf. 2) nennen aus postaquitanen Lokaltäten (Eggenburgium und Ottnangium) einen *Piezodus* n.sp., vertreten in: Vieux-Collonges, La Romieu, Dolnice 1–3, Ořeohov, Erkertshofen, Bissingen.

Unterschiede zwischen *Piezodus* und *Prolagus* zeigt ferner der P_3 : Das Vorderaußen- und Vorderinnenelement (aEE bzw. aIE) trennende Vordersynklinid (as: Abb. 7; 31—35; 52—55; 74, 76) ist bei *Piezodus* flach, bei *Prolagus* deutlich tiefer und reicht bei den jüngeren Formen an die Hinterwand des P_3 . Ferner ist das Vorderaußenelement bei *Piezodus* einfach, bei *Prolagus* stets durch ein kleines, anfänglich flacher, später tieferes Synklinid (= vorderes Außensynklinid, aes: Abb. 74, 77) unterteilt.

Schließlich ist die Krümmung der P^3-M^2 bei *Piezodus* stärker, bei *Prolagus* schwächer.

Wie *Amphilagus* dürfte auch *Piezodus* ein Zuwanderer sein, der in Europa im Laufe des oberen Stampiums erscheint. Vorläufer oder direkte ältere Verwandte im außereuropäischen Alttertiär sind bisher jedoch nicht bekanntgeworden (TOBIEN 1963: 26).

Die *Piezodus*-Formen lassen sich auf zwei Arten verteilen: die archaistische, noch relativ brachyodontere Art des oberen Stampiums ist *Piezodus branssatensis* VIRET 1929, die progressive hypsodontere Art des Unteren und Mittleren Aquitaniums ist *Piezodus tomerdingensis* n. sp. Nachstehend folgt die Beschreibung beider Spezies.

3.1. *Piezodus branssatensis* VIRET 1929

- 1928 *Piezodus branssatensis* VIRET, Sur la faune oligocène: 1310
- *v 1929 *Piezodus branssatensis* VIRET, Limagne bourbonnaise: 94, Abb. 14A, 14E (non Abb. 14B, B'; C, C'), Abb. 12B, D (unter *Amphilagus antiquus*), Taf. 29 Fig. 11 (unter *Amphilagus antiquus*), Fig. 16, 16a, 17a, 17b (non Fig. 15a, 15b)
- 1950 *Piezodus branssatensis* — VIRET, Sur une microévolution: 176, Abb. 1
- 1962 *Piezodus branssatensis* — HÜRZELER, Kann die biologische Evolution: 24, Abb. 2, Nr. 1
- 1963 *Piezodus branssatensis* — TOBIEN, Zur Gebißentwicklung: 26, Abb. 12c, f
- 1969 *Piezodus branssatensis* — HUGUENEY, Les Rongeurs (Mammalia): 192, 201, Abb. 116
- 1970 *Piezodus branssatensis* — TOBIEN, Lagomorpha (Mammalia) im Unter-Miozän: 19, Abb. 4; Tab. 3 („*Piez. branssatensis*“)

VIRET (1929: 94) gab als Spezies-Merkmal für *Piezodus branssatensis* an: „A peu près de la même taille que l'*Amphilagus antiquus* POM.“. Wie Messungen von UK- und OK-Zahnreihen zeigen, ist *A. antiquus* etwas größer als *P. branssatensis* (TOBIEN 1974):

Coderet	P^2-M^2	M	n	P_3-M_2	M	n
<i>Amphilagus antiquus</i>	9,3—10,1	9,7	9	8,7—9,8	9,1	17
<i>Piezodus branssatensis</i>	7,9— 9,2	8,4	20	8,1—9,1	8,5	20

Im übrigen ließ VIRET für seine Spezies-Diagnose die der Gattung gelten.

Nach Kenntnis der post-stampischen Vertreter von *Piezodus* ergibt sich für *Piezodus branssatensis* folgende

Diagnose: Eine relativ brachyodonte Art der Gattung *Piezodus* mit Labialwurzeln an P^3-M^2 und Wurzelbildung an P_3-M_2 .

Lectotypus: VIRET (1929: 94) gab in seiner Beschreibung keinen Holotypus zu *P. branssatensis* an. Er wäre noch nachträglich unter den von VIRET abgebildeten Exemplaren zu bestimmen. Dafür sind in erster Linie die UK-Zahnreihen mit dem gegenüber *Amphilagus antiquus* und *Titanomys* sehr charakteristischen P_3 geeignet. Ich nominiere daher als Lectotypus für *Piezodus branssatensis* das

UK-Fragment mit P_3-M_2 dext.; abgebildet bei VIRET 1929, Taf. 29 Fig. 17a, 17b und Abb. 14a, S. 95. (Lyon, Faculté des Sciences, Département des Sciences de la Terre, Kat.-Nr. bei VIRET: ohne Angabe).

Beziehungen und Vergleiche: Zwar spielten für VIRET (1929: 94) auch die stark quergedehnten OK-Zähne für die Aufstellung von Art und Gattung sowie für die Namengebung eine Rolle, jedoch handelt es sich bei einigen, von ihm abgebildeten Zähnen um stark abgekaute P^3 (Fig. 14C, C'), P^4 oder M^1 (Fig. 14B, B') und P^4 (Fig. 14D) von *A. antiquus*. Auch das Maxillarfragment mit M^1 s (Taf. 29 Fig. 15) dürfte eher zu *A. antiquus* gehören.

Dagegen ist die unter *A. antiquus* abgebildete, wenig angekaute Zahnreihe mit P^2-M^2d zu *Piezodus branssatensis* (P^3 mit schlingenartig ausgezogenem Mittелеlement: Abb. 12B) zu stellen; ebenso der in Vorderansicht abgebildete juvenile P^3 s (mit hoher Krone über den Labialwurzeln: Abb. 12D). Dagegen ist die juvenile rechte Zahnreihe mit den — primitiven — P^2 , D^3 , D^4 und den wenig oder gar nicht angekauften M^1 und M^2 (Abb. 12A) sowie der in Abb. 12C in Vorderansicht abgebildete Zahn (nach der Stellung des Alveolenrandes eher ein M^1d als ein P^4d) richtig auf *A. antiquus* bezogen.

VIRET hat offensichtlich stark abgekaute und infolge des Nachschubmechanismus quergedehnte und dann wie zusammengedrückt wirkende OK-Zähne *Piezodus*, wenig angekaute *Amphilagus* zugeschrieben. Das ändert jedoch nichts an der Tatsache, daß beide in Coderet vorkommende Taxa valide sind. Sie sind schon an den P_3 einwandfrei auseinanderzuhalten (VIRET 1929, Abb. 14 bis, C, E), dazu kommen Unterschiede an den OK-Zähnen und im Hypsodontie-Grad der Backenzähne.

Das stratigraphische Vorkommen von *P. branssatensis* ist auf das Obere Stampium beschränkt. Darauf haben VIRET (1929: 99, Tabelle), HÜRZELER (1945: 660), HUGUENEY (1969: 201, Abb. 116) und TOBIEN (1970, Tab. 3) hingewiesen. Die phylogenetische Bedeutung der Gattung und Art als Ausgangspunkt für die Evolution der Gattung *Prolagus* wurde von VIRET (1929: 99, Tab.; 1950: 176, Abb. 1), HÜRZELER (1962: 24, Abb. 2, Nr. 1) und TOBIEN (1963: 26, Abb. 12) dargestellt. Aus *P. branssatensis* ist zunächst der unter- und mittelquitane *P. tomerdingensis* (S. 124) hervorgegangen. Nachstehend folgt die Beschreibung einiger Vorkommen von *P. branssatensis*.

3.1.1. Coderet (Allier)

Piezodus branssatensis ist in Coderet häufiger als *Amphilagus antiquus*.

Material:

Oberkiefer: MB: 18 P^2 , 39 P^3 , 36 P^4 , 23 M^1 , 22 M^2 , FL: 1 P^2 , 5 P^3 , 3 P^4 , 2 M^1 , 2 M^2 , teils in OK-Fragmenten, teils isoliert.

Unterkiefer: MB: 33 P_3 , 35 P_4 , 35 M_1 , 36 M_2 , (überwiegend in Mandibel-Fragm.)
FL: 7 UK-Fragmente mit P_3 und wechselnder Besetzung von P_4-M_2 .

Bemerkung: Die Materialangaben hier und im Folgenden — vor allem bei den Lokalitäten mit größeren Fundmengen — erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Sie beziehen sich nur auf solche Gebißreste, die mir vorgelegen haben.

P²: Die Gliederung der Krone ist im Prinzip die gleiche wie bei *Amphilagus* (TOBIEN 1963, Abb. 12c; 1974: Abb. 2a, b; hier Abb. 2, 3). Auf der Kaufläche sind drei nebeneinanderliegende Schmelzschlingen, dem Außenelement (EE), dem Mittелеlement (ME) und dem Innenelement (IE) entsprechend, vorhanden. Sie werden durch von vorn nach hinten eindringende Synklinen (Außensynklinen es, Mittelsynklinen ms) getrennt. Sie sind auf der Vorderseite der Krone als zementgefüllte Furchen ausgebildet, wobei — wie bei *Amphilagus* — die innere meist weiter wurzelwärts hinabzieht als die äußere (nicht dagegen in Abb. 3).

Gegenüber dem P² von *Amphilagus* sind die *Piezodus*-P² jedoch kleiner und deutlich hypsodonter. Ferner ist das Innenelement bei *Piezodus* etwas größer (Abb. 3), wogegen bei *Amphilagus* das Mittelelement das größte ist.

Frische, unangekaute Kronen besitzen ein gut ausgebildetes Cingulum am labialen Abschnitt der Hinterwand. Es ist mit dem Labial- und Mittelhügel eng verbunden, macht sich aber noch an wenig angekauften Zähnen als Sporn auf der Kaufläche bemerkbar (Abb. 3).

An der Labialseite des Außenelementes befindet sich eine schwache cingulumartige Schmelzaufwulstung, die am P³ (s. unten) zu einem kräftigen Hügel (pLE) weiterentwickelt ist. Schließlich ist an der Kronenbasis jene Schmelzwand im Entstehen begriffen, die am P³ als Vorderarm des Innenhügels einen Teil der Vorderwand einnimmt.

Der P² enthält somit in Andeutungen Merkmale, die am P³ und P⁴ vollständiger ausgestaltet sind. Sie fehlen am P² des *Amphilagus* der gleichen Lokalität. Die reichere Ausstattung des *Piezodus*-P² ist als Tendenz zu stärkerer Molarisierung zu werten.

P³: Hervorzuheben ist die schlingenartige, labialwärts spitz ausgezogene Gestalt des Mittelelements, im Gegensatz zu dem aufgeblähten, zugerundeten Umriß bei *Amphilagus* (TOBIEN 1963, Abb. 4b, 12c; 1974, Abb. 3—5). Dies ist in allen Usur-stadien zu beobachten. Es ist ein Merkmal, welches in der ganzen *Piezodus*-*Prolagus*-Gruppe immer weiter ausgestaltet wird, im Gegensatz zu den Befunden in der *Amphilagus*-*Titanomys*- sowie *Marcuinomys*-*Lagopsis*-Gruppe, wo der Mittelhügel seinen gerundeten Umriß konstant beibehält (TOBIEN 1963: 20—24).

Die stärkere Hypsodontie gegenüber dem *Amphilagus*-P³ macht sich durch un-deutlichere Entwicklung der labialen Elemente bemerkbar. So ist das bei *Amphilagus* knopfartig entwickelte hintere Labialelement (TOBIEN 1974; Abb. 3,4: pLE) hier gelegentlich zungenartig ausgezogen und vereinigt sich alsbald nach Beginn der Usur mit dem Außenelement bzw. Hintercingulum (Abb. 2, 3, 5). Die bei *Amphilagus* noch kräftig ausgebildete vordere Labialwurzel ist bei *Piezodus* nahezu verschwunden und der Hauptwurzel angegliedert, die hintere Labialwurzel ist schwächlich und nur wenig abgespreizt (Abb. 6a). Schließlich ist der Vorderarm des Innenelementes, vor allem in seinem basalen Teil, stärker labial vorgezogen als bei *Amphilagus*. Dazu kommt noch der allgemeine Größenunterschied: Die *Piezodus*-Zähne sind kleiner als die des *Amphilagus*.

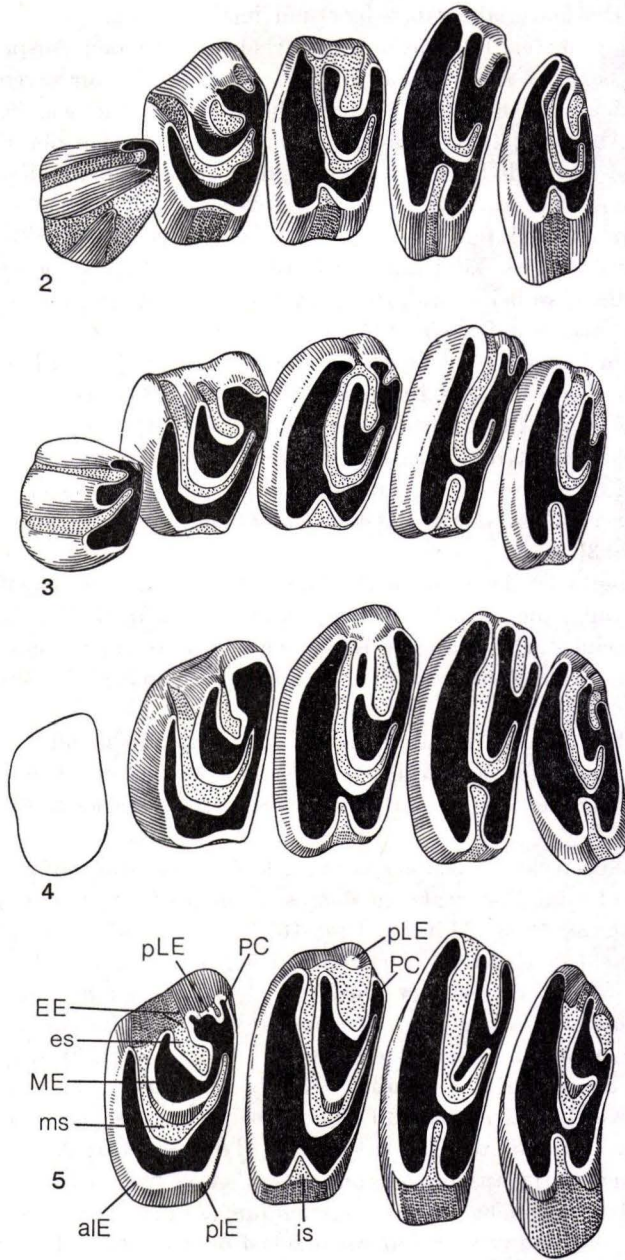


Abb. 2-5. *Piezodus branssatensis*, Ob. Stampium, Coderet, OK-Zahnreihen, von occlusal, $\times 10$; Abb. 2: juvenile, Abb. 5: adulte Zahnreihe

Abb. 2. P²-M²d, invers, FL 4516c.

Abb. 3. P²-M²d, invers, MB Bst. 1
(s. auch TOBIEN 1963, Abb. 12c).

Abb. 4. P³-M²s, MB Bst. 9406 (s. auch
TOBIEN 1963, Abb. 3a).

Abb. 5. P³-M²d, invers, FL 4516b.

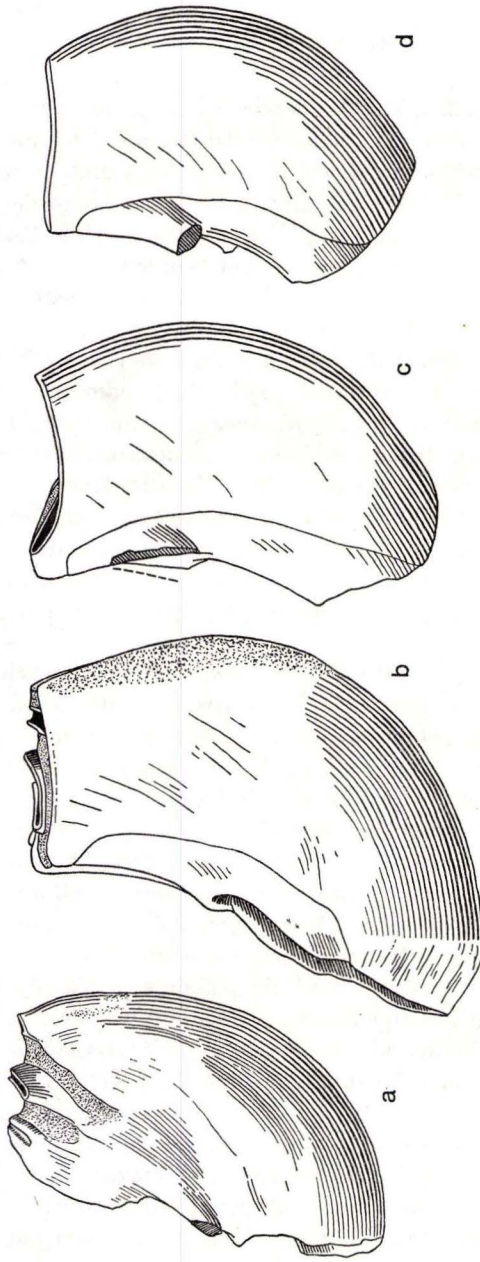


Abb. 6a—d. *Piezodus branssatensis*, Ob. Stampium, Coderet, P³—M²s, von vorn × 10
MB Bst. 371 k.

Abb. 6a. P³. Abb. 6b. P⁴. Abb. 6c. M¹. Abb. 6d. M².

Erklärung der Abkürzungen in Abb. 5 (auch für die nachfolgenden Abbildungen):

aIE: vorderes Innenelement
 EE: Außenelement
 es: Außensyncline
 is: Innensyncline
 ME: Mittelelement
 ms: Mittelsyncline
 PC: Hinter(außen)cingulum

pIE: hinteres Innenelement
 pLE: hinteres Labialelement
 ferner in anderen Abbildungen:
 AC: Vordercingulum (oder Vorderarm
 des Innenelementes)
 aLE: Vorderes Labialelement
 mLE: mittleres Labialelement.

Das Hintercingulum (Abb. 2, 3, 5: PC) ist wie bei *Amphilagus* durch eine kleine zementgefüllte Bucht vom hinteren Labialelement getrennt. Die Innensyncline (is) ist angedeutet und zementgefüllt, sie markiert ein vorderes und ein hinteres Innenelement (Abb. 5: aIE, pIE). Die Ausdehnung des Schmelzes auf der Hauptwurzel entspricht etwa den Verhältnissen bei *Amphilagus*, jedoch ist die Grenze Schmelz-Dentin und damit die Trennung von Kronen- und Wurzelteil bei *Piezodus* viel undeutlicher und verwischter. Torsion in der Längsachse ist nicht vorhanden, die Hypsodontie noch nicht sehr weit fortgeschritten.

P⁴: In den Grundzügen stimmen die letzten Prämolaren von *Piezodus* und *Amphilagus* ebenfalls überein. Die Außenwurzeln sind jedoch reduzierter und schmiegen sich der Hauptwurzel dichter an als bei *Amphilagus*. Die Innenwurzel ist länger und stärker gekrümmt als an Zähnen gleichen Abkauungsgrades von *Amphilagus* (Abb. 6b).

Undeutlich — gegenüber den *Amphilagus*-P⁴ — ist die Grenze Schmelz-Dentin auf der Hauptwurzel, was mit der stärkeren Hypsodontie zusammenhängt. Die Innensyncline ist tiefer. Sonstige Unterschiede im Kauflächenbild zwischen den beiden Gattungen sind nicht vorhanden. Die Mittelsyncline ist nur in 4 Fällen nach außen abgedämmt, in der überwiegenden Mehrheit öffnet sie sich labial. Die Torsion in der Längsachse ist deutlich.

M¹: Die Labialwurzeln — vor allem die hintere — sind schwächer als an den *Amphilagus*-M¹, daher fehlen auch die bei dieser Gattung wohlausgebildeten Alveolen an den *Piezodus*-Maxillen. Die Schmelzhügel am labialen Kronenrand sind schwächer und undeutlicher. Das vordere Labialelement, das sich bis in den Ausgang der Mittelsyncline erstreckt, ist meist von Zement bedeckt.

Die Hauptwurzel ist länger und stärker gekrümmt, die Pulpaöffnung daher labialwärts gewendet, an den *Amphilagus*-M¹ ist sie mehr nach unten gerichtet. Die Hauptwurzel ist ferner in größerem Umfang von Schmelz bedeckt (Abb. 6c).

In der sonstigen Struktur der Kaufläche besteht Übereinstimmung mit dem *Amphilagus*-M¹. Auch hier ist die Innensyncline tiefer und hat parallele Wände, im Gegensatz zum P⁴. Dort ist sie seichter und die Wände sind winklig gestellt.

M²: Der zweite Molar zeigt prinzipiell den gleichen Bau wie der M¹; für die Unterscheidung gegenüber diesem Zahn und dem P⁴ gelten die für *Amphilagus* aufgeführten Kriterien (TOBIEN 1974: Abb. 5, 7, 10). Ein Unterschied betrifft jedoch das Verhalten des Mittelhügels: An den *Amphilagus*-M² ist die Verbindung mit dem Hintercingulum nur sehr lose (Abb. 5, 10) bzw. fehlt meistens, so daß Mittel- und Außensyncline vereinigt sind. Dagegen ist an sämtlichen *Piezodus*-M² diese Verbindung vorhanden, die erwähnten Synklinen sind dadurch voneinander getrennt (Abb. 2–5). Für die Interpretation des Mittelhügels an den Molaren ist dieser Sachverhalt nicht ohne Bedeutung.

Die Mittelsyncline hat an wenig usierten Zähnen einen distalen Ausgang infolge beginnender Rückbildung des Hinteraußencingulums. Diese Erscheinung ist noch ausgeprägter bei *P. tomerdingensis* (s. S. 128).

Die Schmelzbedeckung auf der Hauptwurzel ist ausgedehnter als an den *Amphilagus*-M². Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß an allen OK-Zähnen von *P. branssatensis* die Hauptwurzel-Pulpa im Alter noch verschlossen wird. Ein Persistieren der Öffnung, wie z. B. bei *Prolagus*, ist noch nicht vorhanden. Produktion

und Ablagerung von Schmelz auf der Hauptwurzel erfolgen auch hier nicht zeit-lebens, sondern hören mit einem bestimmten Lebensalter auf (Abb. 6 d).

Reste individualisierter Labialwurzeln sind vorhanden, sie sind jedoch nicht so kräftig wie bei *Amphilagus*. Die hintere ist dabei wesentlich schwächer als die vordere. M^1 und M^2 zeigen Ansätze zur Längstorsion.

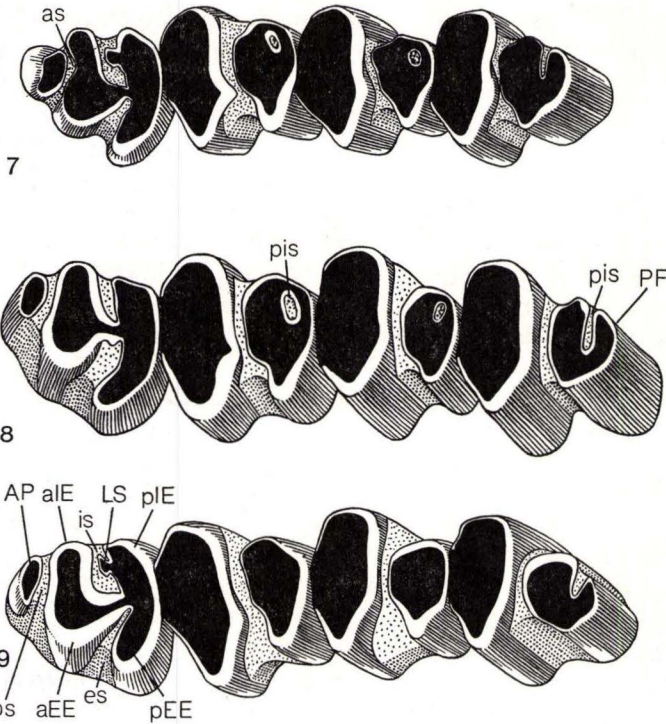


Abb. 7—9. *Piezodus branssatensis*, Ob. Stampium, Coderet, UK-Zahnreihen, von occlusal, $\times 10$.

Abb. 7. P_3 — M_2s , MB Bst. 9411.

Abb. 9. P_3 — M_2d , invers, MB Bst. 9414.

Abb. 8. P_3 — M_2s , MB Bst. 3899.

Erklärung der Abkürzungen (auch für die nachfolgenden Abbildungen):

aEE: Vorderes Außenelement (Protoconid)	LS: Lingualsporn
aIE: Vorderes Innenelement (Metaconid)	pEE: Hinteres Außenelement (Hypocond)
AP: Vorderpfeiler	PF: Hinterfalte (Hypoconulid)
as: Vordersynklinid	pIE: Hinteres Innenelement (Entoconid)
es: Außersynklinid	pis: Hinteres Innensynklinid
is: Innensynklinid	ps: Pfeilersynklinid.

M^3 : An keinem der hierfür geeigneten 26 Maxillarbruchstücke, auch nicht an Kiefern mit Milchzähnen bzw. mit noch nicht in Funktion getretenen Prämolaren, war eine M^3 -Alveole, oder die Andeutung davon zu beobachten. Offensichtlich hat diese stratigraphisch älteste *Piezodus*-Spezies den M^3 , im Gegensatz zu *Amphilagus antiquus*, bereits völlig zurückgebildet.

Das Längenmaß: Vorderrand der P²-Alveole — Hinterrand der M²-Alveole belegt die geringere Größe von *P. branssatensis* gegenüber *A. antiquus* von Branssat: 7,9; 7,9; 7,9; 8,0; 8,0; 8,2; 8,2; 8,4; 8,4; 8,4; 8,5; 8,5; 8,5; 8,5; 8,6; 8,6; 8,6; 8,7; 8,7; 9,2. 20 Werte, Mittel: 8,4.

Die Werte für *Amphilagus* betragen dagegen: 9,3—10,1; Mittel: 9,7 (TOBIEN 1974).

P₃: VIRET (1929: 96—97) hat die besondere Form der P₃ gegenüber *Amphilagus* und *Titanomys* erstmalig erkannt und beschrieben. Das wichtigste Merkmal ist ein vorderer, völlig isolierter, mit Dentin gefüllter Schmelzzylinder, der vor dem Hauptteil des Zahnes liegt und durch Zement an ihn gekittet ist. Nur an der Basis ist er mit der übrigen Krone verbunden (Abb. 7—9, 10a, ferner VIRET 1929, Abb. 14 bis, E, Taf. 29 Fig. 16 b, 17 b).

Die restliche Kronenpartie ähnelt sehr *Titanomys visenoviensis* (Abb. 7—9): Ein bis zur Zahnmitte und etwas schief nach hinten-innen eingreifendes Außersynklinid (es), lingual davon ein Mitteldamm, der Vorder- und Hinterlobus verbindet, und ein Innensynklinid (is), das etwas schief nach hinten-außen eingreift. Es zeigt — durchaus im Gegensatz zu *Marcuinomys* und *Lagopsis* — Tendenzen zu einer Ausweitung und Verlängerung nach hinten (Abb. 7—9).

In die Innenbucht ragt — von Hinterlobus ausgehend — in sehr vielen Fällen ein kleiner spornartiger Schmelzvorsprung hinein (= Lingualsporn LS), der an den P₃ in der *Amphilagus-Titanomys*- und *Marcuinomys-Lagopsis*-Gruppe in dieser Regelmäßigkeit und Größe nicht zu beobachten ist. Er ist nicht an allen P₃ des *Piezodus branssatensis* vorhanden, jedoch findet er sich bei den jüngeren Formen, einschließlich der Gattung *Prolagus*, durchweg und ist als ein typisches Merkmal der ganzen Gruppe zu werten. Nur an den jüngsten quartären *Prolagus*-Formen Korsikas und Sardinien z. B. ist er verschwunden (Abb. 7, 9).

Normalerweise ist der Lingualsporn über die ganze Zahnlänge zu beobachten, stellt somit eine längsverlaufende Leiste an der Vorderwand des Innenelementes des Hinterlobus dar. Dieser ist, ähnlich wie bei den *Amphilagus*- und *Titanomys*-P₃ (TOBIEN 1974, Abb. 15, 77), aus einem voluminöseren hinteren Innenelement (pIE) und einem schmäleren, quergedehnten, hinteren Außenelement aufgebaut; an Keimen ist dies deutlicher erkennbar, ebenso die kleine Hinterfalte (PF) mit einer davor befindlichen, entsprechend kleinen lingualwärts geöffneten und zementgefüllten hinteren Innenbucht (pis).

Der Vorderlobus besteht ebenfalls aus den von *Amphilagus* und *Titanomys* her bekannten zwei Elementen (TOBIEN 1974, Abb. 15, 77), wobei das innere kräftig entwickelt und etwas quergedehnt ist, wie bei den evoluierten *T. visenoviensis*-P₃ (aIE). In vielen Fällen wird es durch eine seichte Vorderbucht (as) vom rundlichen und voluminöseren Außenelement (aEE) deutlicher abgesetzt (Abb. 7—9). Diese Zweiteilung des Vorderlobus ist auch an Keimen sichtbar. Nach vorn folgt dann der isolierte Schmelzzylinder (Vorderpfeiler: AP). Seine Spitze endet an Keimen stets etwas unterhalb der Oberfläche der übrigen Kronen (ca. $\frac{3}{4}$ mm). Alle Synklinen sind mit Zement gefüllt.

Wurzelbildung ist am P₃ überall noch vorhanden; es wird eine einfache Wurzel ausgebildet, die anfänglich eine tiefere labiale und eine seichtere linguale Furche

aufweist, die sich aber bei weiterem Wurzelwachstum verlieren. Das Pulpencavum ist längs gestreckt, durch die erwähnten Furchen eingeengt und nach hinten-außen ausgezogen (MB 290, 1381a), so daß die Hinterwand der Wurzel schief von vorn innen nach hinten-außen gestellt ist (Abb. 10a).

Bei alten Zähnen verschmälert sich die Wurzel nach unten, und das Pulpencavum verschließt sich weitgehend (Bst 9456).

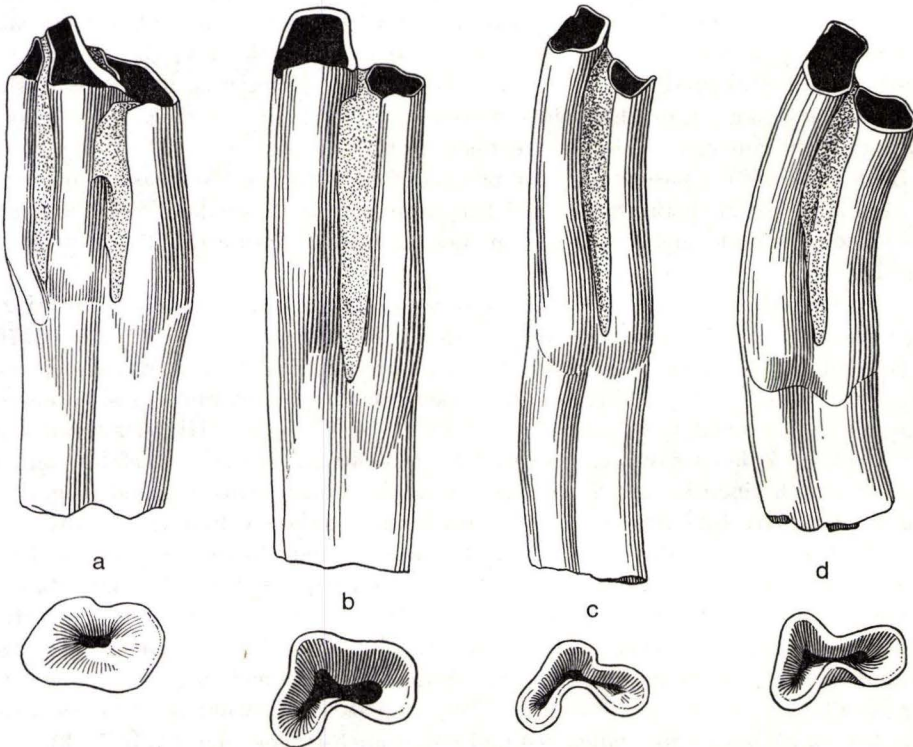


Abb. 10a—d. *Piezodus branssatensis*, Ob. Stampium, Coderet, UK-Zähne, von labial und von der Pulpa-Seite, $\times 10$, MB Cod. 387.

Abb. 10a. P₃s. Abb. 10b. P₄s. Abb. 10c. M₁s. Abb. 10d. M₂s.

Verlauf der Schmelzgrenze: Schmelz außen weiter wurzelwärts hinabgreifend als innen; tiefster Punkt: hinten-außen, schräg über die Hinterwand laufend, an der Hinterinnenecke kleine Emporziehung des Schmelzes. Die Schmelzgrenze am Vorderpfeiler vorn liegt so hoch wie an der Innenwand. In der Mitte der Innenwand häufig eine kleine buchtartige Emporziehung der Schmelzgrenze (Abb. 10a).

Die labio-linguale Krümmung des P₃ ist deutlich (konvexe Seite außen), die mesio-distale fehlt oder ist nur gering. Gegenüber *A. antiquus* ist die Krone deutlich höher und die Wurzel schwächer.

Unangekaute P₃-Keime zeigen folgendes Bild: aIE (= Metaconid: TOBIEN 1974) größer und höher als aEE (Protoconid), schneidenartig und von antero-

lingual nach postero-labial schiefgestellt. aEE ebenfalls mit schief dazu stehender Schneide, die nach vorn und außen abfällt und zugleich nach innen umgebogen ist; dadurch kommt ein kleines Becken zustande. Hinterlobus (Talonid) niedriger als Vorderlobus (Trigonid), pEE (Hypoconid) schneidenartig, schiefgestellt, pIE (Entoconid) offenbar an der Hinterinnenecke eines kleinen zementgefüllten Beckens. PF nach innen an das pIE angeschlossen, klein, manchmal fehlend. Vorderpfeiler (? Anteroconid) mit Spitze unter dem Niveau (ca. 0,7 mm) des Vorderlobus.

P_4 — M_2 sind in Vollsur in den Umrissen von Vorder- und Hinterlobus grundsätzlich nicht von denen des *Amphilagus* und *Titanomys* verschieden; Die Hinterloben sind schmaler und rundlicher als die Vorderloben, an letzteren ist die als schwacher Schmelzvorsprung auf der Kaufläche markierte Hinterkante an gleicher Stelle, d. h. von der Mitte aus etwas labial verschoben, sichtbar.

In der weiteren Entwicklung, vor allem bei der Gattung *Prolagus*, nehmen die Hinterloben jedoch an Breite zu, erreichen dann fast die Breite der Vorderloben und erscheinen dadurch zugleich kürzer in mesiodistaler Richtung (s. Tab. 2 unter P_4 und M_1).

Der Schmelzbelag ist hier wie am P_3 unterschiedlich dick, die Verteilung im Prinzip die gleiche wie bei *Amphilagus* und *Titanomys* (Abb. 7–9; TOBIEN 1974: Abb. 13, 76).

Die Hinterfalte (PF) ist an allen P_4 — M_2 wohl entwickelt, verschwindet jedoch spurlos an weit abgekauten Zähnen. Bemerkenswert ist die schwache Ausbildung der hinteren Außenbucht (pes), so daß eine völlige Isolierung der Hinterfalte auch an ganz frischen Zähnen kaum zu beobachten ist. Vielmehr ist die Hinterfalte von Anfang an durch einen kurzen Schmelzgrat mit dem Hinterlobus verbunden und nur durch die hintere Innenbucht von ihm abgetrennt. In diesem Punkte verhalten sich P_3 — M_2 bei *Piezodus* ebenso wie bei *Amphilagus* und *Titanomys* (TOBIEN 1974: Abb. 11–14, 76). Dieses Verhalten erscheint konservativ, während bei den letzteren Genera die in der Spitze freie Hinterfalte eher progressiv zu werden ist. Die hintere Innenbucht (pis) ist zementgefüllt und anfänglich lingual offen, wird aber bald abgedämmt und persistiert dann als ein zementgefüllter Schmelzring noch lange auf der Kaufläche. Am M_2 ist die hintere Innenbucht weiter wurzelwärts ausgedehnt (wie bei *Amphilagus* und *Titanomys*) und bleibt auch länger offen (Abb. 7–9).

Trotz der gegenüber *A. antiquus* verstärkten Hypsodontie kommt es auch an P_4 — M_2 noch zur Wurzelbildung. Eine deutliche Schmelzgrenze ist ausgebildet, und an der Kronenbasis vereinigen sich die einander zugekehrten Schmelzwände der Vorder- und Hinterloben. Dies erfolgt lingual eher als labial.

Die Schmelzbedeckung greift an der Außenseite weiter wurzelwärts hinab als an der Innenseite, die Mitte der Vorderwand ist in einem breiten Streifen schmelzfrei und an der Hinterinnenkante — auch am P_3 — ist ein schmaler, schmelzfreier Streifen vorhanden. Er zieht an P_4 — M_2 von der Kronenbasis aufwärts unter allmählicher Zuspitzung bis etwa an die Basis der hinteren Innenbucht. Dieser Verlauf der Schmelzgrenze an der hinteren Innenecke ist sehr charakteristisch und in ähnlichem Ausmaß bei *Amphilagus* und bei *Titanomys* anzutreffen (Abb. 10 bis).

Im Vergleich zu *A. antiquus* ist die Wurzelbildung — entsprechend der größeren Hypsodontie bei *P. branssatensis* — reduziert. So ist die am P_4 auch noch bei primitiven *Titanomys visenoviensis* beobachtbare Aufspaltung in einen vorderen und

hinteren Ast nicht mehr vorhanden. Die Wurzel ist einheitlich (Abb. 10b). Nur an längeren Wurzeln, die unter weit abgetragenen Kronen sitzen, ist eine deutlichere Innen- und schwächere Außenfurche erkennbar (MB Cod. 387). Hier können sich die gegenüberliegenden Wurzelwände fast berühren, so daß die Pulpahöhle aus einem vorderen quergedehnten Abschnitt, an dem eine innere und äußere Abteilung noch undeutlich sichtbar ist, in einen hinteren größeren, rundlicheren Abschnitt übergeht (Abb. 10b).

Die Wurzeln von M_1 und M_2 sind prinzipiell ähnlich gebaut, im Vergleich zur P_4 -Wurzel aber noch schwächer (Abb. 10c, d und TOBIEN 1974: Abb. 16–18).

P_4 Verlauf der Schmelzgrenze: Labial greift der Schmelz weiter wurzelwärts als lingual. An der Hinterinnenecke des Hinterlobus ist eine lange, sich nach oben verjüngende Zone schmelzfrei. Ebenso ist bei Vollusur die Mitte der Vorderwand in

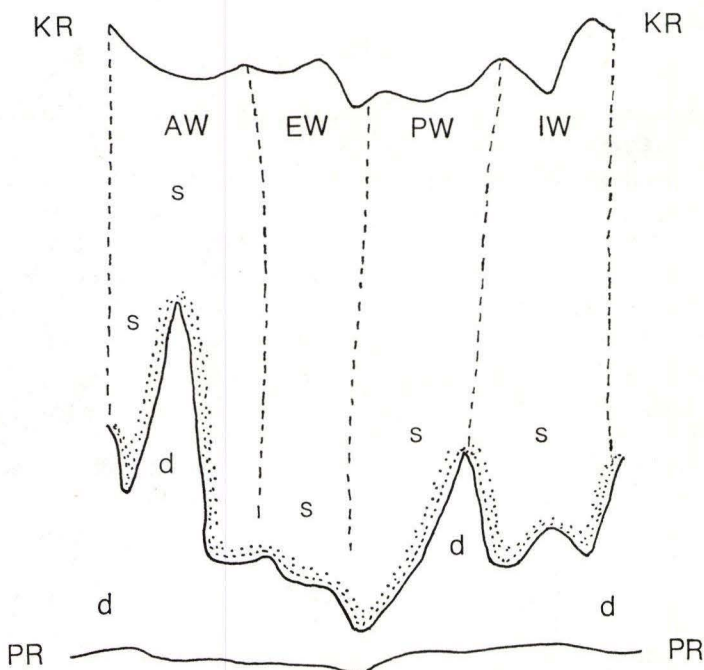


Abb. 10 bis: Schema des — abgewickelten — Verlaufes der Grenze Schmelz/Dentin an den P_4 , M_1 oder M_2 s von oberstampisch-unteraquitanen *Piezodus*, bzw. *Amphilagus-Titanomys* (z. B. P_4 , *Tit. visenoviensis*, Unteraquitaniun, Tomerdingen MSt 26003). Juveniles Exemplar, daher oberer Teil der Vorderwand (AW) noch schmelzbedeckt. Größte Emporziehung der Grenze auf der Vorderwand (AW) und — geringer — am Übergang von Innenwand (IW) zur Hinterwand (PW) (= Hinterinnenecke). Schmelzgrenze auf der Außenwand (EW) weiter wurzelwärts hinabgreifend als auf der Innenwand. Strichliert: Übergangsbereich der Wände. KR-KR: Verlauf des Kauflächenrandes (abgewickelt); PR-PR: Verlauf des Pulparandes (abgewickelt); s: Schmelz; d: Dentin. Die Spitzen im Verlauf des Schmelzrandes auf der Vorderwand und der Hinterinnenecke dürften ähnlichen, aber weniger markanten Emporziehungen der Schmelzgrenze an den Kronen der brachyodonten Ausgangsform entsprochen haben.

einem breiten Streifen schmelzfrei. Auf der Außenwand stößt der Schmelz in einer kleinen Zunge nochmals wurzelwärts vor (Abb. 10 bis).

P₄-Keime: (MB Cod. 403, Bst. 9413) Der Vorderlobus ist differenzierter als am P₃: Das Vorderinnenelement ist breiter, seine schiefe Schneide länger als am P₃: zudem überragt es das Vorderaußenelement noch deutlicher als am P₃ (d.h. Metaconid höher als Protoconid). Das Schmelzwändchen, welches sich an das Vorderaußenelement lingual anschließt, ist lang und bedeckt über $\frac{2}{3}$ der Vorderwand des Keimes. Entsprechend ist auch das dahinter anschließende Becken fast geschlossen. Der Hinterlobus hat in der Gipfelregion die gleiche Struktur wie der P₃. Auch hier ist eine Art Becken vorhanden, dessen Boden durch winzige Längswulste und dazwischen liegenden Senken und Kessel aufgegliedert ist. Am hinteren Innenrand ist ein dominierendes Schmelzelement (Entoconid) vorhanden. Es ist entschieden höher als das Außenelement (Hypoconid), das aus dem erwähnten Becken ausgegliedert erscheint. An letzteres schließt sich die unterhalb gelegene Hinterfalte an. (Die Gipfelregion von Bst 9413 ist ohne Zement und zeigt die Befunde besonders deutlich.)

Im Prinzip liegt somit die gleiche Baustruktur vor wie an den *Titanomys*-Keimen von Montaignu (TOBIEN 1974: Abb. 77).

M₁: Die Wurzelbildung ist im Prinzip dieselbe wie am P₄, die Wurzel erscheint eher etwas reduzierter, die seitlichen Furchen aber betonter, so daß vor allem der vordere Innenteil des Pulpencavums sehr deutlich hervortritt (Cod. 387; Abb. 10c).

Die Grenze Schmelz-Dentin verläuft wie am P₄: auffallend ist auch hier die schmale Emporziehung der Grenze an der Hinterinnenecke.

Keime: Vollständige, gänzlich unabgekaute M₁ lagen mir nicht vor, dagegen 3 Hinterloben von M₁ in völlig frischem Zustand (Cod. 1367, 1377, 1387). Soweit wenig usierte M₁ ersehen lassen, ist der Vorderlobus in der Gipfelregion wie der P₄ gebaut. Er ist vor allem mit dem langen Vorderwändchen versehen, wobei — was auch am P₄ gelegentlich zu beobachten ist — eine feine Kante vom Gipfel des Innenelementes gegen den Ausgang des zentralen Beckens absteigt.

Ähnlich wie am P₄-Hinterlobus ist auch am M₁ der Boden des Beckens durch feinste Schmelzgrate und -wülste gegliedert. Ein Unterschied besteht in der Form der Hinterfalte. Wie bei *Titanomys* ist sie am M₁ besser vom Hinterlobus abgegliedert, vor allem durch ein — allerdings gegenüber *pis* kürzeres — *pes*, das am P₄ fast völlig fehlt. Der P₄ stimmt darin mit dem P₃ überein. Dies scheint ein prinzipieller und primärer Unterschied der P- gegenüber der M-Struktur zu sein.

M₂: Die Wurzelbildung (Abb. 10d) ist ähnlich wie am M₁, nur ist die Wurzel hier noch schwächer. Die Vorderaußenecke des Pulpencavums ist reduziert, dadurch steht die Vorderwand schief von vorn-innen nach hinten-außen, was sich bereits am M₁ bemerkbar macht.

Der Verlauf der Schmelzgrenze ist ähnlich wie am M₁ und P₄; auffallend ist auch hier die über eine lange Strecke schmelzfreie Hinterinnenkante.

Der M₂-Keim in der juvenilen Mandibel MB Bst. 9413 ist im Prinzip in der Gipfelregion wie bei P₄ und M₁ gebaut. Nur ist das Hinteraußenelement weniger scharf vom Beckenteil des Hinterlobus abgesetzt als am P₄ und M₁, und außerdem hat se

nicht die ausgeprägte schiefe Schneide wie bei diesen. Es wirkt im Ganzen reduzierter. Es wird vom Hinterinnenelement, das hier noch fast kegelförmigen Habitus hat und an der Hinterinnenecke des Hinterbeckens liegt, beträchtlich überragt. Die Hinterfalte setzt auch hier erst ein gutes Stück unterhalb des Niveaus des Hinterlobus ein. Wie stets am M_2 archaischer Formen, hat sie ein sehr langes und offenes *pis*, dessen Fußpunkt nahe der Schmelzgrenze liegt. Danach lassen sich auch bei *Piezodus* M_2 gut von M_1 unterscheiden.

M_3 : Keines der hierfür geeignet erhaltenen Mandibelbruchstücke läßt eine M_3 -Alveole oder die Spur davon erkennen. Dieser Zahn ist — zumindest in dem Stadium, mit dem das Genus *Piezodus* als Zuwanderer in Europa erscheint — verschwunden und kommt auch später in der *Piezodus-Prolagus*-Gruppe nicht mehr zum Vorschein.

Die Unterscheidung isolierter P_4 , M_1 und M_2 erfolgt nach den gleichen Merkmalen wie bei *Amphilagus* und *Titanomys* (TOBIEN 1974: Abb. 16—18).

Länge P_3 — M_2 (an den Alveolen): 8,1; 8,2; 8,2; 8,2; 8,2; 8,3; 8,4; 8,4; 8,4; 8,4; 8,5; 8,5; 8,6; 8,6; 8,6; 8,6; 8,7; 8,7; 8,9; 9,1. (20 Werte), Mittel: 8,5.

Gegenüber *Amphilagus antiquus* vom gleichen Fundort sind die Zahnreihenlängen von *P. branssatensis* — wie im Oberkiefer — mithin deutlich kleiner (8,5 gegen 9,1 bei *A. antiquus* mit einer Variation von 8,7—9,8). Eine Überschneidung dürfte auch bei größerem Material nur sehr gering sein.

Incisiven: Auf die Größenunterschiede der oberen und unteren I, sowie auf die Querschnittsunterschiede an den oberen I zwischen *Amphilagus antiquus* und *Piezodus branssatensis* von Coderet wurde bereits in TOBIEN (1974: Abb. 19) hingewiesen. Die I^2 -Maße (mesiodistal) von *A. antiquus* ergaben: 1,95; 1,95; 2,0. Demgegenüber fanden sich bei *Piezodus branssatensis*: 1,5; 1,5; 1,55; 1,75; 1,8; 1,85; 1,85; desgleichen für die unteren I: 1,6; 1,7; bzw. 1,3; 1,3; 1,35; 1,4; 1,5.

Bemerkungen zur Maxillarregion: Die im Vergleich zu *A. antiquus* größere relative Höhe (dorso-ventral) des Maxillare bei *P. branssatensis*, die durch größere Hypsodontie bedingt ist, wurde ebenfalls in TOBIEN (1974: Abb. 20) erörtert. Die Grenz- und Mittelwerte (Höhe des Maxillare in % der Länge P^2 — M^2) lauten: für *A. antiquus*: 52,9—63,0; $M = 57,2$; $n = 7$; für *P. branssatensis*: 57,1—68,3; $M = 62,1$; $n = 18$.

Der Vorderrand der Gaumenbrücke liegt in Höhe der Grenze P^2/P^3 , der Hinterrand in Höhe der Grenze M^1/M^2 , wie bei *Amphilagus*.

Der vordere Einschnitt ist deutlich breiter als der hintere, wie am Gaumen aller Lagomorphen.

P^3 und P^4 liegen mit ihren Basen im Jochbogenansatz, M^1 und M^2 enden frei, ohne Verschmelzung, wie bei *Amphilagus* und den älteren *Titanomys*. Der Hintereinschnitt des Jochbogenansatzes ist nicht verengt durch M^1 und M^2 wie etwa bei *Titanomys* von Montaignu.

Bemerkungen zum Unterkiefer: 22 Mandibeln des MB zeigen: a) der P_3 sitzt über der I-Alveole, b) die I-Alveole endet vor der Basis des P_4 , der I ist hinten aber lingual etwas herausgestellt, die Knochenwand vielfach aufgetrieben. c) Das vordere For. ment. liegt in Höhe oder dicht vor dem Vorderrand der P_3 -Alveole.

Diese Merkmale entsprechen denen bei *Amphilagus* vom gleichen Fundort.

3.1.2. Peublanc (Allier)

Material: BSP: 1 P₃, 1 P₄.

Der P₃ erbringt den Nachweis von *Piezodus*, der bisher von dieser Lokalität nicht bekannt war. Er befand sich unter den von SCHLOSSER (1926: 382) beschriebenen Lagomorphen-Resten. Der unangekaute Zahnkeim stimmt mit gleichen von Coderet und Tomerdingen überein, nur fehlt jede Spur der Hinterfalte. Ferner endet die Spitze des Vorderpfeilers noch weiter unterhalb der übrigen Kronenoberfläche als dort.

Der P₄ zeigt im Hinterlobus die zur Insel abgedämmte hintere Innensyncline, der Schmelzrand ist an der Hinterinnenecke ähnlich weit wie an den Coderet-P₄ emporgezogen.

3.1.3. Groß-Karben (15 km NE Frankfurt/M.)

(Zur Fundstelle in den Cerithien-Schichten des Mainzer Beckens vgl. TOBIEN 1970: 19).

Material: HLD: 1 P_{3d} (GK 51).

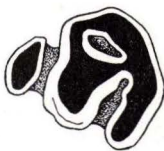


Abb. 11. *Piezodus branssatensis*, Ob. Stampium, Groß-Karben ndl. Frankfurt/Main, P_{3d}, invers, von occlusal, × 10, HLD GK. 51 (s. auch TOBIEN 1970, Abb. 4).

Der P₃ (TOBIEN 1970, Abb. 4, hier Abb. 11) hat archaisches Gepräge: Krone und Wurzel sind deutlich unterscheidbar, und das Innensynklinid ist lingual abgedämmt. In Größe und Evolutionshöhe — letzteres mit gewissem Vorbehalt — stimmt der Zahn mit P₃ von Coderet überein.

3.2. *Piezodus tomerdingensis* n. sp.

- 1929 *Piezodus* cf. *branssatensis* — VIRET, Limagne bourbonnaise: 98, Taf. 1 Fig. 22, 23 (? Fig. 21)
- 1963 *Piezodus* cf. *branssatensis* — TOBIEN, Zur Gebißenentwicklung, Abb. 14d
- 1970 *Piezodus branssatensis* (progressive Form) — TOBIEN, Lagomorpha (Mammalia) im Untermiozän: 28, Tab. 3
- 1970 *Piezodus* n. sp. — TOBIEN, Lagomorpha (Mammalia) im Untermiozän: 24, 28, Tab. 3
- 1972 *Piezodus* sp. — STEPHAN-HARTL, Die altmiozäne Säugetierfauna: 34, Taf. 7 Fig. 1—4, Abb. 9, S. 77, Taf. 24 Fig. 1

Diagnose: Eine weitgehend bis fast völlig hypsodonte Art der Gattung *Piezodus* mit entsprechender Rückbildung oder Schwund der Labialwurzeln an P²—M², bzw. der Wurzeln an P₃—M₂.

Holotypus: P²—M¹ sin., Länge an den Alveolen: 6,2; Staatl. Museum für Naturkunde, Stuttgart, Kat.-Nr. 26001; Abb. 12.

Locus typicus: Tomerdingen, NW Ulm.

Stratum typicum: Spaltenfüllung im Oberen Malm; Unter-Aquitanium (TOBIEN 1939: 172).

Beziehungen und Vergleiche: Der unter- und mittelequitane *Piezodus tomerdingensis* ist eine Weiterentwicklung des oberstampischen *Piezodus branssatensis*. Die bei letzterem noch gut entwickelte Bewurzelung (allerdings schwächer als beim gleichzeitigen *Amphilagus antiquus*) ist bereits bei der unteraquitanen Population von Tomerdingen weitgehend verschwunden; die Zähne sind hypsodonter, die Schmelzbedeckung auf der Hauptwurzel der OK-Zähne ist ausgedehnter.

Diese Tendenz verstärkt sich bei den mittelequitanen Vorkommen (Ulm, Heßler bei Wiesbaden). Hier ist schon nahezu die Vollhypsodontie erreicht. Erst in senilen Altersstadien erfolgt noch ein Verschluß der Pulpahöhlungen durch schwächliche Wurzeln. Diese Populationen kommen den ältesten *Prolagus* des Ober-Aquitaniums schon sehr nahe.

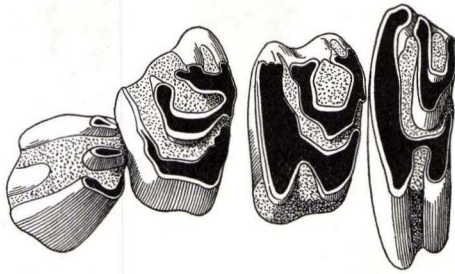


Abb. 12. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Tomerdingen bei Ulm, P²—M¹s, von occlusal, $\times 10$. MSt. 26001, Holotypus.

Die charakteristische Gestalt des P₃ (kein labiales Synklinid am Vorderaußenelement, flaches Vordersynklinid) wird jedoch noch beibehalten. Ferner ist die Krümmung der OK-Zähne in der Transversalebene noch etwas stärker als bei *Prolagus*. Dennoch ist die Unterscheidung dieser terminalen, mittelequitanschen *Piezodus tomerdingensis* von den frühen *Prolagus*-Formen — ohne Anwesenheit des P₃ — schwierig, manchmal unmöglich. Nachstehend folgt die Beschreibung einiger Vorkommen von *Piezodus tomerdingensis*.

3.2.1. Tomerdingen bei Ulm

Reichere, und von der Coderet-Population gut unterscheidbare Reste hat die unteraquitane Fundstelle Tomerdingen bei Ulm geliefert. Von dem dort gleichzeitig vorkommenden *Tit. visenoviensis* lassen sie sich zweifelsfrei abtrennen.

Material:

Oberkiefer: MSt.: 11 P², 11 P³, 24 P⁴, 15 M¹, 17 M², meist Einzelzähne.

Unterkiefer: MSt.: 12 P₃, 16 P₄, 18 M₁, 18 M₂, überwiegend Einzelzähne.

P²: Der Zahn ist im Prinzip wie in Coderet gebaut, nur ist er deutlich hypsodonter. Auf der Kaufläche greift die Mittelsynkline (ms) schräg von vorn-innen nach hinten-außen ein und ist tiefer als die Außensynkline (es). Die der ersteren auf der Vorderwand des Zahnes entsprechende zementgefüllte Furche ist breiter und reicht weiter wurzelwärts als die Außenfurche (Abb. 18—20). Bemerkenswert sind die Cingulum-artigen Schmelzbildungen an der Vorderseite der Kronenbasis: Am Grund der Außenfurche ist an den meisten P² ein schwacher Wulst sichtbar, der sich in zwei Fällen zu einer kräftigen Schmelzzunge steigert. Ähnliches findet sich am Grunde der Mittelfurche (Abb. 18—20). Ganz allgemein zeigt das basale Ende des Innenelementes eine auffällige, plötzliche Verdickung, die sich an einigen P² zu einer kulissenartig sich

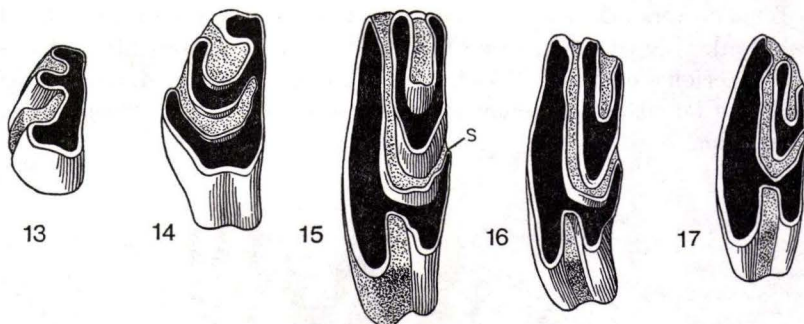


Abb. 13—17. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Tomerdingen bei Ulm, OK-Zähne, von occlusal, $\times 10$.

Abb. 13. P², MSt. 26 002.

Abb. 14. P^{3s}, MSt. 26 003.

Abb. 15. P⁴, MSt. 26 004.

Abb. 16. M¹, MSt. 26 005.

Abb. 17. M², MSt. 26 006. s: Unterbrechung der Hinterwand an P⁴—M².

vor den Mittelhügel legenden Schmelzwand steigern kann: Der Beginn eines Innenhügel-Vorderarmes (Abb. 20).

Unangekaute P² zeigen eine Durchbrechung der Hinterwand, so daß der Innenhügel in seiner Spitzenpartie isoliert und vom äußeren Kronenteil abgetrennt ist. An frischen P² von Coderet ist die Rückwand dagegen nahezu geschlossen. Eine Innensynkline (is) ist noch nicht vorhanden. Die Krone ist nach vorn konvex gebogen, zeigt aber auch eine mehr oder minder deutliche Biegung in der Transversalebene, die bei den folgenden Zähnen jedoch viel stärker ist: Labialseite konkav, Lingualseite konvex (Abb. 18—20).

Der Zahn ist einwurzelig. Jedoch ist an juvenilen Kronen, die noch keine Wurzel angesetzt haben, eine doppelte Unterteilung der Kronenbasis zu erkennen. Sie ist durch die lange und tiefe Mittelbucht hervorgerufen. Die Wurzel ist deutlich von dem Schmelzrand, der sich lingual etwas aufwulstet, abgesetzt. Sie hat jedoch nicht die Länge der *Amphilagus*- und *Titanomys*-P². Bald unterhalb der Kronenbasis kommt es zum Verschluß der Pulpahöhle, womit das Längswachstum der Wurzel in der Hauptsache abgeschlossen ist.

Gegenüber den *Piezodus*-P² von Branssat ist das Hintercingulum fast völlig reduziert. Dies ist die Ursache für die Unterbrechung der Hinterwand an frischen Zähnen. Dies kann an den folgenden P und M noch viel deutlicher beobachtet werden. Ebenso fehlt in Tomerdingen die Andeutung des labialen, neben dem Außenhügel liegenden hinteren Labialelementes.

P³: Das Mittelelement (ME) ist hier wie an den P³ von Branssat deutlich schlingenartig. Schwach sind dagegen die labialen Schmelzbildungen unterhalb des Außenelementes sowie das Hinteraußencingulum entwickelt. An der Labialwand ist letzteres — dicht unterhalb der Kaufläche — durch eine flache, manchmal zementgefüllte Rinne markiert und dadurch vom Außenhügel unterscheidbar (Abb. 12, 14).

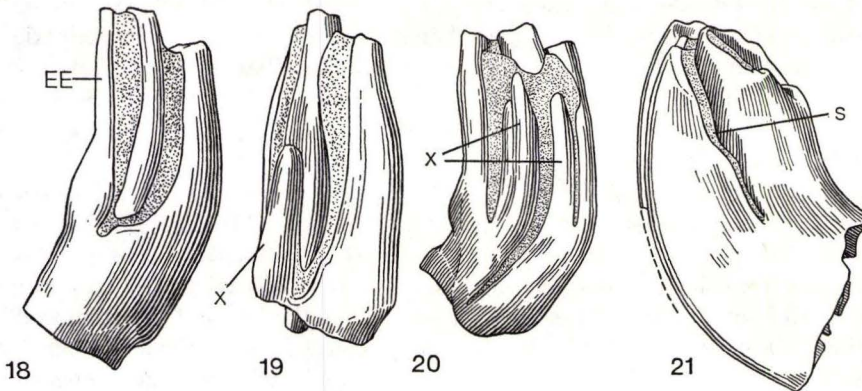


Abb. 18—21. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Tomerdingen bei Ulm, P² und P⁴, × 10.

Abb. 18. P²s, von vorn. MSt. 26007.

Abb. 19. P²s, von vorn, ×: Cingulum-artiger Vorderpfeiler vor dem Mittelelement. MSt. 26008.

Abb. 20. P²d, invers, von vorn, ×: Cingulum-artige Vorderpfeiler vor dem Mittel- und Innenelement. MSt. 26009.

Abb. 21. P⁴d, invers, Keim, von hinten, s: Unterbrechung der Rückwand. MSt. 26010.

Verschwunden ist ferner der bei *Amphilagus* und den älteren *Titanomys* vorhandene Cingulumwulst, der vom Labialrand unterhalb des Außenhügels auf der Vorderseite schräg nach innen und unten verläuft (TOBIEN 1974: Abb. 3, 24, 25).

Von selbständigen Buccalwurzeln ist nichts mehr vorhanden. Es ist nur noch eine labiale Kante an der Hauptwurzel sichtbar, die der an den *Piezodus*-P³ von Branssat noch selbständigen hinteren Labialwurzel entspricht. Ebenso verrät sich die stärkere Hypsodontie in der größeren Ausdehnung der Schmelzbedeckung auf der Hauptwurzel. Der Schmelzrand verläuft hier parallel und sehr nahe der Außenkante, so daß das Dentin außer auf der Labialfläche nur in einer sehr schmalen Zone auf der Vorder- und Hinterfläche zutage tritt. Ferner ist die Grenze Schmelz-Dentin un- deutlich und verwischt (Abb. 22).

Im ganzen sind hier bereits die wesentlichen Strukturmerkmale des jüngeren *Prolagus* in der Anlage vorhanden, auch hinsichtlich der schon beträchtlichen Entwicklung des Innenhügel-Vorderarmes.

Auch an frischen P^3 ist die Unterbrechung der Hinterwand, die sich als Furche markiert, deutlich sichtbar.

Hinsichtlich der Krümmungsradien⁶ bestehen gegenüber dem in Tomerdingen vorkommenden *Titanomys visenoviensis* folgende Unterschiede:

1. Es bestehen keine Beziehungen zwischen Größe der Zähne und den jeweiligen Krümmungsradien. Weder haben die kleinsten Zähne die kleinsten Radien, noch die größten Zähne die größten Krümmungswerte.

2. Trotz geringer Größendifferenzen (die *Piezodus*- P^3 sind im Mittel nur wenig kleiner als die *Titanomys*- P^3 : 2,5 gegen 2,6 vordere Breite) ist die Krümmung der *Piezodus*- P^3 beträchtlich stärker. Dies hängt mit der größeren Hypsodontie bei *Piezodus* zusammen. Der verlängerte Zahn hat im Maxillare weniger Platz und ist stärker eingekrümmt als bei dem brachyodonomeren *Titanomys*. Dieser Sachverhalt ändert sich erst bei den jüngsten *Piezodus*- bzw. bei den ältesten *Prolagus*-Formen (s. S. 175).

P^4 : Die Labialwurzeln sind hier wie am P^3 völlig verschwunden und treten nur noch als 2 Kanten in Erscheinung, welche die schmale Labialwand des Zahnes einfassen. Die Hauptwurzel, die jetzt praktisch den Zahn darstellt, ist zum größten Teil mit Schmelz bedeckt. Auf der Vorderwand ist nur ein schmaler Streifen neben der Vorderaußenkante schmelzfrei (ca. $\frac{1}{5}$ der Vorderwandbreite), auf der Rückwand ist das labiale Viertel ohne Schmelz. Ebenso ist die ganze Labialfläche schmelzfrei. Nur die höchsten Kronenpartien sind an juvenilen, wenig oder gar nicht angekauften Zähnen von Schmelz bedeckt. Gegenüber dem P^3 — dies gilt auch für *Amphilagus* und *Titanomys* — ist am P^4 das Außenelement sehr verkleinert (Abb. 23; 26—30).

Auf der Kaufläche ist der labiale Ausgang der Mittelsynkline stets geöffnet, ein Verschluss durch das vordere Labialelement (aLE), wie es manchmal bei *Titanomys* und *Amphilagus* zu beobachten ist, tritt hier nicht ein. Dies hängt mit seiner stärkeren Reduktion bei *Piezodus* zusammen. Es liegt — als ein undeutlicher Höcker — unter der Vorderaußenhecke, an ihn ist der Vorderarm des Innenhügels angeschlossen. Das hintere Labialelement (pLE) ist als schwacher Schmelzknopf unterhalb des Ausganges des Außensynkline in allen Fällen vorhanden.

Das Hinteraußencingulum (PC) fehlt fast völlig. Der Hinterarm des Innenhügels, der bei *Amphilagus*, *Titanomys* und auch bei *P. branssatensis* mit dem hier vorhandenen Cingulum verbunden ist, endet frei; vor ihm hat die Mittelsynkline einen Ausgang nach hinten. Die Hinteraußenwand des P^4 , wie auch der Molaren, wird jetzt vom Hinterarm des Mittelhügels gebildet (Abb. 12; 15—17). Distal macht sich dieser Zustand in einer weit wurzelwärts hinabziehenden Furche bemerkbar (Abb. 21). Hier ist das hintere Cingulum nur noch als sehr feine Schmelzkante sichtbar.

Auffallend ist die hier besonders deutliche Torsion des Zahnes in der Längsachse: Bei natürlicher Lage des Zahnes im Maxillare ist die Pulpaöffnung immer schräg

⁶ Auf die an der Lingualkante der P^3 - M^2 meßbaren Krümmungsradien ist an anderer Stelle eingegangen (TOBIEN 1974: Abb. 94).

nach vorn und außen gewendet. An den stark gekrümmten P⁴ kann sie sogar manchmal etwas nach außen und unten gerichtet sein.

Die Torsion in der Längsachse und vor allem die beträchtliche Krümmung der P⁴ bedingen sehr erhebliche Unterschiede im Aussehen alter und junger Zähne. Infolge der schiefen Abtragung des Zahnes (S. 109) tritt in labio-lingualer Richtung eine ganz erhebliche Verbreiterung der Kaufläche ein. In extremen Fällen finden sich dann die in Abb. 29, 30 wiedergegebenen „abnormen“ Zähne: Der Außenteil der Krone nebst Usurfläche ist fast rechtwinklig wurzelwärts abgebogen, die vordere Außenkante des Zahnes verläuft in einem nahezu geschlossenen Kreisbogen, Labialrand der Kaufläche und Pulparand berühren sich beinahe.

An den P⁴ ist der Krümmungsunterschied — gegenüber *Titanomys* — beträchtlicher als an den P³. Die *Piezodus*-P⁴ sind in Mesialansicht stärker gekrümmt als die *Titanomys*-P⁴ vom gleichen Fundort. Wie an den P³, besteht auch an den P⁴ kein ersichtlicher Zusammenhang zwischen Größe und Krümmung des Zahnes.

M¹: Die an den ersten Molaren von *P. branssatensis* noch vorhandenen Labialwurzeln sind hier völlig geschwunden und nur noch als wulstige Kanten an der Außenfläche erkennbar. Nur die vordere zeigt noch eine gewisse Selbständigkeit, indem ihre Spitze weit unter dem Niveau der Kaufläche vom Hauptteil der Krone abgetrennt ist (Abb. 24).

Ferner sind die Kronen länger und stärker gekrümmt als bei *P. branssatensis*, die Unterbrechung der Hinterwand ist deutlich, das vordere Labialelement ist abgeschwächt. Die Hauptwurzel wird jedoch im Alter noch verschlossen, die persistierende Pulpa der miozänen *Prolagus* fehlt noch (Abb. 6, 22—25).

Wie üblich, ist die Innensyncline tiefer, ihre Schmelzbänder sind parallel, während am P⁴ die Innenbucht seicht ist und die Schmelzbänder einen nach innen offenen Winkel bilden.

Größe und Krümmung sind ähnlich wie am P⁴. Die starke Krümmung kommt, wie am P⁴, auch dadurch zum Ausdruck, daß die labiale Kronenpartie bei alten Zähnen weit nach außen und z.T. nach unten überhängt, und die Kaufläche ganz enorm in der Querrichtung verlängert wird.

Die M² des *Piezodus* von Tomerdingen zeigen gegenüber denen von Coderet folgende Unterschiede: Die hintere Labialwurzel ist völlig verschwunden; die vordere bildet eine Vorderaußenkante am Zahnschaft und spreizt erst weit unten eine rudimentäre Wurzelspitze ab. Die Rückwand ist infolge des Fehlens des Hinteraußencingulums unterbrochen, die Mittelbucht hat einen Ausgang nach hinten. Erst an sehr alten Zähnen kommt es zu einem Verschuß. Hier wie an den *branssatensis*-M² ist das Mittelelement schlingenartig gestaltet, d.h., es entsendet einen gegen die Hinteraußenecke gerichteten Grat (Abb. 2—5, 12, 17, 25).

Die Schmelzbedeckung der Hauptwurzel ist, wie am M¹, ausgedehnter als bei *Amphilagus* und dem Tomerdingener *Titanomys*.

Ferner sind die *Titanomys*-M² weniger gekrümmt und kürzer als die *Piezodus*-M². Innerhalb der *Piezodus*-Zahnreihe sind die M² am stärksten gekrümmt (Mittel: P³ = 2,9; P⁴ = 3,0; M¹ = 2,9; M² = 2,7, s. Tab. 5).

P₃: Prinzipiell nicht vom Coderet-*Piezodus* unterschieden, nur ist die Krone länger und die Wurzel schwächer, der Lingualsporn auch nicht überall ausgebildet. Dem-

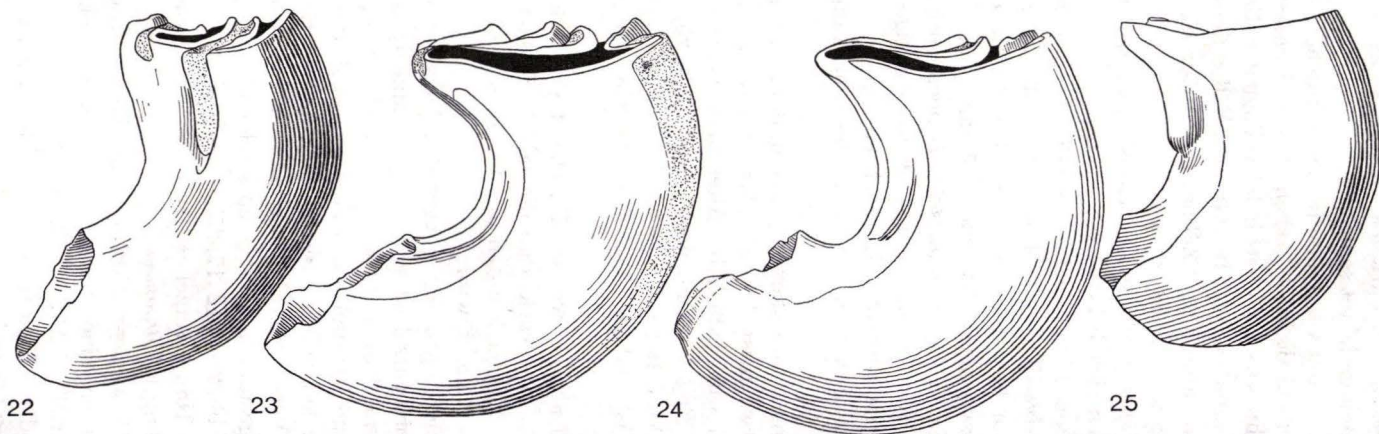


Abb. 22—25. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Tomerdingen bei Ulm, P³—M²s.
von vorn, × 10.

Abb. 22. P³s, MSt. 26011.

Abb. 23. P⁴s, MSt. 26012.

Abb. 24. M¹s, MSt. 26013. Kleine Ergänzung am Labialwurzel-Rudiment.

Abb. 25. M²s, MSt. 26014.

entsprechend greift die Schmelzgrenze an der Hinterinnenecke etwas höher hinauf. Wie ein Keim lehrt, ist das Vorderinnenelement kräftiger als das Vorderaußenelement (Abb. 31—35).

P_4-M_2 : Auch hier sind nur Unterschiede im Hypsodontiegrad vorhanden; so ist die schmelzfreie Zone an der Hinterinnenecke länger, sie greift — an manchen M_1 und M_2 — über die Basis der Hinterinnenbucht nach oben hinaus.

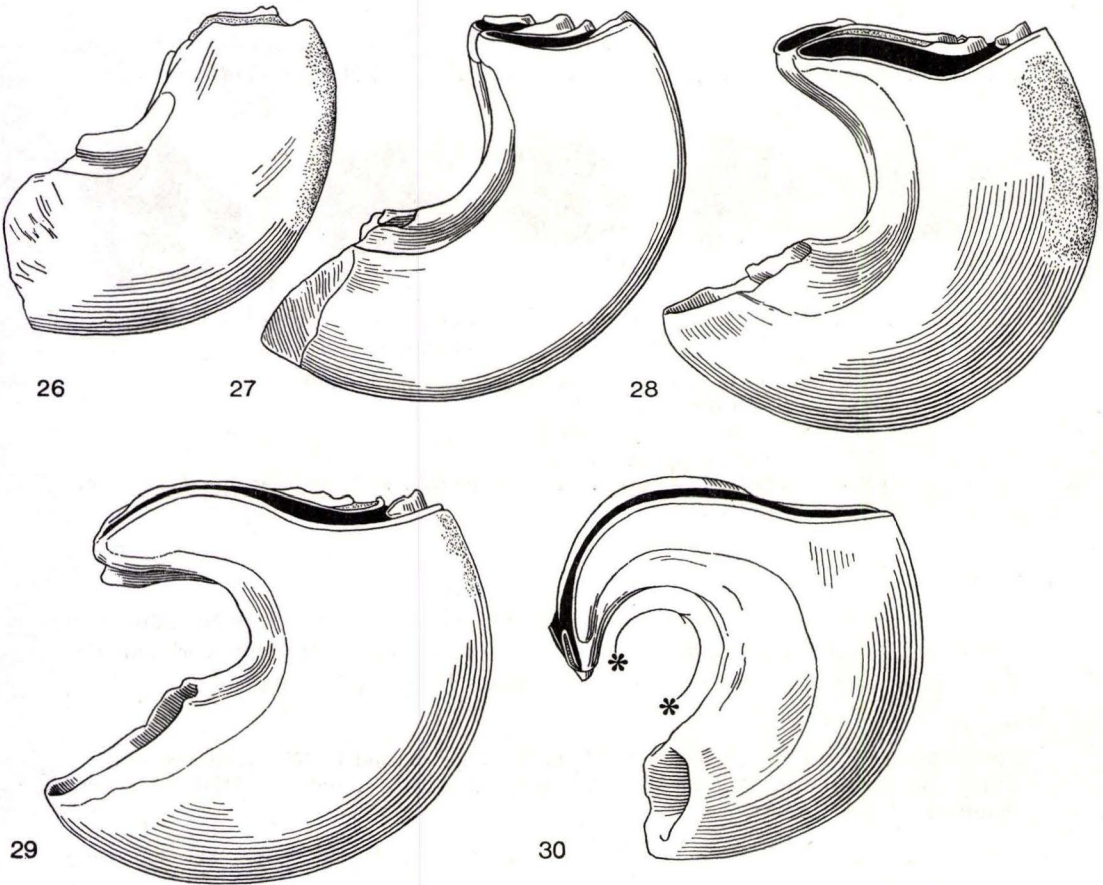


Abb. 26—30. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Tomerdingen bei Ulm, P_4^s , von vorn, $\times 10$; Veränderungen der Zahngestalt und der Kaufläche während der Abkautung zeigend.

Abb. 26. P_4 -Keim, MSt. 26015.

Abb. 27. Iuveniler P_4 (s. auch TOBIEN 1963, Abb. 14d), MSt. 26016.

Abb. 28. Adulter P_4 , MSt. 26017.

Abb. 29. Adulter P_4 , MSt. 26018.

Abb. 30. Seniler P_4 , MSt. 26019.

—←— : Rotatorische Verschiebungsbahn eines Massenpunktes (z.B. labiale Grenze Schmelz-Dentin) während der Usur des P_4 . Bewegungssinn in Pfeilrichtung.

An den M_2 ist das hintere Innensynklinid (pis) bis weit hinab an die Zahnbasis nach lingual offen, wogegen an P_4 und M_1 sehr bald nach Einsetzen der Usur die Abdämmung erfolgt, und die Bucht als Insel dann bis in Altersstadien auf der Kaufläche des Hinterlobus erhalten bleibt. Dieses Verhalten des hinteren Innensynklinids an den M_2 kündigt schon die später bei *Prolagus* erfolgende völlige Abtrennung der Hinterfalte und die Ausbildung eines kompletten dritten Lobus an. Dies dient — neben den üblichen Kriterien — (S. 123, Abb. 10) zur Erkennung isolierter M_2 gegenüber P_4 und M_1 .

Die M_2 -Wurzel ist schwächer als die M_1 -Wurzel, ihr fehlt vor allem die nach lingual entwickelte Partie unter dem Vorderlobus, die an P_4 und M_1 noch deutlich ist.



Abb. 31–35. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Tomerdingen bei Ulm, P_3 , von occlusal, $\times 10$. Verschiedene Abkautungsstadien.

Abb. 31. P_3 -Keim, Vorderpfeiler ergänzt. MSt. 26 020.

Abb. 32. Juveniler P_3 , MSt. 26 021.

Abb. 33. Adulter P_3 , MSt. 26 022.

Abb. 34. Adulter P_3 , MSt. 26 023.

Abb. 35. Seniler P_3 , MSt. 26 024. Durch schiefe Abkautung unnatürlich vergrößert.

3.2.2. Boudry (Kt. Neuenburg)

Die Lokalitäten Boudry-les-Isles und Boudry II (Parc) gehören nach HÜRZELER (1945: 60) in das Untere Aquitanium. Nach den im Baseler Museum vorhandenen Materialien ist nur *Piezodus* vertreten. Andere Lagomorphen fehlen.

Material:

Oberkiefer: MB: 2 P^2 , 5 P^3 , 11 P^4 , 9 M^1 , 11 M^2 , überwiegend in Kieferfragmenten.

Unterkiefer: MB: 8 P_3 , 5 P_4 , 8 M_1 , 7 M_2 , teils Einzelzähne, teils in UK-Fragmenten.
Boudry-les-Isles: 1 P_3 .

P^2 : Der P^2 in der Zahnreihe (Abb. 36) ist wenig angekaut, daher ist das große Innenelement (IE) noch nicht mit dem übrigen Zahnteil verbunden. Dies hängt auch mit der an den folgenden Zähnen ebenfalls z.T. vorhandenen Durchbrechung der Hinterwand zusammen. Das Hinterringulum (PC) ist vorhanden, aber schwächer als bei *P. brassatensis*. Vor der Mittelbucht (ms) liegt ein Schmelzpfeiler, dem wesentlich größeren Element am P^3 entsprechend.

Wie in Tomerdingen greift die Mittelfurche (ms) weiter wurzelwärts hinab als die Außenfurche (es). Die Labialfläche des Außenelementes (EE) trägt unterhalb der Kaufläche eine dünne Zementauflage. Damit ist der — am P^3 wohlentwickelte — Trichter zwischen Außenelement und labial davon gelegenen, am P^2 aber nur angedeuteten hinteren Labialelement markiert. Der Zahn ist einwurzelig.

P³: Hier hat das Mittelelement schlingenartige Form, nicht so ausgeprägt wie in Tomerdingen, aber deutlicher als in Coderet (an weiter abgekauten P³, als an dem in Abb. 36 wiedergegebenen, tritt dies besser hervor), wo er noch stärker im Mittelteil gebläht ist. MB Bd. 229 ist in diesem Punkte *branssatensis*-artig. Wie Abb. 36 zeigt, sind die Kronen entschieden höher als in Coderet. Dies lehrt das hintere Labialelement, das pfeilerartig emporgezogen ist und eine kleine Usur trägt. Die Innenbucht ist auffallend seicht, jedoch hängt dies z.T. mit der geringen Abkautung zusammen.

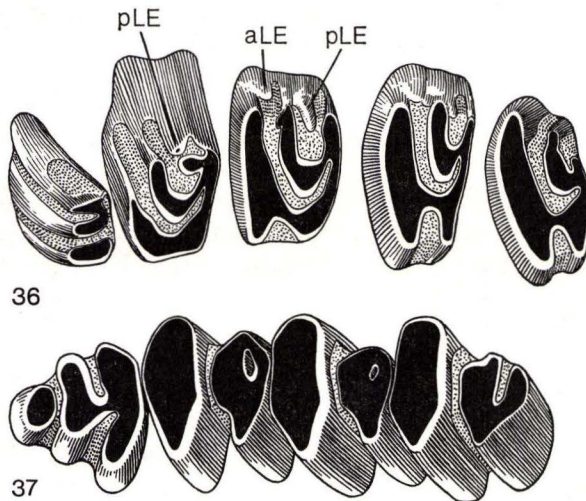


Abb. 36—37. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium; Boudry (Kt. Neuchâtel), OK- und UK-Zahnreihen, von occlusal, $\times 10$.

Abb. 36. P²—M²s, MB Bd. 19. Abkürzungen bei Abb. 5.

Abb. 37. P₃—M₂d, invers, Boudry II (Pare), MB Bd. 2.

Im Gegensatz zu den Tomerdingen P³ sind hier die Labialwurzeln noch vorhanden, was eher an die Coderet-P³ erinnert. In diesem Punkt sind die Exemplare von Boudry etwas rückständiger als die von Tomerdingen.

P⁴: Vorderes und hinteres labiales Element (aLE, pLE) sind kräftig, das, wie üblich, kräftigere hintere pfeilerartig gestreckt. Das Außenelement (EE) ist reduziert, und die Mittelsynkline hat stets — von sehr alten Zähnen abgesehen — Ausgang nach der Labialseite. Labialwurzeln sind abgeschwächer als in Coderet vorhanden (Abb. 36).

M¹: Das vordere Labialelement (aLE) ist undeutlich, mittleres und hinteres Labialelement sind etwas hypsodont. Das Hintercingulum ist schwach, so daß an frischen Zähnen die Mittelsynkline einen hinteren Ausgang hat. Labialwurzeln sind in Rudimenten noch vorhanden (Abb. 36).

M²: Hier ist das Hintercingulum noch stärker reduziert als am M¹ und den Prämolaren, so daß die Hinterwand auch hier durchbrochen ist, zumindest an frisch

angekauhten Zähnen. Das Mittelelement hat einen nach hinten-außen verlaufenden Grat, es ist dadurch, wie überall bei *Piezodus*, schlingenförmig. Auch die M^2 lassen noch schwache Wurzelreste erkennen.

Die oberen Boudry-Zähne stehen in ihrer Entwicklungshöhe zwischen denen von Coderet und Tomerdingen. An Coderet erinnern die noch nicht voll reduzierten Labialwurzeln bei P^3-M^2 ; schlingenartiger Mittelhügel am P^3 , größere Hypsodontie und Abschwächung des Hinterringulums nähern das OK-Gebiß denen von Tomerdingen, ohne jedoch das dort vorhandene Ausmaß zu erreichen.

P_3 : Sie stimmen mit den P_3 von Coderet und Tomerdingen gut überein. Auch hier ist die nach hinten ausgeweitete Kopfpattie des Innensynklinids, die flache Vorderbucht und der Lingualsporn meistens (jedoch nicht in Abb. 37) vorhanden. Alle P_3 haben — sofern sie keine Keime sind — noch kräftige Wurzeln.

P_4-M_2 : Am M_2 ist bis weit wurzelwärts noch offen, an P_4 und M_1 wird es rasch zur Insel abgedämmt (Abb. 37). Die Wurzelbildung erfolgt auch hier bei genügend alten Zähnen.

Länge P_3-M_2 (an den Alveolen): 7,9; ca. 8,4.

Untere und obere Incisiven der weiter evoluierten *Piezodus* habe ich von *Titanomys* nicht mit Sicherheit unterscheiden können. Sie werden daher hier und im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

3.2.3. Wischberg b. Langenthal (Kt. Bern)

Von der Fundstelle wurden von SCHAUB & HÜRZELER (1948: 354—366) 19 Säugerarten beschrieben. Darunter befindet sich: „Lagomorphum aff. *Piezodus*“. Die genannten Autoren stellen Wischberg in das Untere Aquitanium.

Material:

Oberkiefer: MB: 2 P^3 , 1 P^4 , 2 M^1 .

Unterkiefer: MB: 3 P_3 , 3 P_4 , 3 M_1 , 1 M_2 .

Die beiden P^3 zeigen einen geblähten Mittelhügel, der labialwärts etwas zugespitzt ist, erinnern daher an Exemplare von Coderet. Sie sind aber etwas hypsodont, ohne jedoch an die von Tomerdingen heranzureichen. Nur die hintere Labialwurzel zeigt Tendenz zur Selbständigkeit. Der P^4 hat eine labial offene Mittelsyncline, was für *Piezodus* spricht. Außenwurzeln sind weit unterhalb der Kaufläche vorhanden. Einer der M^1 hat eine lange und stark gekrümmte Hauptwurzel, die bis auf einen schmalen labialen Streifen auf der Vorderwand breit mit Schmelz bedeckt ist, auch dies spricht für *Piezodus* (As 72). Der andere M^1 ist stark abgekaut und labial defekt.

Die isolierten oberen P und M dürften demnach zu *Piezodus* gehören und ähnlich wie Boudry zwischen Coderet und Tomerdingen stehen.

P_3 : Die 3 Exemplare (davon gehören 2 zu einem Individuum in Mandibelfragm. U.M. 7028) sind wenig angekauht, der Vorderpfeiler ist noch nicht aufgeschliffen, aber die Innensyncline ist lingual abgedämmt und bildet einen Schmelzring auf der Kaufläche (Abb. 38): d.h. eine Struktur wie sie auch u.A. am P_3 des *T. visenoviensis* von Tomerdingen auftritt. In Lingualansicht fehlt daher jedes Anzeichen

einer Innenbucht. Diese abgedämmte Innenbucht kenne ich nur von sehr senilen P_3 von Coderet, von 2 P_3 aus Saulcet (MB: Sau 765,4842), und 1 P_3 von Groß-Karben (Abb. 11) und Lagnac (Abb. 53), die in mittlerer Usur stehen. An den Wischberg- P_3 erfolgt die Abdämmung schon in juvenilem Stadium: Offensichtlich ein archaisches Merkmal. Ein Lingualsporn ist vorhanden.

Offenbar hat es innerhalb der *Piezodus*-Gruppe des älteren Aquitaniums Populationen gegeben, die in manchen Merkmalen rückständiger sind als andere. Auch wenn es sich um bloße Anomalien handelt, so ist doch auffällig, daß sie schon in jugendlichen Stadien auftreten, und diese P_3 als einzige gefunden wurden.



Abb. 38. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Wischberg b. Langenthal (Kt. Bern), P_3 s, von occlusal, $\times 10$. MB As 74.

Man könnte ferner noch daran denken, daß hier eine primitive Form von *T. visenoviensis* vorliegt, bei der — lokal — ein Vorderpfeiler ausgebildet ist (ganz ähnlich wie an den P_3 des großen *T. ulmensis* aus der Umgebung Ulms und von Wintershof). Aber dagegen sprechen die OK- und UK-Zähne, die beträchtlich hypsodonter als die eines unteraquitanen *Titanomys* sind.

SCHAUB & HÜRZELER (1948: 356) beurteilen den Vorderpfeiler als schwach, wohl weil seine Spitze unterhalb der Usurfläche des übrigen Kronenteils endet. Dies ist aber bei allen juvenilen *Piezodus*- P_3 mehr oder minder der Fall. Daß dieser Zustand die Einleitung zu einem völligen Schwund des Vorderpfeilers sei, wobei auf diesem Wege der „Typus *Titanomys*“ entstanden wäre (l. c.) ist unwahrscheinlich. Mehr spricht dafür, daß *Titanomys* von *Amphilagus* abzuleiten ist, und der Vorderpfeiler für *Piezodus* konstant ist. Außerdem sind typische *Titanomys*- P_3 auch schon aus dem Unteren Aquitanium bekannt.

An P_4 — M_2 sind die Hinterfalten in der typischen Form vorhanden: An P_4 und M_1 zu Inseln abgedämmt, am M_2 ist bis bis nahe zur Kronenbasis offen.

Länge P_3 — M_2 (an den Alveolen gemessen): ca. 7,4.

3.2.4. Veltheim (Kt. Aargau)

Die im Baseler Museum befindlichen Säugerreste gehören nach frdl. mündlicher Auskunft von Herrn Dr. HÜRZELER in das Obere Stampium oder Untere Aquitanium, sicher nicht in das Mittlere oder Obere Aquitanium.

Ein isolierter M^1 (U.M. 4063) kann zu *Piezodus* gehören; die schwachen labialen Wurzeln und die große, auf der Vorderseite fast völlig mit Schmelz bedeckte Hauptwurzel sprechen eher für dieses Genus als für *Amphilagus* oder *Titanomys*.

Die beiden P_3 (ein Exemplar am Vorderpfeiler und Hinterlobus defekt) gehören zu *Piezodus*. Die Vorderfurche ist schwach entwickelt, an dem vollständigen P_3 (U.M. 4062) fehlt der Lingualsporn. Dieser Zahn ist ziemlich usiert. Der Vorderpfeiler ist relativ groß und quer gedehnt.

3.2.5. Mörigen (Kt. Bern)

Inedite Lokalität des Baseler Museums. Alter: Unter-Aquitanium.

Material:

MB: 1 P_3 ; ein nicht sicher bestimmbares Fragment eines M sup. sin.; ferner ein Fragment eines D^2 sup.

Der P_3 besitzt einen deutlichen Lingualsporn, die Innenbucht endet auffallend weit über der Kronenbasis. Die Vorderbucht ist kaum bemerkbar.

Die spärlichen Reste von Veltheim und Mörigen können nur mit Vorbehalt zu *Piezodus tomerdingensis* gestellt werden. Eine Zugehörigkeit zu *P. branssatensis* ist ebenso möglich.

3.2.6. Paulhiac (Lot-et-Garonne)

Material:

Oberkiefer: MB: 2 P^2 , 25 P^3 , 40 P^4 , 13 M^1 , 1 M^2 .

Unterkiefer: MB: 34 P_3 , 62 P_4 , 58 M_1 , 64 M_2 . Überwiegend Einzelzähne.

P^2 : Die Mittelbucht schneidet schief nach hinten-außen ein, das Innenelement ist etwas größer als das Mittelelement. 1 Ex. zeigt vor der Mittelbucht einen langen Schmelzpfeiler.

P^3 : Der Mittelhügel ist nur wenig mehr schlingenartig gestaltet als am *Piezodus* von Coderet. Dies kommt vor allem in mittleren Abkautungsstadien zum Ausdruck. Der Gegensatz zwischen gerundetem Mittelteil und zugespitztem Labialteil, der in Tomerdingen verschwunden ist, ist in Paulhiac noch erhalten. In Boudry II sind die Mittelhügel dagegen bereits deutlicher schlingenartig (Abb. 39).

Im übrigen sind die P^3 , wie die übrigen OK-Zähne, hypsodonter als in Coderet: So ist das hintere Labialelement zu einer Schmelzzunge ausgezogen — ähnlich wie in Boudry (Abb. 36) — aber hier mit dem kräftigen und ebenfalls deutlich aufgehöhten Hintercingulum verschmolzen (Abb. 39). An Zahnkeimen ist damit der Außenhügel labial und hinten von einem Schmelzwändchen umgeben, das eine zementgefüllte, kleine Syncline nach außen begrenzt. Derartige findet sich bereits an einzelnen P^3 des Coderet-*Piezodus* (MB Cod. 308). In Paulhiac ist es aber die Regel. Bei Einsetzen der Abtragung werden Außenhügel und Schmelzwändchen aufgeschliffen; zuerst ist eine kleine, sich nach vorn öffnende Syncline sichtbar, die dann später zu einem allseitig geschlossenen Trichter abgedämmt wird (Abb. 40).

Eine ähnliche Trichterbildung erfolgt durch Verschluß der eigentlichen Außensyncline, dadurch, daß sich Außenelement und Labialende des Mittelelementes verbinden.

Die Labialwurzeln sind weitgehend reduziert, es kommt nur an der hinteren z.T. zur Abspaltung der Spitze, sie sind aber als Wülste noch deutlich erkennbar.

Eine Durchbrechung der Hinterwand wie am Tomerdingen *Piezodus* ist am P^3 und den folgenden Zähnen nicht zu beobachten. Die Hintercingula sind hier nicht zurückgebildet.

P^4 : Das hintere Labialelement ist sehr kräftig, zungenartig und quergedehnt, es ragt — ähnlich wie bei den Stücken von Boudry (Abb. 36) — in die Außenbucht hinein (Abb. 41). Auch ist es, wie am P^3 , häufig mit dem reduzierten Außenhügel verbunden, so daß eine kleine, nach labial geöffnete zementgefüllte Syncline entsteht.

Die Außenwurzeln sind schwächer als bei den Exemplaren von Coderet, jedoch nicht völlig mit der Hauptwurzel verschmolzen wie bei denen von Tomerdingen.

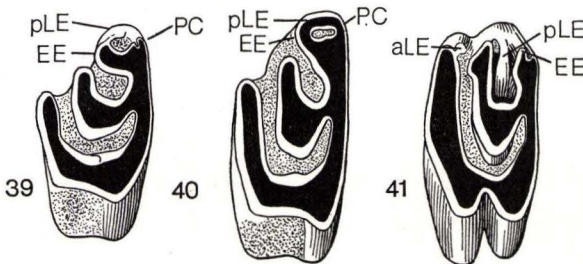


Abb. 39—41. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Paulhiac (Lot-et-Garonne), P^3 und P^4 , von occlusal, $\times 10$. Erläuterung der Abkürzungen bei Abb. 5.

Abb. 39. P^3 s, MB Pa. 6433.

Abb. 41. P^4 s, MB Pa. 6435.

Abb. 40. P^3 s, MB Pa. 6434.

M^1 : Die Zähne sind so weit gekrümmt, daß der Pulparand der Hauptwurzel fast senkrecht zur Kaufläche steht, ein Zeichen für den hohen Grad der Hypsodontie. Labialwurzelreste sind noch vorhanden, sie spreizen — bei Zähnen gleichen Usurgrades — weiter unterhalb der Kaufläche ab als in Coderet. Sie erreichen jedoch nicht den Reduktionsgrad wie in Tomerdingen. Die hintere Labialwurzel ist schwächer als die vordere. Ein vorderes Labialelement (aLE) ist vorhanden, meist un deutlich, gelegentlich sogar fehlend.

M^2 : Der einzige M^2 — ein frisches Exemplar — weist das üblicherweise stärker als an den vorangehenden Zähnen reduziertes Hintercingulum sowie schwächliche Wurzeln auf (Pa. 12249).

Der *Piezodus* von Paulhiac kann als ausgesprochene Weiterbildung von Coderet gelten: Unter Zunahme der Hypsodontie werden die labialen Elemente und das Hintercingulum nicht reduziert, sondern von der allgemeinen Hypsodontierung mit erfaßt. Dieses Verhalten steht im Gegensatz zur Tomerdingen Population: Hier geht das Hintercingulum weitgehend verloren.

P_3 : Sie gleichen denen von Coderet und Tomerdingen, nur fehlt der Lingualsporn fast allen Exemplaren. Nur 7 P_3 weisen ihn in schwachen Andeutungen auf.

Am P_4 ist die Hinterinnenkante weitgehend von Schmelz entblößt, ebenso wie an den folgenden Molaren. Die schwächliche Wurzel läßt die übliche Dreigliederung ersehen. Eine Aufspaltung in Vorder- und Hinterast wurde in keinem Falle beobachtet.

An M_1 und M_2 ist die Wurzelbildung noch schwächer, die Vorderaußenpartie der M_2 -Wurzel ist auch hier — wie in Tomerdingen — weitgehend reduziert; pis ist am M_2 offen und greift an der Krone weit wurzelwärts hinab; an P_4 und M_1 wird es rasch abgedämmt und persistiert lange als Insel.

Gegenüber dem *Piezodus* von Coderet ist — wie an den OK-Zähnen — auch an P_3 — M_2 die Hypsodontie verstärkt.

M_3 : Keines der 7 hierfür geeignet erhaltenen UK-Fragmente besitzt eine M_3 -Alveole.

Länge P_3 — M_2 (an den Alveolen gemessen): 8,0 (Pau 63).

3.2.7. Saulcet (Allier)

Inedite Lokalität des Unter-Aquitaniams im Basler Museum (s. auch HUGUENEY 1969: 220).

Material:

Oberkiefer: MB: 2 P^4 .

Unterkiefer: MB: 3 P_3 , 2 P_4 , 1 UK-Fragment mit P_3 — M_2 (Abb. 42).

Neben *Titanomys visenoviensis* ist hier, durch P_3 sicher, wenngleich selten belegt, auch *Piezodus tomerdingensis* vorhanden. Jedoch sind keine sicheren Belege für *Piezodus* unter den OK-Materialien vertreten. Vor allem fehlen P^3 mit schlingenartigem bzw. labial zugespitztem Mittelhügel.

Zwei P^4 (Sau 3719 u. 3727) sind stärker hypsodont, die Schmelzgrenze läuft auf der Vorderwand parallel zur labialen Zahnkante. Dies und leichte Vorwärtstorsion erwecken den Verdacht einer Zugehörigkeit zu *Piezodus*. Gegenüber den Tomerdingen *Piezodus* sind sie schwächer gekrümmt und besitzen deutlichere Labialwurzeln. Beide P^4 sind wenig angekauft.

P_3 : 2 P_3 (Sau 745, 4842) zeigen Abdämmung der Innenbucht bzw. stehen kurz davor. Entsprechend fehlt auf der Lingualwand die Innenbucht oder ist nur sehr kurz. Der P_3 in Abb. 42 ist normal. Lingualsporn und Vorderfurche fehlen hier.

P_4 — M_2 : Ohne Besonderheiten. Das UK-Fragment hat keine M_3 -Alveole.

Länge P_3 — M_2 (an den Alveolen gemessen): 9,0 (Sau 2422).

Allgemeine Bemerkungen zu den *Piezodus*-Formen oberstampischer und unteraquitainer Fundorte:

Die an den oberstampischen und unteraquitainen Fundorten vorhandenen *Piezodus*-Populationen zeigen an jedem der behandelten Fundorte gewisse Besonderheiten. Sie treten besonders am P^3 hervor:

Coderet: Mittelhügel rundlich, aber mit labialwärts ausgezogener Spitze. Hinteres Labialelement rundlich, brachyodont, Hintercingulum kräftig, niedrig. Labialwurzeln relativ kräftig.

Tomerdingen: Mittelhügel eng schlingenartig, Labialelemente und Hintercingulum reduziert, daher Hinterwand durchbrochen. Labialwurzeln verkümmert.

Boudry: Mittelhügel in der Form zwischen Coderet und Tomerdingen stehend, pLE vorhanden und aufgehöhht, Wurzeln schwach, aber individualisiert.

Wischberg: Ganz primitiver, *Amphilagus*-artiger Mittelhügel, trotzdem Hypsodontie größer als in Coderet. Labialwurzeln vorhanden, aber schwächlich.

Paulhiac: Mittelhügel zwischen Tomerdingen und Coderet. Labiale Elemente und Hintercingulum kräftig, hypsodont; keine Durchbrechung der Hinterwand. Wurzeln stark reduziert, aber nicht in dem Ausmaß wie in Tomerdingen.

Das wesentliche evolutive Kriterium ist die Zunahme der Hypsodontie, die Reduktion der Wurzelbildung und ihre Verlagerung in spätere Altersstadien des OK- und UK-Gebisses. Danach ist Coderet auch taxonomisch von den Vertretern der anderen Lokalitäten abzutrennen. Diese zeigen — am P^3 besonders deutlich — gewisse Unterschiede (z. B. Tomerdingen gegenüber Paulhiac), die für die jeweiligen lokalen Populationen charakteristisch sind. Beim gegenwärtigen Kenntnisstand sehe ich jedoch davon ab, hierfür Unterarten aufzustellen.

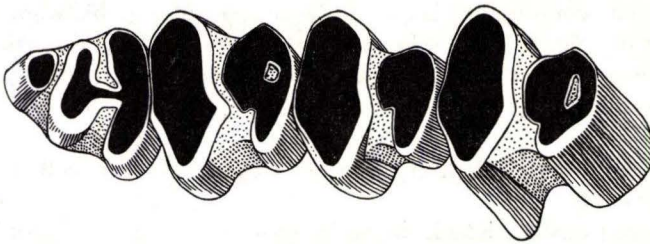


Abb. 42. *Piezodus tomerdingensis*, Unt. Aquitanium, Saulcet (Allier), P_3 — M_2 s, von occlusal, $\times 10$. MB Sau 2422. (Vorderwände von P_4 — M_2 in der Mitte ohne Schmelzbelag).

Piezodus tomerdingensis ist ferner auch an folgenden Lokalitäten des Mittel-Aquitaniums vertreten: Umgebung von Ulm, Heßler bei Wiesbaden, Chaveroches (Allier).

3.2.8. Eselsberg bei Ulm

Material:

Unterkiefer: BSP: 2 UK-Fragmente mit P_3 — M_2 .

MSt.: 3 UK-Fragmente mit P_4 — M_2 , P_3 — M_2 , P_3 — M_2 ; ferner P_3 u. P_4 zusammengehörig.

P_3 : Durch isolierte Vorderpfeiler einwandfrei zu *Piezodus* gehörig; aber Kronen bedeutend länger als in Coderet und den unteraquitanen Vorkommen. Wurzelbildung ist noch nicht erfolgt, die Krümmung in linguo-labialer Richtung wesentlich schwächer. Vorderlobus ohne Vorderbucht.

P_4 — M_2 sind ebenfalls durch lange Kronen und noch fehlende Wurzeln charakterisiert, so daß Vorder- und Hinterlobus basal völlig voneinander getrennt sind. An P_4 und M_1 ist pis abgedämmt, am M_2 weit wurzelwärts offen, dazu kommt an einem Stuttgarter Exemplar noch ein flaches pes, so daß hier die Hinterfalte besonders auffallend abgegliedert ist. Immerhin endet pis noch über der Zahnbasis.

Dieser sehr hypsodonte *Piezodus* zeigt bereits starke Annäherungen an den oberaquitanen und burdigalen *Prolagus vasconiensis*. Allerdings fehlt den P_3 die Vorderbucht sowie die kleine Bucht am Außenelement des Vorderlobus.

Die Zahnreihen sind auffallend klein gegenüber manchen unteraquitanen Formen (Saulcet z.B.) und Coderet.

Länge P_3 — M_2 : ca. 7,6 und ca. 7,4.

3.2.9. Heßler bei Wiesbaden

Material:

Oberkiefer: SM: 1 P^3 , 2 P^4 , 1 M^1 , 1 M^2 .

Unterkiefer: SM: 2 P_3 , 2 UK-Fragmente mit P_3 — M_2 .

Hierher sind 5 isolierte OK-Zähne zu stellen, die durch völliges Fehlen der Außenwurzeln, die kaum noch als Kanten angedeutet sind, sowie durch beträchtliche Streckung auffallen. Da *Piezodus* auch durch extrem hypsodonte P_3 belegt ist (s. unten), gehören diese OK-Zähne zweifellos zu dieser Gattung.

P^3 : Mittelhügel gebläht, aber labial ausgezogen und verlängert. Vorderarm des Innenhügels weit vorgezogen, keine Andeutungen von Labialwurzeln. Schmelzbedeckung auf der Vorderwand sehr ausgedehnt, nur die labiale Partie schmelzfrei. Keine Andeutung einer Wurzelbildung. Hintere Innenkante lingualwärts über vordere hinausragend wie bei *Prolagus*.

Obwohl nur ein P^3 von *Piezodus* vorliegt, scheint er doch, im Vergleich zu den *Titanomys*- P^3 der gleichen Lokalität, gestreckter zu sein, wie der größere Krümmungsradius (KR) erweist.

P^4 : Ein P^4 zeigt auf der Kaufläche labial abgedämmte Mittelsynkline und mäßig tiefe Innenbucht. In der Außenbucht liegt ein kräftiges und zugleich quergedehntes, hinteres Labialelement (pLE). Labialwürzelchen fehlen. Die Schmelzbedeckung reicht auf der Vorderwand gleichmäßig fast bis an die vordere Außenkante des Zahnschaftes.

Ein weiterer P^4 -Zahnkeim besitzt ebenfalls ein kräftiges hinteres Labialelement. Das Außenelement selbst ist in beiden Fällen fast völlig reduziert.

Am P^4 liegt der KR-Wert für *Piezodus* außerhalb der Größenvariation, zumindest am oberen Ende, verglichen mit den *Titanomys*- P^4 .

Der M^1 fällt durch tiefe Innenbucht, abgedämmte und im Umfang reduzierte Mittelbucht auf. Labialrand an der Kaufläche ist weggebrochen. Keine Labialkanten, fehlende Wurzelbildung.

Hinsichtlich der Krümmungsradien ergibt sich der gleiche Befund wie an den Prämolaren, hier aber besonders deutlich (Tab. 5 u. TOBIEN 1974: Tab. 2).

An den *Marcuinomys*- M^1 von Marcoin (TOBIEN 1963: 24, Abb. 10b), die für einen Vergleich eventuell zu berücksichtigen wären, ist die Innenbucht jedoch tiefer, außerdem fehlen Altstrukturen, und der Krümmungsradius ist bei etwa gleicher Zahnbreite kleiner.

Gegenüber den *Titanomys*- M^2 vom gleichen Fundort ist auch hier das Fehlen der Außenwurzelkanten, die daher abgerundete Labialseite, sowie die geringere Zahnkrümmung bemerkenswert. An dem im mittleren Abkautungszustand befindlichen Zahn hat die Mittelsynkline einen Ausgang nach hinten.

P_3 : Die P_3 sind etwa gleich groß, gleich hypsodont und gestreckt wie die aus der Ulmer Gegend, allerdings bildet der P_3 in einer senilen Zahnreihe noch eine schwache einfache Wurzel aus. Der Lingualsporn fehlt überall. Die Vorderbuchten sind in einem Falle sehr deutlich — fast wie bei *Prolagus vasconiensis* —, in den anderen

Exemplaren schwach bis fehlend. An dem senilen P_3 ist der Vorderpfeiler mit dem Vorderlobus labialseitig verbunden; vor dem Vorderpfeiler liegt als Mißbildung ein wesentlich kleinerer isolierter Pfeiler, der bis zur Kronenbasis hinabreicht.

P_4-M_2 mit sehr langen Kronen. Die senile Mandibel enthält P_4-M_2 mit sehr reduzierten Wurzeln. Der andere M_2 zeigt neben der weit wurzelwärts offenen hinteren Innenbucht auch eine seichte hintere Außenbucht, so daß die Hinterfalte — für aquitane Verhältnisse — extrem abgegliedert ist; etwa schon vergleichbar den M_2 des *Prolagus vasconiensis* von Laugnac (S. 150).

Der *Piezodus* vom Heßler ist unter allen bisher behandelten Formen die am weitesten evoluierte hinsichtlich Hypsodontie, Schmelzbedeckung der Zahn-Vorderwand, Schwund der Labialwurzeln und Krümmungsradius.

3.2.10. Chaveroches (Allier)

Material:

Oberkiefer: MB: Max.-Fragment mit P^3 (Chr. 998).

Unterkiefer: FL: 3 UK-Fragmente mit P_3-M_2 ($2 \times$) und P_3-M_1 . MB: 1 P_3 .

Möglicherweise gehört zu *Piezodus* ein im Baseler Museum aufbewahrtes OK-Bruchstück mit weit abgetragenen P^3 (Chr. 998), der ein inselartig abgeschnürtes Außental besitzt. Dieser Zustand stellt sich im allgemeinen nur bei einem labial vorgezogenen Mittelhügel ein, wie es bei *Piezodus* der Fall ist. Außerdem ragt die Hinterinnenkante etwas weiter labialwärts vor als die vordere. Bei *Titanomys* ist es gerade umgekehrt.

Das Genus ist in Chaveroches einwandfrei durch drei Mandibeln mit P_3 nachgewiesen. Sie wurden von VIRET (1929: 98, Taf. 1 Fig. 22, 23) unter *Piezodus* cfr. *branssatensis* erwähnt und abgebildet.

Die Abtrennung der übrigen OK-Zähne vom gleichzeitig dort vorhandenen *Titanomys visenoviensis* bereitet, vor allem wegen der wenigen Belege und des ähnlichen Hypsodontiegrades, erhebliche Schwierigkeiten.

P_3 : Alle Exemplare besitzen eine gut entwickelte Vorderfurche, wobei es sich z. T. um voll adulte bis senile Usurstadien handelt. (An P_4 und M_1 sind die pis-Inseln bereits verschwunden.) Ein P_3 hat einen mit dem Vorderlobus innen verbundenen Vorderpfeiler. Der Innensporn fehlt an allen P_3 (Abb. 43—45).

P_4-M_2 : Am M_2 ist die hintere Innenbucht (pis) permanent offen und zieht fast bis an die Zahnbasis (Abb. 43, 45). Wurzelbildung ist nicht beobachtbar, aber nach Analogie mit P_3 ist sie auch für die folgenden Zähne anzunehmen.

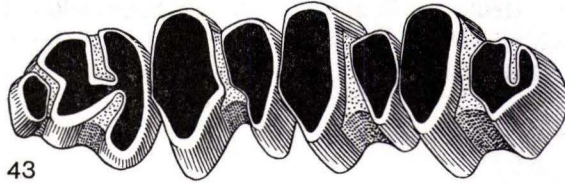
Länge P_3-M_2 (an den Alveolen gemessen): 8,3; 7,7.

Die Unterscheidung isolierter P_4-M_2 vom gleichzeitig dort vorkommendem *T. visenoviensis* bereitet wegen des etwa gleichen Hypsodontie-Grades ebenfalls Schwierigkeiten.

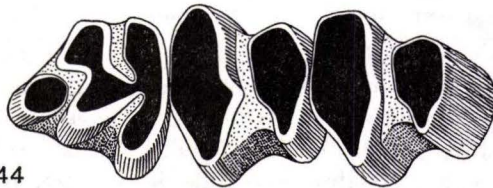
3.2.11. Frankfurt-Nordbassin (Stadtgebiet von Frankfurt/M.)

In der Säuger-Lokalfauna des Nordbassins im nördlichen Stadtgebiet von Frankfurt/M., die von STEPHAN-HARTL (1972: 89, Tab. 10) als „Ältestes Burdigalium (?Höchstes Aquitanium)“ eingestuft wird, sind mehrere Zähne einer progressiven *Piezodus*-Form vertreten (1 P^3 , 1 P^4 , 1 M^1 , 1 P_3), die von STEPHAN HARTL (1972: 34)

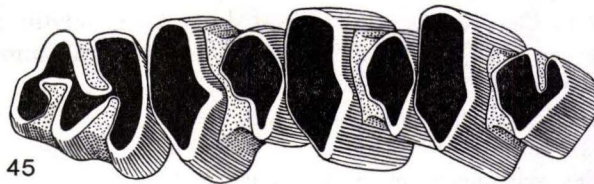
zu *Piezodus* sp. gestellt werden. Die Autorin weist richtig darauf hin (1972: 36), daß wegen der fehlenden Wurzelbildung eine Zuweisung zu *Piezodus branssatensis* nicht in Betracht kommen kann. In der Tat dürften die Nordbassin-Materialien zu der progressiven Spezies *P. tomerdingensis* zu stellen sein, deren terminale Vertreter bereits vollhyposodont sind. Daß die vier Zähne von Nordbassin zum Genus *Piezodus* und nicht zu dem koexistenten ältesten *Prolagus vasconiensis* zu stellen sind, ist durch STEPHAN-HARTL (1972: 36) dargelegt worden.



43



44



45

Abb. 43—45. *Piezodus tomerdingensis*, Mittl. Aquitanium, Chaveroches (Allier). UK-Zahnreihen, von occlusal, $\times 10$.

Abb. 43. P_3 — M_2s , MB Ch. 4454a.

Abb. 44. P_3 — M_1d , invers, MB Ch. 4439.

Abb. 45. P_3 — M_2d , invers, MB Ch. 4440.

(Vorderwände von P_4 — M_2 in der Mitte ohne Schmelzbelag.)

3.2.12. Niederräder Schleusenammer (Stadtgebiet von Frankfurt/M.)

Aus der mit dem Frankfurter Nordbassin gleichalten Lokalität Niederräder Schleusenammer beschreibt STEPHAN-HARTL (1972: 77) ebenfalls *Piezodus* sp., belegt durch einen M_1d , und identisch mit dem Exemplar des Nordbassins. Auch hierfür kommt somit die Zuweisung zu *Piezodus tomerdingensis* in Betracht.

Die *Piezodus*-Formen des Nordbassins und der Niederräder Schleusenammer sind die bisher biostratigraphisch jüngsten und zugleich letzten Vertreter des Genus *Piezodus*. Die in altburdigalen Lokalfaunen vorhandenen ähnlichen Lagomorphen gehören bereits zum Genus *Prolagus*.

4. Genus *Prolagus* POMEL 1853

Der Genus-Name *Prolagus* geht auf POMEL (1853: 43) zurück. Er belegte mit dem Namen *Prolagus sansaniensis* UK-Reste von Sansan und erkannte ein wesentliches Merkmal des Genus: Den aus drei „Prismen“ bestehenden letzten Molaren. Ein vermutlich mit *Prolagus* synonymmer älterer, aber später nie gebrauchter Name ist *Anoema*. Er wurde von KÖNIG (1825) als *Anoema oeningensis* auf ein Skelett von Oeningen begründet.

Vieles, was zu *Prolagus* und seinen verschiedenen neogenen und quartären Arten gehört, ist von älteren Autoren unter *Lagomys* genannt oder beschrieben worden, so CUVIER (1812 u. 1822), R. WAGNER (1828), OKEN (1829), H. v. MEYER (1836, 1845), WATERHOUSE (1848), LARTET (1851), FRAAS (1870), LYDEKKER (1885 und 1887). HENSEL (1856) stellte das Genus *Myolagus* aufgrund einer genauen Beschreibung der *Prolagus*-Reste aus den quartären Knochenbreccien Sardinens auf. Er definierte klar die Unterschiede gegenüber der Gattung *Lagomys* (heute: *Ochotona*), erkannte die Beziehungen zum *Prolagus* von Oeningen (= „*Lagomys Meyeri* v. TSCHUDI 1845“) und vermutete Identität mit POMELS *Prolagus*. Für weitere Einzelheiten und die einschlägige Literatur verweise ich auf MAJORS vorzügliche Darstellung der Geschichte der Gattung *Prolagus* und der ihm damals bekannten Arten (1899: 449 bis 460).

MAJOR (1899: 449—460 und 476—477) behandelte die *Prolagus*-Arten: *oeningensis*, *loxodus*, *elsanus* und *sardus*, die dem Obermiozän, Pliozän und Quartär angehören. Nach ihm haben sich eine ganze Anzahl von Autoren mit diesen jüngeren *Prolagus*-Formen beschäftigt. Hier kann — da außerhalb des Rahmens dieser Arbeit liegend — nicht näher darauf eingegangen werden. Erst mit der Bekanntgabe des *Prolagus vasconiensis* durch ROMAN & VIRET (1930: 590, Abb. 7AB) aus dem Burdigalium von Estrepouy wurden auch ältere, präobermiozäne Angehörige des Genus bekannt.

Auf die verwandtschaftlichen Beziehungen von *Prolagus* zu dem älteren *Piezodus* hat bereits VIRET (1929: 97, 99) bei seiner Beschreibung des Genus *Piezodus* hingewiesen. Später gaben VIRET (1950: 176, Abb. 1) und HÜRZELER (1962: 24, Abb. 2 und vorher 1948; ungedruckter Vortrag) anhand des P_3 weiteres über die Zusammenhänge von *Piezodus* und *Prolagus* bekannt. Eine ähnliche P_3 -Abfolge veröffentlichte DAWSON (1959, Abb. 7). TOBIEN (1963: 26—29, Abb. 2b, 12, 13, 14e) lieferte weitere Daten zum übrigen Gebiß.

Diagnose des Genus *Prolagus* POMEL 1853:

$$\text{Zahnformel: } P \frac{2 \cdot 3 \cdot 4}{3 \cdot 4} \quad M \frac{1 \cdot 2}{1 \cdot 2}$$

Vollhypsodonte obere und untere P und M. P^3 mit schlingenartigem Mittelelement, P^4 stets mit Resten der Außen- und Mittelsynkline. M^1 und M^2 mit allmählichem Verlust dieser Altstrukturen. P_3 mit Vorderpfeiler und kleinem Synklinid im Vorderaußenelement. Vordersynklinid flach oder tief, fast bis zur Hinterwand des Zahnes reichend. M_2 mit drittem Lobus, teilweise oder gänzlich von zweiten Lobus isoliert.

Typus-Spezies: *Prolagus oeningensis* (KÖNIG 1825).

Zeitliche Verbreitung: Oberes Aquitanium—Holozän.

Beziehungen und Vergleiche: Von *Amphilagus* und den älteren *Piezodus* ist *Prolagus* durch die vollständige Hypsodontie und Ausbleiben der Wurzelbildung unterschieden. Da die terminalen *Piezodus*-Formen ebenfalls schon hypsodont sind, könnten hier nur die Unterschiede am P_3 (bei *Prolagus* vorderes Außensynklinid vorhanden, bei *Piezodus* fehlend) und an den oberen P und M (größere Tiefe der Innensynklinen an P^4-M^2 , schwächere Krümmung der P^3-M^2 bei *Prolagus*) herangezogen werden.

Gegenüber dem mit *Prolagus* im Miozän koexistenten *Lagopsis* gelten folgende Unterscheidungskriterien (TOBIEN 1963: 26). Bei *Lagopsis* P_3 mit nicht isoliertem Vorderpfiler und einem nach vorn ausgeweiteten Innensynklinid; P_4-M_2 mit verbreiterten Hinterloben; M_2 nur mit zwei Loben; M_3 stets vorhanden; Verlust der Altstrukturen an P^4-M^2 , vor allem an P^4 ; P^4-M^2 mit tiefen Innensynklinen.

Die Gattung *Prolagus* hat eine lange Existenzdauer, die durch mehrere Arten dokumentiert ist, wie schon bei MAJOR (1899: 449—460) ersichtlich ist. Im Nachstehenden werden nur die älteren Vertreter aus dem Aquitanium und Burdigalium berücksichtigt. Hierbei sind zwei Gruppen zu unterscheiden, die getrennte evolutive Linien darstellen: eine etwas archaische Formengruppe, die in den älteren Angehörigen noch enge Beziehungen zu den letzten *Piezodus*-Formen aufweist. Repräsentativ ist *Prolagus schnaitheimensis* n.sp. aus dem Burdigalium. Sein bemerkenswert spezialisierter Abkömmling im Helvetium der ostbayerischen Molasse ist *Ptychoprolagus forsthartensis* n.g., n.sp.

Die progressivere Formengruppe hat als ältesten Vertreter den schon im Ober-Aquitaniun vorhandenen *Prolagus vasconiensis*. Er findet sich auch noch im Burdigalium und geht im Laufe des Helvetiums in die frühen Vertreter des *Prolagus oeningensis* über, der im Obermiozän Europas ziemlich häufig ist.

Nachstehend werden zuerst die Angehörigen der *vasconiensis*-Linie, dann diejenigen der *schnaitheimensis-forsthartensis*-Linie dargestellt. Die jüngeren *Prolagus*-Formen des Obermiozäns, Pliozäns und Quartärs sollen an anderer Stelle behandelt werden.

4.1. *Prolagus vasconiensis* VIRET 1930

- *v 1930 *Prolagus vasconiensis* ROMAN & VIRET, Miocène continental: 590, Abb. 7 A, B
- v 1934 *Prolagus vasconiensis* — ROMAN & VIRET, Faune de Mammifères: 27—28, Abb. 8 A, B
- 1945 *Prolagus vasconiensis* — HÜRZELER, Säugetierpaläontologische Bemerkungen: 660
- 1950 *Prolagus* — VIRET, Microévolution: 176, Abb. 1 A, Bi
- 1950 *Prolagus vasconiensis* — CRUSAFONT, VILLALTA & TRUYOLS, Burdigaliense continental: 145—146
- v 1958 *Prolagus vasconiensis* — MEIN, Les Mammifères: 59, Abb. 74
- 1962 *Prolagus vasconiensis* — HÜRZELER, Kann die biologische Evolution: 24, Abb. 2, Nrs. 4—6
- v 1963 *Prolagus*, älteste Angehörige des Genus — TOBIEN, Zur Gebißentwicklung: 26
- 1967 *Prolagus vasconiensis* — DE BRULJN & VAN MEURS, A biometrical study: 128 Abb. 5 a
- v 1970 *Prolagus vasconiensis* — TOBIEN, Lagomorpha (Mammalia) im Unter-Miozän: 24, Abb. 5 f

Diagnose: Eine Art der Gattung *Prolagus* mit folgenden Merkmalen: P^3 mit flach dreieckigem Umriß und mehr oder weniger geblähtem Mittelelement. M^1 und M^2 mit größeren Altstrukturresten. P_3 mit seichtem, nur bis zur Zahnmitte eindringendem Vordersynklinid. Vorderpfiefer klein, rund. Dritter Lobus des M_2 teils mit zweitem Lobus verbunden, teils frei.

Lectotypus: ROMAN & VIRET (1930, Abb. 7A, B und wiederholt in 1934, Abb. 8A, B) bildeten zwei P^3 ab, ohne einen Holotypus für ihre neue Art festzulegen. Da der 1930, Fig. 7A bzw. 1934, Fig. 8A abgebildete P^3 besonders charakteristisch ist, schlage ich diesen Zahn als Lectotypus vor. Aufbewahrungsort: Département des Sciences de la Terre/Faculté des Sciences, Lyon, Kat.Nr.: ohne Angabe.

Locus typicus: Estrepouy (Gers) (ROMAN & VIRET 1934, Abb. 1, S. 7).

Stratum typicum: Sande von Estrepouy, Unteres Burdigalium (ROMAN & VIRET 1934, Abb. 2, S. 6).

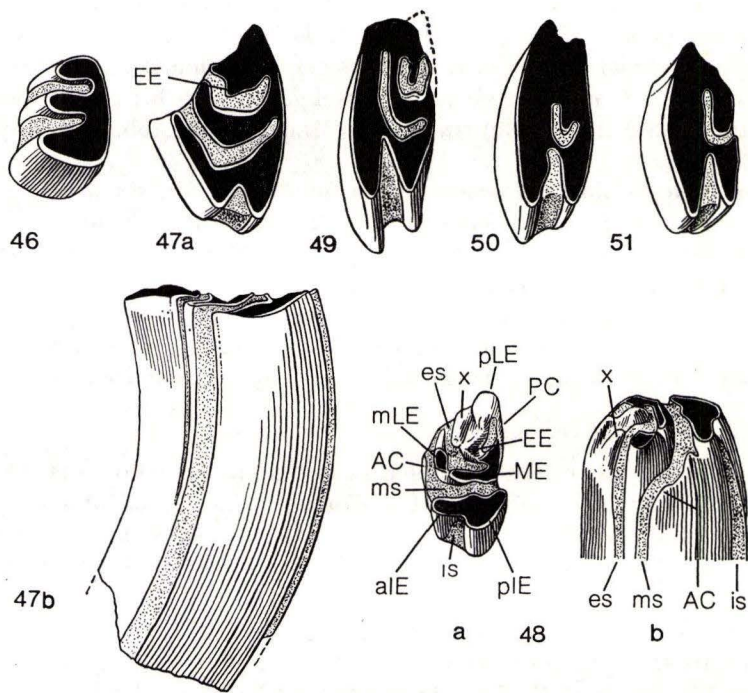


Abb. 46—51. *Prolagus vasconiensis*, Ob. Aquitanium, Laugnac, OK-Zähne, von occlusal (Abb. 47b u. 48b: von vorn), $\times 10$.

Abb. 46. P^2_s , MB C.G. 1059.

Abb. 47. P^3_s , MB C.G. 1039, a: von occlusal, b: von vorn (zeigt Abdämmung von es [pulpawärts]).

Abb. 48. P^3_s , Keim, MB C.G. 1037, a: von occlusal, b: von vorn.

Abb. 49. P^4_d , invers, MB C.G. 963.

Abb. 50. M^1_s , MB C.G. 985.

Abb. 51. M^2_s , MB C.G. 1004.

Erläuterungen der Abkürzungen bei Abb. 5.

Beziehungen und Vergleiche: ROMAN & VIRET (1930: 590, 1934: 27–28) betonten als Unterschied des P^3 von *P. vasconiensis* zum jüngeren *P. oeningensis*- P^3 folgende Merkmale: Umriß weniger dreieckig als bei *P. oeningensis*, Vorder- und Hinterwand bilden einen kleineren Winkel als bei der obermiozänen Form. Dazu kommt — nach meinen Beobachtungen — die Gestalt des Mittelelementes: Es ist noch nicht so sehr schlingenartig ausgebildet wie bei *P. oeningensis*, die Schmelzwände sind noch weiter auseinandergerückt, das eigentliche Mittelelement ist in seinem rundlichen, geblähten Umriß noch erhalten; daran schließt sich der labial gerichtete Vorderarm. Dadurch ist der P^3 dem *Piezodus*- P^3 ähnlich und bezeugt so den noch etwas altertümlichen Charakter der Spezies (Abb. 47 a, 58).

Dies gilt auch für den P_3 : Entgegen der Ansicht von ROMAN & VIRET (1934: 27), die P_3 von Estrepouy stimmen mit denen von *P. oeningensis* überein, zeigt die Abb. 74 bei MEIN (1958) zwei Estrepouy- P_3 , die ein sehr flaches Vordersynklinid aufweisen. Ähnliches lassen auch die *Prolagus*-Stadien 5 und 6 bei HÜRZELER (1962, Abb. 2) ersehen (s. auch Abb. 62–64). Das flache Vordersynklinid ist ebenfalls ein archaisches Merkmal und findet sich bereits bei den terminalen *Piezodus* (Abb. 43, 44). Die Größe von *P. vasconiensis* ist im Mittel geringer als bei *P. oeningensis* (ROMAN & VIRET 1934; 27, DE BRULJN & VAN MEURS 1967, Abb. 8, 9; dieser Text: Tab. 3).

Gegenüber den terminalen *Piezodus* gelten für *Prolagus* die Existenz des Vorderaußensynklinides am P_3 , die tieferen Innensynklinen an P^4 — M^2 und die geringere Krümmung der Zahnschäfte an P^3 — M^2 (TOBIEN 1963: 27–28, STEPHAN-HARTL 1972: 36; dieser Text: Tab. 5) als unterscheidend.

Mit dem gleichzeitigen *Lagopsis peñai* bestehen — zumindest am P^2 , P^3 und P^4 , sowie am P_3 — kaum Verwechslungsmöglichkeiten. Im folgenden wird eine Reihe von Vorkommen des *Prolagus vasconiensis* etwas näher geschildert.

4.1.1. Laugnac (Lot-et-Garonne)

Zur Altersstellung dieser spätaquitänen Lokalität siehe DE BONIS (1973: 172).

Hier kommt ein in allen OK- und UK-Zähnen völlig hypsodonter Lagomorphe vor, der damit und nach der Struktur seines P_3 zu *Prolagus* gestellt werden muß und der Spezies *vasconiensis* zuzuordnen ist. Er ist der bisher älteste Vertreter dieser Spezies.

Material:

Oberkiefer: MB: 15 P^2 , 30 P^3 , 78 P^4 — M^2 .

Unterkiefer: MB: 25 P_3 , 16 P_4 , 7 M_1 , 13 M_2 . FL: 1 UK-Fragment mit P_3 — M_2 , 1 UK-Fragment ohne Zähne.

P^2 : Das Innenelement ist bei den meisten Exemplaren voluminös und lingualwärts zugespitzt, so daß ein etwa dreieckiger Umriß auf der Kaufläche vorhanden ist. Nur 4 Exemplare zeigen noch den rundlich-schlingenartigen Umriß der älteren Formen. Gelegentlich ist eine Innenbucht angedeutet. Die Krone ist hoch, ein Wurzelteil nicht mehr erkennbar. Außen- und Mittelsynklinen stehen mit ihren Achsen meist senkrecht zur Querachse der Kaufläche (bzw. zur Hinterwand). Dies ist ein Unterschied zu den P^2 der älteren *Piezodus*, bei denen die Mittelbucht schief von vorn innen nach hinten-außen einschneidet (Abb. 46 bzw. 13).

Ein Exemplar (C.G. 1053) zeigt als „prospektive Mißbildung“ eine tiefe Innenbucht sowie im Grunde der Mittelbucht einen winzigen schlingenartigen Schmelzvorsprung.

Da keine Wurzelbildung mehr erfolgt, sind Außen- und Mittelsyncline — von vorn gesehen — gleich lang und enden am Pulparand in gleicher Tiefe und Form wie auf der Kaufläche.

P³: Alle Exemplare zeigen bereits den flach dreieckigen Kauflächen-Umriß des burdigalen *Prolagus vasconiensis*. Ebenso ist die Innensyncline schärfer markiert als bei *Piezodus*. Von den labialen Elementen ist nichts Deutliches mehr erhalten, ausgenommen an Zahnkeimen (Abb. 47a).

Bei sehr vielen Laugnac-P³ ist dagegen das Außenelement sehr deutlich entwickelt, bei usierten Exemplaren springt es spornartig nach lingual vor. Da ferner die Außensyncline abgedämmt ist, kommt eine ringförmige Kaufigur mit Sporn zustande, die genau der Außeninsel am P⁴ entspricht, nur daß sie am P³ wesentlich größer ist (Abb. 47a). Dieses Merkmal fehlt den *Piezodus*-P³.

C.G. 1037 ist ein lingual nur wenig angekaufter P³-Keim, der klar den ursprünglichen Kronenbau zeigt (Abb. 48a, b): Labial vom Außenhügel (EE) liegt das kräftige, zungenartig emporgezogene hintere Labialelement (pLE), vor dem Außenelement ein zusätzlicher kleinerer Pfeiler (x). Hinten an den Außenhügel ist das Hintercingulum angeschlossen. Vor dem Mittelelement, dicht an dieses angelagert, aber durch eine Furche abgetrennt, und mit eigener kleiner Usurfläche versehen, liegt ein weiterer Pfeiler: das mittlere Labialelement (mLE). Es bewirkt den schlingenartigen Charakter des Mittelelementes bei *Piezodus*/*Prolagus* in Vollsur.

Der Vorderarm des Innenhügels fällt — noch nicht usiert — steil zur Zahnbasis ab und trägt an seinem Oberrand kleine Spitzchen (AC). Er ist — wie bei *Amphilagus*, *Titanomys* und *Piezodus* — als Cingulumabkömmling aufzufassen. Schließlich ist die Zerteilung des bereits aufgeschliffenen Innenelementes durch die Innensyncline sichtbar. Der Hinterarm des Innenelementes ist durch den — auch von manchen *Piezodus*-Populationen (Tomerdingen, Boudry: Abb. 12, 15—17) — bekannten Einschnitt vom Hintercingulum abgetrennt. In diesem frühen Stadium ist das Innenelement noch ohne Verbindung mit dem äußeren Kronenteil.

Der Keim beweist ferner, wie die scharfe Labialecke an abgekauten P³ zustande kommt: Sie entspricht dem Areal des mächtigen hinteren Labialelementes, dessen Schmelzbedeckung, da es ja labial gelegen ist, nur sehr wenig pulpawärts ausgedehnt ist. Dadurch ist die spitze Labialecke der usierten P³ stets ohne jede Schmelzeinfassung (Abb. 47a; dies gilt auch für *Prolagus oeningensis* und die jüngeren Formen).

Dieser Keim läßt weiterhin ersehen, daß von einer Rückbildung des äußeren Zahnteiles keine Rede sein kann. Im Gegenteil: das hintere Labialelement wird eher vergrößert, so daß die den *Piezodus*-Formen fehlende äußere, hintere, spitze Ecke, wie sie für die *Prolagus*-P³ charakteristisch ist, entwickelt wird. Wurzelbildung fehlt (Abb. 47b).

Die P³ zeigen keine Unterschiede an den Kauflächen und an den Pulpaseiten. So zieht die Außeninsel genau so weit pulpawärts wie die Mittelschlinge (im Gegensatz zu den P⁴). Wenn der Außenhügelsporn auf der Kaufläche schwach ausgebildet ist,

so ist er es an der Pulpa auch; ist er lang und kräftig, so bleibt er es auch an der Pulpaseite, auch bei sehr langen Zahnschäften.

P^4-M^2 : An allen Zähnen sind Reste der Mittel- und der Außensyncline erhalten, teils beider, teils nur der Mittelsyncline (Abb. 49—51). Die Innenbucht greift tiefer labialwärts ein als bei *Piezodus*, aber höchstens bis zur Mitte, meistens endet sie schon im lingualen Drittel (Abb. 49—51).

Wurzeln fehlen völlig, sie sind nur noch als mehr oder weniger deutliche Kanten markiert, die Schmelzbedeckung greift auf der Vorder- und Hinterwand bis an diese Kanten vor. Labiale Schmelzbildungen sind nur noch an Zahnkeimen sichtbar (z. B. P^4 -Keim C. G. 1025), sie werden durch die Usur rasch abgetragen, so daß am labialen Rand der Kaufäche nur noch ein Dentinfeld vorhanden ist. Dieses rasche Verschwinden der Schmelzbildungen hängt mit der größeren Streckung der Zähne zusammen. Bei den älteren *Piezodus*, ebenso wie bei *Amphilagus* und *Titanomys* wird der labiale Kronenteil infolge der stärkeren Zahnkrümmung beim Nachschieben des Zahnes aus der Kaufächenebene herausgedreht und unterliegt damit nicht mehr der Abnützung (s. S. 109 und Abb. 26—30).

Die Unterscheidung der isolierten oberen P^4-M^2 bereitet Schwierigkeiten:

1) Einigermaßen leicht ist noch die Erkennung der M^2 (Abb. 51): 1. Stark schief (von vorn-außen nach hinten-innen) gestellte Labialwand. 2. Hintere Wurzelkante fehlend, daher abgerundeter Übergang von Labial- in Hinterwand. 3. Schräger Labialrand der Kaufäche (d. h. Hinteraußenecke eingezogen) im Zusammenhang mit schräger Labialwand. 4. Hinterinnendreieck kleiner und schmaler als Vorderinnendreieck. 5. Schenkel der Innenbucht mehr oder weniger parallelgestellt. 6. Fehlende Vorwärtstorsion des Zahnschaftes.

2) Einige Zähne sind mit Sicherheit als P^4 erkennbar, da neben der Mittelschlinge noch die Außeninsel nebst Sporn vorhanden ist und durch den ganzen Zahnschaft hindurchzieht. [C. G. 976, 963 (Abb. 49); bei C. G. 991 ist Außeninsel mit Sporn vorhanden; an der Pulpaseite des langen Zahnes ist dagegen nichts mehr davon zu sehen.] Zu P^4 stelle ich weiterhin solche Zähne, bei denen nur die Mittelinsel vorhanden ist (wie bei allen P^4-M^2), aber die Labialwand, vor allem im pulpanahen Teil eine Schiefstellung nach vorn-innen zeigt (also entgegengesetzt wie am M^2). Sie ist auch an sicheren P^4 der jüngeren *Prolagus* (La Grive z. B., Schnaitheim) zu beobachten.

3) Eine Anzahl Zähne weisen sich als M^1 sehr wahrscheinlich dadurch aus, daß sie 1. eine von vorn-außen nach hinten-innen schief gestellte Labialwand, aber eine gutentwickelte hintere Wurzelkante aufweisen, 2. das Hinterinnendreieck gleich groß (Abb. 50) oder schmaler als das Vorderinnendreieck ist, 3. die Torsion der Zahnachse gering ist.

Alle übrigen Zähne fasse ich zur Gruppe „ P^4 oder M^1 “ zusammen. Das Kaufächengebilde bietet keine greifbaren Unterschiede. Tiefe der Innenbucht ist praktisch gleich, Form der Mittelinsel, die hier wie an den meisten P^4 und allen M^2 als einzige persistiert, ist — unter Berücksichtigung verschiedener Usurstadien — identisch.

Die Situation ist in Laugnac, wie nicht anders bei diesem primitiven *Prolagus* zu erwarten war, noch archaischer als bei den burdigalen *Prolagus* (Estrepouy,

Schnaitheim). Hier ist die Innenbucht an den M^1 und M^2 — gegenüber dem P^4 — entschieden weiterentwickelt, in Laugnac ist sie praktisch überall noch gleich seicht, vor allem an den Molaren. Bei den burdigalen *Prolagus* ist die Mittelinsel an den Molaren schon stark in Rückbildung begriffen, in Laugnac dagegen kaum gegenüber P^4 abgeschwächt.

Interessant ist das Verhalten der Außeninsel am P^4 in Laugnac: Sie ist z. T. — wie auch am P^4 des Heßler-*Piezodus* — nur auf die kronennäheren Partien beschränkt; pulpawärts fehlt sie.

Dies lehrt ein Keim (C. G. 1025) mit kräftigem hinterem Labialelement und lingual davon gelegenen Außenelement sowie schwachem vorderem Labialelement — sich dadurch als P^4 ausweisend. Er zeigt pulpaseitig nur geringe Ausdehnung der Außeninsel gegenüber der Mittelschlinge, die durch den ganzen vorhandenen Zahnschaft hindurchzieht. Der Keim erlaubt, die Länge der Außeninsel — gegenüber derjenigen der Mittelschlinge — zu messen. Dabei wurde die direkte Distanz: Spitze des Außenelementes auf der Kronenoberfläche bis Ende der Außeninsel bzw. Spitze des Mittелеlementes bis Ende der Mittelinsel (soweit erhalten) gemessen (also nicht entlang der Krümmung).

Länge der Außeninsel: 2,5; Länge der Mittelschlinge: 4,5.

Dieser Zahn lehrt eindeutig, was bereits oben gesagt wurde, daß die Außeninsel nur bei einem Teil der P^4 durch den ganzen Zahnschaft hindurch entwickelt ist, bei anderen wesentlich kürzer ist. Der bei den burdigalen und jüngeren *Prolagus* angetroffene Zustand, wonach Außeninsel und Mittelschlinge gleich lang sind, ist abgeleitet.

Die Entwicklung verläuft somit folgendermaßen: Bei den älteren *Piezodus* (Paulhiac z. B.) ist Außenbucht bzw. Außeninsel persistent⁷, dann erfolgt die Streckung und Hypsodontierung des Zahnes, ohne daß die Außeninsel dabei gleichzeitig pulpawärts mit verlängert wird: Stadium Laugnac (von wenigen progressiven Exemplaren abgesehen); dann erst erfolgt — im Burdigalium — die Verlängerung der Außeninsel pulpawärts: Stadium Estrepouy, Schnaitheim und jüngere *Prolagus*.

Dieser Befund erweist, daß in der *Prolagus*-Reihe dieses Element der Altstruktur beibehalten wird. Ein Abbau der labialen Kronenpartie, im Sinne von MAJOR (1899: 452), ist hier wie auch bei *Piezodus*, *Amphilagus* und *Titanomys* offensichtlich nicht erfolgt.

Auch bei jenen Formen, die in Vollsur keine Altstrukturen mehr zeigen, wie *Marcuinomys* und *Lagopsis*, ist an Zahnkeimen noch das ganze Inventar der Altstrukturen erkennbar, z. T. sogar modifiziert (z. B. hinteres Labialelement pfeilerartig gestreckt), nur wird es nicht in die basalen Kronenpartien übernommen, wie das bei *Prolagus* der Fall ist. Auch hier kann von einem generellen Abbau der Altstrukturen keine Rede sein.

Unterschiedlich ist die Ausbildung der Wurzelkanten an der labialen Seite der Zahnschäfte, vor allem an P^4 und M^1 . Teils sind sie undeutlich und zugerundet, z. T. aber auch scharf und vorspringend, dann ist die dazwischen liegende eigentliche

⁷ Hier ist sehr gut an den P^4 zu erkennen, woher der dort stets vorhandene kleine Sporn kommt: Er entspricht dem in das Außental hineinragenden pLE (Abb. 41).

Labialfläche tief eingesenkt. Dieser Zustand ist die Regel beim obermiozänen *Prolagus* (La Grève, Steinheim z. B.). Man kann daraus den Schluß ziehen, daß Laugnac-Zähne mit scharfen Wurzelkanten progressiv sind.

Am M^2 ist die hintere Wurzelkante — wie erwähnt — stets schwach entwickelt oder fehlt sogar völlig. Dies hängt mit der von Anfang an schwachen hinteren Labialwurzel zusammen, was wiederum mit der reduzierten Hinteraußenecke der Krone in Zusammenhang steht.

P_3 : Die P_3 dieser Population unterscheiden sich von allen bisher besprochenen durch a) eine tiefe Vorderbucht (as), b) eine seichte Bucht am Außenelement des Vorderlobus (aes), c) die Anwesenheit eines kräftigen Lingualspornes (LS) in der Innenbucht (Abb. 52–55).

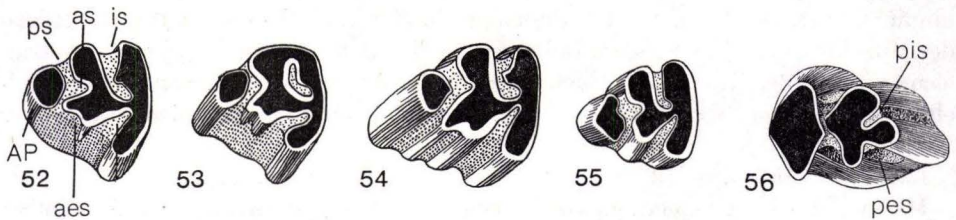


Abb. 52–56. *Prolagus vasconiensis*, Ob. Aquitanium, Laugnac, P_3 und M_2 von occlusal, $\times 10$.

Abb. 52. P_3 s, MB C.G. 1112.

Abb. 55. P_3 s, MB C.G. 1118.

Abb. 53. P_3 s, MB C.G. 1116.

Abb. 56. M_2 d, invers, MB C.G. 1087.

Abb. 54. P_3 d, invers, MB C.G. 422.

Erklärungen der Abkürzungen bei Abb. 9.

Vor allem die unter a) und b) genannten Merkmale geben den P_3 ein modernisiertes Gepräge, sie sind in verstärktem Maße von den burdigalen *Prolagus*-Formen ab vorhanden und die bisher entscheidenden Punkte, den Laugnac-Lagomorphen bereits zur Gattung *Prolagus* zu stellen.

Nur wenigen Exemplaren (z. B. C. G. 1118) fehlt die Vorderbucht (Abb. 55). Zwei P_3 weisen als atavistische Mißbildung ein über die ganze Kronenhöhe vorhandenes abgedämmtes Innensynklinid auf (C. G. 1116, 1099; Abb. 53). In 2 Fällen ist eine labiale Verbindung des Vorderpfeilers mit dem Vorderaußenelement vorhanden (C. G. 1103, 1105). Die P_3 sind extrem hochkronig, eine Wurzelbildung erfolgt nicht mehr.

P_4 — M_2 : Auch diese Zähne bilden keine Wurzeln mehr aus und sind voll hypsodont. An P_4 und M_1 sind die hinteren Innenbuchten, sobald der Zahn angekauft ist, abgedämmt, am M_2 ist dagegen schon eine auf längere Strecke fast selbständige, aber meist noch mit dem Hinterlobus verbundene Hinterfalte vorhanden. Sie ist damit stärker individualisiert, als es bei den evoluiertesten *Piezodus* der Fall ist (Heßler). Auffallend ist ferner, daß bei der Laugnac-Form dieser dritte Lobus die Tendenz zu einem fast kreisrunden Querschnitt zeigt (VIRET 1950: 176, Abb. 1), wogegen an den *Piezodus*- M_2 der quergedehnte, ursprüngliche Charakter der Hinterfalte erhalten bleibt (Abb. 43, 45, 56).

Die Verselbständigung des dritten Lobus erfolgt vor allem durch ein über die ganze Kronenhöhe erkennbares hinteres Außensynklinid (pes). Es ist seichter als das hintere Innensynklinid (pis), das, wie auch bei *Piezodus*, tief eindringt und parallele Wände hat. Je nachdem aber, wie das pes entwickelt ist — kräftiger oder schwächer —, ist auch der 3. Lobus individualisierter. Überwiegend ($8\times$) sind Fälle mit seichteren pes vertreten, 3 Fälle zeigen ein tieferes pes (Abb. 56) und zweimal ist der 3. Lobus völlig vom Hinterlobus abgegliedert, und zwar in einem Falle über die ganze Zahnhöhe (C. G. 1075), im anderen Falle nur über einen Teil (C. G. 1084). Hierbei ist die Hinterwand des Hinterlobus eingedellt, was bei den jüngeren *Prolagus* nicht mehr vorkommt.

Die Hinterloben an P_4 und M_1 (weniger an M_2) sind relativ breiter und damit *Prolagus*-artiger als das bei *Piezodus* der Fall ist (Tab. 2). Schließlich zeigt sich auch an den UK-Zähnen, daß der Laugnac-*Prolagus* kleiner ist als die *Piezodus*-Formen.

Länge P_3 — M_2 (an den Alveolen gemessen): 7,5 (mit kompl. Zahnreihe); 7,2 (ohne Zähne).

4.1.2. Bouzigues (Hérault)

Zur Altersstellung dieser mit Laugnac gleichalten, spätaquitane Lokalität vgl. THALER (1966: 251) und SIGÉ (1966: 20).

Von hier zeigte mir Herr Prof. THALER im November 1961 2 P_3 [Slg. Montpellier 1623—34 (L: 1,45) und 1623—35 (L: 1,65)], die nach Dimensionen und Evolutionshöhe gut mit den P_3 von Laugnac übereinstimmen. Für die archaische Form von Schnaitheim und Wintershof (S. 165, 168) sind sie zu klein, die P_3 von Estrepouy haben ein tieferes Vordersynklinid.

1623—35 hat ein deutliches, auch labial als Furche sichtbares vorderes Außensynklinid (aes).

1623—34 hat kein aes auf der Kaufläche, dagegen ist an der Zahnbasis an dieser Stelle eine leichte Eindellung vorhanden. Die Innenbucht ist an der Zahnbasis abgedämmt (wobei aber der linguale nicht abgedämmt Teil als Furche sichtbar ist). Auf der Kaufläche ist das is offen mit kräftigem Lingualsporn, der auch in der Insel an der Zahnbasis sichtbar ist. Die Umrissbeider Vorderpfeiler sind etwas quer-gedehnt, was auch in Laugnac der Fall ist.

4.1.3. Frankfurt-Nordbassin (Stadtgebiet von Frankfurt/M.)

Diese Fundstelle ist nach STEPHAN-HARTL (1972: 89, Tab. 10) gleich alt mit Laugnac und als „Ältestes Burdigalium (? Höchstes Aquitanium)“ einzustufen. Der dort neben *Piezodus tomerdingensis* (S. 141) vorkommende *Prolagus vasconiensis* wurde von STEPHAN-HARTL (1972: 36—40, Taf. 8 Fig. 1—4, Taf. 9 Fig. 1—4, Taf. 10 Fig. 1, Abb. 10) ausführlich beschrieben. Die flach dreieckigen Umrissbeider oberen P^3 (l. c. Taf. 8 Fig. 3, 4) stehen dem Typusexemplar von *Prolagus vasconiensis* von Estrepouy (ROMAN & VIRET 1930: 590, Abb. 7AB; 1934: 27—28, Abb. 8AB) sehr nahe. Weiterhin besteht Übereinstimmung mit den P_3 von Estrepouy; das Vordersynklinid ist hier — wie in Laugnac ebenfalls — nur wenig tief (im Gegensatz zu *Prolagus oeningsensis*, bei dem es fast die Hinterwand berührt).

4.1.4. Niederräder Schleusenammer (Stadtgebiet von Frankfurt/M.)

Von dieser mit Frankfurt-Nordbassin gleichalten Lokalität veröffentlichte STEPHAN-HARTL (1972: 77–78, Taf. 24 Fig. 2) einen oberen Molaren. Wegen seiner schwachen Krümmung und der tiefer labial eingreifenden Innensyncline gehört er zu *Prolagus*.

4.1.5. Mainz-Lenneberg

Ein isolierter M¹ aus sehr hohen Hydrobien-Schichten fand sich vor einigen Jahren bei Bauarbeiten an der Autobahn bei Mainz-Lenneberg, einem NW-Vorort von Mainz (TOBIEN 1970: 24, Abb. 5f). Er stimmt mit den *Prolagus*-M¹ von Frankfurt-Nordbassin und der Niederräder Schleusenammer gut überein und dürfte mehr oder weniger gleich alt mit ihnen sein.

Nach den Vorkommen des *Prolagus vasconiensis* aus dem späten Aquitanium, bzw. von der Wende Aquitanium/Burdigalium folgen nachstehend einige Lokalitäten des Burdigaliums.

4.1.6. Estrepouy (Gers)

Estrepouy ist die Typus-Lokalität für *Prolagus vasconiensis* (S. 145). Sie hat außer P³, auf die ROMAN & VIRET die Art begründeten, seither auch die übrigen Gebißelemente geliefert.

Material:

Oberkiefer: MB: 10 P², 15 P³, 10 P⁴, 21 M¹, 13 M². FL: 12 P³, 8 P⁴, 7 M¹, 5 M².

Unterkiefer: MB: 23 P₃, 4 P₄, 3 M₁, 9 M₂. FL: 25 P₃, zahlreiche P₄–M₂; alles Einzelzähne.

P²: Für die *Prolagus*-P² gelten gegenüber denen des *Lagopsis*: a) gerade nach hinten eingreifende Mittelbucht, b) geringere Dimensionen (Abb. 57).

P³: Die Besonderheiten des vorletzten Prämolaren gegenüber dem jüngeren *P. oeningensis* sind bereits von VIRET in ROMAN & VIRET (1930: 590, Abb. 7AB; 1934: 27–28, Abb. 8AB) erkannt worden: Der Umriß ist nicht so ausgeprägt dreieckig, Vorder- und Hinterwand bilden einen kleineren Winkel als bei der obermiozänen Spezies (Abb. 58). Allerdings bildet dieser P nicht, wie VIRET (l. c.) schreibt, einen Übergang von *Amphilagus* zu *Prolagus*, sondern von *Piezodus* zu *Prolagus*.

Gegenüber den P³ der Form von Laugnac bestehen kaum Unterschiede: Höchstens ist hier der Außenhügelsporn deutlicher und die Außensyncline häufiger abgedämmt, was in Estrepouy fehlt.

P⁴: Die letzten Prämolaren zeigen auf der Kaufläche zwei Schmelzfiguren: Eine größere, schlingenartig gebogene, der Mittelsyncline, und eine kleinere, mehr oder minder rundliche, der Außensyncline entsprechend (Mittelinsel, „Mittelschlinge“, bzw. Außeninsel, „Außenring“). Beide „Altstrukturreste“ sind durch die ganze Länge des Zahnes erhalten, so daß sie auch von der Pulpaseite stets sichtbar sind. Dies steht im Gegensatz zu den P⁴ von *Lagopsis* am gleichen Fundort, bei denen nur die Mittelsyncline durch die ganze Krone bis zur Pulpa hindurchzieht. Die *Lagopsis*-P⁴ sind ferner deutlich größer (Abb. 59).

Frische *Prolagus*-P⁴ (MB G.B. 2121, 1 Ex. ohne Nr.) zeigen das kleinere, vordere und das größere, hintere Labialelement in kräftiger und z. T. etwas hypsodonter Ausbildung. Das eigentliche Außenelement ist, wie üblich, nur schwach entwickelt und wirkt reduziert. Zwischen Außenelement und hinterem Labialelement ist ein kleiner zementgefüllter Trichter vorhanden, wie er auch von *Piezodus* bekannt ist (S. 137). Häufig zeigt der der Außenbucht entsprechende zementgefüllte Schmelzring („Außeninsel“) an seiner Labialwand einen kleinen, lingual vorspringenden Schmelzsporn: Dies ist die Andeutung des hinteren Labialelementes (pLE).

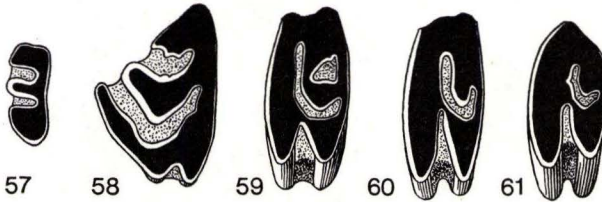


Abb. 57—61. *Prolagus vasconiensis*, Burdigalium, Estrepouy, P²—M², von occlusal, $\times 10$.

Abb. 57. P²s, MB G.B. 751.

Abb. 60. M¹s, MB G.B. 609.

Abb. 58. P³s, MB G.B. 2081.

Abb. 61. M²s, MB G.B. 608—10.

Abb. 59. P⁴s, MB G.B. 608.

M¹: Zu M¹ stelle ich alle Zähne, bei denen auf der Kaufläche sowie an der Pulpa-seite nur der schlingenförmige Rest der Mittelsyncline erhalten ist (Abb. 60). Reste der Außenbucht sind an juvenilen M¹ für einige Zeit noch sichtbar, jedoch ist der Schmelz dieser ringförmigen Kaufigur gewöhnlich sehr dünnwandig. (Mit den ähnlichen P⁴ von *Lagopsis* bestehen Verwechslungsmöglichkeiten, jedoch sind diese gewöhnlich größer; gegenüber den P⁴ von *Prolagus* dringt zudem die Innenbucht tiefer labialwärts ein: Abb. 60).

M²: Wie am M¹ ist auch am M² nur die schlingenförmige Altstruktur der Mittelbucht erhalten geblieben. Die Innenbucht greift knapp bis zur Hälfte in die Kaufläche ein (Abb. 61). Als Unterschiede gegenüber M¹ sind hervorzuheben: Torsion des Zahnes in der Längsachse fehlt fast völlig, d. h. bei normaler Stellung der Kauflächenebene ist die Pulpaöffnung wohl nach auswärts, aber nicht nach vorwärts gewandt; M² ist etwas kleiner als M¹.

Die Labialwand des Zahnes ist schräg nach hinten-innen gestellt, wodurch auch der Labialrand der Kaufläche schief von vorn-außen nach hinten-innen verläuft (Abb. 61). Wie am M¹ sind auch hier die ehemaligen Labialwürzelchen durch Kanten markiert, die aber verschieden deutlich ausgebildet sein können. Die hintere Wurzelkante ist aber stets schwächer oder fehlt gänzlich.

Die M² haben gewöhnlich kurze is und große Mittelschlinge. Nur ein Exemplar der Faculté Lyon zeigt tiefere Innenbucht und inselförmig-querovale kleinere Mittelschlinge: wohl ein progressives Exemplar. Wie an P⁴ und M¹ ragt die Vorderinnenkante über die hintere hinaus, was am M² jedoch besonders deutlich sichtbar ist.

Eine Besonderheit weisen 2 M² (MB: ohne Nr., FL: 4686) auf: Die Mittelbucht besitzt einen Ausgang nach der Rückseite, ähnlich wie an den Tomerdingen *Piezodus*-

Zähnen, ist also nicht verschlossen. Diese Durchbrechung der Hinterwand ist über die ganze Zahnlänge zu beobachten, wie eine entsprechende Furche ersehen läßt.

Unter den P^4 und M^1 weist etwa die Hälfte scharfe Wurzelkanten auf, bei der anderen Hälfte sind sie schwach entwickelt. Dies hat jedoch nichts mit Abrollung zu tun.

An den M^1 dringt die Innensynklinale nur bis $\frac{1}{3}$, bis höchstens $\frac{1}{2}$ ein; daneben liegt eine große Mittelschlinge. An den M^2 dringt sie bis $\frac{1}{2}$ ein; dazu kommt eine große unreduzierte Mittelbucht mit Schlingengestalt (Abb. 61). Die M^2 sind somit von den M^1 nur unterscheidbar durch schiefe Außenwand und fehlende bis geringe Vorwärtstorsion.



Abb. 62—66. *Prolagus vasconiensis*, Burdigalium, Estrepouy, P_3s von occlusal, $\times 10$.

Abb. 62. P_3s , MB G.B. 664.

Abb. 63. P_3s , MB G.B. 656.

Abb. 64. P_3s , MB. G.B. 659, mit schwach entwickeltem aes („*Prolagus*-Furche“).

Abb. 65. P_3s , MB G.B. 718, AP in Verbindung mit aEE.

Abb. 66. P_3s , MB G.B. 726, AP in Verbindung mit aEE.

P_3 (Abb. 62—66): Die Zähne stellen eine Weiterbildung der Laugnac-Form dar und sind in ihrer Entwicklungshöhe nicht wesentlich von dieser unterschieden. Lingualsporn und vordere Außenbucht sind mehr oder weniger deutlich überall vorhanden. Gelegentlich ist der Lingualsporn sogar doppelt entwickelt (MB: G.B. 2077, 2078, Abb. 66). Ein Unterschied betrifft das Vordersynklinid (as). In Laugnac ist es im Durchschnitt seichter, seine Wände divergieren stark nach vorn, in Estrepouy ist as im allgemeinen tiefer eingesenkt, und die Wandstellung ist z. T. parallel; as ist daher deutlicher markiert. Ein P_3 in FL zeigt bereits die Struktur des *P. oeningensis* mit tief nach hinten reichendem Vordersynklinid.

Gelegentlich kommt es zu einer Verbindung des Vorderpfeilers mit der übrigen Krone (3 Ex.: Abb. 65, 66). Dabei entwickelt sich der Damm stets labial vom Vordersynklinid, d. h. es erfolgt eine Verbindung mit dem Außenelement des Vorderlobus. (In Laugnac habe ich diese Verbindung zweimal gesehen.) Derartige P_3 können auf den ersten Blick mit *Lagopsis*- P_3 verwechselt werden, jedoch sind letztere an der stets nach vorn umgelenkten Innenbucht, dem fehlenden Lingualsporn, dem fehlenden Synklinid am Vorderaußenelement, ferner daran kenntlich, daß der Vorderpfeiler median mit der Krone verbunden ist. Ein Exemplar hat abgedämmtes Innensynklinid.

Die P_3 sind vollkommen hypsodont, eine Wurzelbildung, oder auch nur ein Ansatz dazu, erfolgt nicht mehr.

An 7 P_3 stimmen Kronen und Kauflächen mit denen von *Prolagus* überein, nur die Vorderpfeiler fehlen. Dadurch entsteht eine gewisse Ähnlichkeit mit terminalen

Titanomys-P₃. Die Vorderpfeiler sind aber nur weggebrochen oder durch Abwitterung des Zementes abgelöst worden. Bei den meisten dieser *Prolagus*-P₃ ist auch der Zement aus den Innen- und Außensynklinen herausgewittert.

P₄—M₂: Auch hier gibt es keine Wurzeln mehr. An P₄ und M₁ habe ich kein hinteres Innensynklinid gesehen. Es dürfte nur an Keimen vorhanden sein, die mir aber nicht vorlagen.

Deutlich weiterentwickelt sind die M₂ gegenüber Laugnac: Während dort die völlige Ablösung der Hinterfalte nur selten, die Verbindung mit dem Hinterlobus gewöhnlich noch vorhanden ist, sind in Estrepouy die Hinterfalten über die ganze Zahnlänge hinweg völlig abgetrennt und bilden einen selbständigen dritten Lobus. Dieser Zustand wird dann bei allen übrigen und jüngeren *Prolagus* angetroffen. Der Hinterpfeiler hat rundlichen Umriß (vgl. VIRET 1950: 176, Abb. 1 Bi). während er bei *P. oeningensis* und den noch jüngeren Formen querovale Form annimmt, wie die beiden vorderen Loben (z. B. MAJOR 1899, Taf. 37 Fig. 6, 9; VIRET 1950: 176, Abb. 1 V). Vereinzelt sind solche M₂ auch schon in Estrepouy vorhanden (s. Tab. 2 unter „M₂“).

4.1.7. Peyrecrèchen (Lot-et-Garonne)

Zum Vorkommen und burdigalen Alter der Fundstelle s. RICHARD (1946: 239).

Material:

Oberkiefer: MB: 1 P³, 2 P⁴, 1 M².

Unterkiefer: MB: 1 P₄; alles Einzelzähne.

Der P³ ist typisch für *P. vasconiensis*, er bildet im Umriß ein schmales Dreieck.

P⁴: An beiden Exemplaren Außenring ganz durch den Schaft hindurchziehend, mit Sporn. Beide P⁴ mit scharfen Wurzelkanten.

M²: Der Zahn ist kleiner und gestreckter als die M² des *Lagopsis* von Estrepouy und stimmt in Größe und Krümmung mit den *Prolagus*-M² von Estrepouy überein, hat aber — im Gegensatz zu diesen — eine fast bis in die Hinteraußenecke tief eindringende Innenbucht. Hinter ihrem Kopf liegt — auch auf der Pulpaseite sichtbar — noch ein winziger Schmelzring. Beide Wurzelkanten sind scharf.

Der M² hat somit schon *oeningensis*-Gepräge, die Fundstelle müßte etwas jünger sein als Estrepouy.

4.1.8. Teufen (Kt. Appenzell)

Inedite Lokalität des Baseler Museums. Dort bei Burdigalium untergebracht.

Material:

Oberkiefer: MB: 1 P², 4 P³, 1 P⁴, 7 P⁴ + M¹, 1 M².

Unterkiefer: MB: 1 P₃, 1 M₁, 2 M₂; alles Einzelzähne.

P²: Innenelement dreieckig, mit Lingualkante; Außen- und Mittelelement etwa gleich groß. Mittelbucht gerade von vorn eindringend.

P³: Mittelhügel noch etwas aufgebläht, aber mit armartiger Spitze. Wie in Laugnac ist das Außenelement gut markiert als lingualwärts gerichtete Spitze. Die Außenbucht ist nur in einem Falle durch die Mittelschlinge abgedämmt.

P⁴: 1 Exemplar (As. 100) besitzt neben der Mittelschlinge noch eine Außeninsel mit Sporn sowie kurze Innenbucht. Daher ein P⁴.

P⁴ + M¹: Die Unterscheidung von P⁴ und M¹ macht wie in Laugnac Schwierigkeiten, vor allem an dem hier schlecht erhaltenen und geringen Material. Innenbucht dringt wenig tief ein — im Vergleich zu den jüngeren *Prolagus*-Formen — und die Mittelinsel ist überall kräftig, zentral gelegen und durchzieht den ganzen Zahnschaft. Auffallend an den P⁴ und M¹ ist die — gegenüber der Vorderinnenkante — stets deutlich labialwärts gerückte Hinterinnenkante.

M²: Durch schiefe Außenwand sicher erkennbar. Die Mittelinsel ist hier noch deutlich schlingenartig, nicht ringförmig, wie bei jüngeren *Prolagus*, und nicht in die Hinteraußenecke abgedrängt, sondern noch mehr zentral gelegen. Sie hat aber einen Ausgang nach hinten, was durch Schlitz auf der Hinterwand markiert ist. Innenbucht kurz, wie an P⁴ und M¹.

Die Wurzelkanten an P³—M² sind angedeutet, ragen aber nicht kantenartig vor wie bei den jüngeren *Prolagus*.

Der P₃ hat isoliertes Innenelement. Vorderpfeiler nicht sehr breit, aes angedeutet, daher nur zwei zementgefüllte Furchen (ps: den Vorderpfeiler vom Hauptteil des Zahnes trennend, und es) auf der Labialwand sichtbar. Das Innensynklinid ist nach hinten umgelenkt.

Die M₂ sind weiter evoluiert als die Masse der Laugnac-M₂. Die dritten Loben sind völlig isoliert, fast kreisrund im Umriß. Sie stimmen darin eher mit den Estrepouy-M₂ überein. Die Hinterwand des Hinterlobus ist eingedellt, wie an den wenigen Laugnac-M₂, deren dritte Loben bereits isoliert sind. Die Teufen-M₂ sind ferner in den Kronen höher als die Laugnac-M₂. Auch dieses Merkmal bringt die Teufen-Form in die Nähe der Estrepouy-Population.

4.1.9. Mt. Vully (Kt. Fribourg)

Inedite Lokalität des Basler Museums. Nach dortigen Daten: Burdigalium.

Material:

Oberkiefer: MB: 3 P², 5 P³, 2 P⁴, 3 P⁴ + M¹.

Unterkiefer: MB: 4 P₃; alles Einzelzähne.

P²: Innenelement dreieckig, mit linguale Kante; Mittelbucht gerade eindringend: wie in Teufen.

P³: Mittelelement noch leicht gebläht, aber mit labialem Arm. Außenbucht abgedämmt, daher inselartig, mit kräftigem Außenelement als Sporn wie in Laugnac und Teufen (Abb. 67). Ein Keim (MM 2177) zeigt ähnlich kräftige Entwicklung der labialen Elemente wie in Laugnac: Labial vom Außenelement das hintere Labialelement (durch zementgefüllte Bucht getrennt), dicht hinter letzterem ein weiteres Schmelzpfeilerchen, dahinter — an der Hinteraußenecke — setzt das Hinterringulum an. Etwas einwärts und vor dem pLE eine 3. Schmelzknospe; sie liegt damit vor dem Ausgang der Bucht, die Außenelement und pLE trennt. Alle labialen Schmelzbildungen pfeilerartig emporgezogen.

P⁴: Mittelschlinge und Außenring durch den Zahn durchlaufend. MM 2176 ist ein Keim; er besitzt ein kräftiges hinteres Labialelement; deutlich schwächer ist das mittlere LE, an das der Vorderarm des Mittelelements angeschlossen ist. Beide Labialelemente sind pfeilerartig emporgezogen.

$P^4 + M^1$: Wie in Lagnac und Teufen nicht trennbar; kräftige Mittelschlinge, wenig tiefe Innenbucht.

Die P_3 (Abb. 68) haben mitteltiefe Vorderbucht, ähnlich wie in Estrepouy. Das Vorderaußensynklid ist gut entwickelt, so daß es auch auf der Labialwand sichtbar ist. Auch der Lingualsporn ist vorhanden.

Die OK- und UK-Zähne stimmen mit progressiven Lagnac- und mit Estrepouy-Exemplaren überein.

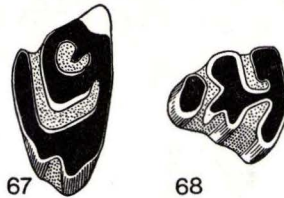


Abb. 67—68. *Prolagus vasconiensis*, Burdigalium, Mt. Vully, von occlusal, $\times 10$.

Abb. 67. P^3_s , MB M.M. 1713.

Abb. 68. P^3_s , MB M.M. 1686.

4.1.10. Schnaitheim (Kr. Heidenheim)

Zu Vorkommen und Altersstellung dieser burdigalen Spaltenfüllung in Malmkalken des schwäbischen Juras siehe DEHM (1939: 117—119, 1961: 49).

Material:

Oberkiefer: MT: 125 P^2 , 123 P^3 , 164 P^4 , 194 M^1 , 132 M^2 .

Unterkiefer: 113 P_3 , zahlreiche P_4 — M_2 . Alles Einzelzähne.

DEHM (1939: 119) erwähnt von Schnaitheim 2 Arten von Lagomyiden. Nach den mir vorliegenden Resten handelt es sich einmal um eine altertümliche *Lagopsis*-Art (cf. *L. peñai*), zum anderen um Angehörige der Gattung *Prolagus*. Hierunter befinden sich zwei verschiedene Taxa: Eine Form kann zu *Prolagus vasconiensis* gestellt werden, die andere ist demgegenüber archaischer und hat in der Struktur der Backenzähne noch gewisse Beziehungen zum aquitanen Genus *Piezodus*. Sie stellt eine besondere Art dar und wird S. 165 unter *Prolagus schnaitheimensis* beschrieben.

P^2 (Abb. 69): Das Innenelement ist im Umriß dreieckig, mit einer deutlichen Hinterinnenkante, und größer als das Mittelelement. Oft findet sich an der Lingualwand eine flache Rinne: Die Andeutung einer Innensyncline. Einige Exemplare zeigen eine tiefere Bucht, ähnlich der am P^3 . Das Außenelement ist gleich groß, meist aber größer als das Mittelelement. Der vollhypso-donte Zahnschaft ist meistens nur schwach nach vorn konvex.

Das vergrößerte Innenelement und die Hinterinnenkante finden sich auch an den P^2 des *Prolagus oeningensis* aus dem höheren Miozän. Da es sich nur um Einzelzähne handelt, ist die Zuweisung zu der progressiveren Form, zu der die *vasconiensis*-Population von Schnaitheim zu stellen ist, etwas problematisch. Sie dürfte aber — bis zur Auffindung vollständiger OK-Reihen — zunächst das Gegebene sein.

P³ (Abb. 70): Der Vorderarm des Innenelementes ist am labialen Ende schmelzfrei und greift ziemlich weit labial vor, dadurch kommt der für *P. vasconiensis* charakteristische flach dreieckige Umriß zustande. Das Mittelelement hat ebenfalls einen etwas längeren labial gerichteten Arm, wodurch das ganze Mittelelement einen mehr schlingenartigen Habitus erhält. Der Zahn ist in Vorderansicht nur wenig eingekrümmt.

P⁴ (Abb. 71): Die Innenbucht ist tief, Mittelschlinge sowie Außeninsel erscheinen dadurch reduzierter und nehmen auf der Kaufläche kein so großes Areal ein. Die Zähne sind auch hier gestreckter und weniger gekrümmt als bei *Piezodus*.

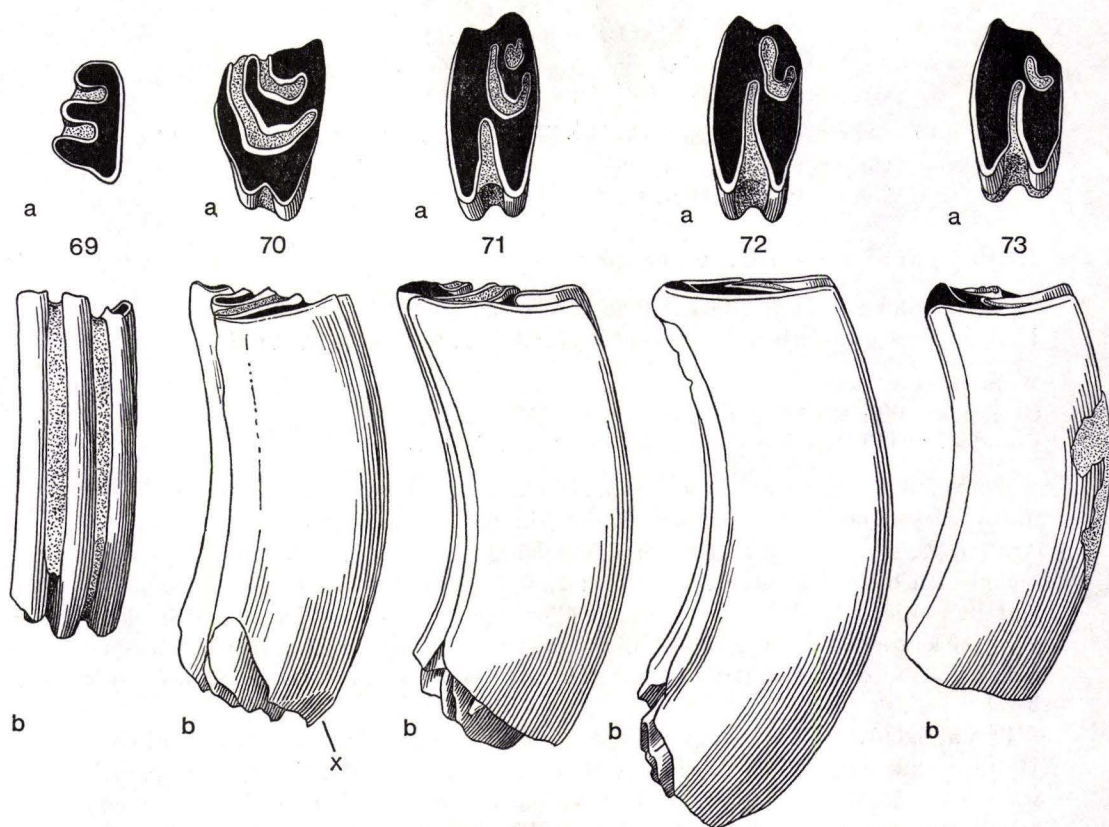


Abb. 69—73. *Prolagus vasconiensis*, Burdigalium, Schnaitheim, P²—M², a: von occlusal, b: von vorn, × 10.

Abb. 69. P²s, MT 1470/1.

Abb. 70. P³s, MT 1470/2.

× : Zone der Neubildung von Schmelz.

Abb. 71. P⁴s, MT 1470/3 (kl. Ergänzung rechts oben).

Abb. 72. M¹s, MT 1470/4.

Abb. 73. M²s, MT 1470/5.

M¹ (Abb. 72): Die Mittelschlinge ist klein, reduziert und durch die tiefe Innensynkline nach hinten-außen abgedrängt. Die Außeninsel fehlt gänzlich. Zwei Drittel bis drei Viertel der Kauflächenbreite sind von der tiefen Innensynkline eingenommen. Die Faltenschenkel liegen eng beisammen und bilden einen sehr spitzen Winkel. Auch hier ist Streckung des Zahnschaftes vorhanden.

M² (Abb. 73): Die Mittelschlinge liegt noch mehr in der Hinteraußenecke. Sie ist gegenüber dem M¹ reduziert und oft gar nicht mehr schlingenartig gestaltet. Dies, der abgeschrägte Labialrand und die geringere Größe geben die Unterscheidungsmöglichkeiten zum M¹. Die Innensynkline ist auch hier tief.

P₃ (Abb. 74): Der Vorderpfeiler ist klein, rundlich, nur manchmal lingual und labial etwas zugespitzt. Das Vordersynklinid (as) ist ziemlich tief und berührt fast die Vorderwand des Innensynklinides. Weiter distad greift das Vordersynklinid jedoch nicht ein. Eine Isolierung des Vorderinnenelementes über einen Durchbruch des Vordersynklinides nach hinten, in die Innenbucht hinein, habe ich nur an 1 Exemplar von 111, d.h. bei 0,9%, beobachtet. Auch andere Anomalien, wie die Verbindung des Vorderpfeilers mit dem Vorderaußenelement (bei *P. schnaitheimensis* häufig, S. 167) oder linguale Abdämmung des Innensynklinides, fehlen gänzlich. Der P₃ erscheint somit bemerkenswert „stabil“ gegenüber dem P₃ des *P. schnaitheimensis* vom gleichen Fundort oder wenn man mit den zahlreichen P₃-Variationen des *Prolagus* cf. *oeningensis* von Vieux-Collonges vergleicht (MEIN 1958: 59, Fig. 76).

Die Wände des Vordersynklinides sind meist parallel. Das Vorderaußensynklinid (aes), ein typisches *Prolagus*-Merkmal, ist gut ausgebildet und tief. Im Vergleich zum Vordersynklinid ist die Bucht jedoch offen, die Faltenschenkel bilden einen weiten Winkel. P₃-Keime lehren, daß unterhalb des etwas schneidenartigen Vorderaußenelement-Gipfels eine vertikale Furche einsetzt, die das Vorderaußenelement zweiteilt und so zum *Prolagus*-Synklinid führt. Ein Lingualsporn (LS) ist immer vorhanden. Der Zahngrundriß ist eher längsgestreckt. Der Zahnschaft ist lang und nach außen, wie bei den späteren *Prolagus*, leicht konvex durchgebogen.

P₄—M₂: Sie sind sicher zahlreich vorhanden. Im Gegensatz zu den P²—M² und P₃, die sich in den allermeisten Fällen von der zweiten, archaischen Form in Schnaitheim gut unterscheiden lassen, ist mir dies an den P₄, M₁ und M₂ nicht mit hinreichender Sicherheit gelungen.

Die vorstehend in relativierender Weise geschilderten Zahnmerkmale treten deutlicher hervor, wenn man sie mit den bei *P. schnaitheimensis* vom gleichen Fundort vorhandenen (S. 165, Abb. 77—83, Tab. 4) vergleicht.

Im ganzen besteht zwischen dem *P. vasconiensis* von Schnaitheim und dem von Laugnac und Estrepouy weitgehende Übereinstimmung, wie ein Vergleich der Abbildungen (46—66) lehrt. In Estrepouy und Laugnac sind die Innensynklinen an den P⁴—M² seichter, ebenso die Vorder- und die Vorderaußensynklinide an den P₃. Dies dürften biostratigraphische und damit Evolutionsunterschiede sein; sie reichen m.E. jedoch nicht aus, um darauf verschiedene Arten zu begründen. Dies gilt auch für die leichten Größenunterschiede an den P³—M²: Danach sind die Werte für Laugnac und Estrepouy niedriger als jene von Schnaitheim, die den *Prolagus*-Formen des jüngeren Miozäns und älteren Pliozäns näher liegen. Erst vom jüngeren

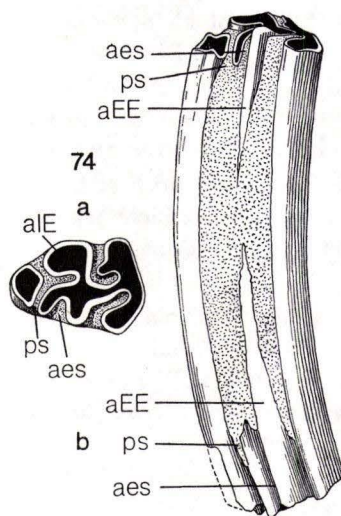


Abb. 74. *Prolagus vasconiensis*, Burdigalium, Schnaitheim, P₃d, invers, MT 1470/6, × 10.

a: von oclusal, b: von vorn. Erklärung der Abkürzungen bei Abb. 9.

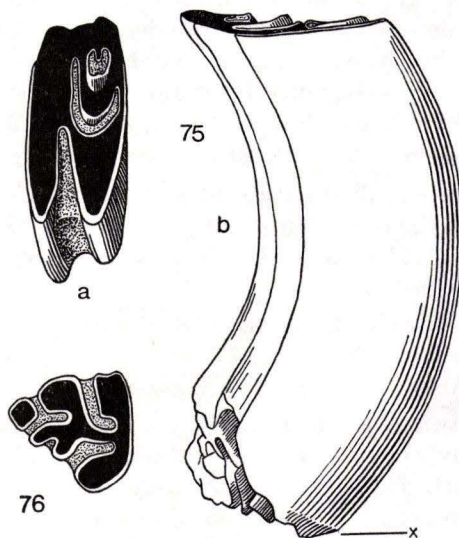


Abb. 75—76. *Prolagus vasconiensis*, Burdigalium, Echzell, × 10.

Abb. 75. P⁴d, invers, a: von oclusal, b: von vorn.
HLD Ez 3067. × : Zone der Neubildung von Schmelz.
Abb. 76. P₃s, von oclusal, HLD Ez 3068.

Pliozän erfolgt dann — jedenfalls in der auf den quartären *P. sardus* führenden Linie — der weitere Größenanstieg (Tab. 3).

4.1.11. Echzell (bei Friedberg, Oberhessen)

Zur Lage und Altersstellung dieser spät-burdigalen bis helvetischen Lokalfauna vgl. TOBIEN 1953: 588.

Unter den Lagomorphen-Zähnen, die überwiegend zu *P. schnaitheimensis* zu stellen sind (S. 170), fallen 2 P_3 durch ihre Übereinstimmung mit den *vasconiensis*- P_3 von Schnaitheim heraus: kleiner, rundlicher Vorderpfeiler, tiefes, fast bis zum Innensynklinid reichendes Vordersynklinid, gut ausgebildetes Vorderaußensynklinid (Abb. 76).

Hierher ist auch ein P^4 zu stellen, der sich durch tiefe Innensynkline und reduzierte Altstrukturen von den übrigen P^4 unterscheidet (Abb. 75).

4.1.12. Becken von Calatayud-Teruel (Spanien)

Aus dem jüngeren Burdigalium und dem Obermiozän des Calatayud-Teruel-Beckens (Ateca III, Villafeliche IIA bzw. Manchones) haben DE BRUIJN & VAN MEURS (1967: 128—133, Abb. 5, 8, 9 u. 11) obere und untere P_3 von *Prolagus* biometrisch bearbeitet. Größenverhältnisse (die *vasconiensis*- P_3^3 an der unteren Grenze der Größenvariabilität der *oeningensis*- P_3^3) und Struktur der oberen und unteren dritten Prämolaren stimmen mit *P. vasconiensis* aus den burdigalen französischen Lokalitäten überein.

Von der obermiozänen Lokalität werden in Tab. 1 und S. 128 drei P_3 unter *Prolagus vasconiensis* neben 71 P_3 (bzw. 66: Tab. 1 und S. 130) unter *P. oeningensis* angeführt. Hierbei dürfte jedoch zu erwägen sein, ob es sich nicht um archaische Exemplare innerhalb der *oeningensis*-Population handelt. Die Existenz von *P. vasconiensis* neben *P. oeningensis* im Obermiozän scheint mir damit noch nicht erbracht zu sein.

4.2. *Prolagus schnaitheimensis* n.sp.

v 1963 *Prolagus*, archaische Form — TOBIEN, Zur Gebiß-Entwicklung: 29

v 1970 cf. *Piezodus* n.sp. von Echzell — TOBIEN, Lagomorpha im Unter-Miozän, Tab. 2

1972 *Piezodus* von Schnaitheim — STEPHAN-HARTL, Die altmiozäne Säugetierfauna: 36

Diagnose:

Eine Art der Gattung *Prolagus* mit folgenden Merkmalen: Innenelement des P^2 hinten-innen zugerundet, Vorderarm des Mittelelementes am P^3 kurz, Mittelelement rundlich; P^4 mit kurzer Innensynkline, großer Mittelschlinge und Außeninsel. Innensynklinen am M^1 und M^2 kaum bis zur Hälfte der Kaufäche labiad eingreifend, Schmelzbänder linguad divergierend. Mittelschlingen am M^1 und M^2 umfänglich, am M^2 meist noch mit Schlingen-Habitus. P^3 — M^2 in der Transversalebene deutlich gekrümmt.

P_3 mit großem, querovalen Vorderpfeiler, seichtem, nach vorn weit geöffnetem Vordersynklinid und schwachem Vorderaußensynklinid, das gelegentlich fehlen kann.

Holotypus: P_3 dext., Länge: 1,8 mm, Abb. 77, Smlg. Geolog.-Paläontol. Institut und Museum, Univ. Tübingen, Kat.Nr. 1470/7.

Locus typicus: Schnaitheim, Kr. Heidenheim, Baden-Württemberg (s. DEHM 1961: 49).

Stratum typicum: Burdigale Spaltenfüllung in Kalken des Oberen Malm (s. DEHM 1961: 49).

Derivatio nominis: Nach dem Fundort.

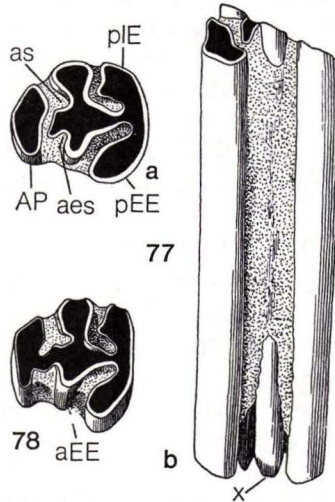


Abb. 77—78. *Prolagus schnaitheimensis*, Burdigalium, Schnaitheim, P_3 , $\times 10$.

Abb. 77. P_3 d, invers, a: von oclusal, b: von vorn.

MT 1470/7, Holotypus.

Abb. 78. P_3 s, von oclusal, AP mit aEE verbunden. MT 1470/8.

Erläuterung der Abkürzungen bei Abb. 9. \times : Zone der Neubildung von Schmelz.

Beziehungen und Vergleiche: Bei der Bearbeitung der Lagomorphen-Reste aus der burdigalen Spaltenfüllung von Schnaitheim ließen sich die zahlreichen *Prolagus*-artigen Einzelzähne auf zwei Formen verteilen: Eine Form entspricht in den Gebißmerkmalen, vor allem an den P_3 und den P^3 — M^2 , dem *Prolagus vasconiensis*, wie er in Laugnac und Estrepouy angetroffen wird. Die andere Form ist davon, zumindest an den OK-Zähnen und am P_3 , deutlich unterscheidbar. Die Kriterien sind im einzelnen weiter unten (S. 165) anlässlich der Behandlung der Schnaitheimer Materialien angeführt.

Gegenüber *Prolagus vasconiensis* ist *P. schnaitheimensis* charakterisiert durch:

1. größere Dimensionen (Tab. 3, 4),
2. geringere Tiefe der Innensynklinen an P^4 — M^2 (Abb. 81—83),
3. größeren Umfang der Altstrukturreste an P^4 — M^2 (Abb. 81—83),
4. P^3 mit stärker dreieckigem Umriß (Abb. 80),
5. P_3 mit großem querovalen Vorderpfeiler und seichtem, nach vorn weit geöffnetem Vordersynklinid und schwachem Vorderaußensynklinid („*Prolagus*-Furche“), das manchmal sogar fehlen kann (Abb. 77, 78).

Diese Unterschiede gelten besonders gegenüber jenen *Prolagus*-Populationen die mit der Schnaitheimer gleich alt [wie der *vasconiensis* von Echzell (S. 161) und von Schnaitheim selbst] oder etwas jünger sind (Vieux-Collonges z. B.). Hier fallen besonders die Unterschiede in den Höhen (d. h. Distanz: Kaufläche-Pulparand) von P^3 — M^2 auf. Besonders deutlich wird dies bei einem Vergleich der zwei *Prolagus*-Formen von Schnaitheim: Die *schnaitheimensis*-OK-Zähne sind deutlich niedriger (zudem stärker gekrümmt), die *vasconiensis*-OK-Zähne höher (zudem gestreckter). (Weiteres s. unten S. 166.)

Prolagus schnaitheimensis ist — abgesehen von der Größe — von dem terminalen, vollhypodonten *Piezodus tomerdingensis*, wie er etwa am Heßler, in Frankfurt-Nordbassin und in der Niederräder Schleusenkammer vertreten ist, kaum zu unterscheiden. Maßgebend für die Zuweisung zu *Prolagus* ist die Struktur des P_3 , die schon die wesentlichen Merkmale der Gattung (deutliches Vorder- und Vorderaußensynklinid) erkennen läßt. Andere Gebißmerkmale, wie die oben geschilderten, verhindern allerdings die Einreihung bei *Prolagus vasconiensis*.

Von dem jüngeren *Prolagus oeningensis* ist *Pr. schnaitheimensis* durch

1. die größeren Dimensionen (Tab. 3, 4),
 2. den P_3 mit großem, ovalem Vorderpfeiler (bei *oeningensis* klein und rund wie bei *vasconiensis*)⁸, flachem Vordersynklinid (bei *oeningensis* bis an die Hinterwand des P_3 reichend und so Außen- und Innensynklinid trennend) und ebensolchem Vorderaußensynklinid (bei *oeningensis* tief, mit engen Wänden),
 3. den größeren Umfang der Altstrukturen an P^4 — M^2 , vor allem am M^2 ,
 4. das damit in Zusammenhang stehende geringere labialwärtige Eingreifen der Innensynklinen
- unterschieden.

Gegenüber dem gleichzeitig existenten *Lagopsis peñai* bestehen kaum Verwechslungsmöglichkeiten.

Die geschilderten Unterschiede schließen *Prolagus schnaitheimensis* von der Vorfahrenschaft des *P. oeningensis* aus. Hierfür bietet sich eher *Prolagus vasconiensis* an durch die P_3 -Struktur, die Streckung der P^3 — M^2 -Zahnschäfte, die Rückbildung der Altstrukturen, die tiefen Innensynklinen an den P^4 — M^2 und die geringeren Dimensionen. *P. schnaitheimensis* scheint demgegenüber eine andere Entwicklungsrichtung einzuschlagen. Hierfür sprechen Beibehaltung bzw. sogar leichte Zunahme der Zahngrößen, verglichen mit den älteren *Piezodus* von Coderet, Paulhiac und Tomerdingen; die relativ geringe Tiefe der Innensynklinen, der Umfang der Altstrukturen an den OK-Zähnen und vor allem ihre relativ geringere Höhe verraten ein etwas archaisches, an *Piezodus* erinnerndes Gepräge.

P. schnaitheimensis ist in vieler Beziehung evolutiv weniger weit von *Piezodus* entfernt als *P. vasconiensis*, der vor allem in den jüngeren Vertretern (höheres Burdigalium) weiter entwickelt erscheint und bereits viel mehr Beziehungen zu

⁸ Große, ovale Vorderpfeiler erscheinen erst bei den großen spätpliozänen und quartern Formen aus der *Prolagus-sardus*-Gruppe.

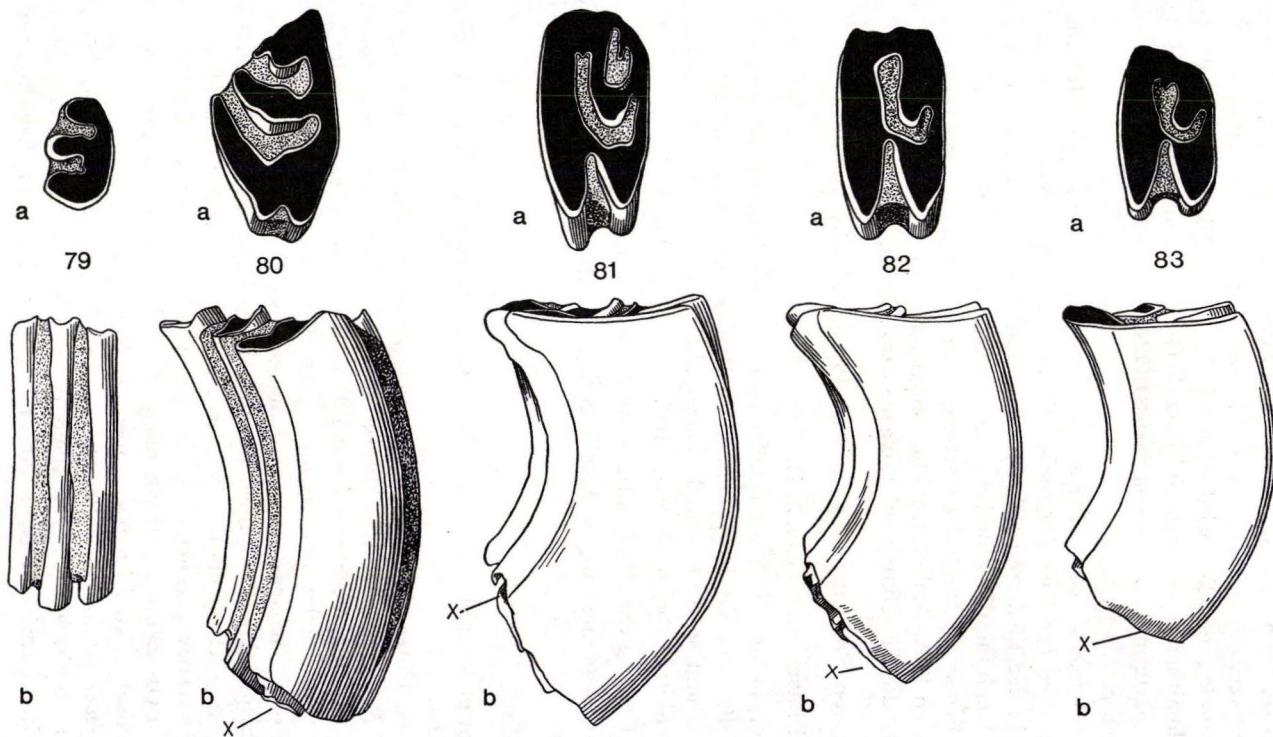


Abb. 79—83. *Prolagus schnaitheimensis*, Burdigalium, Schnaitheim, P²—M², a: von occlusal, b: von vorn.

Abb. 79. P²s, MT 1470/9
 Abb. 80. P³s, MT 1470/10.
 Abb. 81. P⁴s, MT 1470/11.

Abb. 82. M¹s, MT 1470/12.
 Abb. 83. M²s, MT 1470/13.
 × : Zone der Neubildung von Schmelz.

P. oeningensis des jüngeren Miozäns hat. Die evolutiven Tendenzen weisen bei *P. schnaitheimensis* in eine andere Richtung. *Ptychoprolagus forsthartensis* gibt dafür einige Hinweise (S. 170).

P. schnaitheimensis ist bisher nur an einigen deutschen Fundplätzen angetroffen worden. In Frankreich gibt es zur Zeit keine Hinweise auf diese Spezies. Es ist möglich, daß von Fundstücken aus den altpaläozänen Fundorten der Schweiz (S. 155, 156) das eine oder andere eventuell zu *schnaitheimensis* gehört (? so in den inediten Martinsbrücke/Martinstobel im MB).

4.2.1. Schnaitheim (Kr. Heidenheim)

Zur Lage und Altersstellung s. S. 157.

Material:

Oberkiefer: 135 P², 188 P³, 228 P⁴, 288 M¹, 196 M².

Unterkiefer: 187 P₃; zahlreiche P₄—M₂, aber nicht von *P. vasconiensis* unterscheidbar. Alles Einzelzähne.

Die Merkmale von *P. schnaitheimensis* werden beim Vergleich mit *P. vasconiensis*, der ja ebenfalls in Schnaitheim vorkommt (S. 157), besonders deutlich.

P² (Abb. 79): Die vordersten Prämolaren sind im Durchschnitt kleiner als bei *P. vasconiensis* — im Gegensatz zu den größeren P³—M² — vom gleichen Fundort (Tab. 4). Das Innenelement ist rundlich ohne Hinterinnenkante und relativ klein im Verhältnis zum Mittelelement. Auch das Außenelement ist im Vergleich zum Mittelelement ebenfalls relativ klein. Im ganzen ist der P² demnach archaischer. Ich stelle diese Zähne daher zu *P. schnaitheimensis*. Die nach vorn konvexe Krümmung des Zahnschaftes ist hier meistens stärker als bei *P. vasconiensis*.

Diese Merkmale sind nicht an allen P² gleich deutlich entwickelt, es gibt eine größere Anzahl, bei denen die Zuweisung zur einen oder anderen Art unsicher bleibt.

P³ (Abb. 80): Die Zähne sind größer (d.h. mesio-distal und auch in der labiolingualen Breite des Zahnschaftes gemessen) und niedriger (d.h. in der Distanz Kaufläche—Pulparand gemessen) als die P³ von *P. vasconiensis* von Schnaitheim (Tab. 4 und Abb. 70). Der Umriß der Kaufläche ist stärker dreieckig, was mit der besseren Entwicklung des Vorderarmes des Innenelementes und seiner weiteren Vorziehung labiad zusammenhängt (vgl. Abb. 70 a). Das Labialende des Vorderarmes ist — ähnlich wie am *vasconiensis*-P³ (Abb. 70 a) von Schnaitheim — in einem schmalen Streifen (Vorderansicht) schmelzfrei.

Die Zahnkrümmung in der transversalen Ebene ist hier stärker als an den P³ der anderen Form von Schnaitheim (Tab. 4, 5). Dies, wie auch die niedrigere Zahnhöhe, ist ein archaisches Merkmal und erinnert noch an die Verhältnisse bei *Piezodus*.

Ähnlich wie am P² sind auch die P³-Merkmale, welche die Unterscheidung der beiden Schnaitheimer Formen erlauben, variabel und nicht 100%ig durchgreifend. Wenn die Zähne vollständig erhalten sind (mit der „Zone der Neubildung“ s. S. 166), sind die unterschiedliche Höhe und der Unterschied im Krümmungsradius noch die zuverlässigsten Merkmale.

P⁴ (Abb. 81): Auch diese Zähne sind größer und niedriger (Tab. 4 und Abb. 71) als die P⁴ des *vasconiensis* vom gleichen Fundort. Die Innensyncline ist kürzer, die

Wände divergieren linguad stärker. Mittelschlinge und Außeninsel nehmen auf der Kaufläche einen größeren Raum ein, der Krümmungsradius ist kleiner (vgl. Abb. 71 b und Tab. 5). Die Torsion der Zahnschäfte in der Längsachse ist hier schwächer als bei der anderen Schnaitheimer Form, und die Krümmung ist stärker (Tab. 4).

M¹ und M² (Abb. 82, 83): Die beiden Molaren sind ebenfalls größer und niedriger als jene des *vasconiensis* von Schnaitheim (Tab. 4). Die Mittelschlinge ist groß und noch in einer ursprünglichen *Piezodus*-ähnlichen Position auf der Kaufläche, während sie bei *vasconiensis* von Schnaitheim nach labiad abgedrängt erscheint. Dies hängt mit den unterschiedlichen Tiefen der Innensynklinen zusammen. Sie sind bei *P. schnaitheimensis* zwar — wie überall — tiefer als am P⁴, aber seichter (kaum in die Hälfte der Kaufläche eindringend) und mit Wänden, die linguad divergieren. Die Krümmung ist auch hier stärker (Abb. 82 b, 83 b bzw. 72 b, 73 b; Tab. 4).

Der Schmelz am labialen Ende des Vorderarmes der Mittelschlinge zeigt meistens eine Fältelung. Dies ist einmal (wie an Zahnkeimen sichtbar) durch entsprechend kräftige, und „hypsodontierte“ vordere Labialelemente, die durch die Usur aufgeschliffen werden, bedingt, zum anderen kommt eine beginnende Fältelung hinzu, die bei dem jüngeren *Ptychoprolagus forsthartensis* ein Extrem erreicht (Abb. 95—99).

An den M² ist die Mittelinsel noch schlingenartig und nur wenig kleiner als am M¹: Auch dies im Gegensatz zu den Befunden am Schnaitheimer *vasconiensis*.

Isolierte P⁴, M¹ und M² lassen, wenn sie unbeschädigt sind, die ursprüngliche Höhe (d. h. Distanz: Kaufläche—Pulparand) der in vivo vorhandenen harten Zahnschubstanz oft noch deutlich erkennen: An der vorderen Seite des Pulparandes ist eine horizontale, Bruchteile von Millimetern breite Zone der Neubildung von Schmelz (× in Abb. 80—83). Dieses schmale Band trägt eine äußerst feine, schräg von innen-oben (= Kauflächen-Seite) nach außen-unten (= Pulpa-Seite) verlaufende Rillung. Auf diese Primär-Zone aus Dentin wird bei weiterem Wachstum die äußere Schmelzlamelle aufgelagert. Diese definitive Schmelzbedeckung reicht nach oben bis zur Kaufläche. Oberhalb der Grenze zwischen Primär-Zone mit Schrägstreifung und der definitiven Schmelzbedeckung liegt bei den Schnaitheimer Zähnen eine breitere Verfärbungszone, die nach oben verschwindet.

Die derartig „vollständigen“ P³—M² von *P. schnaitheimensis* sind nun deutlich kürzer als die jeweils entsprechenden Zähne von *P. vasconiensis* vom gleichen Fundort (Abb. 70—73; 80—83)⁹. Beide Arten sind vollhypsodont, eine Wurzelbildung erfolgt nicht mehr, jedoch ist bei dem archaischeren *P. schnaitheimensis* die Höhe der oberen Backenzähne, d. h. die jeweils im Kiefer vorhandene Zahnsäule aus Schmelz und Dentin, geringer als bei dem progressiveren *P. vasconiensis*, dessen „harte“ Zahnsäulen während der Lebenszeit stets auf größere Höhe angelegt waren. Dieser Unterschied ist um so bemerkenswerter, als die niedrigeren *schnaitheimensis*-Zähne dimensionell größer, die von *vasconiensis* dagegen kleiner sind (Tab. 4).

Es liegt nahe, diese Unterschiede mit Platzfragen der Zähne im Maxillare in Zusammenhang zu bringen. Möglicherweise waren die niederhypsodonten und noch

⁹ Die hierzu möglichen metrischen Daten sollen an anderer Stelle im Zusammenhang mit den jüngeren *Prolagus*-Formen gebracht werden.

etwas stärker eingekrümmten P^3-M^2 des *P. schnaitheimensis* (Tab. 5) in einem relativ niedrigeren Maxillare untergebracht (was noch auf nähere Beziehungen zu *Piezodus* hinweist). Dagegen dürften die längeren und auch etwas gestreckteren P^3-M^2 des *P. vasconiensis* ein höheres Maxillare bedingt haben. Wie die beiden Faktorenkomplexe (Hypsodontierung der Backenzähne/Platzschaffung im Maxillare) zueinander im Verhältnis von Ursache und Wirkung stehen, ist vorerst noch unklar. Hier ist eine vergleichbare Situation wie beim terminalen *Titanomys calmaensis* gegeben (TOBIEN 1974).

Wie auch immer die kausale Relation: Zahnhypsodontie/Maxillarrhöhe beschaffen sein mag, das vorstehende Beispiel lehrt, daß auch unter vollhypsodonten, völlig wurzellosen Gebissen Unterschiede in den Zahnhöhen (zumindest in den aus Hartsubstanzen bestehenden Zahnpartien) — d. h. im Hypsodontie-Grad — auf dem Wege zu einer extremen Hypsodontie vorkommen können.

Diese Beobachtungen gelten nur für Zähne in Vollusur. Juvenile Zähne (Keime oder gerade angekaute) sind deutlich niedriger.

P_3 (Abb. 77, 78): Ein sehr auffallendes Merkmal ist der große, breit gedehnte Vorderpfeiler bei *P. schnaitheimensis* gegenüber den kleinen, rundlichen Vorderpfeilern der *vasconiensis*-Population. Dazu kommt, wie bereits erwähnt, ein seichtes Vordersynklinid und ein noch schwächeres, manchmal fehlendes Vorderaußensynklinid. Wie an den oberen Backenzähnen ist auch die Zahnhöhe des *schnaitheimensis*- P_3 niedriger als die der *vasconiensis*- P_3 vom gleichen Fundort.

Im Gegensatz zu den P_3 des *P. vasconiensis* sind die am P_3 des *P. schnaitheimensis* an 187 Exemplaren beobachteten Abweichungen und Anomalien des Kauflächen-Musters häufiger. Folgende sechs Varianten wurden beobachtet:

- | | |
|---|-------|
| 1. Verbindung des Vorderpfeilers mit dem Vorderaußenelement (Abb. 78): $31 \times =$ | 16,6% |
| 2. Abdämmung des Innensynklinides (Abb. 94): $7 \times =$ | 3,7% |
| 3. Isolierung des Vorderinnenelementes infolge Durchbruches der Vordersynklinides nach hinten: $4 \times =$ | 2,1% |
| 4. Abdämmung des Innensynklinides + Verbindung des Vorderpfeilers mit dem Vorderaußenelement: $3 \times =$ | 1,6% |
| 5. Verbindung von Vorderpfeiler mit Vorderaußenelement + Isolierung des Vorderinnenelementes: $1 \times =$ | 0,5% |
| 6. Innensporn doppelt: $1 \times =$ | 0,5% |

Insgesamt weisen 47 von 187 P_3 Anomalien auf. Dies sind 25,1%, also weit mehr als an den P_3 von *P. vasconiensis* (mit 0,9% Anomalien, S. 159). Wie weit eine dieser Anomalien „prospektiv“ ist, d. h. in stratigraphisch jüngeren Populationen durch vermehrte, zahlenmäßige Ausbreitung häufiger vertreten ist (ähnlich wie die zunehmende Vertiefung des Vordersynklinides distalwärts mit isoliertem Vorderinnenelement als Zwischenstadium in der Reihe *Prolagus vasconiensis* → *P. cf. oeningensis* → *P. oeningensis*: s. HÜRZELER 1962, Abb. 2, Stadium 5—10), ist z. Z. nicht anzugeben, da hinreichend umfangreiches Material der Deszendenten des *P. schnaitheimensis* fehlt (S. 165).

P_4-M_2 : Wie bereits S. 159 ausgeführt, ist mir die einwandfreie Abtrennung dieser Zähne auf visuellem Wege von denen des *P. vasconiensis* bisher nicht gelungen. Sie müssen daher zunächst unberücksichtigt bleiben.

Das zahlenmäßige Verhältnis der P^3-M^2 und P_3 zwischen *P. schnaitheimensis* und *P. vasconiensis* in Schnaitheim ist ziemlich gleichmäßig. Der Anteil der *schnaitheimensis*-Zähne beträgt an der Gesamtzahl für

P^3 :	60,5% (188 von 311 Exemplaren)
P^4 :	58,2% (228 von 392 Exemplaren)
M^1 :	59,7% (288 von 482 Exemplaren)
M^2 :	59,2% (196 von 331 Exemplaren)
P_3 :	62,3% (187 von 300 Exemplaren)

Nur das P^2 -Verhältnis ist abweichend: Es beträgt 50,2% (135/267). Jedoch dürfte dies an der jeweils nicht ganz charakteristischen Ausbildung des vorderen Prämolaren liegen.

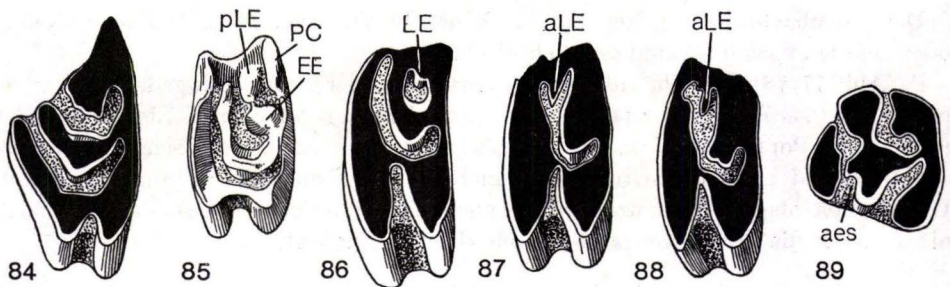


Abb. 84—89. *Prolagus schnaitheimensis*, Burdigalium, Limberg (Kaiserstuhl), P^3-M^2 , P_3 , von occlusal, $\times 10$.

Abb. 84. P^3 d, invers, HLD Li. I 172.

Abb. 85. P^4 d, invers, Keim, HLD Li. I 173.

Abb. 86. P^4 d, invers, HLD Li. I 174. LE = pLE

Abb. 87. M^1 s, HLD Li. I 175.

Abb. 88. M^2 s, HLD Li. I 176.

Abb. 89. P_3 s, HLD Li. I 177.

Erläuterungen der Abkürzungen bei Abb. 9.

Danach würden in Schnaitheim etwa 60% der *Prolagus*-Individuen auf den archaischeren *P. schnaitheimensis*, 40% auf den progressiveren *P. vasconiensis* entfallen.

4.2.2. Wintershof-West (bei Eichstätt)

Zu Lage, Fauneninhalt und Altersstellung dieser altburdigalen Spaltenfüllung in Malm-Kalken des Fränkischen Juras vgl. DEHM (1961: 49).

Unter den über 130 isolierten P^3-M^2 und 30 P_3-M_2 von *P. vasconiensis*, die an anderer Stelle behandelt werden sollen, befinden sich 5 P_3 , welche die Merkmale des *Prolagus schnaitheimensis* aufweisen: großen, breit-ovalen Vorderpfeiler, flaches Vordersynklinid (in einem Falle mit dem Vorderaußenelement verbunden) und deutliche bis fehlende (1 Ex.) *Prolagus*-Furche.

4.2.3. Limberg (Süd-Baden)

Zu Lage, Altersstellung und Fauneninhalt dieser spätburdigalen Kleinsäugerfauna aus vulkanischen Tuffen des Kaiserstuhles im südlichen Rheintalgraben vgl. TOBIEN 1958: 4—5, 1959: 21—23.

Unter den Lagomorphen-Einzelzähnen aus der Tufflinse im Steinbruch I unterhalb der Ruine Limburg (auf dem Limberg) ist ein *Prolagus* vertreten, dessen robuste P_3 und P^3-M^2 eher zu *Prolagus schnaitheimensis* zu stellen sind (P_3 mit großem, breitem Vorderpfeiler, P^3 mit schräger Vorderaußenwand, P^4 mit großer Mittelschlinge und Außeninsel, M^1 und M^2 mit nicht sehr tiefen Innensynklinen und umfangreicher Mittelschlinge: Abb. 84—89). Eine Zuweisung zu *P. vasconiensis* (wie von mir ursprünglich angenommen, 1958: 4, 1959: 22) kommt nach derzeitiger Kenntnis nicht mehr in Betracht.

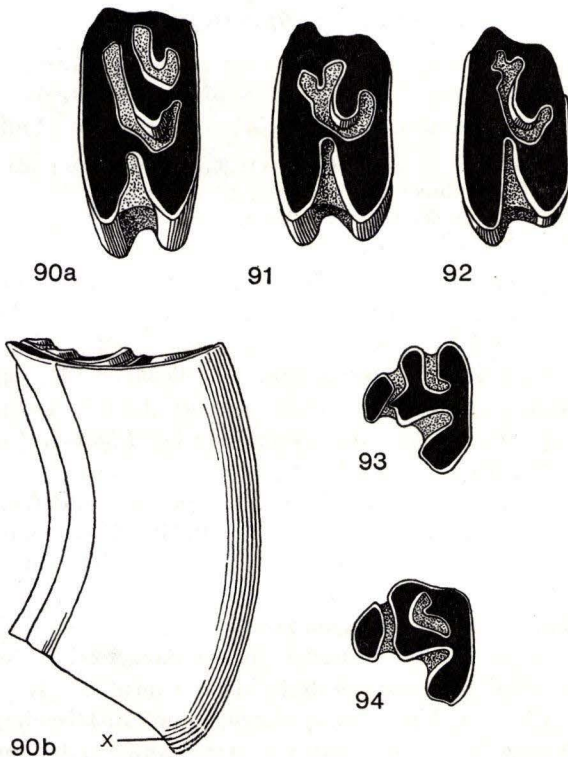


Abb. 90—94. *Prolagus schnaitheimensis*, Burdigalium, Echzell, P^4 , M^1 , P_3 , $\times 10$.

Abb. 90. P^4 s, a: von occlusal, b: von vorn. \times : Zone der Neubildung von Schmelz. HLD Ez. 3069.

Abb. 91. M^1 s, von occlusal, HLD Ez. 3070.

Abb. 92. M^2 d, invers, von occlusal, HLD Ez. 3071.

Abb. 93. P_3 s, von occlusal, HLD Ez. 3072, mit schwach entwickelter *Prolagus*-Furche.

Abb. 94. P_3 d, invers, von occlusal, HLD Ez. 3073, archaisches Exemplar, mit fehlender *Prolagus*-Furche und abgedämmtem Innensynklinid.

4.2.4. Echzell (NE Friedberg, Oberhessen)

Zu Lage und Altersstellung siehe S. 161.

Häufiger als *Prolagus vasconiensis* (S. 161) ist *P. schnaitheimensis*, der durch über 20 P_3 — mit dem typischen Merkmal des breiten Vorderpfeilers — nachgewiesen ist (Abb. 93, 94). Häufig ist an diesen P_3 die Abdämmung des Innensynklinides (Abb. 94) sowie die nicht immer deutliche *Prolagus*-Furche.

Auch an den P^4 sind die beiden Formen erkennbar. Abb. 90 zeigt den größeren letzten Prämolaren mit niedrigerem Zahnschaft, seichter Innensynklinale und umfangreicheren Altstrukturen im Vergleich zu dem darin deutlich progressiveren *vasconiensis*- P^4 (Abb. 90 und 75). M^1 und M^2 mit großer Mittelschlinge und relativ kurzen is (Abb. 91, 92).

5. Genus *Ptychoprolagus* n.g.

Diagnose: Eine mit *Prolagus* verwandte Gattung der Familie Ochotonidae mit starker, sekundärer Fältelung des Schmelzes an den Altstrukturen der P^3 — M^2 . Schmelzwände der Innensynklinen der P^3 — M^2 glatt und ohne Fältelung.

Derivatio nominis: *πτυξ*, *πτυχός* (griech.): Falte, *prolagus*: als Hinweis auf die verwandtschaftlichen Beziehungen zur Gattung *Prolagus*.

Typus-Spezies: *Ptychoprolagus forsthartensis* n.sp.

Vorkommen: Helvetium (Ottningium).

Dieser bemerkenswerte Lagomorphe fällt auf den ersten Blick durch die intensive accessorische Schmelzfältelung an P^3 — M^2 ganz aus dem Rahmen der bisher bekannten Ochotoniden. Sekundäre Schmelzfältelungen sind bei Leporiden häufig, extrem entwickelt beim rezenten *Pentalagus* und dem jungpliozänen *Pliopentalagus* (DAXNER & FEJFAR 1967, Abb. 1—4,7). Jedoch findet sich die Fältelung der P^3 — M^2 hier an den Innensynklinen, wogegen die Innensynklinen bei *Ptychoprolagus* davon völlig frei sind (Abb. 96—99, 101).

Ähnlicher ist die Situation an dem bisher allein bekannten P_4 (Abb. 100): Hier ist die Vorderwand des Hinterlobus der Ort der Sekundär-Fältelung, in entsprechender Weise wie bei *Pliopentalagus* (hier jedoch mit stärkerer Fältelung) und *Pentalagus* (hier ins Extrem gesteigert: DAXNER & FEJFAR 1967, Abb. 2, 7).

Die verwandtschaftlichen Beziehungen zur Gattung *Prolagus* sind durch die Vollhypsodontie sowie durch die Struktur der oberen Backenzähne gegeben: Dies gilt vor allem für den P^3 , der im betont dreieckigen Umriß der Kaufläche *Prolagus*-ähnlich ist, wie für P^4 , M^1 und M^2 , deren Altstrukturen (Mittelschlingen, Außeninsel) durchaus *Prolagus*-artig sind, wenn man von der Sekundärfältelung absieht.

Für die Frage der Herkunft des *Ptychoprolagus* kommen die beiden altmiozänen Spezies *Prolagus vasconiensis* und *Prolagus schnaitheimensis* in Betracht. Die Beziehungen zu letzterer Spezies sind dabei deutlicher und enger: Die Innenbuchten an P^4 , M^1 und M^2 greifen kaum in die Hälfte der Kaufläche labiad ein. An M^1 und M^2 bilden die Schmelzwände einen offenen Winkel. Größe und Umfang der Altstrukturen (Mittelschlinge und Außeninsel am P^4 , Mittelschlingen an M^1 und M^2) sind beträchtlich, die Mittelschlinge am M^2 ist gegenüber jener am M^1 kaum reduziert, und — besonders charakteristisch — die Höhe der Zahnschäfte, d.h. der Hypsodontiegrad

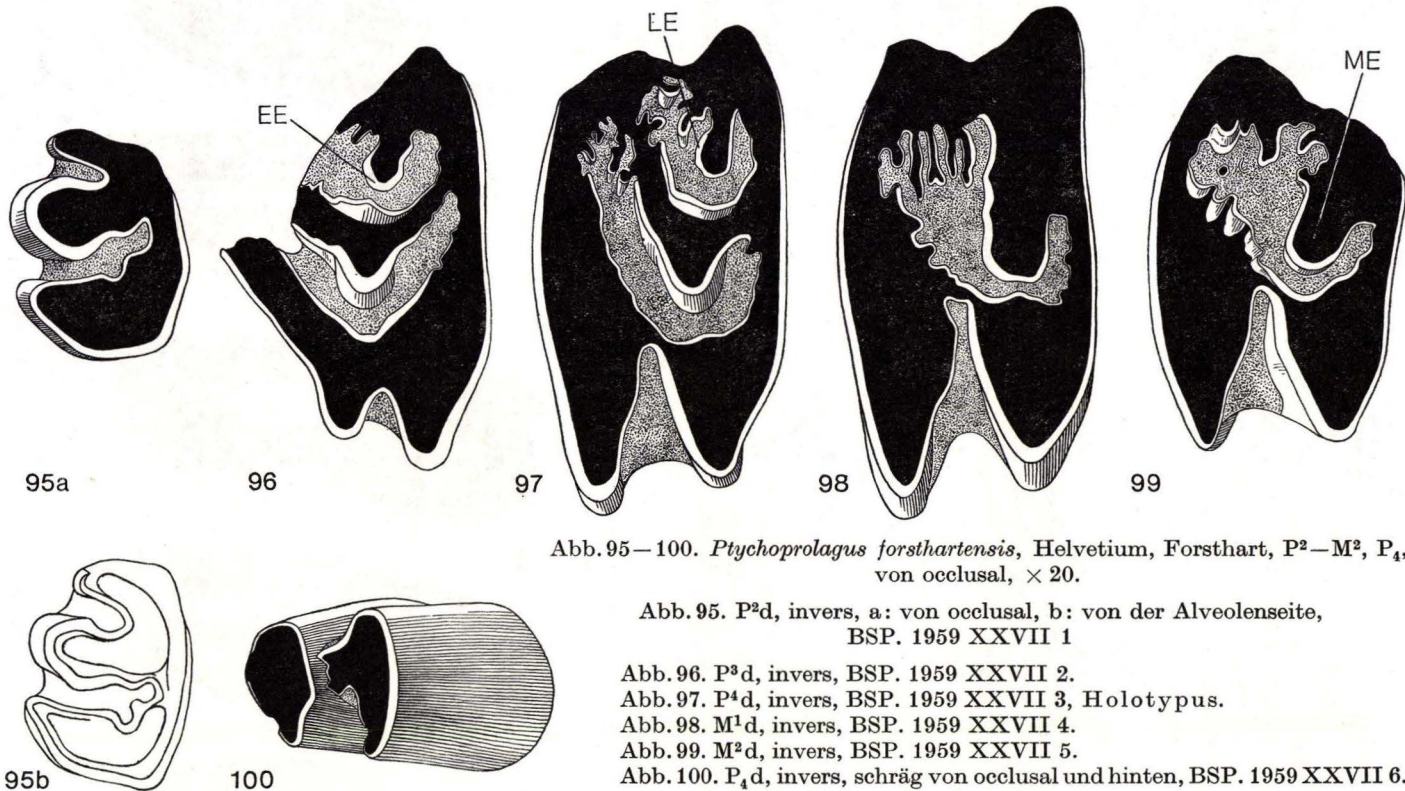


Abb. 95—100. *Ptychoprolagus forsthartensis*, Helvetium, Forsthart, P²—M², P₄, von occlusal, × 20.

Abb. 95. P²d, invers, a: von occlusal, b: von der Alveolenseite, BSP. 1959 XXVII 1

Abb. 96. P³d, invers, BSP. 1959 XXVII 2.

Abb. 97. P⁴d, invers, BSP. 1959 XXVII 3, Holotypus.

Abb. 98. M¹d, invers, BSP. 1959 XXVII 4.

Abb. 99. M²d, invers, BSP. 1959 XXVII 5.

Abb. 100. P₄d, invers, schräg von occlusal und hinten, BSP. 1959 XXVII 6.

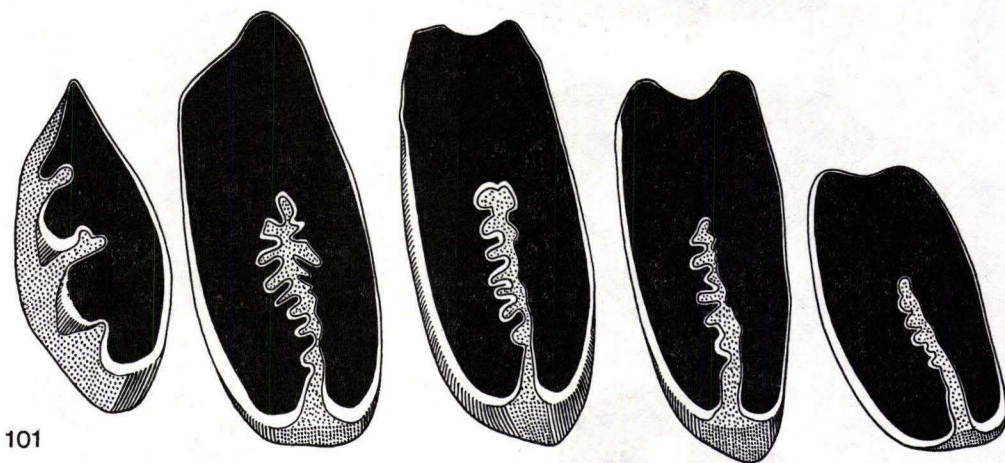
EE: Außenelement, ME: Mittelelement, LE: hinteres Labialelement (= pLE).

an P^3-M^2 ist niedrig, er entspricht durchaus den Befunden bei *Prolagus schnaitheimensis* (Abb. 79–83). Dieser Vergleich ist dadurch gesichert, daß auch bei *Ptychoprolagus* von Forsthart die Zone der Schmelz Neubildung an den P^3-M^2 erhalten ist. Es liegen somit nicht die Strukturen des *P. vasconiensis* (mit den höher hypsodonten, d. h. längeren Zahnschäften) vor. Dies gilt auch für die Innensynklinen an M^1 und M^2 , die bei *P. vasconiensis* tiefer sind und parallele Wände haben, sowie für die stärker reduzierten Altstrukturen, die vor allem am P^4 labiad verlagert sind.

Beziehungen zur *Prolagus schnaitheimensis* ergeben sich weiterhin dadurch, daß an einzelnen P^4 , M^1 und M^2 dieser Spezies in Schnaitheim, Wintershof-West und am Limberg an den labialen Enden der Mittelschlinge eine leichte Wellung des Schmelzes zu beobachten ist (Abb. 88). Sie ist nicht nur durch das in die Außeninsel hineinragende Labialelement pLE, bzw. durch das die Mittelschlinge abdämmende vordere Labialelement (aLE) bedingt (S. 166, Abb. 87–88, 91–92), sondern es handelt sich hier um ein zusätzliches, neues Merkmal. Von *Ptychoprolagus* aus gesehen, sind dies die ersten „prospektiven“ Anzeichen bei der älteren, burdigalen Art, die dann im Helvetium eine ganz erhebliche Steigerung erfahren.

Von der Unterkieferbezahnung fehlt bisher der P_3 , der zweifellos bei seiner Aufindung noch weitere Aufschlüsse liefern wird.

Beziehungen von *Ptychoprolagus* zu den jüngeren *Prolagus*-Formen des höheren Miozäns, des Pliozäns und Quartärs bestehen nicht. Vielmehr ergibt sich aus der Verwandtschaft *Prolagus schnaitheimensis* — *Ptychoprolagus* eine eigene, selbständige evolutive Linie, unabhängig von der *vasconiensis-oeningensis-sardus*-Linie. Sie ist in anderer Richtung spezialisiert: Die Schmelzfältelung bedeutet vermutlich eine Verstärkung der gegen Usur widerstandsfähigen Partien der Kaufläche und verhindert damit eine allzu rasche Abnutzung der Zähne: Ein Effekt, der möglicherweise in der *vasconiensis-sardus*-Linie durch vermehrte Hypsodontie, unter Bei-



101

Abb. 101. Leporide cf. *Oryctolagus lacosti*, Villafranchium, Etouaires, P^2-M^2 s, von occlusal, $\times 10$, MB Prr 25. Innensynklinen mit Ptychodontie; zum Vergleich und im Gegensatz zu *Ptychoprolagus forsthartensis*: Abb. 96–99.

behaltung, ja sogar unter teilweiser Reduktion vom Schmelzmaterial in der Kaufläche (Altstruktur-Schwund), erreicht wird.

Nirgendwo, auch nicht bei anderen Ochotoniden der Alten und Neuen Welt, sind bisher Maxillargebisse mit einer derartigen Ptychodontie wie bei *Ptychoprolagus* bekanntgeworden.

Die Parallele zu den Leporiden ist augenfällig, jedoch werden — wie oben erwähnt — bei den Ochotoniden andere Zahnpartien von der Schmelzfältelung ergriffen.

5.1. *Ptychoprolagus forsthartensis* n. sp.

Diagnose: Eine in den Molaren großwüchsige Art des Genus *Ptychoprolagus* mit den Merkmalen der Gattung. Ferner: Innensynklinen der P^3 — M^2 kaum bis zur Hälfte der Kaufläche labiad vorreichend. Mittelschlinge und Außeninsel umfanglich, ein größeres Areal auf der Kaufläche einnehmend. P_4 mit schwacher Fältelung des Schmelzes an der Vorderwand des Hinterlobus.

Holotypus: P^4 dexter; mesio-distale Länge an der Kaufläche: 1,65 mm; BSP. 1959 XXVII 3 (Abb. 97).

Locus typicus: Forsthart, NW Aidenbach, Niederbayern.

Stratum typicum: Limnische Süßwasserschichten Niederbayerns (Basis der Oberen Süßwassermolasse) (CICHA et al. 1972: 137).

Derivatio nominis: Nach dem Fundort.

Hinsichtlich der Beziehungen zu nächst verwandten Formen sei auf die Ausführungen S. 170—172 verwiesen.

5.1.1. Forsthart (Niederbayern)

Zu Lage, Faunenführung und stratigraphischer Stellung der Lokalität Forsthart aus limnischen Süßwasser-Schichten des Helvetiums (Ottningium) in Niederbayern s. CICHA et al. 1972, S. 137, Tab. 2. Forsthart ist bisher die einzige Lokalität, die Gebißreste der Gattung *Ptychoprolagus* geliefert hat.

Material:

Oberkiefer: BSP: 1 P^2d , 1 P^3d , 1 P^4d , 1 M^1d , 1 M^2d .

Unterkiefer: 1 P_4d .

P^2 (Abb. 95). Der Zahn hat das typische Kauflächenbild des *Prolagus* mit den drei Elementen, die von innen nach außen an Größe abnehmen und durch eine längere Mittelbucht und eine kürzere Außenbucht getrennt sind. Die Schmelzwände der Mittelbucht zeigen eine leichte Wellung als erste Anzeichen der an den folgenden Zähnen weit stärkeren Fältelung. Diese Wellung ist auch an der Pulpa-Seite noch sichtbar (Abb. 95b), so daß sie durch den ganzen Zahn hindurchzieht. Auch die P^2 von *Pliopentalagus* und *Pentalagus* sind im Vergleich zu den nachfolgenden Zähnen viel weniger gefältelt (DAXNER & FEJFAR 1967, Abb. 1e, f, 4b). L.: 1,0.

P^3 (Abb. 96): Im Umriß ist dieser Zahn durch die nur wenig labiad vorgreifenden Vorderarme des Innen- und des Mittelelementes ausgeprägt dreieckig mit sehr schräg verlaufender Vorderaußenkante. Er ist dadurch dem P^3 von *P. schnaitheimensis* sehr ähnlich und dem *vasconiensis*- P^3 von Schnaitheim unähnlich (Abb. 70, 80, 84).

In die Außenbucht ragt eine besonders große Schmelzfalte vor. Hierbei dürfte es sich um das Außenelement handeln, das anderwärts oft in die Außensyncline vor-springt (Abb. 67, 80, 84). Die Fältelung zeigt sich besonders an den Wandpartien der Außen- und Mittelbucht, die eine dünne Schmelzschicht aufweisen. Das Labialende des Vorderarmes des Innenelementes ist schmelzfrei. L: 1,7.

P⁴ (Abb. 97): Die Ähnlichkeit mit dem P⁴ von *Prolagus schnaitheimensis* ist auch hier offensichtlich (Abb. 81, 86, 90): kurze Innensyncline, große Altstrukturen. Die Fältelung ist besonders dicht an den labialen Enden der beiden Altstrukturen, dort, wo der labiale Rand der Kaufläche — wegen der Partialhypso-dontie — sehr rasch nach einsetzender Usur die Schmelzschicht verliert. In die Außeninsel ragt auch hier noch das hintere Labialelement hinein, ähnlich wie am *schnaitheimensis*-P⁴ (Abb. 81, 86, 90). Dadurch erhält die Außeninsel ebenfalls schlingenartigen Habitus. L: 1,65.

M¹ (Abb. 98): Tiefe der Innensyncline und Lage der Mittelschlinge innerhalb der Kaufläche sind dem M¹ von *P. schnaitheimensis* sehr ähnlich (Abb. 82, 87, 91). Die Schmelzfältchen sind auch hier am labialen Ende der Mittelschlinge besonders lang und kräftig, jedoch sind alle Wandpartien mit dünnem Schmelz von der Fältelung oder Wellung betroffen. L: 1,65.

M² (Abb. 99): Auch dieser Zahn ist — abgesehen von den Größenunterschieden, die auch für den M¹ zutreffen —, dem *schnaitheimensis*-M² hinsichtlich Innensyncline und Mittelschlinge ähnlicher als dem *vasconiensis*-M² von Schnaitheim (Abb. 83, 88, 92). Am Labialrand der Mittelschlinge ragt ein besonders großer Sporn vor. Ein ähnlicher Sporn ist auch am *schnaitheimensis*-M² zu sehen: Hierbei dürfte es sich um das vordere Labialelement handeln, das an den *Piezodus-Prolagus*-Molaren kräftig entwickelt ist und auch nach längerer Usur als Sporn-artiger Vorsprung in der Mittelschlinge erhalten bleibt. L: 1,6.

P₄ (Abb. 100): Wie bereits S. 170 erwähnt, hat die Vorderwand des Hinterlobus eine leichte Wellung. Sie ist weit schwächer als an P³—M², eher im Ausmaß ähnlich jener am P². Jedoch finden sich hierzu bei *Pliopentalagus* Parallelen (S. 170).

Auch in der Größe (L: 1,9) würde der P₄ zu den OK-Zähnen passen. Für gleich-altrige *Prolagus*-Formen ist er viel zu groß.

Die OK-Zähne erwecken den Verdacht, als würden sie von einem Individuum stammen (gleiche Körperseite, gleicher Abkautungs-zustand). Auch wenn dies nicht der Fall sein sollte, fallen die Größenverhältnisse der P³ und P⁴ zu M¹ und M² auf. Während die Molaren-Längen hohe Werte aufweisen — größer als die Prolagi von Schnaitheim und eher den großen *sardus*-Populationen von Korsardinien entsprechend —, sind P³ und P⁴ gegenüber dem *Prolagus schnaitheimensis* nicht so überdimensioniert (Tab. 3, 4). Dies kann nur ein Hinweis sein. Ob es bei *Ptychoprolagus* Proportionsverschiebungen zwischen Molar- und Prämolargebiß gibt, kann erst mittels größerer Materialmengen entschieden werden.

6. Schlußbemerkungen

Wie *Amphilagus antiquus* dürfte auch *Piezodus branssatensis* — als ältester Angehöriger der Gattung und der ganzen Gruppe — ein Zuwanderer aus dem Osten

sein¹⁰. Weder die Sammlungen des Paläontologischen Museums in Moskau, noch jene des American Museums of Natural History, New York, enthalten aus dem Alttertiär der Mongolischen Volksrepublik bzw. aus der Inneren Mongolei Materialien, die auf *Piezodus* oder direkte Vorformen dieser Gattung bezogen werden können, d. h. in erster Linie P_3 , die einen Vorderpfeiler oder den Beginn der Ausdifferenzierung eines solchen ersehen lassen.

Allerdings sind die strukturellen Unterschiede zwischen den westeuropäischen *Amphilagus antiquus* und *Piezodus branssatensis* — abgesehen von dem unterschiedlichen Hypsodontie-Grad und den verschiedenen P_3 — nicht allzugroß. Reduziert man bei *P. branssatensis* den etwas höheren Hypsodontie-Grad auf das Niveau des *A. antiquus*, entfernt den Vorderpfeiler am P_3 und überführt die dann übrigbleibende *Titanomys*-Struktur in die des *Amphilagus* (aus der sie sich wohl auch entwickelt hat), bleibt an morphologischen Unterschieden nicht mehr viel übrig. Damit liegt ein Gebiß vor, das auch von *Desmatolagus*-artigen Formen der Mongolei nicht mehr weit entfernt sein dürfte. So wird man in der Annahme, das Gebiß von *Piezodus* sei von *Desmatolagus*/*Amphilagus*-artigen Formen ableitbar, wohl kaum fehlgehen.

Der „Hypsodontie-Vorsprung“, den *Piezodus branssatensis* vor *Amphilagus antiquus* — beide oberstampischen Alters — hat, wird in der während des Aquitaniums weitergehenden Evolution beider Linien, repräsentiert durch *Piezodus tomerdingensis* bzw. *Titanomys visenoviensis* → *Titanomys calmaensis*, für längere Zeit beibehalten. Erst im späteren Teil des mittleren Aquitaniums sind die erreichten Hypsodontie-Niveaus in beiden Linien gleich, so daß Gebißelemente wie P^4-M^2 , P_4-M_2 kaum oder nicht mehr unterscheidbar sind. Nur der P_3 und — in geringerem Maße — der P^3 bieten hier noch diagnostische Hilfen.

Im höchsten Mittelaquitanium nimmt die morphologische Differenz wieder zu: In der *Titanomys*-Linie ist das Oberkiefer-Gebiß des *T. calmaensis* nahezu vollhypsodont mit einer extremen Einkrümmung der Prämolaren und Molaren. In der anderen Linie haben sich aus *Piezodus tomerdingensis* vollhypsodonte *Piezodus*- bzw. im Oberaquitanium *Prolagus*-Formen entwickelt, mit stark gestreckten Zahnschäften im Maxillare und entsprechend hohen Werten für die Krümmungsradien. (Näheres zur *Amphilagus-Titanomys*-Evolution in TOBIEN 1974.)

Während die *Titanomys*-Linie im späten Aquitanium erloschen ist — jedenfalls beim gegenwärtigen Stand der Kenntnisse —, vollzieht sich in dieser Zeit der Übergang von *Piezodus* zu *Prolagus*. Dies erfolgt unter Aufspaltung in zwei Linien: Eine, schon länger bekannte, geht von dem jungaquitanen/alteburdigalen *Prolagus vasconiensis* zum spätmiozänen *Prolagus oeningensis*, unter Einschaltung mittelmiozäner Zwischenformen, die zunächst als *Prolagus* cf. *oeningensis* bezeichnet werden können.

Die andere Linie, aus dem Burdigalium Süddeutschlands bekannt und repräsentiert durch *Prolagus schnaitheimensis*, ist zwar ebenfalls vollhypsodont, aber die Höhe der Zahnsäulen (d. h. die Distanz: Kaufäche-Pulparand) — vor allem im Oberkiefer und am P_3 — ist deutlich niedriger als die des gleichaltrigen, z. T. an der

¹⁰ Wieweit Zusammenhänge mit dem Lagomorphen-Fund aus dem Unteroligozän von Ravet (Quercy) bestehen [1 P_4 oder M_1 : THALER 1972, DE BONIS et al. 1973, Tab. 2 (1)], was eine längere Lagomorphen-Dokumentation im europäischen Oligozän, als bisher vorhanden, voraussetzt, muß zunächst offenbleiben.

gleichen Lokalität vorkommenden *Prolagus vasconiensis*. Dies ist ein interessanter Fall von Hypsodontie-Unterschieden bei Gebissen, deren Zähne ein permanentes Wachstum mit zeitlebens offener Pulpa haben.

Daß *Prolagus schnaitheimensis* mit seinen nieder-hypsodonten Backenzähnen eine archaistischere, *Piezodus* noch näherstehende Form darstellt, geht auch aus anderen Merkmalen der Oberkiefer-Zähne und des P_3 hervor. Die Spezialisierung dieser Linie geht in eine andere Richtung: Sie findet sich bei der Gattung *Ptychoprolagus* aus dem Mittelmiozän (Helvetium, Ottnangium) Ostbayerns. In dieser relativ großwüchsigen Form sind die archaistischen Merkmale des *Prolagus schnaitheimensis* an den OK-Zähnen noch bewahrt (niederer Grad der Vollhypsodontie, wenig tiefe Innensynklinen an P^4-M^2 , wenig reduzierte Altstrukturen), jedoch überlagert von einer intensiven Fältelung der Schmelzbänder, welche die Altstrukturen auf den Kauflächen der P^3-M^2 begrenzen.

Diese Fältelung (Ptychodontie) erinnert an ähnliche Befunde bei Leporiden (besonders beim rezenten *Pentalagus* LYON 1904 und jungpliozänen *Pliopentalagus* GUREEV 1964), ist aber bei *Ptychoprolagus* nicht— wie bei Leporiden — an die Innensynklinen gebunden. Ihre Schmelzwände sind vielmehr glatt und ungefaltet. Zweifellos handelt es sich aber bei *Ptychoprolagus* um eine ähnliche Merkmalsbildung mit ähnlichem funktionalem Effekt wie bei Leporiden. Nur ist sie bei Ochotoniden, zu denen *Ptychoprolagus* zu stellen ist, bisher nicht bekannt gewesen.

Die *vasconiensis-oeningensis*-Linie ist gegenüber der *schnaitheimensis*-Linie, zumindest in deren Anfängen, durchaus schon spezialisierter: An den OK-Zähnen sind die vollhypsodonten Zahnschäfte höher, die Innensynklinen tiefer, mit parallelen Wänden, die Altstrukturen reduzierter, und der P_3 kommt dem P_3 des *P. oeningensis* näher als dem des *P. schnaitheimensis*.

Die weitere Entwicklung des *P. oeningensis* im Pliozän ist nicht Gegenstand dieser Betrachtungen, aber auch hier kommt es offensichtlich zu Aufgliederungen in verschiedene Linien. Hier sei nur auf die großwüchsigen Formen der *Prolagus-sardus*-Gruppe hingewiesen, die in sich offenbar auch differenziert sind (*P. sardus* und *P. bilobus* im Jungpliozän und Quartär).

Daneben finden sich kleinwüchsige Formen von der Größe und Struktur des *Prolagus oeningensis*, z. B. im iberischen Pleistozän.

Das evolutive Schema in der *Prolagus*-Gruppe (mit den Gattungen *Piezodus*, *Prolagus*, *Ptychoprolagus*) ist ähnlich, vielleicht sogar noch etwas verästelter als in der *Amphilagus-Titanomys*-Gruppe, was die Aufgliederung in verschieden hoch spezialisierte und differenzierte Linien angeht. Diese Feststellungen betreffen nur das Gebiß, ein zwar sehr wichtiger, aber nur ein Teil des gesamten Skelettsystems der Lagomorphen. Dessen vermehrte Kenntnis dürfte das evolutive Bild noch weiter vermannigfaltigen.

7. Zusammenfassung, Summary, Résumé

Die Gattungen *Piezodus* VIRET 1929, *Prolagus* POMEL 1853 und *Ptychoprolagus* n. g. gehören zu einer Lagomorphen-Gruppe, die in Europa eine bodenständige Entwick-

lung durchmachte. Sie beginnt im Spätoligozän und endet im Holozän. Die älteren Phasen sind hier behandelt.

Ältester Repräsentant ist die Gattung *Piezodus* mit der Spezies *P. branssatensis* VIRET 1929. Gegenüber dem gleichzeitig existierenden *Amphilagus antiquus* POMEL 1853 ist *P. branssatensis* durch etwas verstärkte Hypsodontie (d.h. teilweise Aufhöhung der Kronen, Reduktion der Wurzeln und deren verzögerte, in spätere Altersstadien verlegte Bildung: „Partialhypsodontie“ bzw. „unvollständige Hypsodontie“) sowie durch die Struktur des P_3 und weitere Einzelmerkmale am Gebiß etwas progressiver.

Die Tendenz zur Vollhypsodontie hält während des Unteren und Mittleren Aquitaniums an, wofür *Piezodus tomerdingensis* n.sp. repräsentativ ist. Im späten Mittel-aquitaniun enthält die Art schließlich Populationen, bei denen es zu einer fast totalen bis völligen Hypsodontie der Oberkiefer- und Unterkiefer-Backenzähne kommt.

Damit erfolgt der Übergang zur Gattung *Prolagus*. Sie ist in ihren ältesten Vertretern im späten Aquitanium/frühen Burdigalium den terminalen *Piezodus*-Formen noch sehr ähnlich. Zwei Arten von unterschiedlichem evolutivem Niveau werden im Backenzahngebiß näher charakterisiert:

Prolagus vasconiensis VIRET 1930 ist der relativ progressive Vertreter der älteren *Prolagus*-Formen. Es ist vollhypsodont und die wurzellosen Zahnschäfte sind hoch, die oberen Prämolaren und Molaren haben tiefe Innensynklinen und bereits deutlich reduzierte Altstrukturen. Von dieser Gebißstruktur, P_3 eingeschlossen, kann die des jungmiozänen *Prolagus oeningensis* (KÖNIG 1825) und dessen pliozänen und quartären Abkömmlingen abgeleitet werden.

Neben *Prolagus vasconiensis* existierte im Burdigalium Süddeutschlands *Prolagus schnaitheimensis* n.sp. Auch diese Spezies hat ein wurzelloses, vollhypsodontes Gebiß, aber die Höhe der Zahnschäfte ist deutlich niedriger als bei *Prolagus vasconiensis*: Damit sind Unterschiede im Hypsodontie-Grad auch in solchen Gebissen angezeigt, die ein permanentes Wachstum haben. Dieses Verhalten sowie andere Merkmale im Oberkiefer-Gebiß und am P_3 , die archaische Züge verraten (seichte Innensynklinen und wenig reduzierte Altstrukturen, stärkere Krümmung an den oberen Prämolaren und Molaren, schwach entwickelte *Prolagus*-Merkmale am P_3), weisen noch auf engere Beziehungen zu *Piezodus*.

Ein Abkömmling des *Prolagus schnaitheimensis* ist *Ptychoprolagus forsthartensis* n.g., n.sp. aus dem Mittelmiozän (Helvetium, Ottangium) von Ostbayern. Seine Oberkiefer-Prämolaren und -Molaren haben die gleichen, noch etwas archaischen Merkmale wie *Prolagus schnaitheimensis*. Dazu zeigen aber die Schmelzbänder auf den Kauflächen eine intensive Kleinfältelung. Ansätze hierzu finden sich bei *Prolagus schnaitheimensis*. Dieses Merkmal war bisher nur von manchen Leporiden bekannt, für einen Ochotoniden, wozu *Ptychoprolagus* gehört, ist es jedoch durchaus neuartig. Zum Unterschied gegen Leporiden sind jedoch nicht die Wände der Innensynklinen gefaltet, sondern die der weiter labiad gelegenen Altstrukturen. Mit *Prolagus schnaitheimensis* und *Ptychoprolagus forsthartensis* ist eine zweite altmiozäne Linie innerhalb der *Prolagus*-Gruppe gegeben.

Das evolutive Schema in der *Prolagus*-Gruppe (mit den Gattungen *Piezodus*, *Prolagus*, *Ptychoprolagus*) ist ähnlich, wohl noch etwas verästelter, als in der *Amphilagus-Titanomys*-Gruppe, vor allem bei Berücksichtigung der jüngeren *Prolagus*-Formen.

Diagnosen der Gattungen und Arten; Festlegung der Typen, Synonymie-Listen sowie Materialangaben von den zusammen 32 Vorkommen von älteren Vertretern der *Prolagus*-Gruppe in Deutschland, Frankreich, Schweiz und Spanien ergänzen die Einzelbeschreibungen.

Summary: The genera *Piezodus* VIRET 1929, *Prolagus* POMEL 1853 and *Ptychoprolagus* n.g. are members of a lagomorphous group, in which a local evolution took place from the late Oligocene to the Holocene.

The earliest member is the genus *Piezodus* with the species *P. branssatensis* VIRET 1929. Compared with the contemporaneous *Amphilagus antiquus* POMEL 1853, *P. branssatensis* has a somewhat more developed hypsodonty (which in fact is still a partial hypsodonty on the upper teeth, and an incomplete hypsodonty on the lower ones), and a more complicated P_3 , which indicates a more progressive dentition.

The tendency to full hypsodonty is going on during the Lower and Middle Aquitanian. *Piezodus tomerdingensis* is representative for this evolutionary stage. In the late Middle Aquitanian there are populations of this species with a total or nearly total hypsodonty in the upper and lower tooth rows.

By this the transition from *Piezodus* to the younger genus *Prolagus* is realized. The first members of *Prolagus* in the late Aquitanian/earliest Burdigalian are still similar to the terminal *Piezodus*. Two species of different evolutionary levels can be discriminated among the early *Prolagus* populations.

Prolagus vasconiensis VIRET 1930 is a relatively advanced form, as being fully hypsodont, with rather high tooth shafts, the lingual synclines are rather deep and the archaic structural remnants are somewhat reduced on the upper premolars and molars. With this dentition, P_3 included, may have started the evolution of the later *Prolagus* forms in the Middle and Upper Miocene, Pliocene and Quaternary, as *Prolagus oeningensis* (KÖNIG 1825), *Prolagus sardus* (WAGNER 1829) and others.

Besides *Prolagus vasconiensis* lived *Prolagus schnaitheimensis* n.sp. in some Burdigalian places in Southern Germany. This species likewise was provided with a rootless, fully hypsodont dentition, the height of the tooth shafts, however, was definitely lower compared with *Prolagus vasconiensis*: An interesting example for differences in hypsodonty on dentitions with permanent growing rootless teeth. This character as other ones of the dentition (shallow lingual synclines, less reduced structural remnants on the wear facets and stronger transverse bending of the upper premolars and molars, only faint *Prolagus* characters on the P_3) indicate a more primitive condition and still some relationship with *Piezodus*.

A descendant of *Prolagus schnaitheimensis* is *Ptychoprolagus forsthartensis* n.g., n.sp. from the Middle Miocene (Helvetian, Ottnangian) of Eastern Bavaria. Its upper premolars and molars have a similar archaic pattern as *Prolagus schnaitheimensis*. The enamel bands on the wear facets, however, show a narrow plication, first indications of which are visible on the P and M of *Prolagus schnaitheimensis*.

Up to the present, this character was only known from leporids; in ochotonids, to which *Ptychoprolagus* belongs, it is known for the first time from this genus. In contrast to the upper teeth of the leporids, where the internal synclines are folded, these structures are smooth in *Ptychoprolagus* but the ptychodonty has affected the enamel bands of the interior parts of the upper P^3-M^2 .

Prolagus schnaitheimensis and *Ptychoprolagus forsthartensis* represent another evolutionary lineage—besides *Prolagus vasconiensis*—*Prolagus oeningensis*—among the early *Prolagus* forms.

By its ramification the evolutionary pattern of the *Prolagus* group is similar to that of the *Amphilagus-Titanomys* group, somewhat more differentiated, if one tooks into consideration also the later *Prolagus* species of the later Miocene, Pliocene and Quaternary.

Diagnoses of genera and species, identifications of type specimens, synonymies of the species under consideration and data of the materials investigated so far are added to the descriptions which cover 32 occurrences of early members of the *Prolagus* group in France, Germany, Spain and Switzerland.

Résumé: Les genres *Piezodus* VIRET 1929, *Prolagus* POMEL 1853 et *Ptychoprolagus* n.g. appartiennent à un groupe de lagomorphes, qui montre une évolution en place de l'Oligocène supérieur jusqu'au Holocène. Les membres plus anciens du groupe sont décrits.

Le représentant le plus ancien en Europe est *Piezodus branssatensis* VIRET 1929 du Stampien supérieur. Comparée avec *Amphilagus antiquus* POMEL 1853, son contemporain, l'espèce est caractérisée par un degré d'hypsodontie un peu plus avancé, une P_3 plus compliquée et d'autres détails de la dentition jugale.

La tendance vers l'hypsodontie complète se montre au cours de l'Aquitanién inférieur et moyen. Membre typique de cette lignée évolutive est *Piezodus tomerdingensis* n.sp. Pendant l'Aquitanién moyen terminal il y a des populations de cette espèce avec une hypsodontie totale ou presque totale.

Par cela la transition au genre *Prolagus* est donnée. Les membres les plus anciens du genre à l'Aquitanién supérieur/Burdigalien inférieur sont encore assez proches aux derniers *Piezodus*. Deux espèces de *Prolagus* sont connues du Burdigalien, démontrant des niveaux différents évolutifs dans leurs dentitions:

Prolagus vasconiensis VIRET 1930 est un représentant assez progressif entre les *Prolagus* anciens. L'espèce montre une hypsodontie totale, les fûts des dents sont relativement hauts, et les prémolaires et molaires supérieures ont des structures relativement avancées (des synclines internes profonds, des structures archaïques assez réduits sur les faces d'usure). La dentition du *Prolagus oeningensis* (KÖNIG 1825) du Miocène moyen et supérieur et des autres *Prolagus* du Plio/Pleistocène est déductible de celle du *Prolagus vasconiensis*.

À côté du *Prolagus vasconiensis* se trouve *Prolagus schnaitheimensis* n.sp. dans des gisements burdigaliens de l'Allemagne méridionale. Cette espèce également possède une dentition parfaitement hypsodonte mais les fûts des prémolaires et molaires supérieures et du P_3 sont nettement plus bas que ceux du *Prolagus vasconiensis* contemporain: Cela montre des différences intéressantes concernant le degré d'hypso-

dontie chez des dentitions avec croissance permanente, sans aucune formation de racines. De plus on trouve d'autres caractères relativement primitifs (des synclines internes peu profonds, des structures archaïques peu réduites, une courbure transversale plus marquée des fûts chez les prémolaires et molaires supérieures, et chez les P_3 des caractères de *Prolagus* peu développés). Tout cela indique des relations encore proches avec les *Piezodus* terminaux.

Un descendant du *Prolagus schnaitheimensis* est *Ptychoprolagus forsthartensis* n.g., n.sp. du Miocène moyen (Helvétien, Ottnangien) de la Bavière orientale. Les prémolaires et molaires supérieures ont préservé les mêmes traits un peu archaïques que ceux du *Prolagus schnaitheimensis*. Mais, en plus, les bandes d'émail sur les plans d'attrition démontrent un plissement étroit, dont les premiers indices se trouvent chez *Prolagus schnaitheimensis*.

Ce caractère n'était pas connu jusqu'à présent que chez les léporidés; chez les ochotonidés, auxquels *Ptychoprolagus* appartient, il est tout à fait nouveau. Au contraire aux léporidés le plissement n'a point affecté les synclines linguales, mais les bandes d'émail à l'intérieur des dents supérieures.

Avec *Prolagus schnaitheimensis* et son descendant spécialisé, *Ptychoprolagus forsthartensis*, une deuxième lignée évolutive se montre parmi les *Prolagus* du Miocène ancien.

Le modèle évolutif du groupe *Prolagus* (avec les genres *Piezodus*, *Prolagus* et *Ptychoprolagus*) avec un certain caractère ramifié est semblable à celui du groupe *Amphilagus-Titanomys*, mais un peu plus compliqué, si on considère aussi les taxa du genre *Prolagus*, repartis dans le Miocène moyen et supérieur, le Pliocène et le Quaternaire.

Des diagnoses des genres et des espèces, des identifications des échantillons-types, des listes synonymiques et des dates sur les matériaux traités sont ajoutés aux descriptions des représentants anciens du groupe *Prolagus*, couvrant 32 gisements en Allemagne, Espagne, France et Suisse.

Tab. 2. *Prolagus*-Gruppe, UK-Zahn-Relationen

Fundorte	P_4	M_1	M_2	Taxa
	$\frac{BHL \times 100}{L P_4}$	$\frac{BHL \times 100}{L M_1}$	$\frac{BPF \times 100}{BHL}$	
	M n	M n	M n	
Teppa di Lupino (Korsika)	103,4 (18)	100,9 (20)	73,9 (11)	<i>Prolagus sardus</i> und „ <i>loxodus</i> “
Perpignan	108,3 (12)	104,9 (9)	70,0 (13)	
Montredon	103,7 (5)	100,0 (2)	70,5 (2)	
La Grive	102,9 (57)	101,7 (53)	68,5 (50)	<i>Prolagus oeningensis</i> und
Sansan	101,2 (6)	99,5 (7)	65,6 (22)	cf. <i>oeningensis</i>
Vieux-Collonges	104,8 (5)	102,3 (15)	65,0 (16)	
St. Vincent*	104,8 (5)	— —	64,3 (3)	
Estrepouy	101,2 (3)	98,4 (4)	45,8 (9)	<i>Prolagus</i> <i>vasconiensis</i>
Laugnac	101,8 (6)	99,0 (6)	38,2 (12)	
Heßler	84,6 (2)	79,5 (2)	—	
Chaveroches	79,4 (3)	78,1 (3)	—	
Paulhiac	73,1 (61)	70,6 (56)	—	<i>Piezodus</i> <i>tomeringensis</i>
Tomeringen	76,8 (11)	73,0 (14)	—	
Boudry	83,9 (5)	77,0 (8)	—	
Coderet	75,9 (30)	69,3 (32)		<i>Piezodus branssatensis</i>

BPF: Breite der Hinterfalte bzw. des dritten Lobus. HL: Hinterlobus. BHL: Breite des Hinterlobus. L: Länge

* Burdigaler Fundort in der Nähe von Estrepouy.

Tab. 3. Längenmaße P^3-M^2 in der *Prolagus*-Gruppe

Fundorte	P^3		P^4		M^1		M^2		ΣM P^3-M^2	Taxa
	M	n	M	n	M	n	M	n		
Castelldefels (Prov. Barcelona)	1,55	(5)	1,25	(3)	1,3	(7)	1,15	(3)	5,25	<i>Prolagus</i> cf. <i>calpensis</i>
Teppa di Lupino	2,15	(5)	1,9	(9)	2,0	(10)	1,8	(9)	7,85	
Toga	1,95	(4)	1,8	(7)	1,9	(6)	1,6	(4)	7,25	<i>Prolagus</i> <i>sardus</i> und „ <i>loxodus</i> “
Mte S. Giovanni	1,8	(29)	1,45	(34)	1,5	(34)	1,4	(31)	6,15	
Perpignan	1,8	(6)	1,45	(7)	1,4	(6)	1,35	(5)	6,00	
Mollon	1,35	(6)	1,15	(6)	1,2	(11)	1,2	(1)	4,90	
Montredon	1,4	(8)	1,2	(18)	1,2	(19)	1,15	(10)	4,95	<i>Prolagus</i> <i>oeningensis</i> und cf.
La Grive	1,6	(20)	1,25	(17)	1,2	(11)	1,2	(16)	5,25	<i>oeningensis</i>
Sansan	1,5	(28)	1,2	(29)	1,2	(25)	1,1	(26)	5,00	
Vieux-Collonges	1,45	(22)	1,2	(15)	1,15	(16)	1,1	(13)	4,90	
St. Vincent*	1,55	(10)	1,2	(8)	1,2	(8)	1,1	(6)	5,05	
Schnaitheim	1,5	(16)	1,25	(15)	1,2	(17)	1,15	(17)	5,10	<i>Prolagus</i> <i>vasconiensis</i>
Estrepouy	1,35	(15)	1,15	(3)	1,15	(32)	1,1	(18)	4,75	
Laugnac	1,35	(24)	1,1	(17)	1,1	(17)	1,05	(16)	4,60	
Paulhiac	1,5	(17)	1,4	(28)	1,2	(10)	1,15	(2)	5,25	<i>Piezodus</i> <i>tomerdingensis</i>
Tomerdingen	1,3	(10)	1,3	(20)	1,1	(15)	1,1	(17)	4,80	
Coderet	1,5	(14)	1,5	(14)	1,3	(22)	1,2	(22)	5,50	<i>Piezodus</i> <i>branssatensis</i>

M: Mittelwert (auf 0,05 auf- oder abgerundet)

n: Anzahl der Meßwerte

* Burdigaler Fundort in der Nähe von Estrepouy

Tab. 4. Größen- und Krümmungsradien (KR) der P³-M² von *Prolagus vasconiensis* und *Prolagus schnailheimensis* aus Schnailheim (Kr. Heidenheim, Württ.) sowie von *Ptychoprolagus forsthartensis*

Taxa	P ³		P ⁴		M ¹		M ²		ΣML P ³ -M ²	MKR P ³ -M ²
	L	KR	L	KR	L	KR	L	KR		
	M	n	M	n	M	n	M	n		
<i>Prolagus vasconiensis</i>	1,5 (16)	6,2 (16)	1,25 (15)	4,5 (15)	1,2 (17)	4,2 (17)	1,15 (17)	4,0 (17)	5,1	4,7
<i>Prolagus schnailheimensis</i>	1,7 (15)	4,8 (14)	1,45 (17)	3,9 (17)	1,4 (14)	3,9 (13)	1,35 (16)	3,8 (16)	5,9	4,1
<i>Ptychoprolagus forsthartensis</i>	1,7 (1)	5,0 (1)	1,65 (1)	4,4 (1)	1,65 (1,65)	4,8 (1)	1,6 (1)	4,8 (1)	6,6	4,7

L: Länge. KR: Krümmungsradien

MKR/P³-M²: Mittel der Summe der mittleren KR-Werte für P³-M²ΣML: Summe der mittleren Längen für P³-M²

Bem.: Vgl. auch mit Tab. 3 und 5

Tab. 5. Mittelwerte der Krümmungsradien (KR) an P³-M² in der *Prolagus*-Gruppe

Fundorte	P ³		P ⁴		M ¹		M ²		MKR P ³ -M ²	Taxa
	M	n	M	n	M	n	M	n		
Teppa di Lupino	12,1	(5)	9,6	(9)	8,7	(12)	8,3	(9)	9,6	<i>Prolagus sardus</i> und „ <i>loxodus</i> “
Toga	11,3	(4)	8,9	(7)	8,2	(6)	7,3	(4)	8,9	
Perpignan	9,0	(1)	6,8	(2)	—	—	—	—	—	
Mollon	5,6	(3)	3,4	(1)	3,7	(4)	—	—	—	<i>Prolagus oeningensis</i> und cf. <i>oeningensis</i>
Montredon	6,4	(3)	4,2	(14)	4,0	(12)	3,8	(8)	4,7	
La Grive	7,3	(20)	4,6	(17)	4,1	(10)	4,2	(16)	5,0	
Sansan	6,3	(20)	4,5	(21)	4,1	(21)	3,9	(20)	4,7	
Vieux-Collonges	6,2	(21)	4,5	(14)	4,2	(14)	3,8	(11)	4,7	
St. Vincent*	6,6	(6)	4,2	(8)	3,9	(5)	4,1	(3)	4,7	<i>Prolagus vasconiensis</i>
Estrepouy	4,9	(15)	3,8	(9)	3,8	(21)	3,6	(16)	4,0	
Laugnac	5,1	(18)	3,6	(7)	3,6	(7)	3,7	(13)	4,0	
Heßler	3,6	(1)	3,8	(1)	4,0	(1)	3,2	(1)	3,6	<i>Piezodus tomerdingensis</i>
Paulhiac	3,1	(16)	3,2	(27)	2,9	(10)	2,5	(2)	2,9	
Tomerdingen	2,9	(10)	3,0	(21)	2,9	(15)	2,7	(16)	2,9	
Coderet	3,1	(6)	3,3	(11)	2,8	(2)	3,0	(2)	3,0	

M: Mittelwert. n: Anzahl der Meßwerte. MKR/P³-M²: Mittel der mittl. KR für P³-M²

* Burdigaler Fundort in der Nähe von Estrepouy.

8. Schriftenverzeichnis

- BONIS, L. DE (1973): Contribution à l'étude des mammifères de l'Aquitaniens de l'Agenais. Rongeurs - Carnivores - Perissodactyles. — Mém. Mus. National d'Hist. Naturelle, Sér. C, Sci. de la terre, **28**, 192 S., 50 Abb., 14 Taf.; Paris.
- CROCHET, J.-Y., RAGE, J.-C., SIGÉ, B., SUDRE, J. & VIANEY-LIAUD, M. (1973): Nouvelles faunes de Vertébrés oligocènes des phosphorites du Quercy. — Bull. Mus. National Hist. Naturelle, 3. sér., no. **174**, 1973, Sci. de la Terre **28**: 105–113, 1 Abb., 3 Tab.; Paris.
- BRUIJN, H. DE & MEURS, A. P. H. VAN (1967): A Biometrical Study of the third Premolar of *Lagopsis* and *Prolagus* (Ochotonidae, Lagomorpha, Mammalia) from the Neogene of the Calatayud-Teruel Basin (Aragon, Spain) I. — Kon. Nederl. Akad. Wet., Amsterdam, Ser. B, **70**, No. 2: 113–143, 13 Abb.; Amsterdam.
- SONDAAR, P. Y. & ZACHARIASSE, W. J. (1971): Mammalia and Foraminifera from the Neogene of Kastell Hill (Crete), a Correlation of Continental and Marine Biozones. I. — Kon. Nederl. Akad. Wet. Amsterdam, Ser. B, **74**, Nr. 5, 22 S., 5 Abb., 4 Taf.; Amsterdam.
- CICHA, I., FAHLBUSCH, V. & FEJFAR, O. (1972): Die biostratigraphische Korrelation einiger jungtertiärer Wirbeltierfaunen Mitteleuropas. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **140**, 2: 129–145, 2 Tab.; Stuttgart.
- COVERING, J. A. VAN & MILLER, J. A. (1971): Late Miocene Marine and Non-marine Time Scale in Europe. — Nature, **230**, Nr. 5296: 559–563, 2 Abb.; London.
- CRUSAFONT-PAIRÓ, M. (1973): Mammalia Tertiaria Hispaniae. — Foss. Cat. I: Animalia, Pars 121, III + 198 S.; 's-Gravenhage.
- CRUSAFONT, M., VILLALTA, J. F. DE & TRUYOLS, Y. J. (1955): El Burdigaliense continental de la Cuenca del Vallés-Penedés. — Diputación Provincial de Barcelona, Mem. y Comunicaciones del Inst. Geol. **12**, 272 S., 55 Abb., 11 Taf.; Barcelona.
- DAWSON, M. R. (1958): Later Tertiary Leporidae of North America. — Univ. Kansas Pal. Contr. Vertebr., **6**: 1–75, Taf. 1–2; Lawrence.
- (1959): *Paludotona etruria*, a new ochotonid from the Pontian of Tuscany. — Verh. naturf. Ges. Basel, **70**: 157–166; Basel.
- (1967): A Register of the Tertiary Mammal-Bearing Localities of Switzerland. — J. Paleont., **41**, Nr. 5: 1278–1279.
- (1969): The Quarternary Lagomorph *Prolagus sardus*. — Amer. Phil. Soc., Yearb., **1968**: 289–290.
- DAXNER, G. & FEJFAR, O. (1967): Über die Gattungen *Alilepus* DICE, 1931 und *Pliopentalagus* GUREEV, 1964 (Lagomorpha, Mammalia). — Ann. Naturhist. Mus. Wien, **71**, 37–55, 8 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Wien.
- DEHM, R. (1935): Über tertiäre Spaltenfüllungen im Fränkischen und Schwäbischen Jura. — Abh. bayer. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Abt., N. F., **29**, 86 S., 10 Abb., 1 Kt., 5 Taf.; München.
- (1939): Über neue tertiäre Spaltenfüllungen im Fränkischen und Schwäbischen Jura. — Zbl. Mineral. etc., Jg. 1939, B., No. 4: 113–124, 4 Abb.; Stuttgart.
- (1961): Über neue tertiäre Spaltenfüllungen des süddeutschen Jura- und Muschelkalk-Gebietes. — Mitt. bayer. Staatsslg. Pal. hist. Geol., **1**: 27–56, 5 Abb., Taf. 3–4; München.
- DEFÉRET, CH. (1887): Études paléontologiques dans le bassin du Rhône. Période miocène. Recherches sur la succession des faunes des vertébrés miocènes de la vallée du Rhône. — Arch. Mus. Sci. nat. Lyon, **4**: 45–313, 7 Abb., Taf. 12–25; Lyon.
- (1892): La faune de mammifères miocènes de la Grive-Saint-Alban (Isère) et de quelques autres localités du bassin du Rhône. — Documents nouveau et revision général. — Arch. Mus. Sci. nat. Lyon, **5**, (2): 1–95, Taf. 1–4; Lyon.
- ENGESSER, B. (1972): Die obermiozäne Säugetierfauna von Anwil (Baselland). — Tätigk.-Ber. naturforsch. Ges. Baselland, **28**: 37–363, 134 Abb., 6 Taf.; Liestal.

- FAHLBUSCH, V. (1964): Die Cricetiden (Mamm.) der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. — Bayer. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abh., N.F., 118, 136 S., 67 Abb., 7 Taf.; München.
- HAUPT, O. (1935): Andere Wirbeltiere des Neozoikums. — Oberrhein. Foss.-Kat., H. 9, 103 S.; Berlin.
- HÖLZL, O. (1961): Leitende Molluskenarten aus der marinen und brackischen Molasse Oberbayerns. — Paläont. Z., 35, 1/2: 62—78; Stuttgart.
- HÜRZELER, J. (1945): Säugetierpaläontologische Bemerkungen zur Abgrenzung und Unterteilung des Aquitaniens. — Ecl. geol. Helv., 38: 655—661; Basel.
- (1948): Zur Evolution der europäischen Lagomorphen im Tertiär. — Verh. schweiz. naturforsch. Ges. St. Gallen, 128: 149; St. Gallen.
- (1962): Kann die biologische Evolution, wie sie sich in der Vergangenheit abgespielt hat, exakt erfaßt werden? — Aus: Schöpfungsglaube und Evolutionslehre. — Studien u. Ber. kathol. Akad. Bayern, 16: 15—36, Würzburg.
- HUGUENEY, M. (1969): Les Rongeurs (Mammalia) de l'Oligocène supérieur de Coderet-Bransat (Allier). — Thèse Fac. Sci. Univ. Lyon, 596, 227 S., 116 Abb., 5 Taf.; Lyon.
- (1972): Les talpidés (Mammalia, Insectivora) de Coderet-Bransat (Allier) et l'évolution de cette famille au cours de l'Oligocène supérieur et du Miocène inférieur d'Europe. — Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, 50: 1—81, 43 Abb., 10 Tab.; Lyon.
- LAVOCAT, R. (1951): Révision de la faune des mammifères oligocènes d'Auvergne et du Velay. — „Sci. Avenir“, 153 S., 26 Taf., 1 Kt.; Paris.
- MAJOR, C. I. F. (1899): On fossil and recent Lagomorpha. — Trans. Linn. Soc. London, (2), 7: 433—520, Taf. 36—39; London.
- MEIN, P. (1958): Les Mammifères de la Faune sidérolithique de Vieux-Collonges. — Nouv. Arch. Mus. d'Hist. naturelle Lyon, 5, 122 S., 172 Abb.; Lyon.
- MEYER, H. VON (1843): Summarische Uebersicht der fossilen Wirbelthiere des Mainzer Tertiär-Beckens, mit besonderer Rücksicht auf Weisenau. — N. Jb. Mineral. etc., 1843: 379—410; Stuttgart.
- POMEL, H. (1853): Catalogue méthodique et descriptif des vertébrés fossiles découverts dans le bassin hydrographique supérieur de la Loire et surtout dans la Vallée de son Affluent principal, l'Allier. — 193 S.; Paris.
- RICHARD, M. (1946): Les Gisements de mammifères tertiaires. — Mém. Soc. Géol. France, N.S., 24, Mém. 52, 380 S., 52 Abb.; Paris.
- ROMAN, F. & VIRET, J. (1930): Le Miocène continental de l'Armagnac et le Gisement Burdigalien de la Romieu (Gers). — Extrait du Livre Jubilaire Centenaire Soc. Géol. France, 1830—1930: 577—604, 9 Abb.
- (1934): La faune de mammifères du Burdigalien de la Romieu (Gers). — Mém. Soc. Géol. France, n. s. 21, 67 S., 25 Abb., 12 Taf.; Paris.
- SCHAUB, S. & HÜRZELER, J. (1948): Die Säugetierfauna des Aquitanien vom Wischberg bei Langenthal. — Ecl. geol. Helv., 41, Nr. 2: 354—366, 4 Abb.; Basel.
- SCHLOSSER, M. (1884): Die Nager des europäischen Tertiärs, nebst Betrachtungen über die Organisation und die geschichtliche Entwicklung der Nager überhaupt. — Palaeontographica, 31, 143 S., 8 Taf.; Cassel.
- (1921): Neuere Funde von Wirbeltieren, besonders Säugetieren im Tertiär und Pleistocän der Iberischen Halbinsel. — Cbl. Mineral. Geol. Paläont., Jg. 1921: 436—444, 471—479, 490—501; Stuttgart.
- (1926): Die Säugetierfauna von Peublanc (Dép. Allier). — Glasnik prirod Društ. Zagreb, 38: 372—394, 3 Abb., Taf. 11—12; Zagreb.
- SIGÉ, B. (1966): Les Chiroptères fossiles de Bouzigues (Hérault), Recherches anatomiques sur *Pseudorhinolophus bouziguensis* n.sp. — Thèse Facul. Sci. Univ. Paris, 248 S.; Paris.
- STEHLIN, H. G. (1914): Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung. — Verh. naturforsch. Ges. Basel, 25: 179—202, 2 Abb.; Basel.

- STEPHAN-HARTL, R. (1972): Die altmiozäne Säugetierfauna des Nordbassin und der Niederräder Schleusenkammer (Frankfurt/M., Hessen) und ihre stratigraphische Stellung. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **64**, 97 S., 16 Abb., 11 Tab., 24 Taf.; Wiesbaden.
- THALER, L. (1966): Les rongeurs fossiles du Bas-Languedoc dans leurs rapports avec l'Histoire des faunes et la Stratigraphie du Tertiaire d'Europe. — Mém. Mus. National Hist. Naturelle, Sér. C, Sci. de la Terre, **17**, 295 S., 24 Abb., 13 Tab., 27 Taf.; Paris.
- (1972): Sur le plus ancien Lagomorphe européen et la "grande coupure Oligocène". — Table ronde Phosphorites du Quercy, Montauban 15–16 Décembre 1972, 5 S., 3 Abb., maschinschr. Vervielfält.; Montpellier.
- THENIUS, E. (1959): Tertiär. — Handb. stratigraph. Geol., **3**, T. 2, XI + 328 S., 12 Abb., 30 Tab., 10 Taf.; Stuttgart.
- TOBIEN, H. (1935): Über die pleistozänen und postpleistozänen *Prolagus*formen Korsikas und Sardinien. — Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **34**: 253–344, 6 Abb., 1 Taf.; Naumburg (Saale).
- (1939): Die Insektenfresser und Nagetiere aus der aquitanen Spaltenfüllung bei Tomerdingen (Ulmer Alb). — Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **36**: 159–180, 1 Taf.; Naumburg (Saale).
- (1941): Über das Gebiß tertiärer Lagomorphen. — Habil.-Schr. math.-naturwiss. Fak. Univ. Freiburg i. Br., 256 S., 3 Taf., maschinschr., ungedruckt.; Freiburg.
- (1953): Eine miozäne Säugerfauna aus vulkanischen Tuffen des Vogelsberges. — Z. deutsch. geol. Ges., Mber., **105**: 588; Stuttgart.
- (1958): Das Alter der Eruptionen am Limberg (Kaiserstuhl). — Z. deutsch. geol. Ges., **110**: 4–5; Hannover.
- (1959): Kleinsäugerreste aus vulkanischen Tuffen des Limberges (NW-Kaiserstuhl), S. 21–23, in: Erl. geol. Exkurs.-Karte Kaiserstuhl, herausgeg. Geol. Landesamt Baden-Württ., 139 S., 10 Taf.; Freiburg 1959.
- (1959): Über älteres Miozän im Stadtgebiet von Frankfurt a.M. — Z. deutsch. geol. Ges., **111**, T. 3: 770; Stuttgart.
- (1963): Zur Gebiß-Entwicklung tertiärer Lagomorphen (Mamm.) Europas. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 16–35, 14 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1968): Ein Katalog der tertiären Säuger-Fundorte in der Schweiz. — Paläont. Z., **42**, 1/2: 127–129, Stuttgart.
- (1970): Lagomorpha (Mammalia) im Unter-Miozän des Mainzer Beckens und die Altersstellung der Fundschichten. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **56** (FALKE-Festschrift): 13–36, 5 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- (1974): Zur Gebißstruktur, Systematik und Evolution der Genera *Amphilagus* und *Titanomys* (Lagomorpha, Mammalia) aus einigen Vorkommen im jüngeren Tertiär Mittel- und Westeuropas. — Mainzer geowiss. Mitt., **4**. Mainz.
- VIRET, J. (1928): Sur la faune oligocène de Coderet, près Branssat (Allier). — C. R. séances Acad. Sci., **186**: 1309–1311; Paris.
- (1929): Les faunes de mammifères de l'Oligocène supérieur de la Limagne Bourbonnaise. — Ann. Univ. Lyon, nouv. sér., I. Sci., Méd. **47**, 327 + VIII S., 32 Abb., 31 Taf.; Lyon und Paris.
- (1950): Sur une Microévolution de type orthogénétique chez les Lagomorphes européens. Aus: Paléontologie et Transformisme-Sciences d'aujourd'hui: 175–179; Paris.

Manuskript eingegangen am 22. 11. 1974

Nachtrag: Während des Druckes erschien: N. LOPEZ MARTINEZ: Evolution de la Lignée *Piezodus*—*Prolagus* (Lagomorpha, Ochotonidae) dans le Cénozoïque d'Europe Sud-Occidentale. — Thèse Univ. Sci. et Techn. Languedoc, 12. 11. 1974, 165 S., 16 Abb., 34 Diagr., 18 Taf., Montpellier 1974. Diese interessante und inhaltsreiche Arbeit konnte im vorliegenden Text nicht mehr berücksichtigt werden.

Der Buntsandstein am Südwestrand des Vogelsberges

Von

GISBERT DIEDERICH und HELMUT HICKETHIER*

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung: Aus den Profilen zahlreicher Bohrungen am Südwestrand des Vogelsberges bei Büdingen wird ein nahezu geschlossenes Bild des Schichtenaufbaus im Buntsandstein von der Obergrenze des Perms bis zum Oberen Buntsandstein (Röt 2) gegeben. Die Lagerung der Buntsandsteinschichten kann in wesentlichen Einzelheiten, auch unter Basalt-Überdeckung, geklärt werden.

Abstract: Basing on the results of many boreholes at the south-west margin of the basaltic Vogelsberg area, a geological profile of the Buntsandstein from the top of Perm to the Oberer Buntsandstein (Röt 2) is described. The tectonical features of Buntsandstein layers are determined in important details, also under volcanic rocks.

Inhalt

1. Einleitung	188
2. Unterer Buntsandstein	188
2.1. Bröckelschiefer-Folge	188
2.2. Gelnhausen-Folge	192
2.3. Salmünster-Folge	194
3. Mittlerer Buntsandstein	197
3.1. Volpriehausen-Folge	198
3.2. Detfurth-Folge	199
3.3. Hardeggen-Folge	199
3.4. Solling-Folge	200
4. Oberer Buntsandstein (Röt)	201
5. Lagerungsverhältnisse	202
6. Vergleich mit Nachbargebieten	202
6.1. Unterer Buntsandstein	202
6.2. Mittlerer Buntsandstein	203
6.3. Oberer Buntsandstein	206
7. Profilbeschreibungen	206
8. Zusammenfassung	226
9. Schriftenverzeichnis	227

* Dr. G. DIEDERICH, Dr. H. HICKETHIER, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 6200 Wiesbaden, Leberberg 9.

1. Einleitung

In den letzten 10 Jahren sind in der weiteren Umgebung von Büdingen, insbesondere auf Bl. 5620 Ortenberg, zur Wassererschließung und für ingenieurgeologische Zwecke über 30 Bohrungen in Schichten des Buntsandsteins abgeteuft worden. Davon wurden nur 4 als Spülbohrungen, alle übrigen als Kernbohrungen ausgeführt¹. Die wichtigsten sind in Abb. 1 dargestellt. Eine der Kernbohrungen erbrachte ein fast vollständiges Profil vom unteren Teil der Solling-Folge bis in die Bröckelschiefer-Folge: Zusammen mit den anderen Bohrungen, die wechselnd mächtige Teilprofile des Buntsandsteins erschlossen, ergab sich für den Bearbeitungsbereich ein guter Einblick in den Aufbau fast der gesamten Schichtenfolge vom Unteren Röt bis zur Grenze gegen den Zechstein (Abb. 2).

Je nach ihrer Bedeutung ist ein Teil der Bohrergebnisse mehr oder weniger gekürzt im Abschnitt 7 angeführt. Die vollständigen Profilbeschreibungen liegen im Archiv des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, dessen Numerierung hier verwendet wurde.

Für die freundliche Genehmigung zur Veröffentlichung der Bohrergebnisse wird der Oberhessischen Versorgungs-AG (OVAG), Friedberg, dem Wasserverband Nidder-Seemenbach, Büdingen, und der Stadt Büdingen gedankt. Die Autoren hatten die Möglichkeit, alle angeführten Bohrungen selber zu bearbeiten, z.T. unter Mithilfe von Kollegen. Für einige Bohrungen lagen Schichtbeschreibungen der Herren Dr. SCHENK, Dipl.-Geol. KOSCHEL oder H. GOOS, erstellt im Auftrag der Oberhessischen Versorgungs-AG, allerdings ohne jede stratigraphische Einstufung vor.

2. Unterer Buntsandstein

2.1. Bröckelschiefer-Folge

Abgrenzung

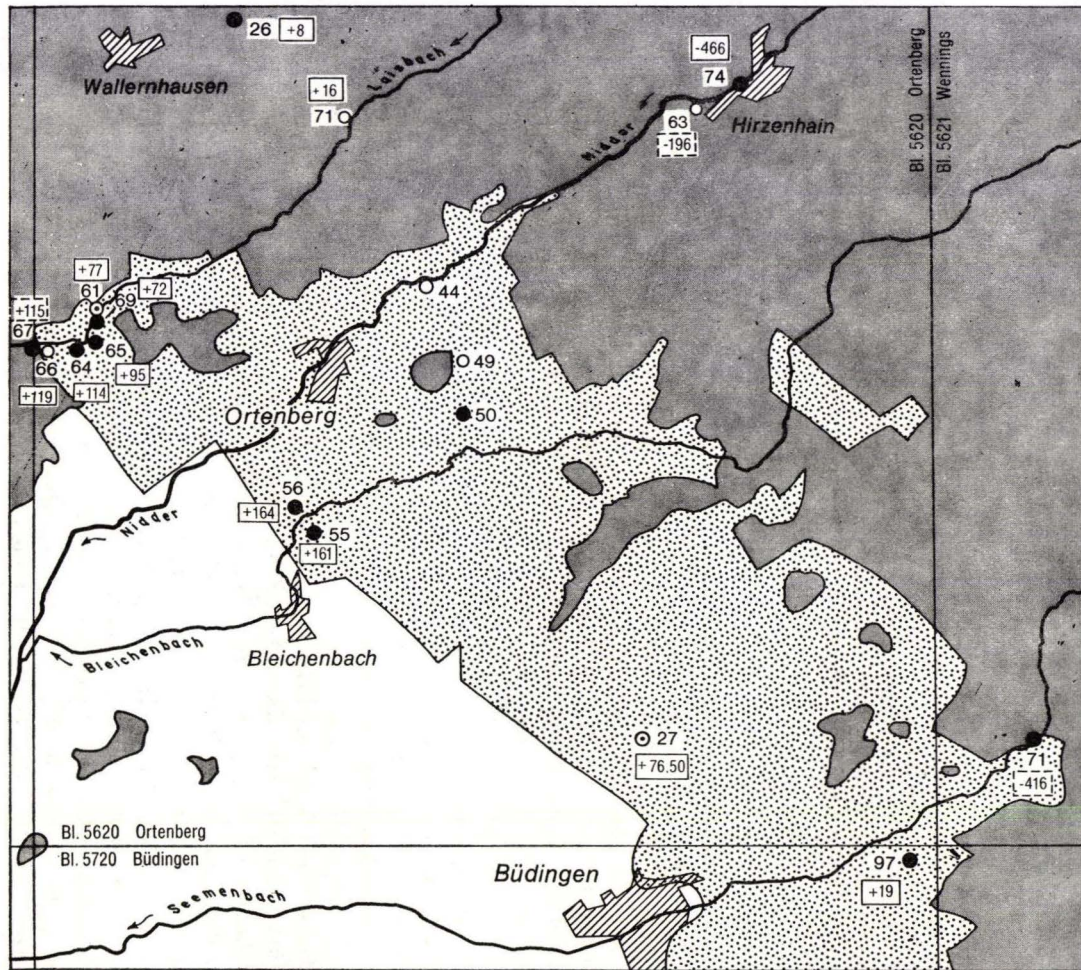
Die Hangendgrenze der Bröckelschiefer-Folge gegen das unterste Schichtglied der Gelnhausen-Folge, den Heigenbrückener Sandstein, ist mit dem Einsetzen schluffarmen feinkörnigen, schwach mittelkörnigen Sandsteins über dem feinsandigen Schluffstein und schluffigen Feinsandstein des obersten Bröckelschiefers meist deutlich zu ziehen.

Im nichtsalinaren Bereich des Zechsteinbeckens stellt nach DIEDERICH (1970) die Unterkante der ersten Sandschüttung innerhalb der Bröckelschieferfazies die Grenze Zechstein/Buntsandstein dar. Die Kernbohrung B 65 im unteren Laisbachtal traf in diesem Grenzbereich einen 0,8 m mächtigen, schmutzig graubraunen schluffigen Feinsandstein mit rotbraunen Schluff-/Tonsteinlagen an. Auch im Profil der Saugbohrung B 61, das allerdings durch eine Störung beeinflusst sein kann, erscheint an der Basis des Bröckelschiefers ein Feinsandsteinhorizont.

Die Oberen Zechsteinletten (Obere pelitische Folge nach PRÜFERT 1969) im Liegenden erreichen in der KB 65 (nach Abzug zahlreicher in diesem Bereich eingedrungener Basaltgänge²) 9,55 m Mächtigkeit. Abgesehen von häufiger eingeschalteten

¹ Soweit erläuternde Zusätze fehlen, sind im Text Kernbohrungen durch die Bezeichnung KB kenntlich gemacht.

² Schichtwiederholungen oder -ausfälle konnten in der KB 65 nicht festgestellt werden, so daß die in Zechstein- und Bröckelschieferschichten eingedrungenen tertiären Basalte als Lagergänge angesehen werden, die die Mächtigkeit der Sedimente bis auf brecciöse Randzonen nicht beeinflussten.



- Anstehende Schichten:
- Vulkanite
 - Buntsandstein
 - Perm
- Kernbohrung
 - ⊙ Spülbohrung
 - Bohrung nicht erläutert
- 55 Nummer der Bohrung
- Höhenlage der Oberkante des Bröckelschiefers in m ü. NN:
- 466 erbohrt
 - 416 berechnet

M. 1:100 000

Abb. 1. Geologische Übersicht und Lage der Bohrungen.

Kalkstein- und Mergellagen, deren oberste 1,7 (Sediment-)Meter unter dem „Grenz“-Sandstein liegt, unterscheiden sich die Schluff- und Tonsteine des obersten Zechsteins nicht von denen des untersten Bröckelschiefers. Erst in den tieferen Lagen der Oberen Letten nimmt der Tonanteil deutlich zu, und feinlagige Ausbildung mit blättrigem Zerfall überwiegt bei Auftreten grauer und blaugrauer Farbtöne.

In den Kernbohrungen, die bei Bleichenbach bis in den Zechstein niedergebracht wurden (KB 51, 52, 54, 55, 56), fehlt dagegen die Sandsteinlage. Dünne Feinsandeinschaltungen oder -schlieren sind in einigen Bohrungen im untersten Bröckelschiefer ausgebildet (KB 51, 54, 55); jedoch lassen sich dann erst — wenn überhaupt! — nur 1,1–2,5 m Ton- und Schluffstein mit dolomitischen Kalksteinkauern und -lagen als Obere pelitische Folge ausscheiden.

Zusätzlich wurde versucht, die Grenze Bröckelschiefer/Zechstein anhand anderer Merkmale zu fixieren. Aus der KB 65 wurden im Hessischen Landesamt für Bodenforschung drei Einzelproben aus den unteren 20 (Sediment-) Metern des Unteren Bröckelschiefers und vier Einzelproben aus den Oberen Zechsteinletten von G. HENTSCHEL mit dem Röntgendiffraktometer untersucht; dabei haben sich keine wesentlichen Veränderungen im Mineralbestand gezeigt. In den gleichen Proben wurden im chemischen Labor, Leitung G. THIELICKE, der im Wasser lösliche Anteil von Chlorid und Sulfat sowie der Borgehalt bestimmt. Auch dabei haben sich keine brauchbaren Unterschiede ergeben. Dünnschliffuntersuchungen von S. MEISL an je zwei Proben aus Unterem Bröckelschiefer und Oberen Zechsteinletten haben ebenfalls ein einheitliches Bild erbracht: Schluffsteine aus Quarz- und Glimmerdetritus mit illitischen Tonmineralen und Limonit.

Gliederung

Innerhalb der Bröckelschiefer-Folge ist eine Gliederung nach Kies- sowie Kalkstein- und Mergellagen möglich.

Sehr deutlich hebt sich ein oberer Teil ab, in dem schluffiger Feinsandstein und feinsandiger Schluffstein partienweise oder in dünnen, z. T. flaserigen Lagen wechseln: Schluffsandstein-Schichten (DIEDERICH & LAEMMLEN 1964). Der Feinsandanteil überwiegt. Mittel- und Grobsandkörner sind als Einzelkörner recht häufig eingestreut. Die Basis dieses Schichtkomplexes bildet ein Geröllhorizont, der allerdings unterschiedlich deutlich ausgebildet ist: dm-starke Konglomeratlagen oder auch einzeln eingestreute Gerölle in Feinsandstein (Quarz, Quarzit, Lydit, \varnothing bis 1,5 cm). Die Gerölle liegen zwischen 8,7 und 10,85 m (Bohrungen im unteren Laisbachtal) unter der Oberkante des Bröckelschiefers.

Bei Bleichenbach ist die Untergrenze des Heigenbrückener Sandsteins in den Bohrungen nicht erfaßt, nach der Kartierung liegt sie jedoch ebenfalls etwa 10 m über der geröllführenden Schicht, und lediglich bei Rinderbügen (KB 97) steigt die Mächtigkeit der Schluffsandstein-Schichten auf 13,2 m. Bei Hirzenhain treten im Bohrkern (KB 74) keine Gerölle auf, doch hebt sich der ca. 10,6 m mächtige Feinsandsteinkomplex mit Schluffsteinlagen und eingestreuten Mittel- und Grobsandkörnern deutlich vom Liegenden ab.

Die unterlagernde Schichtenfolge besteht überwiegend aus dunkelrotbraunem feinsandigem Schluffstein; die Schichtung ist undeutlich, z. T. flaserig. Feinsandsteinlagen und -bänke sind eingeschaltet, ihre Anzahl und Mächtigkeit nehmen nach unten ab, ebenso verschwinden zunehmend die einzeln eingestreuten Mittel- und Grobsandkörner, während der Tongehalt zunimmt.

Abweichend von diesem mehr oder weniger einheitlichen Bild im Arbeitsgebiet enthalten die Bohrungen bei Bleichenbach auffallend wenige und geringmächtige Feinsandsteineinschaltungen; auf die sich hier abzeichnende Sonderstellung wird noch eingegangen.

Drei Bohrungen im Laisbachtal haben bei ca. 30 m unter Oberkante Bröckelschiefer einen weiteren markanten Horizont angetroffen (KB 65 28,00—31,52 m/KB 64 30,00—30,70 m/KB 69 32,00—33,40 m). Grauer bis graublauer Dolomit³ und dolomitischer Kalkstein, graugrüne und violettstichige Mergel und gelbe, hellgraue bis violettblaue, stark karbonatische Feinsandsteine heben sich im Kern deutlich von den angrenzenden rotbraunen Peliten ab. Eine weitere Bohrung im Laisbachtal (KB 67) hat in entsprechender stratigraphischer Position (ca. 20 m unter Basis der Schluffsandstein-Schichten) ebenfalls hellgrauen karbonatischen Feinsandstein und hellgraue bis violettgraue Tonsteine und Mergel angetroffen. In der Saugbohrung B 61, deren Profil jedoch evtl. gestört ist, trat bei 31,8—32,0 m unter Oberkante Bröckelschiefer ein grobkörniger Sandstein mit Geröllen auf. Auch bei Hirzenhain (KB 74) fanden sich 30—31 m unter der Hangendgrenze mergeliger Kalkstein und karbonatischer Sandstein.

In den Bohrungen bei Bleichenbach fehlt dagegen jeglicher Hinweis auf diesen Schichtkomplex.

Die Kernbohrung bei Rinderbügen (KB 97) erreichte nicht die erforderliche Teufe; sie erfaßte aber bereits 23,45—23,70 m unter dem Dach des Bröckelschiefers einen feinkiesigen Sandstein. In ähnlichem Niveau treten in einigen anderen Bohrungen (Hirzenhain und KB 69, KB 65 im Laisbachtal) dolomitische Kalksteinknollen auf, die Aufarbeitungsrelikte sein können. Das Profil der Saugbohrung B 61 im Laisbachtal zeigt grobkörnigen Feinsandstein mit Fein- bis Mittelkies 24,8—25,4 m unter Oberkante Bröckelschiefer, der sich deutlich vom tieferen Sandsteinhorizont unterscheidet. Es liegt nahe, den Schichtkomplex von ca. 22,0—ca. 33,0 m unter Oberkante Bröckelschiefer zusammenzufassen und Karbonatgesteine, ihre Aufarbeitungsrelikte sowie kiesführende Sandsteine als mehr oder minder ausgedehnte Linsen anzusehen. Damit entspräche diese Schichtenfolge dem im Spessart aufgestellten Schluffstein-Sandstein-Horizont (DIEDERICH & LAEMMLEN 1964), der Oberen und Unteren Bröckelschiefer trennt.

Der Untere Bröckelschiefer, nach den Ergebnissen der KB 65, insgesamt 20,60 m mächtig (bei Abzug von Basalt und Breccienzonen), besteht ganz überwiegend aus rotbraunem bis dunkelrotbraunem Schluffstein, der nach unten zunehmend tonig wird; der bröckelige Zerfall geht allmählich in narbigblättrigen über. Lagenweise können Feinsandgehalt, zellige Kalksteine, grüngraue Mergel und flaserige Dolomite auftreten. Die Basis bildet der bereits auf S. 188 erwähnte 0,8 m mächtige, schmutzig graubraune karbonatische Feinsandstein mit rotbraunen Schluff-/Tonsteinlagen.

Mächtigkeiten

Aus der KB 65 im Laisbachtal ergibt sich nach Abzug von Basalt und Breccienzonen für die Bröckelschiefer-Folge eine Gesamtmächtigkeit von rd. 52 m. Da die

³Nach Untersuchungsergebnissen von S. MEISL mit detritischem und authigenem Quarz.

KB 74 bei Hirzenhain mit 45,60 m den Bröckelschiefer noch nicht durchsunken hatte, ist wohl allgemein eine Mächtigkeit um 50 m anzunehmen; die deutlich verringerte Mächtigkeit von 44 m für Bröckelschiefer + Obere pelitische Folge in der nahe der KB 65 angesetzten Saugbohrung B 61 dürfte durch eine Störung bedingt sein.

Demgegenüber weisen zwei an Hängen bei Bleichenbach niedergebrachte Bohrungen mit knapp 40 m Mächtigkeit für die Bröckelschiefer-Folge auf eine echte Reduzierung hin. Im gleichen Gebiet stellte PRÜFERT (1969) im Zechstein auffallend geringmächtig entwickelte Schichten fest; die von ihm gefolgerte relative Hochlage besteht offenbar bis in den Bröckelschiefer fort.

2.2. Gelnhausen-Folge

Abgrenzung

Das Einsetzen bankiger, etwas mittelkörniger und schwach schräggeschichteter Feinsandsteine über den Schluffsteinen und schluffigen Feinsandsteinen der Bröckelschiefer-Folge kennzeichnet den Beginn der Gelnhausen-Folge. Die Obergrenze der Folge wird im Bearbeitungsbereich nur von zwei Bohrungen durchteuft, weshalb einige Fragen offenbleiben müssen. Einschaltungen von Schluff- und Tonstein (Tonstein-Sandstein-Schichten) im obersten Dickbank-Sandstein zeigen das Ausklingen der Gelnhausen-Folge.

Gliederung

Das basale Schichtglied der Gelnhausen-Folge bildet der rd. 30 m mächtige Heigenbrückener Sandstein. Er setzt meist mit einem 0,5–2,0 m mächtigen, harten, schwach mittelkörnigen Feinsandstein ein, der partienweise schräggeschichtet und porig-löchrig sein kann. Darüber treten oft nochmals Schluff- und Feinsandsteine auf, die dem obersten Bröckelschiefer gleichen.

Etwa das untere Drittel bis die untere Hälfte des Heigenbrückener Sandsteins enthält deutlich mehr Schluff-/Tonsteinlagen und feingeschichteten, häufig mürben, schluffigen Feinsandstein als der obere Teil. Insgesamt herrscht in den Sandsteinen die Korngröße 0,1–0,2 mm vor, jedoch sind Korndurchmesser bis 0,3 mm fast regelmäßig in kleinen Anteilen vertreten. Nur in einzelnen Bänken, insbesondere in der erwähnten Basalschüttung, wurden Körner bis 0,4 mm \varnothing beobachtet. Glimmer ist besonders in den feinkörnig-schluffigen Lagen und vor allem auf den Schichtflächen angereichert. Partienweise kommen zahlreiche Tongallen vor, meist um 1 cm, aber in einigen Lagen eckig und bis 6 cm groß. Schrägschichtung tritt selten auf. In der Färbung der Bohrerkerne überwiegen helle Farbtöne; hellrot, blaßbraunrot und braungrau, selten hellgrau. Mit der Zunahme der pelitischen Anteile nach unten werden die Farben dunkler bis zu Rotbraun in den Schluff-/Tonsteinlagen.

Im Bohrgut von Meißelbohrungen kann der pelitische Gehalt der Schichtenfolge wesentlich stärker erscheinen, als nach den Ergebnissen der Kernbohrungen tatsächlich vorhanden ist.

Mit dem steigenden Sandanteil und der größeren Festigkeit der Bänke im oberen Teil leitet die Schichtausbildung zum hangenden Eckschen Sandstein über, der sich im Arbeitsbereich nur wenig vom Heigenbrückener Sandstein (bzw. von dessen oberem Teil) unterscheidet. Eine oder mehrere bis 30 cm mächtige Schluff-/Tonsteinlagen, z. T. in Verbindung mit schluffigen Feinsandsteinen, kennzeichnen die Ober-

grenze des Heigenbrückener Sandsteins. Die pelitischen Schichten können örtlich (KB 69) so geringmächtig ausgebildet sein, daß der Übergang fließend und die Grenzziehung fraglich wird.

Interessante Faziesveränderungen innerhalb des Heigenbrückener Sandsteins deuten sich beim Vergleich weit auseinanderliegender Kernbohrungen an. Am Seemenbachtal (KB 97) ist als Basishorizont ein Sandstein ausgebildet, der nur teilweise stärker tonig ist und einige Tonsteinlagen bis 7 cm enthält. Die Bohrungen im Laisbachtal (KB 64, 65, 69) zeigen im gleichen Niveau einen wechselnden Aufbau aus Feinsandstein mit schluffigen Partien und eingeschalteten Schluffsteinen von 0,2 und 0,65 m Mächtigkeit. Ganz im NW bei Wallernhausen (KB 26) schließlich ist über der basalen Sandsteinbank ein fast 6 m mächtiger Schluffstein entwickelt.

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich an der Obergrenze: einzelne bis 15 cm mächtige Tonsteinlagen im S, bis zu 1,15 m schluffreicher Feinsandstein und Schluff-/Tonsteinlagen im Laisbachtal, aber über 2 m Tonstein mit Feinsandsteineinlagerungen im NW bei Wallernhausen. Die Bohrung bei Hirzenhain (KB 74) nimmt eine Zwischenstellung ein, ähnlich den Bohrungen im Laisbachtal.

Der etwa 38—44 m mächtige Ecksche Sandstein bildet mit dem Heigenbrückener Sandstein den unteren Teil der Gelnhausen-Folge. Der Ecksche Sandstein besteht in 4 über den Arbeitsbereich verteilten Kernbohrungen (26⁴, 69, 74, 97) ziemlich einheitlich aus fein- bis mittelkörnigem, überwiegend festem, z.T. kieselig hartem Sandstein (Korn- \varnothing 0,1—0,3 mm, selten 0,4—0,5 mm). Relativ wenige geringmächtige Tonsteinlagen und schluffreiche Partien mit Feinschichtung gliedern die mächtigen, z.T. undeutlich geschichteten bis massigen Sandsteinbänke. Neben überwiegend blaßbraunroten und braungrauen Schichten treten weißgraue und — selten — gelbliche Partien auf. Tonsteinlagen und schluffreiche Horizonte weisen den üblichen rotbraunen, z.T. violettstichigen Farbton auf. Schrägschichtung tritt häufiger und stärker auf als im Heigenbrückener Sandstein, zu dessen oberer Hälfte nur geringe Unterschiede bestehen. Schräggeschichtete Bereiche sind häufig porig-löchrig ausgebildet, heben sich auch durch ihre Härte vom angrenzenden Gestein ab und enthalten meist Lagen mit zahlreichen kleinen rotbraunen Tongallen; große Tongallen bis 6 cm sind sehr selten. Grobkorn und Gerölle wurden nicht beobachtet.

Der etwa 110 m mächtige Dickbank-Sandstein ist in den beiden Kernbohrungen des Arbeitsgebietes, die ihn durchteuften, deutlich dreigeteilt. Die KB 74 bei Hirzenhain zeigt über dem Eckschen Sandstein eine 15,9 m mächtige Schichtenfolge, in der mittel- bis feinkörnigen Sandsteinen häufig schluffige Feinsandsteinpartien und dünne Tonsteinlagen eingeschaltet sind: Sandstein-Tonstein-Schichten. Die Basis bildet ein 0,7 m mächtiger Ton- bis Schluffstein mit stark schluffigem Feinsandstein. Die KB 97 im Seemenbachtal erfaßt nur die untere Hälfte des Dickbank-Sandsteins. Hier wurden in den untersten 11 Metern einige Schluff-/Tonsteinlagen (bis 15 cm) angetroffen; bis ca. 22 m über der Basis sind mehrere schluffreiche Feinsandsteinpartien im Profil enthalten. Hellrotbraune, rotgraue und graubraune Farbtöne überwiegen in den Sandsteinen, rotbraune in den stärker pelitischen Schichten. Einige porenreiche, schräggeschichtete Sandsteinlagen treten auf.

⁴ Infolge Störung keine volle Mächtigkeit.

Die Mächtigkeit der darüber folgenden Dickbankigen Sandstein-Schichten erreicht bei Hirzenhain 82,9 m. Jedoch ermöglichen die allmählichen Übergänge zu den Bereichen mit höheren pelitischen Anteilen im Hangenden und Liegenden nicht immer eine exakte Abgrenzung, die prinzipiellen faziellen Einheiten aber sind deutlich. Die Tonsteinmittelzone ist in den Bohrungen schwer zu erkennen; schluffreiche Feinsandsteinpartien und dm-starke Tonsteinlagen sind über einen größeren Bereich verteilt.

In den Dickbankigen Sandstein-Schichten wechseln feinkörnige und mittel- bis feinkörnige Schichten; mehrere Partien enthalten Korngrößen bis 0,4 mm, in dünnen Lagen Einzelkörner bis 0,5 mm. In der mächtigen Sandsteinserie treten die geringmächtigen Schluff-/Tonsteine (5–10 cm, selten bis 20 cm) und glimmerführenden, stark schluffigen Feinsandsteinpartien ganz zurück und fehlen über manche Bereiche von 5–10 m völlig. Charakteristisch sind die meist recht harten Sandsteinbänke mit Schrägschichtung, die zahlreicher auftreten als im Eckschen Sandstein. Lagen mit Tongallen und eckigen Tonsteinfetzen sind gerade darin häufig und betonen, wie die z.T. stark porig-löchrige Ausbildung, die Schrägschichtungsblätter.

Die Tonstein-Sandstein-Schichten, oberster Teil des Dickbank-Sandsteins, erreichen 10–20 m Mächtigkeit bei unscharfem Übergang zum Liegenden. Hellroten und rötlichbräunlichen Feinsandsteinen sind dm-starke Tonsteine zwischengeschaltet. In der KB 74 lassen sie sich in einer von Kleinstörungen beeinflussten Schichtenfolge kaum abgrenzen, enthalten aber 0,6 m Tonstein und stark schluffigen Feinsandstein. Ein Geländeprofil westlich Dudenrod ergab eine Mächtigkeit von ca. 20 m, die der Normalausbildung entsprechen dürften.

Mächtigkeiten

Heigenbrückener Sandstein und Eckscher Sandstein der Gelnhausen-Folge sind die in den bearbeiteten Bohrungen am häufigsten durchteuften Schichtglieder.

In 3 Kern- und 2 Spülbohrungen ergeben sich vom Seemenbach im S über den Laisbach bis Wallernhausen im N für den Heigenbrückener Sandstein Mächtigkeiten zwischen 31,30 und 33,50 m (KB 97, B 27, B 61, KB 65, KB 26). Nur eine Bohrung im Laisbachtal (KB 69) weicht mit 28,05 m ab. Eine deutlich mächtigere Entwicklung zeigt sich bei Hirzenhain (KB 74) mit 41,85 m.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für den Eckschen Sandstein. Er erreicht in 2 Kernbohrungen 37,65 m und 38,60 m (KB 97, KB 69); nur in der Spülbohrung B 27 scheint er mit 34,0 m geringer mächtig; dagegen ergibt sich wiederum bei Hirzenhain (KB 74) mit 43,65 m die größte Mächtigkeit.

Der Dickbank-Sandstein ist in der KB 74 bei Hirzenhain durch Störungen etwas beeinflusst, so daß dort nur eine Mindestmächtigkeit von rd. 106 m gesichert ist.

Die Gesamtmächtigkeit der Gelnhausen-Folge liegt demnach im Mittel bei 180 m und kann bis über 190 m ansteigen.

2.3. Salmünster-Folge

Abgrenzung

Die Salmünster-Folge zeigt in den Bohrungen z.T. sehr unterschiedliche Ausbildung, ist aber, wie Abb. 2 zeigt, nur von der KB 74 ganz durchsunken worden. Jedoch ist in dieser Bohrung der Grenzbereich Salmünster-/Gelnhausen-Folge durch

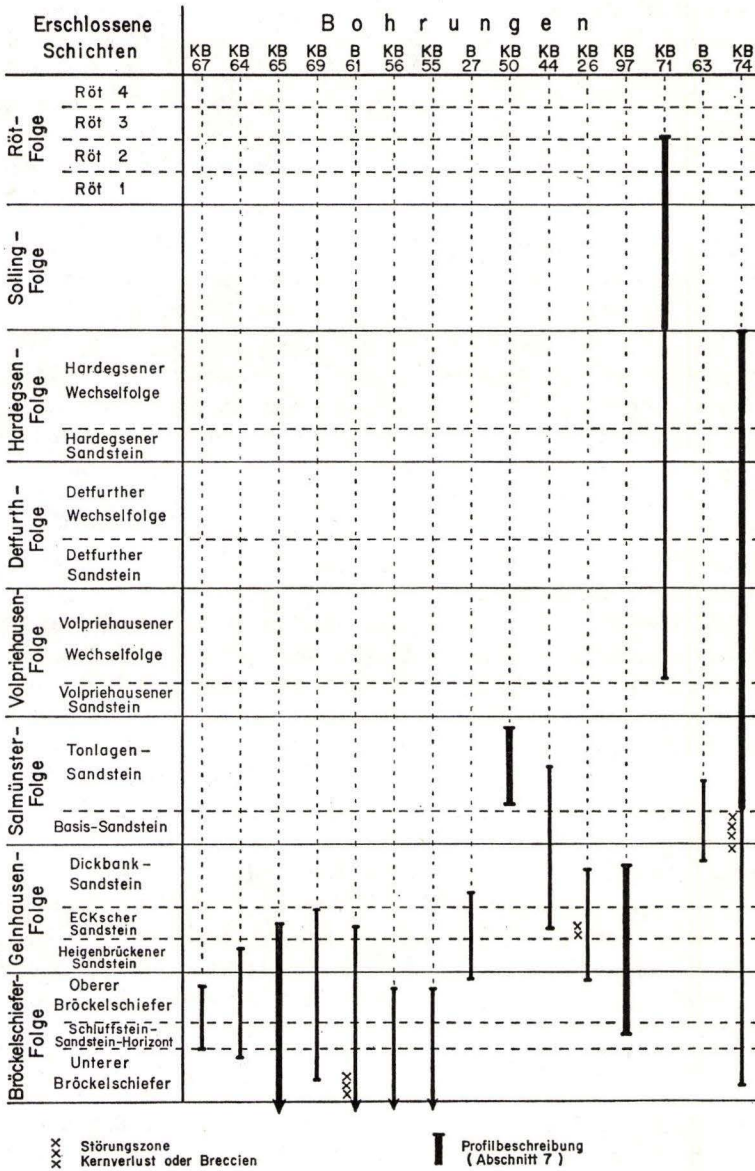


Abb. 2. Stratigraphie der Buntsandsteinbohrungen und beschriebenen Profileile (s. Abschn. 7).

Kleinstörungen beeinflußt, so daß gerade im Basis-Sandstein mehrfach Kernverlust auftrat und kleinstückiges Bohrgut keine klare Gliederung der Schichtenfolge zuließ. Zur Ergänzung wird deshalb ein morphologisch gut gegliedertes, zusammenhängendes Geländeprofil vom Röderkopf bei Büdingen-Dudenrod herangezogen. Dort erreicht die Salmünster-Folge 80–85 m Gesamtmächtigkeit; über den deutlich pelitreichen Tonstein-Sandstein-Schichten des obersten Dickbank-Sandsteins setzt mit einer Hangversteilung der Basis-Sandstein der Salmünster-Folge ein; der Tonlagen-Sandstein ist nach oben durch den grobkörnigen Volpriehausener Sandstein begrenzt.

Gliederung

Die von DIEDERICH & LAEMMLEN (1964) gegebene Untergliederung der Salmünster-Folge läßt sich im zusammenhängenden Geländeprofil wiedererkennen.

Der 10–12 m mächtige Basis-Sandstein liefert einen grobstückigen bis klotzigen Hangschutt. Der fein- bis mittelkörnige, hellrotbraune, z.T. graue Sandstein ist meist eben geschichtet. Vorzugsweise im Bereich der häufigen karbonatporigen bis löchrigen Lagen treten Körner mit Korndurchmesser über 0,2 mm auf.

Die Hangmorphologie ermöglicht im rd. 70 m mächtigen Tonlagen-Sandstein der Salmünster-Folge die weitere Unterteilung in die 20–25 m mächtigen Tonstein-Sandstein-Schichten (Hangverflachung über dem Basis-Sandstein), die 30 bis 40 m mächtigen Sandstein-Tonstein-Schichten (Hangversteilung) und die 10–15 m mächtigen Grenzsichten (Hangverflachung unter der Geländekante des Volpriehausener Sandsteins).

In der KB.74 weisen mittelkörnige und fein- bis mittelkörnige Sandsteine (ab 495,80 m) auf den Basis-Sandstein hin (gestörter Bereich). Darüber bilden 4,8 m auffallend dunkle, violettstichige rotbraune Feinsandsteine mit schluffreichen Lagen, dünnen Tonsteineinschaltungen und z.T. großen Glimmern den unteren Teil der Tonstein-Sandstein-Schichten. Diesen gehören noch weitere 17,8 m an (bis etwa 473,20 m): hellrotbraune, wenig mittelsandige Feinsandsteine mit mehreren schluffigen oder auch tonigen, z.T. glimmerreichen Lagen und zahlreichen eckigen Tonsteinfetzen.

Der darüber folgende Teil⁵ von 42,55 m (bis etwa 430,65 m) ist den Sandstein-Tonstein-Schichten zuzurechnen. Sie bestehen aus meist violettstichig hellrotbraunem Feinsandstein mit einigen mittelkörnigen Partien; die mächtigen, z.T. kieselig harten Bänke mit lagenweisen Anreicherungen von Tongallen und Tonsteinfetzen sind kaum durch Schluff- bzw. Tonsteinlagen, die nur in Einzelfällen dm-Stärke erreichen, gegliedert.

Die 10,75 m mächtigen Grenzsichten sind durch 0,75 m Ton-/Schluffstein deutlich vom Liegenden abgesetzt. Der mittelkörnige Sandstein (\varnothing bis 0,5 mm) mit feinkörnigen Partien ist hellrotbraun mit grauen Lagen und enthält mehrere Lagen mit bis 3 cm großen rotbraunen Tonstein- und Feinsandsteinfetzen. (Ein Aufschluß in den Grenzsichten an der Straße Ortenberg–Bergheim zeigt porig-löchrige Bänke mit mittel- bis grobkörnigen Lagen.) Den oberen Abschluß der Grenzsichten bildet eine Tonsteinlage.

⁵ Die Abgrenzung innerhalb der fast vollständigen, aber recht gleichmäßig ausgebildeten Bohrkern des Tonlagen-Sandsteins ist undeutlich.

Ein sehr abweichendes Bild aus dem Tonlagen-Sandstein zeigt die KB 50, die südlich Ortenberg etwa 10 m unterhalb der hier ungestört durchziehenden Basis des Mittleren Buntsandsteins angesetzt worden ist. Unter einer Serie von Feinsandsteinen mit mehreren Ton-/Schluffsteinbänkchen (bis 25 cm) enthalten die Bohrkernkerne etwa von 23–28 m unter sm-Basis Lagen mit wenig Grobkorn (\varnothing bis 2 mm) und mehreren, einzeln eingestreuten, schlecht gerundeten bis eckigen Quarzgeröllen (\varnothing bis 5 mm). Darunter liegt eine weitere Serie von Feinsandsteinen mit pelitischen Einschaltungen und einem einzelnen eckigen Geröll (\varnothing 1 cm, bei etwa 37 m unter sm-Basis). Von etwa 39–42 m unter sm-Basis treten mehrere löchrige grobkornführende Feinsandsteine mit vereinzelt oder schichtweise angereicherten, meist schlecht gerundeten Geröllen (\varnothing bis 5 mm) auf. Bis zur Endteufe der Bohrung (51 m) bei ca. 61 m unter sm-Basis ist Feinsandstein mit geringem Anteil an Ton-/Schluffstein erschlossen.

Der untere geröllführende Horizont entspricht – von den Mächtigkeiten her gesehen – etwa der Basis der Sandstein-Tonstein-Schichten innerhalb des Tonlagen-Sandsteins. In einer weiteren Bohrung (KB 44) bei Ortenberg, vor einigen Jahren mit stärker zusammenfassender Profilbeschreibung aufgenommen, wurden ebenfalls Gerölle bis 5 mm Korn- \varnothing in vergleichbarem Niveau, 24,6–27,7 m über Oberkante Basis-Sandstein, beobachtet. Auch an einigen Stellen im Gelände wurden in Gesteinen des Tonlagen-Sandsteins schlecht gerundete Quarzgerölle (\varnothing bis über 1 cm) horizontweise angereichert, aber meist einzeln in Feinsandstein eingebettet, beobachtet.

Insgesamt gesehen dürfte für das Arbeitsgebiet ein linsenartiges Auftreten von Geröllen in einigen Horizonten der Sandstein-Tonstein-Schichten des Tonlagen-Sandsteins gesichert sein.

Mächtigkeiten

Über Änderungen in der Mächtigkeit kann für die Salmünster-Folge nur im Vergleich zu Nachbargebieten etwas gesagt werden (Abschn. 6).

3. Mittlerer Buntsandstein

Schichten des Mittleren Buntsandsteins haben zwei Kernbohrungen erschlossen. Die KB 74 bei Hirzenhain gewann ein Profil von der untersten Solling-Folge bis zur Basis der Volpriehausen-Folge⁶ und die KB 71⁷ bei Rinderbügen unter dem Röt von der Solling-Folge bis in die Volpriehausener Wechselfolge. Eine dritte Bohrung bei Ortenberg in die Volpriehausen-Folge wird wegen sehr unvollständigen Kerngewinns und gebleichter und z. T. entfestigter Schichten hier nicht berücksichtigt.

⁶ Nach einem Beschluß des Arbeitsausschusses Buntsandstein der Direktorenkonferenz der Geologischen Landesämter der Bundesrepublik Deutschland am 10. September 1973 in Wiesbaden sollen für die Folgen des Mittleren Buntsandsteins, in den auch die Solling-Folge wieder einbezogen wurde, die norddeutschen Bezeichnungen verwendet werden. Obwohl Gegenargumente bislang nicht völlig ausgeräumt sind, schließen sich die Verf., um eine einheitliche Linie zu wahren, diesem Vorgehen an.

⁷ Mit KB 71 ist im folgenden immer die Bohrung Nr. 71 auf Bl. 5621 Wenings gemeint; auf die Bohrung Nr. 71 des Bl. 5620 Ortenberg wird in dieser Arbeit nicht eingegangen (vgl. Abb. 1).

3.1. Volpriehausen-Folge

Abgrenzung

Die Basis der Volpriehausen-Folge hebt sich mit einem geröllführenden mittel- bis grobkörnigen Sandstein deutlich über mittel- bis feinkörnigen, tonsteinführenden Schichten der Salmünster-Folge ab. Sie ist in der KB 74 gut festzulegen. Die Obergrenze der in der gleichen Bohrung 94,90 m erreichenden Folge ist mit dem Einsetzen eines mächtigen, aber uneinheitlich ausgebildeten Sandsteins über einer Wechselfolge aus Sandsteinen mit Ton-/Schluffsteinlagen gegeben.

Gliederung

Der Volpriehausener Sandstein, nur in der KB 74 erbohrt, ist 24,50 m mächtig. Lediglich eine 1,10 m starke mittel- bis grobkörnige Schicht an der Basis führt zahlreiche Quarzgerölle bis 1,5 cm, vereinzelt bis 3 cm \varnothing , dazu viele Fetzen von Tonstein und aufgearbeitetem feinkörnigem Sandstein. Die unregelmäßig rotbraun und graugefleckte Lage ist z.T. undeutlich geschichtet.

Der restliche Volpriehausener Sandstein besteht aus mittelkörnigem Sandstein mit starkem Grobkorn-, z.T. aber auch Feinkornanteil. Tongallen, Tonsteinfetzen und bräunliche Feinsandsteinfetzen sind partienweise angereichert. Geringe Schrägschichtung tritt auf. Das meist feste bis kieselig-harte Gestein enthält einige z.T. stark löchrige Lagen. Es überwiegen violettstichig hellrotbraune Farbtöne, die nach oben dunkler werden. Die oberen zwei Drittel des Volpriehausener Sandsteins enthalten mehrere Schluff-/Tonstein- und schluffige Feinsandsteineinschaltungen.

Die 70,40 m mächtige Volpriehausener Wechselfolge baut sich aus wechselnd fein- und mittelkörnigen Schichten mit einigen grobkörnigen Einschaltungen auf. Die durch ihre große Häufigkeit geradezu typischen Lagen mit Tongallen und vor allem Fetzen von Tonstein (bis 5 cm) und gelegentlich Feinsandstein treten vorwiegend in schräggeschichteten, z.T. etwas löchrigen Partien auf. Mürbe, schluffige Sandsteine treten gegenüber den festen, oft kieselig-harten Schichten sehr zurück. Violettstichig hellrotbraune Farben überwiegen, doch sind graue Lagen regelmäßig eingeschaltet. Die rotbraunen Schluff-/Tonsteinlagen sind meist geringmächtig und selten.

In der KB 71 betonen in den obersten 4 m der Wechselfolge drei 30–50 cm starke Schluff-/Tonsteinlagen (mit dünnen Sandsteineinschaltungen) den üblicherweise pelitreichen Charakter dieser Grenzzone.

Auffallend und vom üblichen Bild abweichend ist die Ausbildung der oberen 19 m der Volpriehausener Wechselfolge in der KB 74: mittelkörniger Sandstein mit cm-starken grobkörnigen Lagen in festen, z.T. kieselig-harten und schräggeschichteten, oft löchrigen Bänken wechselt mit mehreren bis 30 cm mächtigen Schluff-/Tonsteinlagen und feinlagigen Partien von sandigem Schluffstein bis schluffigem Feinsandstein. Unter diesem ungewöhnlich groben Bereich liegen Gesteine von deutlichem Wechselfolgecharakter: mittelkörniger Sandstein, der partienweise stark feinkörnig und z.T. schluffig ist.

Mächtigkeiten

Über Änderungen in der Mächtigkeit kann für den Mittleren Buntsandstein nur im größeren Rahmen, im Vergleich zu Nachbargebieten etwas gesagt werden, siehe dazu Abschn. 6.

3.2. Detfurth-Folge

Abgrenzung

Mit einem sehr mächtigen Sandsteinpaket setzt die Detfurth-Folge über den Ton-/Schluff- und Sandsteinen der Volpriehausener Wechselfolge ein. Die Obergrenze bildet über Fein- bis Mittelsandsteinen der Detfurther Wechselfolge der mittel- bis grobkörnige Hardegseener Sandstein.

Gliederung

Die Ausbildung der Detfurth-Folge in den Bohrungen KB 74 und KB 71 weist einige Unterschiede auf, so daß die Bohrprofile zunächst getrennt beschrieben werden.

In der KB 74 beträgt die Gesamtmächtigkeit der Detfurth-Folge 56,20 m, davon entfallen auf den Detfurther Sandstein 31,25 m und auf die Detfurther Wechselfolge 24,95 m.

Der außergewöhnlich mächtige Sandstein zeigt eine deutliche Dreigliederung: 1. eine 11 m mächtige Unterbank aus mittelkörnigem Sandstein mit grobkörnigen (\varnothing nur bis 1 mm) und schluffreichen feinkörnigen Partien, dazu zahlreiche löchrige Lagen mit rotbraunen Tongallen und bis 5-cm-großen Fetzen von Tonstein und feinkörnigem Sandstein; 2. 5,85 m mächtige Zwischenschichten aus schluffigem bis stark schluffigem Feinsandstein und z.T. grobkörnigem Mittelsandstein; hier treten Korngrößen bis 3 mm auf; 3. eine 14,40 m mächtige Oberbank wiederum aus mittelkörnigem Sandstein mit Grobkornlagen (\varnothing um 1 mm) und schluffig-feinsandigen Partien. Hellrotbraune, z.T. violettstichige Gesteine mit grauen bis braungrauen Lagen herrschen vor.

In der KB 71 beträgt die Gesamtmächtigkeit der Detfurth-Folge 60,85 m. Trotz der größeren Mächtigkeit ist der Sandstein mit 19,95 m wesentlich schwächer ausgebildet, der Hauptanteil mit 40,90 m entfällt auf die Wechselfolge.

Außer in der geringeren Mächtigkeit zeigt der Sandstein auch durch deutlich feinere Körnung Abweichungen gegenüber der KB 74. In der 9,30 m mächtigen Unterbank wechsellagern schluffiger Feinsandstein und Mittelsandstein; mm- bis dm-starke mittel- bis grobkörnige Lagen sind eingestreut, vereinzelt auch Tonsteinfetzen und löchriger Sandstein, nur die unteren 1,5 Meter sind überwiegend mittelkörnig. Die Zwischenschichten sind als 0,60 m Ton-/Schluffstein mit mm- bis cm-starken Mittel- bis Grobsandlagen ausgebildet. In der Oberbank wechseln wiederum z.T. schluffiger Feinsandstein und mittelkörniger Sandstein, der verteilt oder in dünnen Lagen Grobkorn bis 1 mm \varnothing enthält. Tonsteinfetzen (bis 4 cm) und löchrige Ausbildung mit Schrägschichtung sind häufiger als in der Unterbank.

Der Unterschied der Wechselfolge zu der in der KB 74 ist gering, der Feinkornanteil ist etwas höher, bis 5 cm starke Schluff-/Tonsteinlagen sind mehreren Sandsteinbänken eingeschaltet.

3.3. Hardegseener-Folge

Abgrenzung

Mittelkörniger und mittel- bis grobkörniger Sandstein in zusammenhängender größerer Mächtigkeit bildet die Basis der Hardegseener-Folge; ihre obersten Schichten sind ausgesprochen feinkörnig, und der darüber einsetzende Solling-Sandstein hebt sich scharf ab.

Gliederung

Die Hardegens-Folge weist ähnliche Unterschiede zwischen den Bohrungen KB 74 und KB 71 auf wie die Detfurth-Folge. In der Gesamtmächtigkeit ist das weniger auffällig. Mit 61,80 m (KB 74) und 62,05 m (KB 71) stimmen die Gesamtmächtigkeiten fast überein; aber wiederum ist der Basissandstein mit 17,30 m in der KB 74 mächtiger als in der KB 71 mit 15,20 m, während die Wechselfolgen mit 44,50 m und 46,85 m sich entsprechend umgekehrt verhalten.

Der Hardegensener Sandstein ist mittel- bis grobkörnig (\varnothing maximal bis 2 mm), Tonsteinfetzen und löchrige Ausbildung kommen in den Kernen beider Bohrungen vor. Während aber in der KB 74 nur einzelne Tonsteinlagen von 5–10 cm Stärke und häufige Korngrößenbänderung zu beobachten sind, treten in der KB 71 mehr tonig-schluffig-feinsandige Partien auf, und es ist geradezu ein Charakteristikum dieser Bohrung, daß mm-starke Lagen mit zahlreichen gut gerundeten Grobkörnern in schluffig-tonige Bereiche eingeschaltet sind. Eine etwas undeutliche Abgrenzung gegen das Hangende und Liegende ist durch die einheitlich rotbraune bis hellbraune Gesteinsfarbe bedingt, während in der KB 74 hellgraue bis braungraue Lagen die Grenzziehung erleichtern.

Der hohe Anteil heller Farbtöne setzt sich auch in der Hardegensener Wechselfolge der KB 74 mit graubraunen bis weißgrauen Bänken und Lagen neben hellrotbraunen fort. Der überwiegend mittelkörnige Sandstein wird teilweise fein- oder grobkörniger; Schluff-, Ton- und schluffige Feinsandsteine sind eingeschaltet, und die Grenzschicht zum Hangenden wird von 2,7 m rotbraunem feinsandigem Ton-/Schluffstein mit Sandsteinzwischenlagen gebildet.

■ In der Hardegensener Wechselfolge der KB 71 weist schon der geringere Anteil heller Farben in den hellrotbraunen bis rotbraunen Schichten auf höheren Feinkornanteil hin. Feinsandsteinbänke mit Mittelkornanteil sind häufig; schluffiger Feinsandstein und zahlreiche Ton-/Schluffsteinlagen bestimmen in größeren Bereichen das Bild der Wechselfolge. In diesen Schichten mit Anklängen an den Unteren Buntsandstein treten immer wieder perlschnurartig mm-starke Lagen gut gerundeten Mittel- bis Grobkorns auf.

3.4. Solling-Folge

Abgrenzung

Als nahezu geschlossener Sandsteinkomplex hebt sich die Solling-Folge zwischen den Feinsand- und Tonsteinen der Hardegensener Wechselfolge im Liegenden und dem Basiston des Röts im Hangenden als selbständige Einheit heraus.

Gliederung

In der KB 74 sind nur die untersten 2,40 m des Solling-Sandsteins erhalten. Das überwiegend mittelkörnige, durch tertiäre Verwitterung weißgraue und lagenweise lockere Gestein ist löchrig, enthält aber keine Gerölle. Der darüberliegende weißgraue Sand mit Schluff- und Tonbeimengungen dürfte in situ verwitterte Solling-Folge und umgelagertes Material derselben darstellen; hier treten, auch in festen Sandsteinstücken, Gerölle auf, die allerdings selten mehr als 1 cm \varnothing erreichen.

Die in der KB 71 25,60 m mächtige Solling-Folge setzt mit 2,75 m mittel- bis grobkörnigem Sandstein ein, in dem zahlreiche Gerölle bis 3,5 cm \varnothing teils einzeln ein-

gestreut, teils linsenartig angereichert sind (weißer Quarz, grüngraue und rote Quarzite). Das hellgraue bis rötliche und z.T. mürbe Gestein enthält partienweise graugrüne Tonsteinfetzen bis 3 cm, ist vor allem im oberen Teil löchrig und weitgehend ohne erkennbare Schichtung.

Der restliche Teil der Solling-Folge besteht ganz überwiegend aus hellrotbraunem mittelkörnigem Sandstein, teils mit etwas Feinkorn-, teils mit Grobkornanteil. Fast durchgehend treten eckige Einzelgerölle um 0,5–1 cm, selten bis 2 cm \varnothing auf. Auffallend ist, daß auch Mittel- bis Grobkörner, die sonst im Mittleren Buntsandstein meist gut gerundet sind, hier teilweise ausgesprochen schlecht gerundet bis eckig sind. Rotbraune Tonsteinfetzen und löchrige Lagen treten meist in Verbindung mit Schrägschichtung auf. Das Gestein ist partienweise mürb. Wenige Schluff-/Tonsteinlagen bis über 20 cm Mächtigkeit kommen vor.

Den oberen Abschluß der Solling-Folge bildet ein mehrere Meter mächtiger mittel- bis schwach feinkörniger Sandstein mit vereinzelt eckigen Geröllen. Ohne wesentliche Änderung des Gesteinscharakters geht die rotbraune bis violettstichig rotbraune Farbe des unteren Teils in graue, grüngraue und rostfleckige Färbung des obersten 1,6 m starken Bereichs über, der teilweise deutlich porig-löchrig ausgebildet ist. Ob diese graue Schicht ihre Farbe sekundär durch Reduktion erhielt oder ob sie ganz oder teilweise den Thüringischen Chirotheriensandstein i. e. S. vertritt, ist nicht sicher zu entscheiden.

4. Oberer Buntsandstein (Röt)

Abgrenzung

Nur von der KB 71 wurden Röt-Gesteine erschlossen; ihre Basis ist mit mächtigen Tonsteinen über der Sandsteinserie der Solling-Folge gegeben; die Hangendgrenze der 30,80 m mächtigen Schichtenfolge ist eine Erosionsgrenze, über der tertiäre Sedimente folgen.

Gliederung

Das Röt 1 (Basiston) besteht aus 4,20 m feinschichtigem Ton- und Schluffstein, der in der unteren Hälfte überwiegend graugrün gefärbt ist; in der oberen Hälfte wechseln cm-starke grüngraue und violettstichig rotbraune Lagen; hier treten in einigen Partien auch mm-starke Feinsandsteinfasern auf.

Das Röt 2 (Plattensandstein) ist 26,20 m mächtig. Es besteht aus einer Folge von Feinsandstein, schluffigem Feinsandstein und Ton-/Schluffstein, teils in feinlagigem Wechsel, teils mit Schichtmächtigkeiten bis über 2 m.

Dabei fallen an Ober- und Untergrenze kompakte Sandsteinbänke auf. Die Basis wird von einem 2,7 m mächtigen Feinsandstein gebildet, der partienweise löchrig ist. Bei 5,40 m unter der Obergrenze beginnt ein 3,70 m mächtiger, wenig mittelsandiger Feinsandstein, der abweichend vom sonst einheitlich rotbraunen Bild der Schichtenfolge in den oberen 3,10 Metern grau gefärbt ist; darüber folgen 1,35 m Schluff-/ und Tonstein und dann nochmals 0,35 m etwas mittelkörniger Feinsandstein, der neben rotbraun z.T. grünstichig grau ist. Wiewohl keinerlei quarzitisches Aussehen erkennen ist, dürfte dieser obere Abschluß des Plattensandsteins der Zone des Grenzquarzits (SCHUSTER 1934) in Unterfranken entsprechen: zwei festere Bänke (deren

untere in normale Plattensandsteinfazies übergeht) mit zwischengeschalteten pelitischen Gesteinen.

Von den Schichten des Röt 3 (Untere Röttone) sind nur 0,40 m sandiger Schluff-/Tonstein erhalten, der rotbraun und — wohl infolge starker Verwitterung — grüngrau gefärbt ist.

Über einer Zwischenlage von grauem Sand hat die Bohrung ebenfalls sandigen Schluff-/Tonstein angetroffen, der stark verwittert und unregelmäßig gelbbraun, grünbraun und rotbraun gefleckt war:

vermutlich eine umgelagerte Scholle von Röt 3 innerhalb der tertiären Sedimente.

5. Lagerungsverhältnisse

Da die Bohrungen, wenn auch nicht gleichmäßig, über etwas mehr als einen Blattbereich verteilt sind, erlauben sie einige prinzipielle Aussagen über die Lagerung der Buntsandsteinschichten für diesen Raum (vgl. Abb. 1). Es zeigt sich sehr deutlich die Tendenz, daß die Schichten nach NE (Richtung zentraler Vogelsberg) stark absinken; dieses generelle Bild wird auch durch Sonderbewegungen einzelner Schollen kaum gestört.

Vom Ausstrich des Bröckelschiefers bei Bleichenbach bis Hirzenhain, d.h. auf einer Entfernung von etwas über 8 km, sinkt seine Oberkante staffelförmig um ca. 630 m ab. Eine ähnliche Tendenz kommt auch in der Schichtlagerungskarte für das Bl. 5721 Gelnhausen zum Ausdruck (DIEDERICH, in Druckvorbereitung). Inwieweit allerdings dieser tektonische Bauplan auch für die benachbarten, insbesondere die nordöstlich angrenzenden basaltüberdeckten Triasbereiche gilt, muß offenbleiben.

6. Vergleich mit Nachbargebieten

6.1. Unterer Buntsandstein

Für den Unteren Buntsandstein sind Parallelisierungen mit den Verbreitungsgebieten dieser Schichtenfolge in Spessart, Odenwald und Pfälzer Wald unschwer durchzuführen. Neben einigen paläogeographischen und lithologischen Sonderentwicklungen sind im Arbeitsgebiet nahezu alle Feinheiten der Gliederung der südlichen Gebiete wiederzuerkennen.

Die Bröckelschiefer-Folge zeigt vom N-Spessart her, wo sie bis zu 70 m erreicht, eine Mächtigkeitsabnahme auf 50 und örtlich bis auf 40 m. Das Auftreten der von DIEDERICH (1966, 1970) beschriebenen drei Sandlagen erlaubt bis in Einzelheiten einen feinstratigraphischen Vergleich mit dem N-Spessart und belegt, daß die Reduzierung des Bröckelschiefers nicht durch fazielle Änderungen, sondern paläogeographisch und bei den örtlichen Extremwerten durch das Fortbestehen einer Schwellenzone aus dem Zechstein bedingt ist. Offensichtlich treten die größten Mächtigkeiten im Bröckelschiefer nördlich des Scheitels der Spessartschwelle auf, wo sich das gerade noch über die Schwelle gelangte Sediment am Übergang zum Beckenbereich bei erlahmender Transportkraft verstärkt absetzte. Während am NW-Hang der Spessartschwelle Mächtigkeiten bis zu 70 m erreicht werden (Bieber, Bad Orb, ebenso in südwestlicher Richtung im Pfälzer Wald bei Annweiler a.Tr.) sind im Beckenbereich Werte von 40 bis höchstens 50 m die Regel (DIEDERICH 1966, Abb. 4).

In der Gelnhausen-Folge ist insgesamt eine deutliche Zunahme der Sedimentmächtigkeit von der Spessartschwelle in das Becken hinein erkennbar. Dementsprechend nimmt auch die Korngröße des klastischen Materials nach NW und N zu ab, wie die nur südlich der Kinzig im Eckschen Sandstein auftretenden Gerölle (daher dort Eckscher Geröllsandstein!) anzeigen. Sonst aber ist lithologisch im Vergleich mit dem südlich angrenzenden Gebiet keine Veränderung festzustellen, denn selbst die Feingliederung des Dickbank-Sandsteins in Sandstein-Tonstein-Schichten, Dickbankige Sandstein-Schichten und Tonstein-Sandstein-Schichten ist im Arbeitsgebiet durchzuführen.

Interessanterweise aber ist gegenüber dem südöstlich anschließenden Bl. 5721 Gelnhausen die Mächtigkeitszunahme in den Basisgliedern der Folge, Heigenbrückener und Eckscher Sandstein, von zusammen 65 m auf rund 70 m weniger auffällig als im nachfolgenden Dickbank-Sandstein, wo sie von 90–95 auf 110 wesentlich stärker ist. Anscheinend treten somit im Unteren Buntsandstein schon dieselben Gesetzmäßigkeiten, wenn auch abgemildert, wie im Mittleren Buntsandstein auf, wo ja auch die Grobsandschüttung der Einzelfolgen nur geringe, die Wechselfolge aber häufig sehr starke Mächtigkeitsänderungen erfährt.

Im höheren Unteren Buntsandstein schließlich, in der Salmünster-Folge, kommen im Arbeitsgebiet noch einige Eigenheiten stärker zur Geltung. Im tieferen Teil dieser Folge, im Basis-Sandstein und in den Tonstein-Sandstein-Schichten des Tonlagen-Sandsteins, besteht Übereinstimmung mit dem südlichen Nachbargebiet. Die Mächtigkeiten sind gleich, und der Basis-Sandstein führt, wie zum Becken hin zu erwarten, keine Gerölle mehr, wie sie im Pfälzer Wald (DIEDERICH 1965, 1966, 1967) und im W-Spessart (WEINELT 1971) noch vorkommen. Mit den Sandstein-Tonstein-Schichten verändert sich jedoch dann das Bild. Die Mächtigkeitszunahme in der Salmünster-Folge um 15–20 m (65–68 m auf Bl. 5721 Gelnhausen, 80–85 m im Arbeitsgebiet) erfolgt wiederum im oberen Teil, in den Sandstein-Tonstein-Schichten und Grenzsichten des Tonlagen-Sandsteins. Außerdem machen sich durch das Auftreten zweier Geröllagen in den Sandstein-Tonstein-Schichten, einer an der Basis und einer etwa 15 m oberhalb, Randeinflüsse bemerkbar. Die schlechte Zurundung der Gerölle und ihr Fehlen im südlich anschließenden Gebiet weisen auf eine westliche Einschüttung von der Rheinischen Masse hin. Wahrscheinlich setzen damit bereits erste paläogeographische Veränderungen ein, die dann zu Beginn des Mittleren Buntsandsteins eine völlig veränderte Gesteinsausbildung verursachen.

6.2. Mittlerer Buntsandstein

Für Vergleiche mit den im Raum Büdingen erarbeiteten Profilen bietet sich das rd. 30 km in E- bis ENE-Richtung gelegene Bl. 5523 Neuhof an, von wo Mittlerer Buntsandstein in Bohr- und Geländeprofilen ausführlich beschrieben wurde (LAEMMLEN 1970). Da der Arbeitsbereich das nördlichste Buntsandsteinvorkommen am südwestlichen Vogelsberg ist, kann auch der Sprung zum rd. 50 km entfernten Raum Marburg-Kirchhain nordwestlich des Vogelsberges versucht werden.

Der Mittlere Buntsandstein ohne Solling-Folge erreicht in dem Bohrprofil bei Hirzenhain knapp 213 m. Davon entfallen rd. 90 m auf die Volpriehausen-Folge.

Bei Neuhof ist die Mächtigkeit mit 105—110 m deutlich höher; Volpriehausener Sandstein mit mindestens 35 m (gegenüber 24,50 m) und Wechselfolge mit mindestens 80 m (gegenüber 70,40 m) nehmen dabei jeweils um rd. 10 m nach E zu. Die Geröllgröße in der basalen Grobschüttung nimmt hingegen von maximal 30 mm auf maximal 10 mm in gleicher Richtung ab. Beide Gesetzmäßigkeiten entsprechen der Annahme einer Schüttung von W bis SW.

Die Häufigkeit von Tongallen bzw. Tonsteinfetzen ist in beiden Gebieten gleich. Die auf Bl. Neuhof durchgeführte Gliederung der Wechselfolge mit drei Grobsandsteinhorizonten läßt sich dagegen in den stärker sandigen Schichtfolgen am SW-Rand des Vogelsberges nicht sicher durchführen. Insbesondere weicht die in der KB 74 festgestellte Ausbildung der obersten 19 Meter ab, mit ihrem Wechsel von kieselig-hartem grobkornführenden Mittelsandstein und bis 30 cm mächtigen pelitischen Lagen.

Ein Vergleich mit der von GRAUL (1967) für den Raum Kirchhain gegebenen Beschreibung ist schwierig, weil sich bis dorthin offenbar wesentliche Faziesänderungen auswirken. Die dort insgesamt über 70 m mächtige Folge wird von einem nur 15 m starken Sandstein mit einer maximalen Korngröße von 2,5 mm eingeleitet (während im Feinsandstein des höchsten so gut gerundete Gerölle bis 8 mm „perlschnurartig eingebettet sind“). Auch die Wechselfolge ist wesentlich feiner in der Körnung als bei Hirzenhain, und bei mehr als 40 m über dem Volpriehausener Sandstein setzt das 15 m mächtige *Hauptavicularalager* ein: mittelkörnige quarzitisches Sandsteine mit tonigen Zwischenmitteln führen horizontweise in großer Anzahl Aviculiden.

Die Detfurth-Folge mit etwa 56—61 m wie die Hardeggen-Folge mit rd. 62 m sind im Arbeitsgebiet deutlich mächtiger als die entsprechenden Schichten auf Bl. Neuhof mit 50 und 45 m. Dieser Umkehrung der Mächtigkeitsverhältnisse gegenüber der Volpriehausen-Folge entspricht ein Wechsel im Korngrößenverhältnis. LAEMMLEN (1970) beschreibt Anreicherungen von Quarzgeröllen bis 6 mm \varnothing ⁸ in der Unterbank des Detfurther Sandsteins, während im Arbeitsbereich nur in einer Bohrung Korngrößen bis 3 mm in den Zwischenschichten zu beobachten waren. Erstaunlich gut läßt sich die Dreiteilung des Detfurther Sandsteins nach E verfolgen, aber auch nach N, wo GRAUL (1970) in der Frankenberger Bucht den Sandstein in 7—8,5 m Unterbank, 1,5 m Zwischenschichten und 2 m Oberbank gliedert. Auch die Detfurther Wechselfolge ist im E deutlich gröber im Korn.

Ähnlich fällt der Vergleich im Hardeggen Sandstein aus, wo häufigen Geröllen bis 5 mm \varnothing bei Neuhof bei Hirzenhain solche von 2 mm maximaler Korngröße gegenüberstehen.

Die von DIEDERICH & LAEMMLEN (1969) für die südhessische Hardeggen-Folge durchgeführte Gliederung in 4 Abfolgen läßt sich in den Bohrungen KB 74 und KB 71 nur z. T. erkennen. Die Basis der Abfolge 1 (12,8 m) ist in beiden Bohrungen mit der Basis des Hardeggen Sandstein gegeben; auch die Abfolge 2 (21,0 m) setzt in der KB 74 mit der Oberbank des Sandsteins über z. T. schluffig-feinkörnigen Zwischenschichten ein. In der KB 71 sind die Untergrenzen der Abfolgen 2 und 3 infolge der

⁸ Auch von Bl. 5124 Bad Hersfeld beschreibt LAEMMLEN (1967) einzelne Gerölle bis 5 mm aus der Unterbank des Rhön-Sandsteins (= Detfurther Sandstein).

feineren Ausbildung nicht sicher zu ziehen; auch in der KB 74 ist die Basis der Abfolge 3 (10,4 m) mit mittelkörnigem Sandstein über einigen dünnen Schluff-/Tonstein- und Feinsandsteinlagen wenig markant. Deutlicher hebt sich in beiden Bohrungen die Abfolge 4 (eigentlicher Felssandstein: 17,6 und 15,0 m) heraus; sie wird mit karbonatlöchrigen Sandsteinlagen eingeleitet, über denen sich Sandsteinbänke mit gut gerundeten Grobkörnern einschalten.

Ein schematischer Vergleich mit den 4 Abfolgen der Hardeggen-Folge, die GRAUL (1970) aus dem Marburger Raum beschreibt, scheint wegen der dort wesentlich höheren Gesamtmächtigkeit mit 100 m gegenüber rd. 61 m im Arbeitsgebiet und der offenbar kräftigen Schüttung vom Schiefergebirge her, die sich u. a. in starker Geröllführung der dortigen 3. Abfolge bemerkbar macht, nicht angebracht. Berücksichtigt man den starken faziellen Unterschied zwischen den Bohrungen bei Hirzenhain und Büdingen (die südlichere bei Büdingen zeigt ein feineres Korn!), so deutet sich im Arbeitsgebiet für die Zeit der Detfurth- und Hardeggen-Folge eine gewisse Tiefenlage an, vielleicht in einer breiten „Rinne“ (Transportrinne?), was Mächtigkeiten und relativ kurzräumigen faziellen Wechsel erklären könnte. Für die Liefergebiete muß während der Detfurth-Folge vorwiegend eine Lage im SE und — zurücktretend — im SW, zur Zeit der Hardeggen-Folge dagegen vor allem im E und S angenommen werden.

Die Solling-Folge erreicht in der KB 71 25,60 m, zeigt einen ausgeprägten geröllführenden Horizont (2,75 m) an der Basis und enthält an der Obergrenze evtl. ein 1,6 oder nur 0,4 m mächtiges Äquivalent des Thüringischen Chirotheriensandsteins. Beim Vergleich mit dem Gebiet der Bl. 5622 Steinau, 5623 Schlüchtern (HICKETHIER 1971) und 5523 Neuhof (LAEMMLEN 1970) fällt vor allem das völlige Fehlen der im E ausgeprägten Unteren⁹ und Oberen Violetten Zone auf (DIEDERICH & HICKETHIER 1971).

Auch im Marburger Raum sind örtlich zwei violette Zonen festgestellt worden (GRAUL, HIEKE & RITZKOWSKI 1965, GRAUL 1967), wobei die obere durch eine Erosionsdiskordanz zwischen Bauerbacher Sandstein (= Solling-Folge) und Niederhessischem Chirotheriensandstein (= Thüringischer Chirotheriensandstein i. e. S.) vertreten werden kann. Die Mächtigkeit beträgt im Marburger Raum für den Solling-Sandstein 7–12 m, für den Chirotheriensandstein 2–5 m und liegt damit auch zusammen deutlich unter der Gesamtmächtigkeit von 25,60 m im Arbeitsgebiet. Auf den Bl. Steinau und Schlüchtern ergeben sich mit 24,1 und 26,20 m dagegen in der Mächtigkeit (immer einschl. Thüringischem Chirotheriensandstein) keine Änderungen. Bis zum Nordrand von Bl. Neuhof nimmt dann allerdings die Solling-Folge auf ca. 35 m zu (LAEMMLEN 1970). An Geröllhorizonten wurde nur ein unterer Geröllhorizont gegenüber einem unteren und einem oberen im Raum Steinau–Neuhof und im Raum Marburg–Kirchhain (GRAUL 1967) festgestellt. Über die Stärke der Geröllführung sind Aussagen aus den „Nadelstichen“ von Bohrungen kaum möglich,

⁹ Die Untere Violette Zone — soweit sie ausgebildet ist — bildet stratigraphisch den höchsten Teil der Hardeggener Wechselfolge; sie wird jedoch in sinngemäßem Zusammenhang in diesem Abschnitt mit besprochen; die Obere Violette Zone bildet eine bis über 1 m mächtige Grenzzone zwischen Solling-Sandstein und hangendem Thüringischen Chirotheriensandstein i. e. S.

jedoch scheint sie, wenn man berücksichtigt, daß auf Bl. Neuhof Gerölle bis 15 cm \varnothing im oberen Geröllhorizont auftreten, etwas weniger ausgeprägt zu sein. Im durchgehend mehr oder minder starken Auftreten von Einzelgeröllen läßt sich kein wesentlicher Unterschied erkennen.

Die Tatsache, daß jegliche Anzeichen der violetten Zonen fehlen, läßt wiederum auf Ablagerung in einem tieferen Bereich, vermutlich einer Rinne, schließen.

6.3. Oberer Buntsandstein

Die Sedimente des Röt sind durch 4,20 m Basiston (Röt 1) und den 26,20 m mächtigen Plattensandstein (Röt 2) in der KB 71 vertreten. Beide Schichten entsprechen in Ausbildung und Mächtigkeit weitgehend den aus dem Raum Schlüchtern-Neuhof gegebenen Beschreibungen. Lediglich ein Aufschluß auf Bl. Wenings (5621) sticht durch überwiegend sandige Ausbildung des Plattensandsteins ab (Manuskriptkartierung DIEDERICH 1970), und in KB 71 fehlt die quarzitische Ausbildung des obersten Plattensandsteins (Grenzquarzitzone).

Nach N ist kein echter Vergleich mehr möglich, da im Raum Kirchhain (GRAUL 1967) und in Bohrungen auf Bl. 5219 Amöneburg (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 24) Schluff- und Tonsteine in bis zu 75 m Restmächtigkeit angetroffen wurden, die nur einzelne sandige Lagen und Quarzitbänkchen führen. Zwar werden auch dort an der Basis grüngraue Ton-/Schluffsteine beschrieben, deren Mächtigkeit jedoch sehr wechselnd und mit bis über 20 m angegeben wird.

7. Profilbeschreibungen

Die folgenden Beschreibungen geben wesentliche Schichtabschnitte aus Bohraufnahmen (KB 71, 74, 50, 97, 65) wieder, so daß sich — bei teilweisen Überlappungen — ein fast zusammenhängendes Profil vom Oberen Buntsandstein (Plattensandstein) bis zur Grenze gegen den Zechstein ergibt (Abb. 2). Wegen unterschiedlicher Ausbildung werden für den Tonlagen-Sandstein der Salmünster-Folge zwei Bohrungen angeführt (74 und 50). Für den Übergangsbereich Salmünster-/Gelnhausen-Folge liegt, da er nur von einer in diesem Niveau gestörten Bohrung durchsunken wurde, kein Bohrprofil vor. Die Profile werden entsprechend der Aufeinanderfolge beim Bohren von oben nach unten, d.h. vom Oberen über den Mittleren zum Unteren Buntsandstein wiedergegeben.

Bohrung 71

Bezeichnung: B 162 der OVAG

Lage: Büdingen, Stadtteil Rinderbügen, R 35 13 22, H 55 75 14, ca. 215 m über NN

Zweck: Erkundungsbohrung, Zeit: Okt. 1973, Bohrverfahren: Seilkernbohrung

Bearbeiter: DIEDERICH, HICKETHIER

Die Bohrung durchteufte bis 5,85 m Lehm und Hangschutt des Quartärs und bis 81,10 m tertiäre Sedimente mit Basalt-, Tuff- und Tuffitlagen (Bearbeiter EHRENBERG)

81,10— 84,50 m Mittelsand, feinsandig, wenig Grobsand, hell- Tertiär
 grau, locker (Mittel- bis Grobkorn gut gerundet, Miozän
 Feinkorn eckig, keine Schluffanteile festzustellen)

- | | | |
|------------|---|--|
| — 85,25 m | Ton, schluffig, sandig, dunkelgrau und hellgrau, unten gelbbraun mit grauen Sandlagen und harten Geröllen (\varnothing 5 cm) von hellgrauem Tertiärquarzit; in dunkelgrauen Tonlagen etwas organ. Reste; bei 84,95 m fragliche tuffitische Lage | Tertiär
Miozän |
| — 89,00 m | Sand wie bis 84,50 m | „ |
| — 91,00 m | Schluffstein-Tonstein, sandig, stark verwittert, bis 89,80 m gelbbraun und grüngrau, darunter grüngrau und rotbraun, unregelmäßig fleckig, auch hellgrau; wohl umgelagerte Gesteine des oberen Buntsandsteins | „ |
| — 92,60 m | Sand, wie bis 89,00 m | „ |
| — 93,00 m | Schluffstein-Tonstein, sandig, grüngrau und rotbraun, stark verwittert | Ob. Buntsandstein
Röt 3
(Unt. Röttone) |
| — 93,35 m | Feinsandstein, etwas mittelkörnig, große Glimmer auf Schichtflächen, rotbraun, z.T. grünstichig grau, angewittert | Röt 2
(Plattensandstein) |
| — 94,00 m | Tonstein-Schluffstein, rotbraun, angewittert | „ |
| — 94,70 m | Schluffstein, tonig, stark feinsandig, glimmerführend, rotbraun | „ |
| — 98,40 m | Feinsandstein, wenig mittelsandig, grau, untere 60 cm feingeschichtet, hellrotbraun mit dunkleren mm-starken schluffreichen Lagen; glimmerführend; wenig geklüftet, fest bis absandend; bei 96,25 m feinste Pyritkristalle auf Klufffläche | „ |
| — 98,60 m | Tonstein-Schluffstein, rotbraun | „ |
| — 99,40 m | 0,5 m Kernverlust, Rest: Feinsandstein, hellrotbraun mit grauen Lagen, glimmerreich, z.T. feingeschichtet, mit dünnen grüngrauen Tonsteinlagen | „ |
| — 100,20 m | Schluffstein-Tonstein, rotbraun, etwas Glimmerführend | „ |
| — 101,65 m | 1,25 m Kernverlust. Rest: Feinsandstein, violettstichig rotbraun, glimmerführend, und rotbrauner Tonstein-Schluffstein | „ |
| — 102,60 m | Schluffstein-Tonstein, z.T. wenig feinsandig, rotbraun | „ |
| — 105,50 m | Feinsandstein, schwach violettstichig rotbraun bis hellrotbraun, \varnothing überwiegend 0,1–0,2 mm, deutlich glimmerführend, z.T. eben- und feingeschichtet, mit schluffreichen Lagen, untere 3 cm schluff- und glimmerreich, graugrün | „ |
| — 106,50 m | 0,66 m Kernverlust. Rest: Feinsandstein, violettstichig rotbraun, glimmerführend, und feinsandiger Schluffstein | „ |
| — 110,10 m | Feinsandstein, z.T. schluffreich, rotbraun, \varnothing überwiegend 0,1–0,2 mm, mehrere 10–30 cm mächtige, z.T. etwas feinsandige Schluffsteinlagen, rotbraun; fest, z.T. etwas bröckeliges Bohrgut; wenige bis 10 cm lange Klüfte, um 90° einfallend, hellgraue Kluffflächen | „ |

- 115,40 m Schluffstein-Tonstein und Feinsandstein, rotbraun, meist in feinlagigem Wechsel (mm bis cm), z.T. flaserig-schlierig, mit Anzeichen subaquatischer Rutschungen, glimmerführend, einige dm-starke Partien überwiegend Schluff- bzw. Feinsandstein; fest, geringe Klüftung mit hellrotbraun bis grau verfärbten Klüftflächen
- 115,65 m Tonstein-Schluffstein, grüngrau und rotbraun, mit dünnen Lagen und Schlieren von hellrotbraunem Feinsandstein
- 115,80 m Schluffstein-Tonstein, rotbraun
- 116,00 m Feinsandstein, hellrotbraun, fest
- 116,50 m Schluffstein, stark feinsandig, bis Feinsandstein, stark schluffig, dunkelrotbraun, glimmerführend
- 119,20 m Feinsandstein, z.T. schluffig, rotbraun, untere 10 cm graugrün, \varnothing überwiegend 0,1–0,2 mm, etwas glimmerführend, fest, partienweise löchrig (meist 0,5–1 mm, selten 2 mm), keine Klüftung
- 121,35 m Tonstein-Schluffstein, violettstichig rotbraun und grüngrau im cm-Bereich wechselnd, feinschichtig, z.T. etwas Feinglimmer führend, partienweise mm-starke Feinsandsteinflaser
- 123,40 m 0,65 m Kernverlust. Rest: Tonstein-Schluffstein, graugrün, selten violettstichig rotbraun; beim Bohren etwas aufgeweicht
- 131,20 m Sandstein, mittelkörnig, etwas feinkörnig, bis 125,0 m grau, grünlich-grau und rostfleckig, darunter rotbraun bis schwach violettstichig rotbraun, vereinzelt eckige Gerölle bis 1 cm; partienweise graugrüne z.T. schluffreiche Flecken und Linsen im mm- bis cm-Bereich, häufig bei 125,0 bis 126,0 m; rotbraune Tonsteinfetzchen bei 129,10–129,20 m; partienweise stark löchrig, 1–5 mm, selten 1–2 cm, hier z.T. hellgrau; fest bis wenig absandend [Der graue, porig-löchrige Bereich bis 125,00 m, wahrscheinlicher nur bis 123,70 m entspricht evtl. dem Thüringischen Chirotheriensandstein i.e.S.]
- 133,60 m 1,20 m Kernverlust. Rest: Sandstein, mittelkörnig, etwas feinkörnig, rotbraun, mit ca. 10cm glimmerführender, etwas feinsandiger Schluffsteinlage; fest bis absandend
- 133,80 m Sandstein, mittelkörnig, etwas feinkörnig, rotbraun, mit einzelnen eckigen Geröllen bis 1 cm \varnothing ; fest bis absandend
- 134,00 m Sandstein, mittelkörnig, etwas feinkörnig, rotbraun
- 134,40 m Schluffstein-Tonstein, z.T. wenig feinsandig, rotbraun, glimmerführend, übergehend in Sandstein, mittel bis feinkörnig, schluffig, rotbraun, mürb; cm-starke Versetzungsbeträge am Übergang Schluffstein-Tonstein zu Sandstein
- 136,00 m 0,5 m Kernverlust. Rest: Sandstein, mittelkörnig, wenig grob und wenig feinkörnig, hellrotbraun; mürb; löchrige Partien

Röt 2
(Plattensandstein)

„

„

„

„

„

Röt 1
(Basiston)

„

Mittl. Buntsandst.
Solling-Folge

„

„

„

„

„

- 139,00 m Sandstein, mittelkörnig, etwas feinkörnig, vereinzelte mm-starke Lagen mit Körnern um 1 mm, rotbraun, unten 3 cm graugrün, vereinzelte Quarzgerölle bis 1 cm, häufiger bei 139,0 m; fest, etwas Schrägschichtung Solling-Folge
- 140,30 m Sandstein, mittelkörnig, z.T. grobkörnig, rotbraun bis hellrotbraun, zahlreiche eckige Einzelgerölle, meist 2–5 mm, selten bis 2 cm \varnothing , durchgehend etwas löchrig, und kleine rotbraune Tonsteinfetzen, geringe Schrägschichtung, fest bis absandend mürb „
- 141,15 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, rotbraun, im unteren Teil zahlreiche Lagen eckiger Mittel- bis Grobkörner, z.T. Glimmer auf Schichtflächen; fest; geringe Schrägschichtung „
- 144,40 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, z.T. etwas feinkörnig, hellrotbraun, zahlreiche eckige Einzelgerölle bis über 2 cm \varnothing , mehrere Parteien mit kleinen rotbraunen Tonsteinfetzen (bis 2 cm) in dünnen Lagen, hier meist etwas schräggeschichtet „
- 144,50 m Tonstein-Schluffstein, rotbraun „
- 145,00 m wie bis 144,40 m; stark löchrige Lagen, durchgehend etwas schräggeschichtet „
- 145,60 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, etwas schluffig, rotbraun und hellrotbraun, glimmerführend „
- 145,95 m Sandstein, mittelkörnig, z.T. etwas grobkörnig, hellrotbraun und grau (auch die Körner um 1 mm \varnothing , hier meist nicht gut gerundet), zahlreiche eckige Gerölle bis 1,5 cm, zahlreiche kleine rotbraune Tonsteinfetzen, z.T. löchrig, fest bis mürbe „
- 146,15 m Tonstein-Schluffstein, rotbraun „
- 146,25 m Sandstein wie bis 145,95 m „
- 147,60 m 0,60 m Kernverlust, Rest: Sandstein, mittelkörnig, etwas grobkörnig, rötlich hellgrau, zahlreiche Gerölle bis 3,5 cm (weißer Quarz, grüngraue und rote Quarzite), löchrig, fest bis mürbe, untergeordnet rotbraun „
- 149,00 m Sandstein, mittelkörnig, etwas grobkörnig, hellgrau, z.T. rötlich, mit zahlreichen Geröllen bis über 3 cm, immer einzeln eingestreut, keine erkennbare Schichtung, partienweise graugrüne Tonsteinfetzen bis 3 cm „
- 149,40 m Tonstein-Schluffstein, rotbraun, stark glimmerführend Hardeggener Wechselfolge
- 152,65 m Feinsandstein, z.T. mittelsandig, z.T. etwas schluffig, hellrotbraun, z.T. Glimmer auf Schichtflächen; feine Schluffsteinlagen und 5–20 cm mächtige rotbraune Tonstein-Schluffsteinpartien; etwas löchrig; bei 150,30 m zahlreiche rotbraune Tonsteinfetzen, wenig fest „
- 152,80 m Schluffstein-Tonstein, rotbraun, z.T. etwas feinsandig, feinglimmig, mit kleinen lockeren Feinsandlinsen (die beim Bohrvorgang leicht ausgespült werden) „

- 152,95 m Feinsandstein, etwas schluffig, hellrotbraun, Hardegseiner
etwas feinglimmrig, wenig fest Wechselfolge
- 153,50 m Schluffstein-Tonstein, etwas feinsandig, rot-
braun, feinglimmrig „

Die Bohrung 71 erreichte eine Endteufe von 338,30 m und durchhörte dabei Schichten des Mittleren Buntsandsteins bis in die Volpriehausener Wechselfolge.

Bohrung 74

Bezeichnung: B 85 der OVAG

Lage: Hirzenhain, R 350936, H 558381, 232,11 m über NN

Zweck: Erkundungsbohrung, Zeit: Dez. 1966—Febr. 1968, Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Bearbeiter: DIEDERICH, HICKETHIER, WIEGAND (Aufnahme Dr. SCHENK und H. GOOS für die OVAG, ohne Einstufung, lag vor)

Die Bohrung durchteufte bis 6,00 m Lehm und Hangschutt des Quartärs, bis 149,60 m basaltische Gesteine und Tuffe (Bearbeiter EHRENBURG), bis 168,15 m tertiäre Sedimente, Tuffe und Tuffite (Bearbeiter EHRENBURG, HICKETHIER)

- 168,15—168,25 m Mittel- bis Grobsand, weißgrau und grau, stark Tertiär, wohl mit
mit Brauneisenkrusten durchsetzt umgelagerten Teilen
der Solling-Folge
- 190,55 m Sand, mittel-, z.T. grobkörnig, schluffig (Kaolin), weißgrau, locker, partienweise etwas verbacken, einige Kernstücke mit festem Sandstein; Kernverluste: 172,00—176,50 m: 1,5 m/176,5—180,25 m: 0,75 m/180,25—190,55 m: 7,3 m
- 201,00 m Sand, mittel- bis grobkörnig, schluffig (Kaolin), weißgrau, mit einzelnen oder lagenw. angereicherten Geröllen (\varnothing 3—4 mm, selten bis über 1 cm); Schluff-Ton-Gehalt und Gerölle nach unten zunehmend, einige feste Kernstücke, z.T. kleinstückig, sonst locker bis verbacken; Kernverluste: 190,55—196,65 m: 3,15 m/196,65 bis 201,00 m: 1,5 m
- 204,60 m Sandstein, vorwiegend mittel- bis grobkörnig, Schluff- und Tonbeimengungen (Kaolin), weißgrau, zahlreiche Gerölle, selten bis über 1 cm \varnothing , Kernverlust: 1,8 m
- 207,00 m Sandstein, überwiegend mittelkörnig, weißgrau, fest, stark löcherig, partienweise lockeres Bohrgut, untere 2—3 cm rotfleckig, glimmerführend; 0,5 m Kernverlust
- 209,70 m Tonstein-Schluffstein, z.T. feinsandig, rotbraun, glimmerführend; 10—20 cm mächtige weißgraue fein- bis mittelkörnige Sandsteinlagen; Kernverluste: 207,00—209,00 m: 0,7 m/209,00 bis 212,70 m: 0,5 m Hardegseiner
Wechselfolge
- 212,50 m Sandstein, mittel- bis etwas grobkörnig (Grobkörner vorwiegend in Lagen angereichert), braungrau violettstichig; deutliche Korngrößenbänderung, schräggeschichtet, löcherig, hart; 211,9 bis 212,1 m feinsandige rotbraune Tonstein-Schluffsteinlage; 212,4—212,5 m weißgrauer bis blaßgrüngrauer schluffiger Fein- bis Mittelsandstein „

- | | | |
|-----------|---|--------------------------|
| -215,80 m | Sandstein, mittel- bis etwas grobkörnig, hellgraubraun bis rötlich, deutliche Korngrößenbänderung und Schrägschichtung, kieselig-hart; Grobkörner gut gerundet, mehrere 5–10 cm mächtige rotbraune, selten weißgraue schluffige Feinsandstein- bis feinsandige Tonstein-Schluffsteinlagen | Hardeggener Wechselfolge |
| -216,30 m | Schluffstein-Tonstein, feinsandig, rotbraun, glimmerführend | ,, |
| -216,60 m | Feinsandstein, schluffig, hellrotbraun, stark glimmerführend, feinlagig oder mit zahlreichen Tongallen, mürb | ,, |
| -221,10 m | Sandstein, vorw. mittelkörnig, im unteren Teil stark feinkörnig, hellgraubraun bis violettstichig, blaßrotbraun, einzelne Grobkornlagen, einige Tongallen, z.T. Schrägschichtung, fest, einige 5–10 cm mächtige rotbraune Schluffstein-Tonsteinlagen | ,, |
| -222,30 m | Fein- bis Mittelsandstein, meist schluffig und stark glimmerführend, hellrotbraun mit grauen Lagen, fest bis wenig fest, wenig Schrägschichtung, feinlagig, untere 30 cm stark schluffig | ,, |
| -224,60 m | Sandstein, überwiegend mittelkörnig, rotgrau bis hellgraubraun, hart, einzelne bis 50 cm mächtige stark schluffige glimmerführende Lagen und rotbraune Tonstein-Schluffsteinlagen; z.T. Korngrößenbänderung, einzelne karbonatlöchrige Lagen | ,, |
| -225,25 m | Schluffstein-Tonstein, rotbraun, glimmerführend, z.T. feinsandig; mit 15 cm mächtiger Feinsandsteinlage, weißgrau u. rotbraun | ,, |
| -227,70 m | Sandstein, vorwiegend mittelkörnig, hellgraubraun bis blaßrot, kieselig-hart, z.T. Korngrößenbänderung und Schrägschichtung, fein- und grobkörnige Lagen | ,, |
| -230,30 m | Feinsandstein, sehr schluffig, hellrot, violettstichig und weißgrau, und z.T. feinsandiger Schluffstein-Tonstein; insgesamt glimmerführend, bis 20cm mächtige weißgraue Sandsteinlagen | ,, |
| -235,00 m | Sandstein, vorwiegend mittelkörnig, graubraun und hellrot, kieselig-hart, Korngrößenbänderung, Schrägschichtung | ,, |
| -237,00 m | wie vor, mit einigen bis 5 cm starken hellrotbraunen Schluffstein-Tonsteinlagen und wenigen glimmerführenden Feinsandsteinpartien, violettstichig hellrot | ,, |
| -237,50 m | Breccie aus Sandstein, mittelkörnig, hellgrau bis graubraun bis hell- u. dunkelrotgrau, z.T. steilstehende Schichten, kleine Störung? | ,, |
| -239,20 m | Sandstein, mittelkörnig mit einigen dünnen grobkörnigen Lagen, hellgraubraun, Schrägschichtung und Korngrößenbänderung, größere Partien von mittelsandigem Feinsandstein, z.T. schluffig und glimmerreich, hellrotbraun, z.T. kleinstückiges Bohrgut | ,, |

– 239,60 m	Feinsandstein, mittelsandig, z.T. schluffig, hellrotbraun bis rotbraun, Tonbestege auf Schichtflächen mit starker Glimmerführung, in den unteren 5 cm Tongallen, an Oberkante 1,5 cm Kleinverwerfung (intrasedimentär ?)	Hardegseiner Wechselfolge
– 246,20 m	Sandstein, mittelkörnig bis etwas grobkörnig, weißgrau, blaßrot gefleckt, fest bis hart, einzelne cm-starke schluffige glimmerführende Feinsandsteinlagen, mürb, bei 245,70 m 3 cm Tonstein, rotbraun, z.T. Schrägschichtung und Korngrößenbänderung	„
– 246,85 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, mit dünnen mittel- bis grobkörnigen Sandsteinlagen	„
– 251,50 m	Sandstein, mittel- bis feinkörnig, hellrot und hellgrau, mit rotbraunen Schluffstein-Tonsteinlagen bis 10 cm, z.T. in feinlagigem Wechsel, auch flaserig-schlierige Schichtung, dünne Mittel- bis Grobkornlagen, z.T. etwas Schrägschichtung, untere 0,5 m Mittel- bis Feinsandstein, schwach grobkörnig, mit glimmerreichen Schluffsteinlagen	„
– 268,80 m	Sandstein, mittel- bis grobkörnig, hellrot bis hellrotbraun mit vielen hellgrauen bis braungrauen Lagen, im unteren Teil stark violettstichig, fest bis kieselig-hart, zahlreiche mürbe dünne Lagen und Linsen von gut gerundetem Grobkorn (\varnothing 1,0–1,5 mm, sehr selten bis 2 mm), einzelne rotbraune Tonsteinzwischenlagen (5 bis 10 cm), häufig Korngrößenbänderung, z.T. Schrägschichtung, partienweise Tongallen und etwas löcherig, 256,0–259,0 m mittel- bis feinkörnig, z.T. schluffig, mit z.T. flaserig-schlieriger Schichtung	Hardegseiner Sandstein
– 270,00 m	Fein- und Mittelsandstein, z.T. stark schluffig und glimmerführend, dunkel- und hellrotbraun, Grobkornlagen und Schluffsteinlinsen, wenig fest, einige kieselige harte Lagen	Detfurter Wechselfolge
– 270,20 m	Schluffstein, rotbraun, mit hellrotbraunem Feinsandstein	„
– 270,50 m	Feinsandstein, blaßviolettstichig hellrotbraun, glimmerführend, fest, lagenweise zahlreiche kleine rotbraune Tongallen	„
– 271,00 m	Schluffstein mit feinsandigen Lagen, rotbraun, glimmerführend	„
– 276,50 m	Feinsandstein, z.T. stark schluffig und glimmerführend, hellviolettstichig rotbraun, stark mittelkörnige, z.T. kieselige harte Partien, einige stark tongallenführende Lagen, mehrere löcherige Lagen, ein kleiner Teil stark schräggeschichtet	„
– 279,40 m	Sandstein, mittel- bis feinkörnig, violettstichig hellrotbraun, bis 20 cm mächtige tonige und feinsandige glimmerführende Schluffsteinlagen	„
– 283,00 m	Sandstein, mittelkörnig, hellviolettrot, meist kieselig-hart, einzelne Grobkornlagen (\varnothing bis 1 mm), z.T. glimmerführend, wenige rotbraune Schluffstein-Tonsteinlagen (ca. 5 cm mächtig)	„

- | | | |
|------------|---|------------------------------|
| – 284,70 m | Sandstein, fein- und mittelkörnig, hellviolettrot bis weißgrau, fest bis hart | Detfurther Wechselfolge |
| – 286,80 m | Sandstein, fein- und mittelkörnig, z. T. schluffig, violettstichig rot, hellgrau gebändert, wenig Glimmer, in bis cm-starken Lagen und einzeln eingestreut Mittel- und gut gerundetes Grobkorn (\varnothing 0,5–1 mm, selten bis 1,5 mm), einzelne Lagen mit schlierig-flaseriger Schichtung | „ |
| – 292,45 m | Sandstein, mittel- bis feinkörnig, hellrotbraun, partienweise grobsandiger Mittelsandstein mit zahlreichen Grobkornlagen (\varnothing meist um 1 mm, sehr selten bis 2 mm), fest bis hart, Grobkornlagen absandend mürb, kaum Schrägschichtung | „ |
| – 292,65 m | Schluffstein-Tonstein, rotbraun, glimmerführend, einzelne Sandfasern | „ |
| – 293,75 m | Mittelsandstein, feinsandig, hellrotbraun, mit zahlreichen eingestreuten und in Lagen angereicherten Grobkörnern und mit stark schluffigen glimmerführenden Lagen | „ |
| – 308,15 m | Sandstein, überwiegend mittelkörnig, mit einigen schluffigen, stark feinsandigen Partien und mit grobkörnigen Lagen und vielen mm- bis 3 cm starken Grobkornlagen (\varnothing um 1 mm, gut gerundet), hellrotbraun mit grauen Lagen, z. T. etwas violettstichig, fest bis absandend, kaum schrägschichtet, einige löcherige Lagen | Detfurther Sandstein |
| – 309,60 m | Feinsandstein, etwas mittelsandig, stark schluffig, violettstichig rot, z. T. blauviolett, glimmerführend, z. T. flaserig-schlierige Schichtung | „ |
| – 310,30 m | Mittelsandstein, grobkörnig, hellrotbraun und braungrau, schwach violettstichig, zahlreiche Grobkornlagen (\varnothing bis 3 mm), etwas schrägschichtet | „ |
| – 312,50 m | Mittelsandstein, etwas grobkornführend, mit schluffig-feinsandigen Lagen, rotbraun bis hellgraubraun, z. T. kieselig-hart | „ |
| – 314,00 m | Feinsandstein, meist schluffig und glimmerführend, z. T. mittelsandig, violettstichig rotbraun, fest, wenig Schrägschichtung, lagenweise zahlreiche kleine rotbraune Tongallen | „ |
| – 325,00 m | Sandstein, überwiegend mittelkörnig, mit grobkörnigen (\varnothing meist nur bis 1 mm) und schluffreichen feinkörnigen Partien, hellrotbraun, z. T. schwach violettstichig, und hellgrau (gebändert z. T.), glimmerführend, zahlreiche Lagen mit rotbraunen Tongallen und bis 5 cm großen Fetzen von Tonstein und feinkörnigem Sandstein, hier auch vielfach fein- bis groblöchrig | „ |
| – 343,95 m | Sandstein, mittelkörnig, z. T. stark feinkörnig, schluffig, glimmerführend, violettstichig, hellrotbraun mit grauen Lagen, und mehrere bis 30 cm starke rotbraune Schluffstein-Tonsteinlagen, cm-starke grobkörnige Lagen (ab 336,10 m seltener), fest, z. T. kieselig-hart, häufig schrägschichtet, mehrere stark löcherige Lagen, in den feinkörnigen | Volpriehausener Wechselfolge |

	gen Partien z.T. feinlagiger Wechsel von sandigem Schluffstein und schluffigem Sandstein; Kernverlust: 337,60—338,20 m	Volpriehausener Wechselfolge
—359,30 m	Sandstein, mittelkörnig, partienweise stark feinkörnig und z.T. schluffig, mit Glimmer (vor allem ab 349,60 m stärker feinkörnig), violettstichig hellrot mit grauen und braungrauen Lagen, einige bis 5 cm starke rotbraune Tonsteinlagen sowie einer von 349,40—349,60 m	„
—361,40 m	Kernverlust	
—374,90 m	Sandstein, fein- bis mittelkörnig, mit größeren feinkörnigen Partien, hellviolettstichigrot bis braungrau und grau in Bändern, z.T. lagenweise etwas schluffig (dunkelgebändert) und glimmerführend, selten etwas grobkörnig; einzelne bis 10 cm mächtige rotbraune Tonsteinlagen, lagen- und partienweise reich an Tongallen, Tonsteinetzen und schluffigen Feinsandsteinetzen (besonders 371,0—372,3 m), fest bis kieselig-hart, meist deutlich schräggeschichtet	„
—374,95 m	Tonstein, dunkelrotbraun, Glimmer auf Schichtflächen	„
—375,70 m	Sandstein, mittelkörnig, mit feinkörnigen glimmerführenden Partien, vereinzelt etwas grobkörnig, hellrotbraun, z.T. violettstichig und graubraun, meist kieselig-hart, einige kleine Tongallen	„
—376,00 m	Tonstein, dunkelrotbraun, stark feinglimmerig	„
—378,00 m	Sandstein, mittelkörnig, mit feinkörnigen glimmerführenden Partien, hellrotbraun mit hellgrauen Bändern, lagenw. kleine rotbraune Tongallen oder wechselnd große Tonsteinetzen, fest bis kieselig-hart, z.T. schräggeschichtet	„
—378,25 m	Tonstein, dunkelrotbraun, stark feinglimmerig	„
—392,20 m	Sandstein, mittelkörnig, mit überwiegend feinkörnigen, stark glimmerführenden Partien, hellrotbraun und violettstichig rot, grau gebändert, zahlreiche Lagen mit Tongallen und Tonsteinetzen bis 5 cm, lagenweise karbonatlöchrig, z.T. schräggeschichtet, fest bis kieselig-hart (vorwiegend die mittelkörnigen Partien)	„
—394,60 m	wie vor, bröckelig, kleinstückig bis lockerer schluffiger Sand (entfestigt?)	„
—395,40 m	Kernverlust	
—402,00 m	Sandstein, mittelkörnig, mit grob- und feinkörnigen Lagen, violettstichig rot mit grauen Lagen, 0,4 m sandiger Schluffstein-Tonstein, Kernverlust ca. 0,4 m	Volpriehausener Sandstein
—409,20 m	Sandstein, mittel- bis feinkörnig, zahlreiche Grobkornlagen und ausgeprägt linsige Grobkornanreicherungen (\varnothing bis 1,2 mm), rotbraun bis violettstichig rotbraun mit grauen Lagen, dünne schluffige und feinglimmerige Lagen, fest bis absandend mürb, geringe Schräggeschichtung	„

– 411,00 m	Sandstein, mittelkörnig, mit einigen grobkörnigen Lagen, hellrotbraun und grau, drei 10 bis 15 cm mächtige glimmerführende rotbraune Tonstein-Schluffsteinlagen, einzelne Tongallen, einzelne karbonatlöcherige Lagen, fest bis hart	Volpriehausener Sandstein
– 416,50 m	Sandstein, mittelkörnig, mit zahlreichen mittel- bis grobkörnigen Lagen, blaßviolettstichig rotbraun mit grauen Lagen, sehr viele rotbraune Tongallen und Tonsteinfetzen sowie bräunliche Feinsandsteinfetzen, partienweise angereichert, fest bis kieselig-hart, z.T. stark löcherig, wenig Schrägschichtung	„
– 418,05 m	Sandstein, fein- bis mittelkörnig, violettstichig, hellrot mit grauen Bändern, eine Lage großer rotbrauner Tongallen	„
– 418,80 m	Sandstein, mittelkörnig, z.T. etwas grobkörnig, violettstichig, hellrotbraun mit grauen Lagen, einige rotbraune Tongallen, fest bis hart, unscharf übergehend in	„
– 419,90 m	Sandstein, mittel- bis grobkörnig, rotbraun und graufleckig, zahlreiche Gerölle bis 1,5 cm, vereinzelt bis 3 cm, zahlreiche Fetzen von Tonstein und aufgearbeitetem feinkörnigem Sandstein	„
– 420,00 m	Tonstein, dunkelrotbraun	Unt. Buntsandstein Salmünster-Folge Tonlagen-Sandstein
– 420,45 m	Feinsand, schluffig, hellrotbraun, mit einigen dunkelrotbraunen Schluffstein-Tonsteinstücken (echtes Bohrgut ?)	„
– 429,90 m	Sandstein, mittelkörnig, mit mittel- bis feinkörnigen Partien, hellrotbraun, z.T. violettstichig mit grauen Lagen, mehrere Lagen mit bis 3 cm großen rotbraunen Tonsteinfetzen und Feinsandsteinfetzen, fest bis kieselig-hart, an der Basis auch schluffig, mürb, teils deutliche Schrägschichtung, teils horizontale Feinschichtung, bei 428,20–428,50 m schlierig, unregelmäßige steile Schrägschichtung; Reduktionsflecken sehr selten	„
– 430,65 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, mit zahlreichen schluffigen Feinsandsteinlagen	„
– 441,80 m	Sandstein, meist feinkörnig, mit mittelkörnigen Partien und reinen Mittelkornlagen, violettstichig, hellrotbraun mit grauen Lagen von mm- bis dm-Stärke; zahlreiche rotbraune Tonsteinfetzen bis 2 cm in einigen dünnen Lagen und einer 40 cm mächtigen Partie; einige 5–10 cm mächtige dunkelrotbraune Tonsteinlagen; fest bis hart, z.T. schräggeschichtet, einzelne Reduktionsflecken, Kern 434–435 m fehlt	„
– 444,60 m	Sandstein, überwiegend feinkörnig, z.T. schluffig oder mittelkörnig, violettstichig rotbraun, mürb, einige graue kieselig-harte mittelkörnige Partien mit Tongallen und einige bis dm-starke dunkelrotbraune Tonsteinlagen	„

—446,70 m	Sandstein, mittel- bis feinkörnig, grau mit hellrotbraunen Partien, mehrere tongallenreiche Lagen, etwas Schrägschichtung, kieselig-hart und fest	Tonlagen-Sandstein
—451,00 m	Feinsandstein, wenig mittelsandig, z.T. etwas schluffig, rotbraun, einzelne Lagen mit Tongallen, etwas löchrig, selten dünne Tonsteinlagen mit Glimmer, schluffige Lagen, mürb, sonst fest bis hart	„
—473,20 m	Feinsandstein, einzelne Lagen mit Korn- \varnothing bis 0,3, selten 0,4 mm, violettstichig hellrot bis hellrotbraun mit grauen Bändern, selten stark schluffig-tonig (dm-Stärke) oder Tonsteinlagen, bei 459,45 m nestartige Anhäufung von Reduktionsflecken und etwas löchrig	„
—476,70 m	Feinsandstein, etwas mittelsandig, violettstichig, hellrotbraun, mehrere deutlich schräggeschichtete graurötliche Partien mit zahlreichen Tongallen	„
—480,20 m	Feinsandstein, z.T. schluffig, violettstichig rot, mit einigen dunkelrotbraunen stark schluffigen, z.T. glimmerreichen Lagen	„
—480,70 m	Feinsandstein, schwach mittelsandig, graurot, zahlreiche Tongallen, stark löchrig, schräggeschichtet, hart	„
—482,00 m	Feinsandstein, hellviolettrot, mit dünnen schluff- und glimmerreichen Lagen, bei 481,50 m zahlreiche eckige Tonsteinfetzen	„
—482,70 m	Feinsandstein, z.T. etwas mittelsandig, rotbraun bis braungrau, mit zahlreichen Lagen eckiger Tonsteinfetzen, schräge Schichtung, fest bis hart	„
—486,00 m	Feinsandstein, einzelne Lagen etwas mittelsandig, hellviolettstichig rot, geringe Schrägschichtung, vereinzelt Tongallen, 484,40 bis 484,50 m glimmerführender dunkelrotbrauner Schluffstein/Tonstein mit feinstsandigen Lagen	„
—490,40 m	Sandstein, fein- bis mittelkörnig (\varnothing meist 0,2 bis 0,3 mm), hellrotbraun bis violettstichig hellrot, einzelne dünne graue Lagen, deutliche Schrägschichtung, mit zahlreichen kleinen dunkelrotbraunen Tonsteinfetzen, vereinzelt dünne rotbraune Tonsteinlagen, fest bis hart	„
—491,00 m	Feinsandstein, sehr schluffig, rotbraun, fest	„
—492,00 m	Feinsandstein, mit dünnen schluffreichen Lagen, dunkel-violettstichig rotbraun, große Glimmer auf Schichtflächen, feingeschichtet, geringe Schrägschichtung, obere 15 cm zahlreiche rotbraune Tonsteinfetzen	„
—495,80 m	Feinsandstein, partienweise mittelkörnig, dunkelviolettstichig rotbraun mit zahlreichen hellgrauen Partien, einzelne dünne rotbraune Tonsteinlagen, partienweise reich an rotbraunen Tonsteinfetzen, deutliche Schrägschichtung	„

- 496,50 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, unregelmäßig Basis-Sandstein
hellrot u. grau, stark von Klüften durchsetzt,
Störung Sandstein gegen feinsandigen Schluff-
stein angeschnitten (vermutlich Störungszone,
die sich bis 501,6 m bemerkbar macht)

Die Bohrung 74 wurde bei einer Endteufe von 744 m eingestellt und erschloß die Schichten des Unteren Buntsandsteins bis in den Unteren Bröckelschiefer.

Bohrung 50

Bezeichnung: Stollen KB 3/72

Lage: Ortenberg, Stadtteil Bergheim, R 35 05 70, H 55 79 41, 208,60 m über NN

Zweck: Baugrunderkundung, Zeit: 1972, Bohrverfahren: Kernbohrung

Bearbeiter: HOLTZ, HICKETHIER

0— 0,20 m	Mutterboden	Quartär
— 2,00 m	Feinsand, deutlich bis stark schluffig, stellenweise wenig tonig, z. T. steinig, mittelbraun bis mittelgrau-braun	„
— 2,40 m	Sand, schluffig, deutlich bis stark kiesig, mittelbraun	„
— 5,00 m	Sandstein, blaßviolettrot, blaßrotbraun, rotbraun, fein- bis mittelkörnig, einzelne Tonlagen, sehr mürbe bis entfestigt	Unt. Buntsandstein Salmünster-Folge Tonlagen-Sandstein
— 6,80 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1—0,2 mm, selten 0,3 mm), blaßviolettrot, mürbe bis sehr mürbe, bei 5,5 m Tongallen, rot	„
— 7,00 m	Feinsandstein (\varnothing bis 0,2 mm), blaßrosa bis grau, Tongallen	„
— 7,12 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun	„
— 7,70 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1—0,2 mm), blaßrotbraun bis mattviolett mit dünnen weißgrauen Lagen, kaum Glimmer, Feinschichtung, mürbe bis fest	„
— 8,50 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1—0,3 mm), blaßrot, hellgrau und braun bis rostfleckig, etwas Glimmer, z. T. porig, fest bis mürbe, zahlreiche Tongallen (mm- bis über cm-Größe) in Lagen	„
— 9,00 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1—0,2 mm), blaßviolettrot bis blaßrotbraun, graue Lagen, Feinschichtung, fest, nur gelegentlich löchrig	„
— 9,25 m	Feinsandstein, schluffig, rostbraun, mürb, etwas Glimmer	„
— 9,40 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, halbfest, feinstglimmerig	„
— 10,20 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1—0,2, selten 0,3 mm), violettstichig, rot mit grauen Lagen (bis 10 cm), stark mit Tongallen (bis 3 cm) durchsetzt und meist löchrig	„
— 10,40 m	Tonstein-Schluffstein mit dünnen Feinsandlagen, rotbraun	„
— 10,80 m	Feinsandstein, überwiegend schluffig, violettstichig rot und rotbraun, mürb	„
— 11,05 m	Tonstein-Schluffstein, einzelne feinsandige Lagen, rotbraun, halbfest, Glimmerlagen	„
— 12,60 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1—0,2, selten 0,3 mm), blaßrotbraun mit grauen Lagen, etwa 10% löchrige Lagen mit Tongallen, lagenweise mürbe, feingeschichtet, nur geringe Schrägschichtung	„

– 13,60 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,3 mm), blaßviolett mit zahlreichen grauen Lagen, lagenweise Tongallen, lagenweise löchrig; einzelne Gerölle bis 5 mm, z.T. schlecht gerundet, nur wenige Körner 1–2 mm \varnothing , Feinschichtung, selten Schrägschichtung	Tonlagen-Sandstein
– 16,00 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,2 mm), blaßviolett mit grauroten und hellgrauen Lagen, sehr fest, vereinzelt löchrige Lagen und im oberen Teil Tonsteineinschlüsse (5 cm und mehr), Feinschichtung, selten Schrägschichtung	„
– 16,10 m	Feinsandstein, etwas schluffig, mit Glimmerlagen, blaßviolettrot und blaßgrüngrau, feingeschichtet	„
– 17,40 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,3 mm), rötlichbraun bis grau, vereinzelt Grobkorn (1–2 mm), sehr selten Gerölle (3–4 mm), deutliche Schrägschichtung mit zahlreichen löchrigem Lagen	„
– 17,55 m	Feinsandstein, schluffig, blaßviolett, wenig fest	„
– 17,75 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,3 mm), grau und rötlichbraun, sehr wenig Grobkorn, etwas löchrig	„
– 17,80 m	Tonstein-Schluffsteinlage mit etwas Feinsand, rotbraun	„
– 17,95 m	Feinsandstein (0,1–0,2 mm), blaßviolettrot, schluffige Lagen, Tongallen, etwas schräggeschichtet	„
– 18,10 m	Tonstein-Schluffstein und schluffiger Feinsandstein, rotbraun	„
– 20,50 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,3 mm), violettrot bis braun, fest, einzelne Tongallenlagen und löchrige Lagen bis 10 cm Mächtigkeit, geringe Schrägschichtung	„
– 21,00 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,3 mm), braun bis rotbraun, sehr feinflöchrig die Schrägschichtung betonend	„
– 21,45 m	Feinsandstein (überwiegend \varnothing 0,1 mm), schluffig, blaßviolettrot, mit mm-starken Schluffsteinlagen	„
– 21,75 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,2 mm), braun bis graubraun, feinflöchrig	„
– 22,15 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,2 mm) mit schluffigen Lagen, blaßviolettrot, fest	„
– 22,40 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, feinsandig	„
– 22,80 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,2 mm), schluffige Lagen, blaßviolettrot und hellgrau	„
– 24,00 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,3 mm), blaßviolettrot mit grauen Lagen, fest, geringe Schrägschichtung, einige löchrige Lagen	„
– 24,40 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,2, selten 0,3 mm), braun und graubraun, sehr löchrig, Schrägschichtung	„
– 24,90 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,2 mm), violettrot und grau, zahlreiche rotbraune Tonstein-Schluffsteinlagen	„
– 27,55 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,3 mm), braun und graubraun, sehr fest, bei 27,35 m einzelnes eckiges Geröll (\varnothing 1 cm), wenig Tongallen, einzelne löchrige Lagen	„
– 28,20 m	Tonstein und sehr schluffiger Feinsandstein, ausgeprägte Fein- und Schrägschichtung, halbfest bis fest	„
– 28,50 m	Feinsandstein (\varnothing 0,1–0,2 mm), blaßviolettrot, fest	„
– 29,30 m	Feinsandstein und sehr schluffiger Feinsandstein im Wechsel, blaßviolettrot, und Tonstein-Schluffstein, rotbraun	„

		Tonlagen-Sandstein
— 31,95 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,3 mm), blaßviolettrot mit grauen Lagen, fest; mehrere Lagen mit Grobkorn und Geröllen bis 5 mm ∅; Gerölle meist schlecht gerundet, vereinzelt oder auch mehrere in Lagen anreichert, Grobkornhorizonte meist löchrig und mit Tongallen, z.T. starke Schrägschichtung, einzelne Lagen mit stark schluffigem Feinsandstein, dünne Tonsteinlagen mit Glimmer	
— 32,00 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun	„
— 32,20 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2 mm), stark schluffig, violettrote, sehr dünne Tonsteinlagen	„
— 32,80 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2, selten 0,3 mm), violettrot bis bräunlich, fest, selten Tongallen	„
— 33,40 m	Feinsandstein (vorwiegend ∅ 0,1 mm), lagenweise sehr schluffig, violettrot mit dünnen grauen Lagen, gelegentlich Glimmer auf Schichtflächen, ausgeprägte Fein- und Schrägschichtung	„
— 34,10 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2, auch 0,3 mm), rotbraun und braun, graue Lagen, sehr fest, wechselnd stark löchrig	„
— 36,40 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2 mm), z.T. schluffig, rotviolett mit dünnen grauen oder grünlichgrauen Lagen, fest, vereinzelt Tongallen, partienweise Schrägschichtung	„
— 38,00 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2, selten 0,3 mm), viele Lagen mit Tongallen (∅ bis 5 cm), löchrige Lagen, z.T. Schrägschichtung	„
— 38,90 m	Feinsandstein, z.T. stark schluffig, braunrot und violettrot, mürbe bis fest, z.T. ausgeprägte Schrägschichtung	„
— 39,00 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, mit Feinsandsteinschlieren und -lagen	„
— 42,60 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2 mm), blaßviolettrot und bräunlich, fest, einige löchrige Partien, z.T. ausgeprägte Schrägschichtung	„
— 43,00 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2 und 0,3 mm), z.T. schluffig, grau und rotviolett, z.T. stark löchrig, gelegentlich Glimmer, Tonsteinlagen	„
— 45,10 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2 mm), z.T. schluffig, violettrot mit dünnen grauen Lagen, feingeschichtet, z.T. ausgeprägte Schrägschichtung, lagenweise viel Glimmer auf Schichtflächen, 44,70—45,00 m etwas löchrig	„
— 45,45 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2 mm), schluffig, rotbraun und violettrot, fest bis mürbe, einige dünne rotbraune Tonsteinlagen	„
— 50,10 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2 mm, lagenweise auch 0,3 mm), violettrot, selten graue Lagen, fest, von 46,60—46,75 m sehr schluffig, ausgeprägte Fein- und Schrägschichtung, löchrige Lagen und Lagen mit Tongallen	„
— 50,90 m	Feinsandstein (∅ 0,1—0,2, selten 0,3 mm), violettrot und rotbraun, dünne Tonsteinlagen, fest, z.T. mürb, selten löchrig	„
— 51,00 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun	„
Endteufe		

Bohrung 97

Bezeichnung: B 163 der OVAG

Lage: Büdingen, R 351161, H 557351, ca. 195 m über NN

Zweck: Erkundungsbohrung, Zeit: Nov./Dez. 1973, Bohrverfahren: Seilkernbohrung

Bearbeiter: DIEDERICH, HICKETHIER, WIEGAND

Die Bohrung durchteufte bis 22,80 m Hangschutt des Quartärs, bis 34,00 m Mittleren Buntsandstein, bis 40,30 m eine Störungszone.

40,30—	42,00 m	1,00 m Kernverlust, Rest: Schluffstein-Tonstein mit Feinsandsteinlagen, rotbraun, z.T. stark mürbe	Unt. Buntsandstein Gelnhausen-Folge Dickbank-Sandstein
—	43,00 m	wie vor, nach unten stärker sandig	„
—	44,00 m	Feinsandstein, hellrotbraun, partienweise weißgrau	„
—	44,60 m	Schluffstein-Tonstein, rotbraun, mit einzelnen Feinsandsteineinschaltungen	„
—	46,00 m	0,80 m Kernverlust, Rest: Feinsandstein, blaßrötlichbraun, einzelne Reduktionsflecken, untergeordnet rotbrauner Schluffstein-Tonstein	„
—	48,00 m	1,00 m Kernverlust, Rest: Sandstein, feinkörnig, blaßrötlichbraun, schwach kieselig, mit Schluffstein-Tonsteineinschaltungen	„
—	49,00 m	0,30 m Kernverlust, Rest: Sandstein, feinkörnig, blaßviolettstichigrotbraun und rotbraun, in dünnen Lagen hellgrünlichgrau, Glimmer auf Schichtflächen, deutliche Schrägschichtung	„
—	54,20 m	Sandstein, feinkörnig, bräunlichrot, z. T. schwach kieselig, sonst tonig gebunden, z. T. feingeschichtet, schwach schräggeschichtet; sehr vereinzelt Ton- und Schluffstein, rotbraun, in bis zu 4 cm starken Lagen	„
—	56,00 m	0,30 m Kernverlust, Rest: Sandstein, feinkörnig, blaßbraun, lagenweise feinporig, häufig mit Brauneisen durchsetzt	„
—	56,40 m	Schluffstein-Tonstein, rotbraun	„
—	57,60 m	Sandstein, feinkörnig, blaßrotbraun, einzelne Entfärbungsflecken und dünne entfärbte Lagen, wenig schräggeschichtet	„
—	59,00 m	0,50 m Kernverlust, Rest: wie vor	„
—	61,00 m	0,60 m Kernverlust, Rest: Sandstein, feinkörnig, blaßrotbraun, z. T. etwas porig	„
—	62,50 m	0,40 m Kernverlust, Rest: Sandstein, feinkörnig, hellrotbraun, häufig Entfärbungsflecken, vereinzelt Ton- und Schluffsteineinschaltungen, wenig schräggeschichtet	„
—	64,90 m	Sandstein, feinkörnig, blaßrotbraun, überwiegend Schrägschichtung, vereinzelt Entfärbungsflecken, sehr vereinzelt Ton- und Schluffsteinzwischenlagen von 1 cm Stärke	„
—	67,00 m	1,00 m Kernverlust, Rest: Sandstein, feinkörnig, hellrötlichbraun, tonig-ferritisch, schwach ab-sandend, Tonstein-Schluffsteinlagen bis 10 cm	„

- | | | |
|------------|---|---------------------------|
| — 69,00 m | Feinsandstein, hellrötlichbraun, einzelne mm- bis cm-starke Lagen weißgrau, sehr geringe Schrägschichtung, einige bis 5 cm starke Toneinsteineinschaltungen | Dickbank-Sandstein |
| — 78,90 m | Sandstein, fein- bis mittelkörnig, hellrötlichbraun, lagenweise porig, durchgehend etwas schräggeschichtet | „ |
| — 79,00 m | Tonstein-Schluffstein, rotbraun | „ |
| — 81,00 m | Sandstein wie bis 78,90 m | „ |
| — 81,50 m | Sandstein wie vor, nur vereinzelt Mittelkorn, Bindemittel tonig, schluffig-tonige Einschaltung | „ |
| — 84,20 m | Sandstein, feinkörnig, etwas mittelkörnig, blaßrötlichbraun, Bindemittel tonig | „ |
| — 85,50 m | Sandstein, feinkörnig, blaßrötlichbraun, toniges Bindemittel, partienweise starker Schluffanteil | „ |
| — 87,00 m | Sandstein, feinkörnig, etwas mittelkörnig, blaßrötlichbraun, Bindemittel tonig | „ |
| — 88,50 m | Sandstein, feinkörnig, wenig mittelkörnig, blaßrötlichbraun, partienweise stärker schluffig, absandend, einzelne Tongallenlagen | „ |
| — 91,00 m | Sandstein, fein- bis mittelkörnig, blaßrötlichbraun, lagenweise porig, auf Klüften und in Poren Eisen-Mangan-Anreicherungen, einzelne größere Tongallen | „ |
| — 93,00 m | Sandstein, feinkörnig, blaßrötlichbraun, Bindemittel tonig, überwiegend ebenschichtig, einzelne Schluff- und Toneinsteineinschaltungen bis 3 cm Stärke, absandend | „ |
| — 95,00 m | Sandstein, feinkörnig, wenig mittelkörnig, blaßrotbraun, etwas kieselig | „ |
| — 106,00 m | Sandstein, fein-, z.T. etwas mittelkörnig, hellrötlichbraun, z.T. feingeschichtet, partienweise porig, Tongallenanreicherungen, einzelne Schluffstein-Tonsteinlagen bis 15 cm | „ |
| — 117,00 m | Sandstein, fein- und mittelkörnig, blaßbraun, z.T. rotstichig, z.T. bräunlichrot, lagenweise zahlreiche Entfärbungsflecke, z.T. verdichtet zu cm-starken entfärbten Lagen, wenig geschichtet bis massig, sehr vereinzelt Tonsteinlagen oder Tongallen | Eckscher Sandstein |
| — 121,50 m | Sandstein, mittel- und feinkörnig, hellbräunlichrot, schwach schräggeschichtet mit Feinschichtung | „ |
| — 144,60 m | Sandstein, fein- bis mittelkörnig, bräunlichrot, vereinzelt Entfärbungsflecken und mm-starke entfärbte Lagen, partienweise porig, vereinzelt Tongallen, schwach schräggeschichtet | „ |
| — 149,90 m | Sandstein, feinkörnig, wenig mittelkörnig, hellbräunlichrot mit graubraunen Partien, einzelne bis 15 cm mächtige rotbraune Tonsteinlagen | Heigenbrückener Sandstein |
| — 159,00 m | Sandstein, feinkörnig, wenig mittelkörnig, blaßbraunrot, einzelne Lagen etwas porig, vereinzelt dünne Tonsteinzwischenlagen von 1–2 cm Stärke, allgemein feingeschichtet, partienweise Entfärbungsflecken | „ |

– 166,00 m	Sandstein, feinkörnig, hellrötlichbraun, Entfärbungsflecken, deutlich feingeschichtet, Kluft- und Schichtflächen mit Eisen-Mangan-Anreicherungen, lang durchgehende Kerne lassen auf Dickbankigkeit schließen	Heigenbrückener Sandstein
– 175,90 m	Sandstein, feinkörnig, blaßbraunrot, lagenweise stärker tonig und im Wechsel mit Tonsteinlagen (bis 7 cm), rotbraun	„
– 182,80 m	Schluffstein, feinsandig, dunkelrotbraun mit bis 0,5 cm großen Entfärbungsflecken, flaserschichtig	Bröckelschiefer-Folge
– 183,30 m	Schluffstein, rotbraun, etwas sandig	„
– 183,50 m	Sandstein, feinkörnig, weißgrau	„
– 184,70 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, mit mehreren Feinsandsteineinschaltungen bis 7 cm Stärke	„
– 186,00 m	Schluffstein-Tonstein, wenig feinsandig	„
– 187,40 m	Feinsandstein, hellrötlichbraun und lagenweise hellgrau gebleicht, mit rotbraunen Schluffsteineinschaltungen, ab 186,70 m mit Grobkörnern und Quarzgeröllen bis 0,5 cm	„
– 188,30 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun	„
– 189,10 m	Feinsandstein, rotbraun, mit Lagen von mittelkörnigem Sandstein, hellgrau-hellbraun, und Schluffstein, rotbraun	„
– 196,20 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, nach unten vereinzelt hellgraue Lagen	„
– 197,00 m	Tonstein-Schluffstein, rotbraun, mit Lagen von Feinsandstein, rotbraun-hellgrau, letztere teilweise dolomitisch gebunden	„
– 197,50 m	Tonstein bis Schluffstein, rotbraun	„
– 198,05 m	Feinsandstein, rotbraun, lagenweise hellgrau-hellgrünlichgrau, schluffig bis leicht tonig	„
– 198,50 m	Tonstein, rotbraun, schluffig	„
– 199,35 m	Feinsandstein, rotbraun, lagenweise hellgrau, schluffig bis leicht tonig	„
– 199,60 m	Feinsandstein, hellgrau-hellbraun, lagenweise mit Mittel- bis Grobkorn und Feinkies (Quarz)	„
– 200,50 m	Tonstein-Schluffstein, dunkelrotbraun mit hellgrüngrauen Flecken	„

Endteufe

Bohrung 65

Bezeichnung: B 109 der OVAG

Lage: Ranstadt, R 350082, H 558032, 153,25 m über NN

Zweck: Erkundungsbohrung, Zeit: Nov. 1968—März 1969, Bohrverfahren: Rotationskernbohrung

Bearbeiter: HICKETHIER (Buntsandstein)

Die Bohrung durchteufte bis 4,20 m Lehm und Hangschutt des Quartärs, bis 9,40 m Schichten des Eckschen Sandsteins.

9,40—14,00 m	Feinsandstein, \varnothing 0,1—0,3 mm, hellrot bis rosa, fest, mehrere tongallenführende mürbe Lagen, hellgrau bis graurot, meist glimmerreich und deutlich schräggeschichtet	Unt. Buntsandstein Gelnhausen-Folge Eckscher Sandstein
--------------	---	--

- 14,80 m Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,2 mm, selten 0,3 bis 0,4 mm, hellrot bis graurot, fest, von oben nach unten zunehmend deutliche Schrägschichtung mit porigen bis löchrigen Lagen, die kleine Tongallen u. Glimmer führen Eckscher Sandstein
- 16,45 m Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,3 mm, hellrot bis rosa, 3 cm graue Lage, porig-löchrige Lage mit Tongallen, lagenw. schräggeschichtet, fest „
- 16,55 m Tonstein-Schluffstein, rotbraun
- 16,80 m Feinsandstein, \varnothing vorwiegend 0,1 mm, schluffreich, rot bis dunkelgraurot, wenig fest „
- 25,50 m Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,3 mm, hellrot bis rosa, mit einzelnen grauen Lagen, fest, häufig porige bis löchrige Lagen und Partien mit deutlicher Schrägschichtung, flache Tongallen um 1 cm, selten bis 3 cm; 22,7–23,0 m mürbe Partie mit glimmerreichen schluffigen Lagen; etwas geklüftet mit Einfallen um 45° „
- 26,00 m Sandstein, \varnothing 0,1–0,4 mm, grau bis hellrot, fest, stark schräggeschichtet, porig bis löchrig, Tongallen bis 4 cm; untere 10 cm feinkörnig, schluff- und glimmerreich, feingeschichtet „
- 26,25 m Tonstein-Schluffstein und mürber, schluffiger, glimmerführender Feinsandstein, rotbraun bis hellbraun, mit fester Feinsandsteinlage Heigenbrückener Sandstein
- 32,60 m Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,2, selten 0,3 mm, hellrot, nach unten graubraun und gelbbraun, fest bis hart, z.T. schräggeschichtet, porig-löchrige Partien, selten mürbe feinkörnig-schluffige Lagen; etwas geklüftet, Klufffläche um 80° einfallend „
- 44,00 m Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,2 mm, lagenw. bis 0,3 mm, hellgrau und hellrotgrau, fest bis hart, lagenw. etwas Schrägschichtung; einige mürbe schluffige glimmerführende Lagen und einige rotbraune Tonstein-Schluffsteinlagen „
- 48,00 m Feinsandstein, \varnothing überwiegend 0,1–0,2 mm, hellrot mit grauen Partien und feinen dunkelgrauroten Lagen, die den überwiegend feinlagigen Aufbau betonen, in dunkleren Lagen z.T. Glimmerführung; wenige rotbraune Tonstein-Schluffsteinlagen und tongallenführende Lagen, fest, wenig mürbe Partien, wenige senkrechte Klüfte „
- 54,00 m Sandstein, \varnothing 0,1–0,3 mm, selten 0,4 mm, hellrot und grau, lagen- und partienweise reich an kleinen Tongallen, einzelne cm-starke Tonstein-Schluffsteinlagen, z.T. etwas porig bis löchrig, fest, geringe Schrägschichtung, einige kurze Klüfte mit Fallwinkel um 80° „
- 56,65 m Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,2 mm, hellrot und grau bis graubraun, partienweise schluffig, glimmerreich, mürb, einige feinsandige Schluffstein-Tonsteinlagen „

- | | | |
|-----------|--|---------------------------|
| — 58,35 m | Feinsandstein, hellrot, violettstichig, graue Lagen, lagen- u. partienweise schluffreich und stark glimmerführend, meist gut ausgeprägte Feinschichtung, partienweise deutliche Schrägschichtung, graubraun, stark porig-löchrig, \varnothing bis 0,4 mm, fest bis hart | Heigenbrückener Sandstein |
| — 60,00 m | Schluffstein, feinsandig, wenig tonig, rotbraun, meist feinglimmerig, vereinzelt eingestreut Mittelsandkörner; partienweise unregelmäßig flaserig-schlierige Schichtung, einzelne Feinsandsteinbänkchen | Brückelschiefer-Folge |
| — 64,50 m | Feinsandstein, schluffig, und Schluffstein, feinsandig, meist in feinen etwas flaserigen Lagen wechselnd, hell- bis dunkelrotbraun, feinsandreiche Lagen, z.T. grau, feinglimmerig, einzelne Mittelsandkörner, cm-starke Tonstein-Schluffsteinlagen, dunkelrotbraun bis schokoladenfarben, einzelne Entfärbungshöfe, hellgrau, in dünnen Lagen und Fasern einzelne Quarzkörner bis 1 mm, selten bis 3 mm, meist gut gerundet, einzelne Trockenrisse, Eisenkrustenbildung bei 61,85 m | „ |
| — 65,00 m | Fein- bis Mittelsandstein, hellrotbraun, häufig Lagen und Fasern mit gut gerundeten Körnern 0,3—0,5 mm | „ |
| — 65,70 m | Feinsandstein, \varnothing überwiegend 0,1 mm, hellrotbraun, zahlreiche 1—3 mm starke rotbraune Schluffstein-Tonsteinlagen | „ |
| — 67,75 m | Feinsandstein, \varnothing überwiegend 0,1—0,2 mm, hellrotbraun, braun und grau, zahlreiche sehr dünne schluff- und glimmerreiche Lagen, einzelne Mittel- bis Grobkörner, zahlreiche 1—3-cm-starke Lagen und Linsen mit Geröllen, meist 4 mm \varnothing , selten bis 8 mm, schlecht bis kantengerundet; dünne Eisenschwarte als Abschluß gegen das Liegende | „ |
| — 70,60 m | Schluffstein, wechselnd stark feinsandig, dunkelrotbraun, halbfest bis fest, vereinzelt Quarzkörner 0,3—0,5 mm \varnothing | „ |
| — 70,70 m | wie vor, mit mehreren z.T. in Linsen angereicherten Körnern von 0,5—2 mm \varnothing und 1—2 cm mächtigen grauen mittelkörnigen Sandfasern | „ |
| — 71,50 m | Schluffstein, feinsandig, feinglimmerig, dunkelrotbraun, vereinzelt Mittel- bis Grobsandkörner | „ |
| — 72,00 m | wie vor, mit mehreren grauen und gelben Feinsandlagen und -fasern; vereinzelt Grobkörner bis 2 mm \varnothing | „ |
| — 72,25 m | Feinsandstein, schluffig, hellbraun, mürbe, mehrere Grobkörner bis 2 mm \varnothing eingestreut, eine dünne Grobkornlage | „ |
| — 74,80 m | Schluffstein, feinsandig, dunkelrotbraun, Feinglimmer, partienweise Übergang in schluffigen Feinsandstein, vereinzelt Grobkörner, stellenweise löchrig | „ |
| — 75,50 m | Kernverlust | |

- 76,90 m Schluffstein, wenig feinsandig, feinglimmerig, Bröckelschiefer-
dunkelrotbraun, vereinzelt Grobkörner, einige Folge
löchrige Lagen
- 77,50 m Feinsandstein, sehr schluffig, hellbraun, wenig „
fest, vereinzelt Grobsandkörner und Gerölle bis
3 mm \varnothing
- 79,40 m Schluffstein, tonig, wenig feinsandig, dunkelrot- „
braun bis schokoladenfarben, Feinglimmer, fest
- 83,25 m Schluffstein, tonig, wenig feinsandig, dunkelrot- „
braun bis schokoladenfarben, Feinglimmer, ver-
einzelt Mittelsandkörner, feinsandreiche Lagen
und Flasern, häufige Karbonatführung, lagen-
weise Anreicherung von gelben Karbonatknollen,
grüngraue Entfärbung in dünnen Lagen entlang
kurzen Klüften und in kleinen Punkten
- 83,90 m Schluffstein, tonig, wenig feinsandig, dunkelrot- „
braun bis schokoladenfarben, Feinglimmer, ge-
ringer Karbonatgehalt entlang kurzen flachen
Klüften, fest
- 84,40 m Schluffstein, sehr feinsandig, bis Feinsandstein, „
schluffig in Lagen und Flasern, fest
- 86,35 m Schluffstein, wenig feinsandig, rotbraun bis scho- „
koladenfarben, Feinglimmer, ziemlich fest, etwas
Karbonat in grüngrauen Bestegen kurzer Klüfte
mit unterschiedlichem Einfallen; untere 30 cm
stark feinsandig mit bräunlichen Feinsandfasern,
karbonatisch
- 86,40 m Feinsandstein, hellgrau, mm-starke rotbraune „
Lagen, flaseriger Aufbau, karbonatisch, fest
- 86,65 m Tonstein-Schluffstein, hellgrüngrau, feinlagig, „
ohne Karbonat
- 88,80 m Kalkstein und feinsandiger Mergelkalk, hellgrau „
bis graublau, z.T. zellig, mit Toneinlagerungen,
hart, einige karbonatfreie hellgrüngraue Ton-
steinlagen
- 89,20 m Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,3 mm, hellgrau, stark „
karbonatisch
- 89,70 m Mergel, dolomitisch, hellgrün bis blaugrau, par- „
tienweise violettstichig
- 99,50 m Schluffstein-Tonstein, dunkelbraunrot, Karbonat „
in unregelmäßigen Flasern und Knauern bis 3 cm
(z.T. zellig gelöst) sowie als feine Lagen in der
Schichtung oder als Bestege kleiner Klüfte, einige
bis 5 cm mächtige grüngraue Mergel einschaltun-
gen
- 100,85 m Breccie (Intrusionsbreccie) bis ca. 100,40 m, „
überwiegend aus braunroten Bröckelschiefer-
stückchen, im unteren Teil bunt mit über-
wiegendem Anteil grüngrauer bis blaugrauer Ton-
steine und Kalkmergel, Teilstücke sehr un-
terschiedlicher Größe (mm bis 6 cm), besonders im
unteren Teil stark durch Karbonat verfestigt
- 104,40 m Basalt, sehr porphyrisch, grau bis dunkelgrau, em- Tertiär
große Einsprenglinge (meist Augit), z.T. kalk- (Basaltgang)
haltig, im unteren Teil mürb, bröckelig

– 104,70 m	Breccie (Intrusionsbreccie), Stücke von Kalkstein und Basalt, mittelgrau, in weißgrauer karbonatischer Matrix	
– 104,80 m	Kalkstein, hellgrau	Bröckelschiefer-Folge
– 105,00 m	Tonstein, karbonatisch, fest, hellgrau	„
– 114,10 m	Schluffstein, tonig, rotbraun bis dunkelrotbraun, im oberen Teil etwas feinsandig und feinglimmerig, teils feingeschichtet, teils faserig-schlierig, Karbonat in gelben Flasern	„
– 114,70 m	Schluffstein, tonig, dunkelrotbraun, mit zelliger Kalksteinlage (5 cm) und cm-starken grüngrauen Mergellagen	„
– 115,50 m	Feinsandstein, \varnothing 0,1–0,2 mm, schluffig, schmutzig graubraun, karbonatisch, feinlagig und faserig, mit nach unten zunehmender Einschaltung von rotbraunen Schluffstein-Tonsteinlagen (bis 8 cm)	„
– 116,50 m	Schluffstein-Tonstein, rotbraun mit grüngrauen Lagen, in den unteren 20 cm zahlreiche unregelmäßige Kurzklüfte, die mit Karbonat verheilt sind	Zechstein
– 117,00 m	Breccie (Intrusionsbreccie) aus z.T. mergeligem grüngrauem Ton- und Schluffstein	
– 117,80 m	Basalt, zersetzt, karbonathaltig, wenig fest, hellgrau, hellgrünfleckig	Tertiär (Basaltgang)
– 117,85 m	Breccie aus grüngrauem und rotbraunem Tonstein-Schluffstein, karbonatisch verfestigt	
– 118,55 m	Schluffstein-Tonstein, rotbraun, feinglimmerig, Karbonat in gelbbraunen Lagen und Klufftüllungen; grüngraue Entfärbung entlang von kurzen Klüften mit unregelmäßigem Einfallen	Zechstein
– 118,85 m	Kalkmergel bis Mergelkalk, mittelgrau, splittrig hart, starke Kleinklüftung	„
– 118,95 m	Kalkstein, grau, hart	„

Die Bohrung erreichte eine Endteufe von 241,30 m und durchörterte Schichten des Zechsteins bis 230,30 m (Bearbeiter PRÜFERT) und des Rotliegenden bis 241,30 m (Bearbeiter KOWALCZYK) mit mehreren Vulkanitgängen (Bearbeiter EHRENBERG).

8. Zusammenfassung

Die Schichtenfolge des Unteren Buntsandsteins im Arbeitsgebiet am SW-Rand des Vogelsberges zeigt ein allmähliches Ausklingen des südlichen Faziesbereiches mit seinen grobklastischen randlichen Einschüttungen vom Hauptliefergebiet im SW und besitzt bereits deutliche Anklänge an die nördlich anschließende beckennähere Fazies. Der untere Teil der Bröckelschiefer-Folge ist bei sonst ähnlicher lithologischer Ausbildung wie im obersten Zechstein doch meist durch eine linsenförmige Sand-schüttung vom Aller-Zyklus des Zechsteins abzugrenzen. In der Gelnhausen-Folge ist bis auf eine Mächtigkeitzunahme im Dickbank-Sandstein, die eine stärkere Senkungstendenz des Vorlandes im Vergleich zur Spessartschwelle andeutet, keine Besonderheit zu verzeichnen. Die Salmünster-Folge besitzt ebenfalls größere Sedimentmächtigkeiten als im südlichen Nachbargebiet, außerdem aber weisen zwei

Geröllagen in den Sandstein-Tonsteinschichten des Tonlagen-Sandsteins auf randliche Einflüsse von der Rheinischen Masse hin. Für die stratigraphische Gliederung von Bohrprofilen dürften die neuentdeckten Geröllhorizonte von Wert sein.

Im Mittleren Buntsandstein werden bei Vergleichen mit den Gebieten Neuhof-Schlüchtern und Marburg-Kirchhain zwar Änderungen in der Mächtigkeit deutlich, jedoch lassen sich bis auf eine Feingliederung der Volpriehausener und Hardegseiner Wechselfolge alle wichtigen Schichtglieder ebenfalls ausscheiden. Mächtigkeiten, geringe Unterschiede in der Korngröße und das Fehlen der Unteren und Oberen Violetten Zone am Dach der Hardegse- und der Solling-Folge deuten auf die paläogeographische Position des Arbeitsgebietes in einer Tiefenrinne während des Mittleren Buntsandsteins hin.

Für den Oberen Buntsandstein sind wegen Fehlens eines vollständigen Profils keine großräumigen Vergleiche möglich. Das Röt 1 liegt als Grauer Basiston und das Röt 2 in Plattensandsteinfazies vor. Wahrscheinlich sind zwei graue bis grüne Sandsteinlagen am Dach des Röt 2 als Äquivalent des Grenzquarzits anzusehen.

9. Schriftenverzeichnis

- DIEDERICH, G. (1965): Stratigraphie des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 141 bis 146, 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1966): Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandstein norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 132–157, 2 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- (1967): Zur Stratigraphie des Unteren Buntsandstein im deutschen Buntsandsteinbecken. — Z. deutsch. geol. Ges., **116**: 875–890, 2 Tab.; Hannover.
- (1970): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in der südlichen Randfazies. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 81–92, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- & HICKETHIER, H. (1971): Obere und Untere Violette Zone im Nordspessart. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 193–199; Wiesbaden.
- & LAEMMLEN, M. (1964): Das obere Biebental im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **48**, 34 S., 2 Abb., 4 Taf., 1 Kte.; Wiesbaden
- (1969): Buntsandsteingliederung in Bayern und Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. **97**: 195–205, 1 Abb.; Wiesbaden.
- GRAUL, H. (1967): Zur Stratigraphie des höheren Buntsandsteins bei Kirchhain am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — *Geologica et Palaeontologica*, **1**: 49–56, 3 Abb., 1 Tab.; Marburg.
- (1970): Stratigraphie und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mittleren Buntsandstein am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 93–111, 8 Abb.; Wiesbaden.
- HIEKE, W. & RITZKOWSKI, S. (1965): Der „Niederhessische Chirotherien-Sandstein“ im Westteil der Hessischen Senke und die sog. „Rötellezone“ bei Marburg/Lahn (Buntsandstein, nördliches Hessen). — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **1965**: 321–333, 7 Abb.; Stuttgart.
- HEIL, R. (1972): Geologische und petrographische Untersuchungen in der Umgebung von Dudenrod (Krs. Büdingen) auf Bl. 5620 Ortenberg SE. — Unveröff. Dipl.-Arbeit; Frankfurt a.M.
- HICKETHIER, H. (1971): B. 1. Buntsandstein. — Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl.: 30–54, Abb. 6–10; Wiesbaden.

- HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1964): Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **47**, 37 S., 2 Taf.; Wiesbaden.
- LÄMMLER, M. (1967): B. 1. Buntsandstein. — Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5124 Bad Hersfeld, 2. Aufl.: 39–79, Abb. 2–3; Wiesbaden.
- (1970): B. 1. Buntsandstein. — Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5523 Neuhoof, 2. Aufl.: 31–71, Abb. 3–9; Wiesbaden.
- PRÜFFERT, J. (1969): Der Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau. Seine Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie. — Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **16**: 1–176, 15 Abb., 4 Tab., 3 Taf., Profilanh.; Bonn (Wilhelm Stollfuss).
- SCHUSTER, M. (1934): Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandsteins; II. Der Obere Buntsandstein oder das Röt; b: Das Untere Röt oder die Stufe des Platten-sandsteins. — Abh. geol. Landes-Unters. bayer. Oberbergamt, **15**: 1–64, 10 Abb., 4 Taf.; München.
- WEINELT, W. (1971): 3.4.1 Unterer Buntsandstein. — Erl. geol. Kte. Bayern 1 : 25 000, Bl. 6020 Aschaffenburg, 2. Aufl.: 90–106, Abb. 11–12; München.

Manuskript eingegangen am 10. 10. 1974

Geologische und hydrogeologische Auswertung von Brunnenbohrungen im Gebiet des Amöneburger Beckens und der östlich anschließenden Hochschollen bei den Städten Allendorf und Kirtorf (Mittelhessen)

Von

BERNWARD HÖLTING*

Mit 6 Abbildungen und 2 Tabellen

Kurzfassung: Die Ergebnisse von Brunnenbohrungen im Amöneburger Becken und im östlich anschließenden Gebiet (Mittelhessen) werden stratigraphisch, tektonisch und hydrogeologisch ausgewertet. Die Bohrungen wurden in Schichten des Buntsandsteins, sedimentären Tertiärs und örtlich mächtigen Quartärs niedergebracht. Tektonisch sind prätertiäre und jungtertiär bis quartäre orogene Phasen zu unterscheiden; die Differenzierung wird durch Verfolg der Melanionton-Basis ermöglicht. Hydrogeologisch ergibt sich eine verhältnismäßig schlechte Durchlässigkeit des Buntsandsteins im Randgebiet des Vogelsberges. Das erschlossene Buntsandstein-Wasser weicht örtlich von dem in diesen Schichten sonst üblichen Typ ab, da es härter und reduziert (sauerstoffarm) ist. Die Ursachen dafür werden diskutiert, wobei auch eine mikrobielle Reduktion im Bereich aufsteigender (biogener oder magmatogener) Kohlenwasserstoff-Gase (z.B. Methan) erwogen wird. Am wahrscheinlichsten ist die Sauerstoff-Zehrung beim Durchsickern von Wasser durch braunkohlenhaltige Tertiärschichten.

Abstract: Results of well borings in the region of Amöneburger Becken and its eastern border (Middle of Hesse) are discussed. The borings were sunk down into successions of Bunter, Tertiary and Quaternary. Concerning the tectonic situation, it can be differentiated between orogenic movements in pretertiary periods and youngtertiary to quaternary periods. The older one of the orogenic movements could be recognized by the alterations of the base of Melanionton. A hydrological result is the relatively small permeability of sandstones of Bunter in the border region of the Vogelsberg-mountains. Concerning hydrochemistry, a type was found, which is not typical for aquifers of Bunter. The groundwater locally is harder and reduced (nearly free of oxygen). The causes are discussed, including a consumption of oxygen by ascending (magmatic or biogenic) hydrogencarbonic gases, for example methane. However, the most probable cause is consumption of oxygen in the groundwater while passing tertiary beds, containing carbonic matter.

* Dr. B. HÖLTING, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 6200 Wiesbaden, Leberberg 9.

Inhalt

1. Einleitung	230
2. Stratigraphische Ergebnisse der Bohrungen	230
2.1. Buntsandstein	230
2.2. Jüngerer Mesozoikum	233
2.3. Tertiär	233
2.4. Pleistozän und Holozän	235
3. Tektonische Ergebnisse der Bohrungen	236
3.1. Prätertiäres Basement	236
3.2. Tektonische Übersicht des untersuchten Gebietes	236
3.3. Zeitliche Abfolge der tektonischen Entwicklung	240
4. Hydrogeologische Ergebnisse der Bohrungen	243
4.1. Brunnenleistungen	243
4.2. Grundwasserbeschaffenheit	246
5. Schichtenverzeichnisse	250
6. Zusammenfassung	260
7. Schriftenverzeichnis	261

1. Einleitung

GRAMANN (1960: 99) beklagte sich über den Mangel an Bohrungen im nördlichen Vorland des Vogelsberges, die allein eine geologische Erarbeitung der tektonischen Verhältnisse, speziell einer Karte der Tertiärbasis ermöglichen könnten. Zahlreiche Bohrungen, die der Erkundung und Erschließung von Grundwasser dienten, wurden seitdem niedergebracht. Eine erste ausführlichere Übersicht der tektonischen Verhältnisse dieses Gebietes konnten HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964) u.a nach Bearbeitung von 12 Bohrungen geben. Später veröffentlichten GRAUL & HÖLTING (1968) 10 weitere Bohrprofile.

In den letzten Jahren wurden Bohrungen vor allem im SE-Teil des Amöneburger Beckens und in der weiteren Umgebung der Stadt Kirtorf niedergebracht. In dieser Gegend fehlte es bisher an geologischen Aufschlüssen, so daß die im Abschnitt 5 aufgeführten 8 Schichtenverzeichnisse eine bislang bestehende Lücke in der Kenntnis der geologischen Verhältnisse am N-Rand des Vogelsberges ausfüllen.

Für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Bohrprofile schuldet der Verf. Dank dem Wasserverband Mittelhessische Wasserwerke, Gießen, sowie den Städten Amöneburg (Krs. Marburg-Biedenkopf) und Kirtorf (Vogelsbergkreis).

2. Stratigraphische Ergebnisse der Bohrungen

2.1. Buntsandstein

2.1.1. Unterer Buntsandstein

Schichten des Unteren Buntsandsteins wurden in den Bohrungen VB 4a bei Obergleen (Bg.1)¹, VB 4c bei der Stadt Kirtorf (Bg. 3) und VB Kirtorf-Wahlen (Bg. 4) angetroffen. Es handelt sich um Wechselfolgen von feinkörnigen Sandsteinen und

¹ Die Bezeichnungen Bg.1 bis Bg.8 entsprechen der Numerierung der in Abschn.5 aufgeführten Bohrprofile; die Lagepunkte sind Abb.2 zu entnehmen.

reichlich Schluff- bis Ton-Steinen. Lediglich in Bg. 1 wurde im oberen Teil etwas gröbere Körnung angetroffen. Im Gegensatz zu den darüber lagernden Folgen des Mittleren Buntsandsteins sind die Schichten des Unteren Buntsandsteins in diesem Gebiet nicht durch Verwitterung entfärbt. Eine Gliederung, wie sie weiter nördlich KULICK (1966) und westlich ROTH (1966) durchführten, war auch nach Auswertung von geophysikalischen Bohrlochmessungen wegen zu geringer Profildifferenzierung kaum möglich. Die erbohrten Mächtigkeiten betragen 71–98 m, ohne jedoch die gesamte Folge durchsunken zu haben. Die von DIEDERICH (1966) entworfene Paläogeographie des Unteren Buntsandsteins, die für das Marburger Gebiet noch lückenhaft ist, konnte nicht vervollständigt werden.

KULICK (1966: 190) stellte in der Bg. Schiffelbach am S-Rand des Kellerwaldes für den Unteren Buntsandstein eine Gesamtmächtigkeit von 188 m, ROTH (1966: 178) bei Marburg eine solche von 105–115 m fest. Die von UDLUFT (1951: 6) ausgewerteten Bohrungen DEUTAG zwischen Stadt Allendorf und Nieder Klein sowie Retschenhäuser Hof bei Lehrbach (nach KÖBRICH 1926) lassen eine sichere Abgrenzung des Unteren Buntsandsteins in der von KULICK (1966) gegebenen Definition nicht zu. Nach UDLUFT (1951: 10) ist diese Folge (einschließlich des Bröckelschiefers) beim Retschenhäuser Hof 203 m mächtig.

2.1.2. Mittlerer Buntsandstein

Der Mittlere Buntsandstein dieses Gebietes (einschl. Solling-Folge) wurde von RITZKOWSKI (1965a), GRAUL (1967), GRAUL & HÖLTING (1968) und GRAUL (1970) bearbeitet. GRAUL (1967, 1970) parallelisierte die Profile des Mittleren Buntsandsteins südlich des Kellerwaldes mit denen Nordhessens.

Die Gliederung der Schichtfolgen des Mittleren Buntsandsteins ist vor allem im Gebiet der Stadt Kirtorf dadurch erschwert, daß die Sand-, z.T. auch die Schluffsteine durchweg infolge Verwitterung entfärbt sind. Diese Bleichung ist nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964: 21) hydrothermal durch azsendente Lösungen im Gefolge des tertiären Vulkanismus entstanden, eine Annahme, die inzwischen von HEINE (1970) bestätigt wurde. Von der Bleichung (und Kaolinisierung der Feldspäte) wurden nahezu allein die Schichtfolgen des Mittleren Buntsandsteins betroffen, vermutlich deshalb, weil die des Unteren Buntsandsteins stärker schluffig-tonig und damit schlecht durchlässig sind (Abschn. 4.1).

Die Gliederung des Mittleren Buntsandsteins mußte daher nur nach der Körnung der Sandsteine sowie nach der Verteilung der schluffig-tonigen Lagen und ohne Berücksichtigung der Färbung erfolgen. Trotzdem war ein Anschluß an die bereits früher bearbeiteten Profile im weiter nördlich gelegenen Gebiet (GRAUL & HÖLTING 1968) möglich, und es ergaben sich keine wesentlichen Abweichungen. Mit Ausnahme von Bg. 6 (Brunnen 28) bei Kirtorf-Lehrbach hat keine Bohrung eine Folge des Mittleren Buntsandsteins ganz durchsunken. In Bg. 6 wurde die Detfurth-Folge voll erfaßt. Da GRAUL & HÖLTING (1968: 122) mangels Bohrungen kein zusammenhängendes Profil der Detfurth-Folge erbringen konnten, wird durch dieses Ergebnis das Profil des Mittleren Buntsandsteins ergänzt.

Abweichend von den bei Kirchhain und Stadt Allendorf angetroffenen Schichten sind die durchweg größeren Korngrößen des Mittleren Buntsandsteins am südlichen

bis südöstlichen Rand des Amöneburger Beckens, wofür das Profil der Bg. 6 beispielhaft ist. Die Korngrößenzunahme steigert sich in der Solling-Folge bis fast zu sandfreien Konglomeraten mit faustgroßen, gut gerundeten Geröllen. Die größten Gerölle wurden in Erfurtshausen (Bg. 8) angetroffen, aber auch in Roßdorf (Bg. 7) und Schweinsberg (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 27). Da nach W, zum Schiefergebirge hin die Geröll- und Korngrößen abnehmen (z. B. in den Bg. Rauisch-Holzhausen und Dreihausen, HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 7, 8)² und ebenso nach N, muß das Schüttgebiet wenig südlich im Gebiet des heutigen Vogelsberg-Nordteils gelegen haben, worauf schon LAEMMLEN (1966) hinwies. Während der Sedimentation der Solling-Folge kann das Schüttungszentrum nicht weit entfernt gelegen haben. STOPPEL & JENTSCH (1958) fanden in den Konglomeraten dieser Folge bei Niederklein Emsquarzitgerölle und schlossen daraus auf einen nahegelegenen Aufbruch von Paläozoikum; in den Bohrungen, welche die Solling-Folge durchsanken, wurden ebenfalls Emsquarzitgerölle festgestellt. Bis zum Röt scheint es dann zu einem weitgehenden morphologischen Niveau-Ausgleich gekommen zu sein, da die konglomeratische Solling-Folge zum Hangenden hin (zum Chirotherien-Sandstein; GRAUL, HIEKE & RITZKOWSKI 1965: 328) feinkörnig wird. Örtlich war der Niveau-Ausgleich mit tektonischen Bewegungen verbunden, da bei Homberg/Efze (GRAUL *et al.* 1965: 328) der Chirotherien-Sandstein diskordant über dem Solling-Sandstein lagert.

Aufgrund der vorliegenden, zum Beginn des Abschnitts 2.1.2. erwähnten Veröffentlichungen sowie nach den neueren Bohrprofilen ergeben sich für die einzelnen Folgen ziemlich einheitliche Mächtigkeiten in der nördlichen, östlichen und südlichen Umgebung des Amöneburger Beckens:

Volpriehausen-Folge	95—100 m
Detfurth-Folge	55—60 m
Hardeggen-Folge	etwa 100 m
Solling-Folge	35 m
Mittlerer Buntsandstein insgesamt	285—295 m

Die von UDLUFT (1951: 8) geäußerte Vermutung, daß im Amöneburger Becken unterschiedliche Mächtigkeiten des Buntsandsteins infolge „einer verborgenen Tektonik“ vorliegen, läßt sich jetzt, nachdem gut gliederbare Profile vorliegen, nicht bestätigen. Die Vermutung UDLUFTS resultierte vor allem aus der irrtümlichen Annahme, daß die von ihm zitierten Bohrungen DEUTAG und Retschenhäuser Hof stratigraphisch im gleichen Niveau ansetzten. Tatsächlich besteht jedoch zwischen beiden Bohrpunkten infolge Verwerfungen eine Sprunghöhe von rd. 180 m. Ferner ist die Grenze gegen den liegenden Zechstein nach den Schichtbeschreibungen nicht scharf festzulegen; ein Teil der zum Unteren Buntsandstein gerechneten Schichten könnte schon Zechstein sein.

Die von RITZKOWSKI (1965a) für das östlich anschließende Gebiet (Schlierbacher Graben N Treysa) angegebenen Mächtigkeiten für die einzelnen Folgen des Mittleren

² Die Bohrung Niederklein (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 31) steht nicht in der Solling-(Bauerbach-), sondern in der Hardeggen-Folge.

Buntsandsteins sind z.T. etwas geringer. Möglicherweise stimmen die Gliederungen jedoch nicht völlig überein; für die Solling-Folge gibt er z.B. eine Mächtigkeit von 60 m an, die zu groß erscheint.

2.1.3. Oberer Buntsandstein (Röt)

Das Röt ist nahezu nur tonig ausgebildet. Morphologisch waren die Niveau-Verhältnisse zur Sedimentationszeit im Gegensatz zum Mittleren Buntsandstein ausgeglichen.

Röt wurde unter den hier zu untersuchenden Bohrungen in Roßdorf (Bg. 7) mit 87 m angetroffen. Diese Mächtigkeit stellt die größte bisher im Amöneburger Becken erbohrte dar. Nach E bis SE und S keilt das Röt im Beckengebiet jedoch schnell aus; in Schweinsberg, Erfurtshausen (Bg. 8) und Dreihausen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 30) wurde kein Röt angetroffen. Im westlichen und nordwestlichen Teil des Amöneburger Beckens ist das Röt dagegen überall bei zunehmender Mächtigkeit vorhanden (bei Schröck z. B. 75 m, bei Großseelheim 76 m; HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 13, 24, 26). Seine Gesamtmächtigkeit konnte bisher noch nicht ermittelt werden, da ein zusammenhängendes Profil fehlt.

2.2. Jüngerer Mesozoikum

Schichten des jüngeren Mesozoikums wurden in den neueren Bohrungen nicht angetroffen. Der Muschelkalk unter Tertiär in der Bg. Kirtorf-Wahlen wurde von GRAMANN (1960: 42) und SCHENK (1961) beschrieben; das Liegende des in der Bg. Wahlen 6,5 m mächtigen Muschelkalks wurde nicht erreicht. Jüngere mesozoische Schichten waren aber sicher vorhanden. GRAMANN (1960: 100) fand in der tertiären Jüngeren Sand- und Ton-Serie bei Homberg/Ohm außer Muschelkalkhornsteinen noch Keuperquarze. Vermutlich war aber auch Lias vorhanden, der im Lauterbacher Graben bei der Stadt Lauterbach 30 km SE Wahlen ansteht.

2.3. Tertiär

2.3.1. Sedimentäres Tertiär

Das sedimentäre (Alt-)Tertiär am N-Rand des Vogelsberges wurde von GRAMANN (1960) und RITZKOWSKI (1965b) so ausführlich bearbeitet, daß sich aus den Bohrungen lediglich einige stratigraphische Ergänzungen ergeben haben. Die Abfolge liegt heute in recht unterschiedlichen Mächtigkeiten vor (Abb.1). Die größten Mächtigkeiten mit 100 und mehr Metern wurden im südlichen Amöneburger Becken (Umgebung von Mardorf bis nach Homberg/Ohm) und im Allendorfer Graben (HÖLTING & GRAUL 1968: Abb.1) erbohrt, ferner in der Brunnenbohrung Kirtorf-Wahlen (104 m). In den übrigen Gebieten wurde kein oder fast kein Tertiär angetroffen. Die Verteilung der Mächtigkeiten in den Schichtgliedern zeigt die Übersicht in Tab.1. Die Ältere Sand- und Ton-Serie (nach RITZKOWSKI 1965b: unteroligozän) ist zwar durchweg das schichtstärkste Glied, doch wechseln die Mächtigkeiten in weiten Grenzen. Vermutlich sind die Unterschiede vor allem darauf zurückzuführen, daß das prätertiäre Relief ausgefüllt wurde. Der Melanienton (unteroligozän) erreichte nur in der Brunnenbohrung Dreihausen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 30)

Erbohrte Mächtigkeiten (m) des sedimentären Tertiärs und das Liegende

mu = Muschelkalk
so = Röt

smS = Mittlerer Buntsandstein (Solling-F.)
smH = " " (Hardegsen-F.)
smD = " " (Defurth-F.)
smV = " " (Volpriehausen-F.)
su = Unterer Buntsandstein

0 1 2 3 km

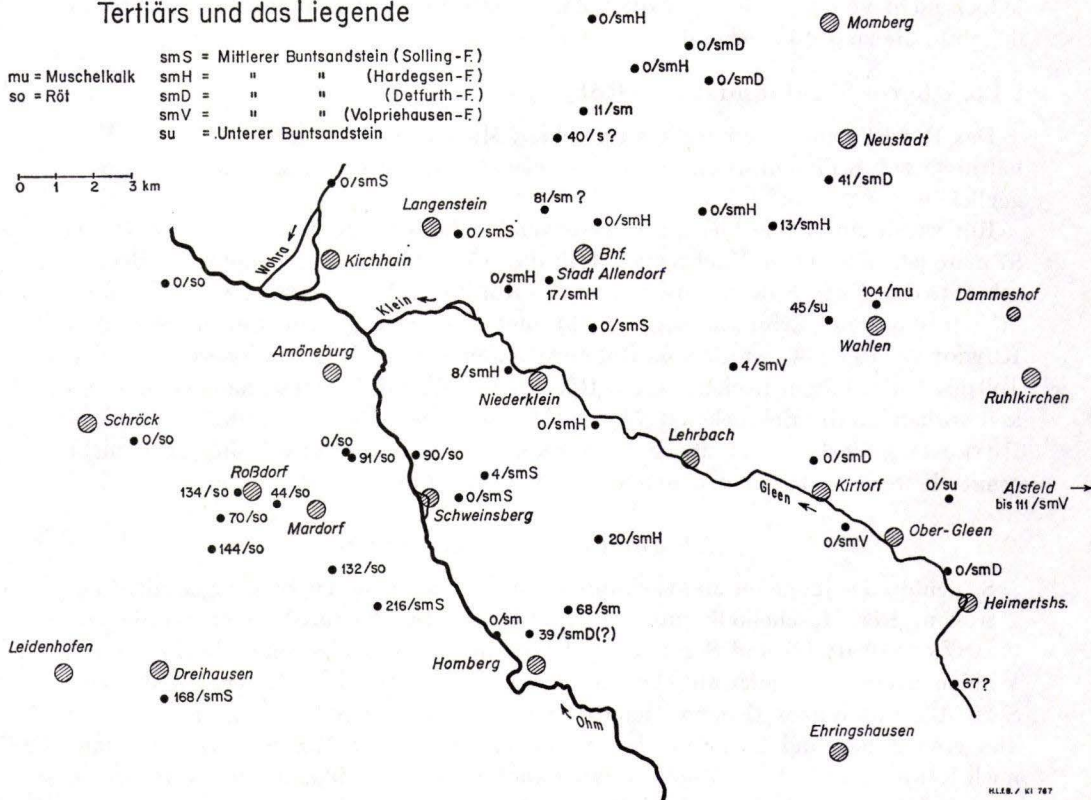


Abb. 1. Erbohrte Mächtigkeiten und Liegendes des sedimentären Tertiärs (m).

eine Mächtigkeit von 47,5 m, wechselt sonst zwischen 10 und 20 m. Der Rupelton (Mitteloligozän), soweit in ursprünglicher Mächtigkeit erhalten, ist uneinheitlicher als der Melanenton. Der Schleichsand, der das Mitteloligozän abschließt, ist überall gleichmäßig gering ausgebildet (8–10 m). Die oberoligozäne Jüngere Sand- und Ton-Serie ist wenig und vermutlich nicht in ursprünglicher Ausbildung erhalten.

Die heutige Verbreitung des sedimentären Tertiärs läßt vermuten, daß die unterschiedlichen Mächtigkeiten nicht allein zurückgeführt werden können auf wechselnde Erhaltung der ursprünglichen Sedimentationsmächtigkeiten in Erosionsnischen, entstanden durch spätere tektonische Schollenbewegungen, vor allem bei der geologisch erst jungen posttertiären Herausbildung des Amöneburger Beckens, sondern auch auf uneinheitliche Ablagerungsverhältnisse. Außerdem weisen GRAMANN (1960: 100) und RITZKOWSKI (1965b: 78) darauf hin, daß die oberoligozäne Jüngere Sand- und Ton-Serie diskordant über älterem Tertiär liegt, und es deshalb orogene Bewegungen zwischen Rupelton (Schleichsand) und der Jüngeren Sand- und Ton-Serie gegeben haben muß.

Tab. 1. Mächtigkeiten im sedimentären Tertiär

Bohrung	Ältere Sand- u. Ton-Serie	Melanienton	Rupelton	Schleich- sand	Jüngere Sand- u. Ton-Serie
Dreihausen	83	47,5	25,5	>11,3	-
		Rupel-u. Melanienton			
Rauisch-Holzhausen (Versuchsgut)	72,2		41,5	7,5	>19
Rauisch-Holzhausen (Molkerei)	44,2	>20,3	-	-	-
Roßdorf	44	-	-	-	-
Mardorf (Grundwasser- meßstelle 2)	48	15	>28	-	-
Rüdigheim	61	19	>10	-	-
Mardorf/Goldberg	63	5	54	8	>2
Erfurtshausen	102	11	47	9	>39,5
Dannenrod/Ortslage	11,1	>17,5	-	-	-
Dannenrod/Orts- brunnen	13,6	>4,6	-	-	-
Homberg/Ohm	39	-	-	-	-
Kirtorf-Wahlen/ Brunnen	75,5	9,9	>18,75	-	-
Kirtorf-Wahlen/ Versuchsbohrung	29	16	-	-	-
Emsdorfer Höhe bei Erksdorf	-	36,8	>2,8	-	-
Erksdorf/Brunnen	11,2	-	-	-	-

Ausgeglichene Sedimentationsverhältnisse gab es nur zur Zeit des Melanien-, Rupeltones und Schleichsandes (nach RITZKOWSKI 1965b: oberes Unteroligozän bis Mitteloligozän), als eine Meeresverbindung in der durch Rheinische und Böhmisches Masse eingegengten Hessischen Straße vom Nord- zum Südmeer bestand (RITZKOWSKI 1965b: 82), die im Chatt (oberes Oligozän; ANDERSON 1961: Kte. 1—3) endete. Die Sedimentation von Ton zeigt an, daß die Wasserbewegung und damit das Gefälle innerhalb der Sedimentationsräume gering war. Nach RITZKOWSKI (1965b: 21) war der Melanienton (und wohl auch der später weithin abgetragene Rupelton) in dem hier zu untersuchenden Gebiet am N-Rand des Vogelsberges weitflächig verbreitet.

2.3.2. Basaltisches Tertiär

Hinsichtlich des basaltischen Tertiärs südlich des Amöneburger Beckens, das z. B. in der Bohrung Erfurtshausen (Bg. 8) das sedimentäre Tertiär überdeckt, wird auf frühere Ausführungen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 14) verwiesen.

2.4. Pleistozän und Holozän

Das Pleistozän ist örtlich verhältnismäßig mächtig. Am E-Hang der Lahnberge wurden bis 15 m Löß (Bg. Schröck; HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 24)

erbohrt. Die fluviatilen Ablagerungen im Amöneburger Becken sind z.T. ziemlich mächtig (bei Mardorf 18 m; bei Lehrbach 16 m; SW Kirchhain 15 m). Dabei ist zu bemerken, daß im Marburger Graben nördlich der Stadt Marburg bei Wehrda (HÖLTING & ZAKOSEK 1972: 373) ähnliche Pleistozän-Mächtigkeiten (bis 20 m) angetroffen wurden und dort nachzuweisen war, daß die Sand-Kies-Sedimentation bis in das Holozän hinein erfolgte. Im Gebiet Homberg/Ohm-Stadt Kirtorf wurden von GLATTHAAR (1974) pleistozäne Terrassenablagerungen untersucht. Kiese auf den Lahnbergen bei Marburg (320–340 m über NN) haben sich als pliozän und nachbasaltisch (HUCKRIEDE & ZACHOS 1969: 208) erwiesen.

Die örtlich recht mächtigen Auenlehme dürften erst holozänen Alters sein (HÖLTING & ZAKOSEK 1972: 374; HUCKRIEDE 1972). Die erstmals von LANG (1954) im Lahntal bei Marburg sowie bei Kirchhain gefundenen Trachyt-Tuffe wurden zwischenzeitlich verbreitet im Auenlehm ausgangs des Wohratals durch Sondierungen in Tiefen von 0,8–1,5 m unter GOK nachgewiesen.

3. Tektonische Ergebnisse der Bohrungen

3.1. Prätertiäres Basement

In Abb. 1 sind die im Liegenden des Tertiärs angetroffenen Schichtfolgen angegeben, bei denen es sich mit einer Ausnahme (Brunnen Kirtorf-Wahlen) um Gesteine des Buntsandsteins handelt. Es zeigt sich, daß von E nach W fortschreitend stratigraphisch höhere Schichtglieder des Buntsandsteins das Liegende des Tertiärs bilden. Abgesehen vom Muschelkalk im (Momberg-) Wahleiner Graben sind es am E-Rand des Untersuchungsgebietes, vor allem bei der Stadt Kirtorf, Schichten des Unteren Buntsandsteins, weiter westlich des Mittleren Buntsandsteins und schließlich W Schweinsberg die Ton- und Schluffsteine des Oberen Buntsandsteins (Röt), der seinerseits in westliche Richtungen mächtiger wird (Abschn. 2.1.3.). Zweifellos gibt sich in dieser Gliederung des Basements eine prätertiär, vermutlich jungkimmerisch (RITZKOWSKI 1965a: 169) erfolgte Herausbildung einer großräumigen Schwelle zu erkennen, die der Kellerwand-Schwelle HUMMELS (1929) entspricht. Östlich bis südöstlich dieser Schwelle, im Gebiet des Alsfelder Beckens, ist im Prinzip das gleiche wie im Amöneburger Becken zu erkennen, doch wurde hier bisher nicht höherer Mittlerer und Oberer Buntsandstein, sondern nur tieferer Mittlerer Buntsandstein (Volpriehausen-Folge) erbohrt. Wenn auch dieses Schwellengebiet im Tertiär morphologisch weniger in Erscheinung trat (RITZKOWSKI 1965b: 82) und zeitweilig überhaupt nicht vorhanden gewesen zu sein scheint, so ist die Schwelle in der Anlage sicher prätertiär entstanden und war offensichtlich nur vorübergehend (Unter- bis Mitteloligozän) paläogeographisch unwirksam. Der Begriff „Kellerwald-Schwelle“ sollte deshalb nicht aufgegeben werden, wie es RITZKOWSKI (1965b: 82) vorschlug.

3.2. Tektonische Übersicht des untersuchten Gebietes

HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964: Taf. 1) entwarfen eine Karte, in der die tektonischen Verhältnisse des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges in einer Übersicht dargestellt wurden. Im E-Teil des Amöneburger Beckens

und in den östlich anschließenden Hochschollen ermöglichen die Bohrungen heute eine Vertiefung der Kenntnis von den tektonischen Verhältnissen.

In Abb. 2 wurden nach den Bohrergebnissen die Niveaus der Grenze Mittlerer/Unterer Buntsandstein, bezogen auf Meter über/unter NN, dargestellt, wobei die im Abschn. 2.1.2. genannten Mächtigkeiten des Mittleren Buntsandsteins zugrunde gelegt wurden.

N bis NNE des Amöneburger Beckens sind die Buntsandstein-Folgen in mehrere Schollen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964) zerbrochen, die antithetisch gegen das Schiefergebirge, also nach W, einfallen; daraus ergeben sich die differenzierten Niveaus der Grenze Mittlerer/Unterer Buntsandstein. Südlich der Linie Betziesdorf-Langenstein bis W Stadt Allendorf sind die Schichtfolgen im Amöneburger Becken abgesunken.

In diesem Becken, das nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964: 15) zweigeteilt ist, ergibt sich für den nördlichen Teil, der Ohmtal-Depression, eine geringere Absenkung als für den südlichen; im nördlichen fällt die su/sm-Grenze auf etwa -150 m NN, im südlichen auf über -200 m NN ab. Das Zentrum des südlichen Beckenteils liegt im Dreieck Amöneburg-Roßdorf (Rauisch-Holzhausen)-Erfurthausen. Hier lassen sich ebenfalls Schollen unterscheiden, deren Randstörungen die nördlich des Beckens ausgebildeten Schollengrenzen in das Amöneburger Becken hinein (z. B. von Bürgeln nach SE) verlängern. Ferner ist die Schweinsberger Depression zu nennen, deren westliche Randstörung sich aus zwei Bohrungen zwischen Amöneburg und Mardorf ergab. Diese Störung streicht auf den Basaltkegel der Amöneburg zu, die auf der Kreuzung mehrerer Störungen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 15) liegt und als Quellkuppe entstanden ist. An dem Lavapropf blieb ein Teil der angrenzenden Schichtfolgen „hängen“, so daß diese (vor allem das sedimentäre Tertiär) heute höher als in der Beckenumgebung liegen.

Östlich des Amöneburger Beckens, etwa auf der Linie Niederklein-Schweinsberg, erfolgt ein Anstieg der Grenzfläche Mittlerer/Unterer Buntsandstein über mehrere Schollen. Dabei nehmen die Randverwerfungs-Richtungen einen unterschiedlichen Verlauf. Südlich, im Gebiet Homberg/Ohm-Schweinsberg, folgen sie vorwiegend der NW-Richtung, die in der Frankenberger Bucht und im Momberger Graben vorherrscht. Nördlich, bei Niederklein, Kirchhain („Wohratal-Linie“), Stadt Allendorf und weiter nördlich dominiert dagegen die NNE-, also die rheinische Richtung, die Richtung der Mittelmeer-Mjösen Zone, der dieses Gebiet und die Hessische Senke angehören. Das Umbiegen der Störungsrichtungen hatte sich schon aus einer Karte der Grundwasserspiegeldifferenzen in der Umgebung des Wasserwerks Stadt Allendorf des Wasserverbandes Mittelhessische Wasserwerke ergeben (GRAUL & HÖLTING 1968: Abb. 2).

Die östlichen Hochschollen (nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: Taf. 1) im Bereich der Kellerwald-Schwelle (Abschn. 3.1.) zerfallen in drei Teilschollen. Im N liegt die Speckswinkeler Hochscholle, wo in der Brunnenbohrung Speckswinkel (GRAUL & HÖLTING 1968: 134) die Grenze Mittlerer/Unterer Buntsandstein bei 106,3 m u. Gel. = rd. 228 m über NN angetroffen wurde.

Südlich grenzt an die Speckswinkeler Hochscholle das Neustädter Becken, in dem wieder ein Absinken der Schichten festgestellt wurde; die Grenzfläche Mittlerer/

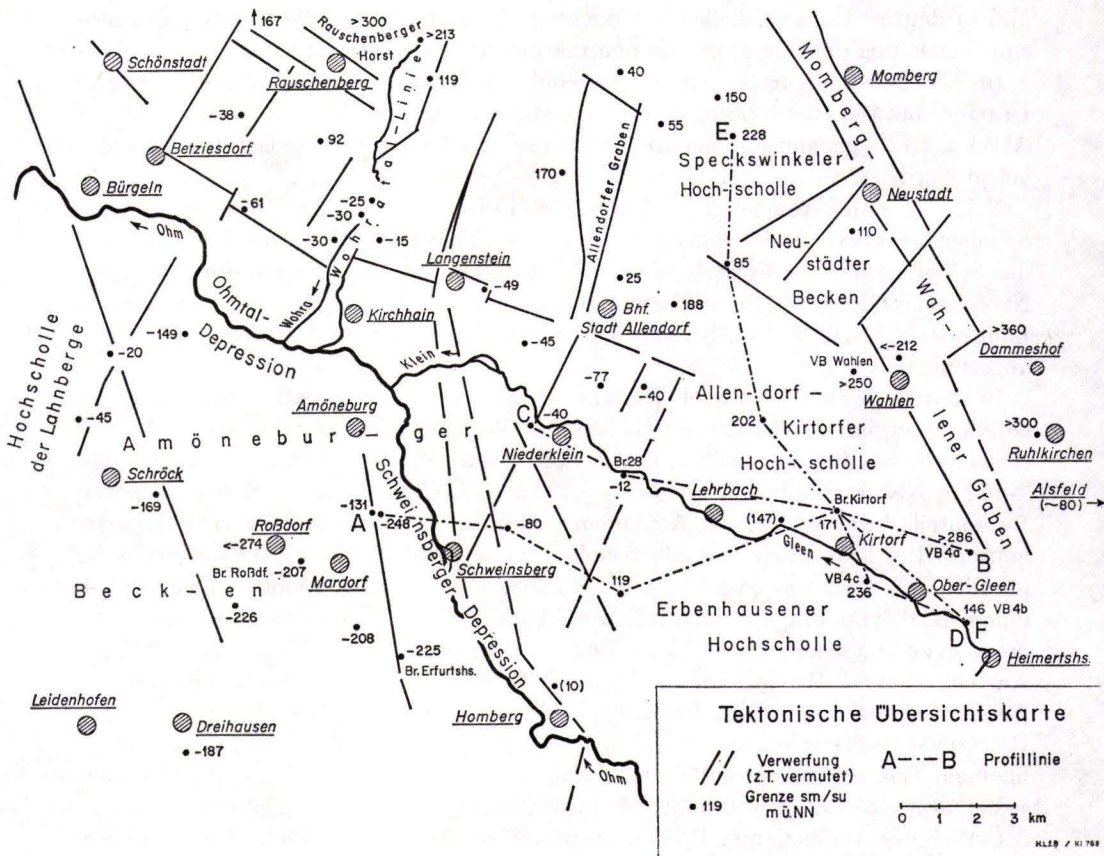


Abb. 2. Tektonische Übersichtskarte des Amöneburger Beckens und der östlichen Hochschollen.

Unterer Buntsandstein fällt offensichtlich, wie auch in den Schollen nördlich des Amöneburger Beckens, nach W ein.

Die Allendorf-Kirtorf-Hochscholle bildet ein verhältnismäßig großes, tektonisch wenig gegliedertes Gebiet zwischen den Städten Allendorf und Kirtorf sowie Kirtorf-Wahlen. In ihr vollzieht sich der (jungkimmerisch entstandene) stetige Anstieg der Schichtfolgen durch Hebung und Schollenkipfung bis hin zum Ruhlkirchener Horst, lediglich unterbrochen durch den bei Kirtorf-Wahlen durch die Brunnenbohrung Wahlen nachgewiesenen Graben (s.u.).

Gegen das Gleental hin scheinen die Schichten nach den Ergebnissen der Brunnenbohrung Stadt Kirtorf (Bg. 5) und auch der Bg. Retschenhäuser Hof (UDLUFT 1951: 10), die vermutlich im Top der Volpriehausen-Folge ansetzte, wieder etwas abzufallen. Damit deutet sich eine weitere Depression an, die Gleental-Depression. Südlich dieser Depression folgt die Erbenhausener Hochscholle, deren Aufbau aus geomorphologischer Sicht von GLATTHAAR (1974) beschrieben wurde. Die Scholle

dehnt sich wahrscheinlich weiter nach S unter der Basaltüberdeckung aus, wobei jedoch die Schichtfolgen am Rand des Verbreitungsgebietes des Vogelsberg-Vulkanismus abfallen. So wurden in den Bg. Otterbach-Rülfenrod und Molkerei Nieder-Gmünden (GRAMANN 1960: 90) Schichten des Mittleren Buntsandsteins bei 215 bzw. 210 m über NN erbohrt. S Atzenhain (Bl. 5319 Lohndorf, R 349893, H 561011) wurden unter 161 m basaltischen Tertiärs und 14 m sedimentären Tertiärs (Ältere Sand- und Ton-Serie ?) 11 m fein- bis mittelkörnige Sande und Sandsteine mit rotbraunen Tonsteinen erbohrt, die wahrscheinlich der Hardeggen-Folge zuzurechnen sind; die Oberkante dieser Sande liegt bei 106 m über NN. In der 3 km SE bei Merlau gelegenen Bg. Ludwigssegen 1, die bis 226,7 m unter Gel. (= 41,6 m über NN) abgeteuft wurde, war das Liegende des Basaltes dagegen nicht erreicht. In diesen Bohrergebnissen deutet sich an, daß die jungkimmerisch angelegte Kellerwald-Schwelle ziemlich tief in den Vogelsberg hinein wirksam gewesen sein muß.

Die höchste Schwellenbildung ist der paläozoische Aufbruch des Ruhlkirchener Horstes, dessen westliche Flanke von den eben beschriebenen Hochschollen gebildet wird. Noch weiter östlich fallen die Schichtfolgen wieder zum Alsfelder Becken ab, das genauso wie das Amöneburger Becken entstanden ist. Die dort anstehenden tertiären Bildungen wurden ebenfalls von GRAMANN (1960: 90) und RITZKOWSKI (1965b) untersucht. Das Tertiär wird bei Alsfeld von Schichten des Mittleren Buntsandsteins unterlagert, die vermutlich der Volpriehausen-Folge angehören. Der Einsenkungsbetrag des Alsfelder Beckens ist wesentlich geringer als der des Amöneburger Beckens und dem des Neustädter Beckens ähnlich (im Alsfelder Becken Grenze Mittlerer/Unterer Buntsandstein um 80 m über NN).

Im First der Kellerwald-Schwelle war der Momberger Graben (HOCH-TATGE 1958) eingebrochen. Durch die schon mehrfach angeführte Brunnenbohrung Kirtorf-Wahlen mit Muschelkalk wurde dessen Fortsetzung SE Neustadt nachgewiesen. Wegen der mächtigen Tertiärüberdeckung läßt sich die tatsächliche Ausdehnung des Grabens über Tage nicht verfolgen. Bei Kirtorf-Wahlen kann der Graben jedoch nicht breit sein. In der Versuchsbohrung Kirtorf-Wahlen (Bg. 4) 1,2 km westlich des Brunnens Kirtorf-Wahlen (mit Muschelkalk) wurden unter der 49 m mächtigen Überdeckung durch sedimentäres Tertiär keine Schichten des Muschelkalkes, sondern des Unteren Buntsandsteins angetroffen. Daraus ergibt sich, daß zwischen den beiden Bohrungen die Grabenrandverwerfung liegt, die eine Sprunghöhe von mehr als 462 m (Abb. 2) hat. Schon rd. 1,5 km W Kirtorf-Wahlen tritt wieder der Untere Buntsandstein zutage aus. Der Graben kann daher höchstens etwa 1 km breit sein. Nach SE wird eine Fortsetzung des Wahleiner Grabens zum Lauterbacher Graben (GRAMANN 1960 u. a.) vermutet. Jedoch haben Bohrungen in Verlängerung der Grabenrichtung bei Ohmes, Angenrod (Gräfenberg) und auch mehr randlich in der Stadt Alsfeld unter der Tertiärüberdeckung bisher keinen Muschelkalk erbracht, sondern nur Gesteine des Mittleren Buntsandsteins, und zwar (soweit bestimmbar) des tieferen Teils, nämlich der Volpriehausen-Folge. Auf der anderen (westlichen) Seite der möglichen Grabenfortsetzung trafen die bei Heimertshausen (VB 4b = Bg. 2) und Ober-Gleen (VB 4a = Bg. 1) niedergebrachten Bohrungen ebenfalls keinen Muschelkalk (bzw. gegenüber der Umgebung tiefer eingesunkene Schichten) an. Da nun bislang ein Nachweis der Fortsetzung des Grabens bis Lauterbach hin fehlt,

sollte von einem Momberg-Wahlener, nicht aber von einem Momberg-Lauterbacher Graben gesprochen werden (Abb.2).

In Abb.3 wurden die Bohrprofile auf NN bezogen zusammengestellt, um den Anstieg der Schichten vom Amöneburger Becken zu den östlichen Hochschollen in einem Längsprofil zu verdeutlichen. Um die tatsächlichen Sprunghöhen im Anstieg zu den Hochschollen zu erfassen, genügt es nämlich nicht, aus geomorphologischer Sicht die Oberkante des Buntsandsteins und der Tertiärüberdeckung als Maß des Verwerfungsbetrages (GLATTHAAR 1974: 195) anzusetzen, da verschiedene Folgen des Mittleren Buntsandsteins die Buntsandsteinoberkante bilden. Abb.3, Profil 1 (A—B in Abb.2), zeigt von W nach E, daß innerhalb des Amöneburger Beckens zunächst ein Schichtenabfall zur Schweinsberger Depression um 117 m besteht, die Schichten dann im Anstieg zur Erbenhausener Hochscholle 360 m höher als bei Schweinsberg liegen und schließlich in der Allendorf-Kirtorfer Hochscholle um weitere 165 m ansteigen. Profil 2 (C—D in Abb.2) durch das Gleental läßt ebenfalls auf einen Schichtenanstieg schließen, der jedoch wegen der Gleental-Depression geringer als weiterhin N oder S ist; die letzte Bohrung (VB 4b = Bg.2) zeigt den Übergang zum Alsfelder Becken, wenn man den Schichtenabfall nicht als den nach S auskeilenden Momberg-Wahlener Graben deuten will. Profil 3 (E—F in Abb.2) stellt einen N—S-Schnitt durch die östlichen Hochschollen dar, wobei das Neustädter Becken und die Gleental-Depression klarer erkennbar sind.

3.3. Zeitliche Abfolge der tektonischen Entwicklung

HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964: 19) wiesen darauf hin, daß im Amöneburger Becken ziemlich mächtige junge (pleisto- bis holozäne) Bildungen vorhanden sind. Auch im Neustädter Becken wurden mit 4—6 m Auenlehm und Ton sowie zwischengelagerten Flachmoortorfen verhältnismäßig mächtige holozäne Absätze erbohrt. Hängetäler ergänzen diese Erscheinungsformen. Diese wurden am SE-Rand des Amöneburger Beckens von GLATTHAAR (1974) nicht auf jüngere tektonische Aktivität, sondern auf Solifluktions- und Terrassen-Bildungen zurückgeführt; unmittelbar nördlich des N-Randes des Amöneburger Beckens (Gebiet um das Wasserkwerk Wohratal N Kirchhain) fehlen mächtigere tertiäre und quartäre Absätze, so daß hier die Herausbildung der Hängetäler allein tektonisch bedingt sein muß.

Alle diese Erscheinungen weisen darauf hin, daß jüngere tektonische Bewegungen stattgefunden haben, die wahrscheinlich sogar noch heute andauern. Auch HUCKRIEDE & ZACHOS (1969) erkannten nach Auswertung von Schotteranalysen auf ein postbasaltisches Alter der jungen Bewegungen, vor allem im Übergang zu den Lahnbergen, doch sind die Bewegungen ihrer Meinung nach mehr pliozän. HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964: 17) erklärten die Herausbildung der Senken am Vogelsbergtrand, zu denen u. a. das Amöneburger, das Neustädter und das Alsfelder Becken zu rechnen sind, mit der Abwanderung von Laven zu den Ausbruchszentren im Vogelsberg. Infolge dieser Lavenabwanderung bildeten sich Hohlräume, in die das hangende Gebirge nachsank.

Im Abschnitt 3.1. wurde auf die jungkimmerische Orogenese verwiesen, die zur Herausbildung der Kellerwald-Schwelle und der Buntsandstein-Schollen (Abschn.3.2.)

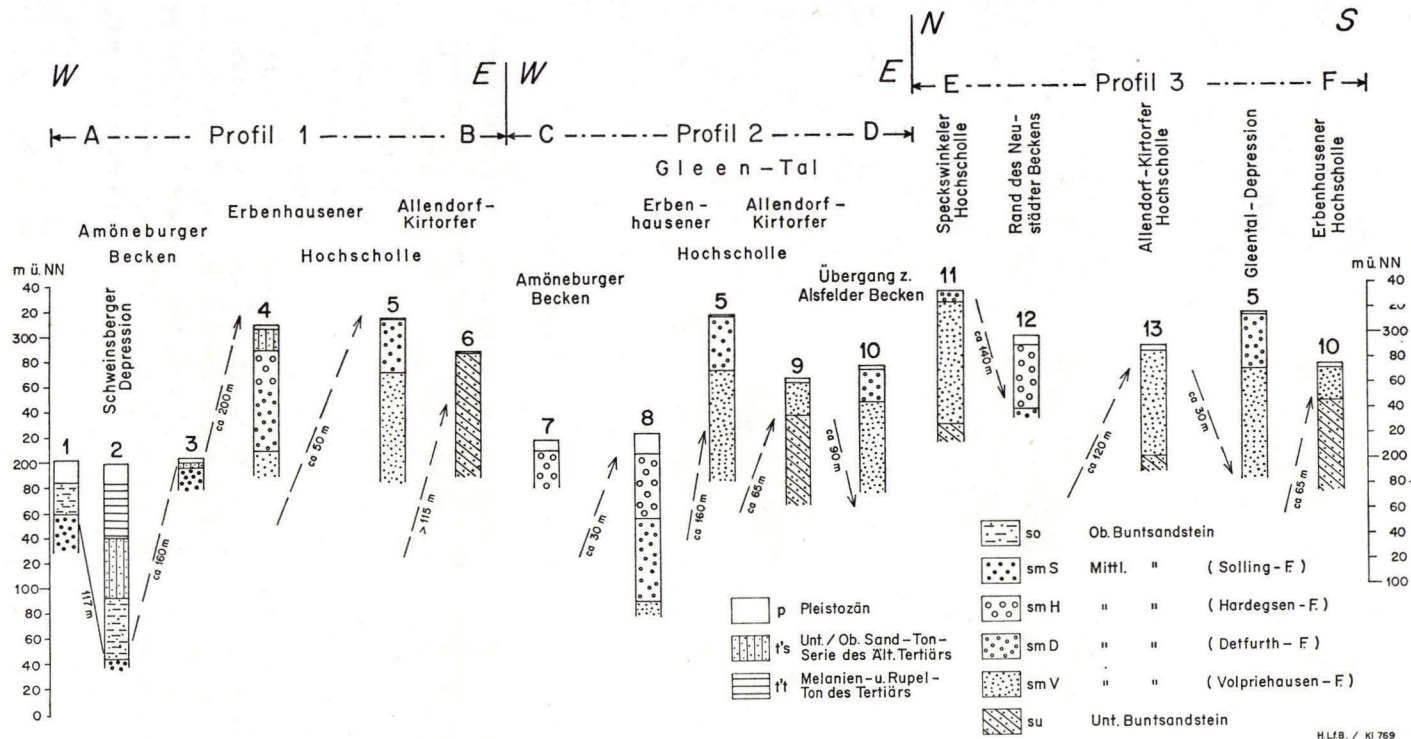


Abb. 3. Längsprofile (Profil 1: Amöneburger Becken-Allendorf/Kirtorfer Hochscholle; Profil 2: Amöneburger Becken-Gleental; Profil 3: N-S-Profil durch die östlichen Hochschollen). (1 = Bg. Mardorf 1, HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 27; 2 = Bg. Mardorf 2, l. c. 1964: 34; 3 = Meßstelle A 5 Schweinsberg, l. c. 1964: 27; 4 = Brunnen Dannenrod, GRAHMANN 1960: 57; 5 = Brunnen Stadt Kirtorf, Abschnitt 5, B 5; 6 = Versuchsbohrung VB 4a Ober-Gleen, Abschnitt 5, B 1; 7 = Meßstelle M 3 Niederlein, HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964: 31; 8 = Brunnen 28 bei Lehrbach, Abschnitt 5, B 6; 9 = Versuchsbohrung VB 4c Stadt Kirtorf, Abschnitt 5, B 3; 10 = Versuchsbohrung VB 4b Heimertshausen, Abschnitt 5, B 2, Bg. 10 am rechten Rand der Abbildung [falsche Signatur!] ist identisch mit dieser Bohrung; 11 = Brunnen Speckswinkel, GRAUL & HÖLTING 1968: 134; 12 = Meßstelle A 1 Rhein-Weser-Wasserscheide, l. c. 1968: 129; 13 = Brunnen Staatsforst Kirtorf, l. c. 1968: 126.)

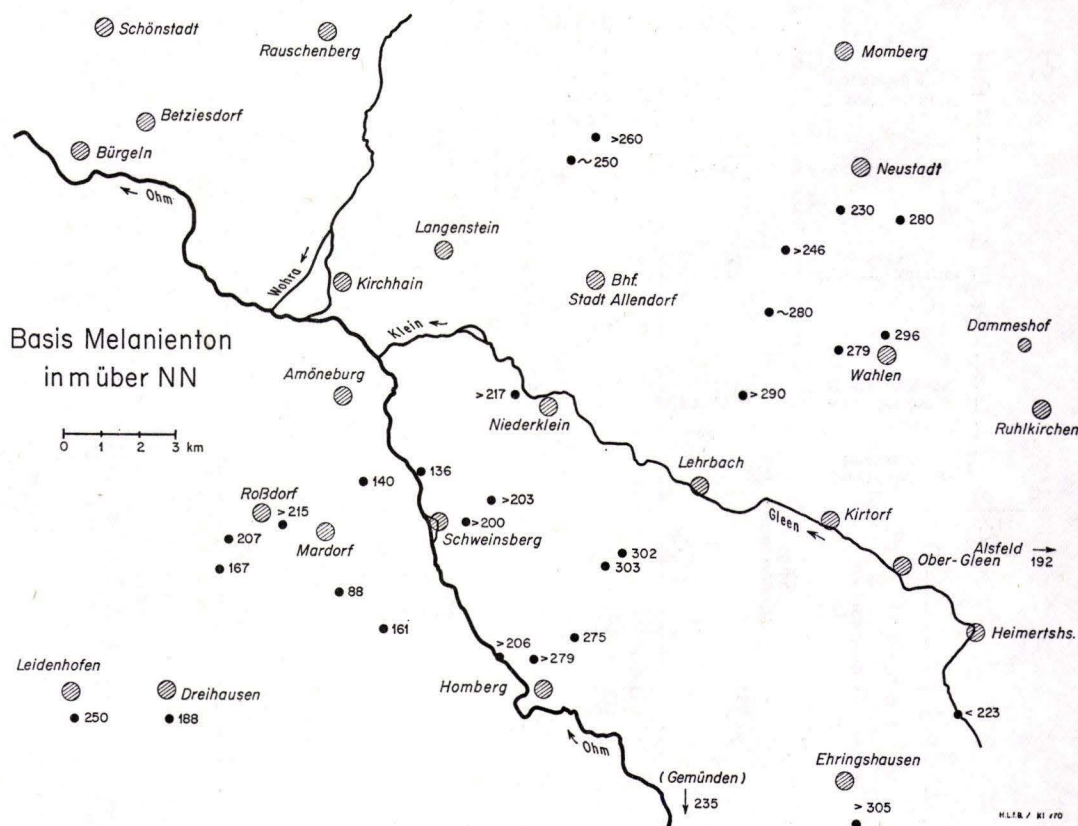


Abb. 4. Niveaus der Basis des Melanienton (m über NN).

fürte. Später, im jüngeren Alttertiär (Abschn. 2.3.1.; 3.1.) muß die Schwelle morphologisch unwirksam gewesen sein, da über sie hinweg durchgehend marine (und fluviatile) Sedimente abgelagert wurden. Erst im Jungtertiär bis Pleistozän (und ? Holozän) bildeten sich die morphologischen Verhältnisse heraus, wie sie sich heute darstellen. Die Frage ist nun, welche Vertikalverschiebungen in der prätertiären (jungkimmerischen) und welche in der jungtertiären bis quartären orogenen Phase erfolgten. Eine Möglichkeit zur Klärung dieser Frage ergibt sich unter der Annahme, daß zu Beginn der Sedimentation des Melanientons ein ausgeglichenes Relief ohne wesentliches Gefälle im Verbreitungsgebiet dieser Tone geherrscht haben muß. Bezogen auf ein gemeinsames Niveau (m über NN) müßten die unterschiedlichen Höhenlagen die Beträge der Vertikalverschiebungen wiedergeben, die sich nach dem jüngeren Unteroligozän (Melanienton) ereigneten; der Fehler, der sich aus der unterschiedlichen Mächtigkeit des Melanientons ergibt, kann wegen der relativ geringen Beträge bei dieser Betrachtung außer acht gelassen werden.

Aus diesen Überlegungen heraus wurde in der Abb. 4 nach Bohrergebnissen die Basis des Melanientons, bezogen auf m über NN, dargestellt. Im Amöneburger

Becken ergaben sich dafür recht unterschiedliche Höhenlagen, nämlich zwischen 90 und etwa 200 m über NN. Im Gebiet der Hochschollen liegt sie durchweg höher, nämlich etwa 300 m über NN, am höchsten S Ehringhausen. Besonders interessant erscheint die Tatsache, daß sie im (Momberg-) Wahleiner Graben nicht tiefer als in den randlich anschließenden Hochschollen außerhalb des Grabens liegt. Daraus kann geschlossen werden, daß die Einsenkung und Herausbildung des Wahleiner Grabens im Alttertiär bereits abgeschlossen gewesen sein mußte und nicht mehr von den jüngeren Bewegungsvorgängen erfaßt wurde.

Im Gebiet des Neustädter Beckens ist wieder ein Absenken der Melaniontonbasis festzustellen (bis 230 m über NN), noch mehr im Alsfelder Becken (um 190 m über NN).

Damit bestätigt sich die schon früher (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964) gegebene Darstellung, wonach die Becken (zumindest) am N-Rand des Vogelsberges aus jungtertiären bis quartären Senkungen hervorgingen. Zwischen diesen blieben früher angelegte Strukturen in dem Niveau, das sie etwa zu Beginn des Tertiärs schon hatten. Geht man davon aus, daß das durch die jüngere tektonische Phase mehr oder weniger unbeeinflusste Niveau (heute) auf 280–300 m über NN (im Gebiet der östlichen Hochschollen) liegt, so ergibt sich, daß das Amöneburger Becken im Zentrum (Roßdorf–Mardorf) größenordnungsmäßig um 100–200 m, das Alsfelder Becken um 100 m und das Neustädter Becken um 50 m eingesunken ist. Geringere Senkungen scheint es auch noch im Gebiet N Stadt Allendorf (Allendorfer Graben) gegeben zu haben. Im Amöneburger Becken gibt sich außerdem in den unterschiedlichen Niveaus der Melaniontonbasis eine wechselnde Senkungsintensität zu erkennen.

Wahrscheinlich setzten die Vertikalbewegungen der jüngeren orogenen Phase schon vor Sedimentation der Jüngeren Sand- und Ton-Serie (d.h. im oberen Oligozän) ein, da diese nach GRAMANN (1960: 102) örtlich diskordant über verstelltem Tertiär liegt. Außerdem erfolgten die Lavenergüsse der Vogelsberg-Vulkane (nach BRINKMANN 1967: Abb. 9) zum Amöneburger Becken hin, nicht aber in das Gebiet der Hochschollen (Kellerwald-Schwelle) zwischen Amöneburger und Alsfelder Becken. Der Vulkanismus selbst begann im Untermiozän (wohl im Burdigalien, GOMM & HUCKRIEDE 1973).

4. Hydrogeologische Ergebnisse der Bohrungen

4.1. Brunnenleistungen

Die Tertiärschichten des Untersuchungsgebietes sind durchweg schlecht durchlässig; Brunnen, die aus ihnen Grundwasser fördern, fehlen daher. Die Buntsandsteinfolgen nördlich und östlich des Amöneburger Beckens weisen dagegen eine gute Trennfugendurchlässigkeit auf, da mit dem Einsinken des Beckens Randschollen mit Zerrungsverwerfungen entstanden sind. Die bei Stadt Allendorf und ausgangs des Wohratalts gebohrten Brunnen der Wasserwerke des Wasserverbandes Mittelhessische Wasserwerke (Sitz: Gießen) sind dementsprechend leistungsstark (ENGEL & HÖLTING 1970). Auf den Zusammenhang zwischen den Hauptstörungsrichtungen im Gelände des Wasserwerks Stadt Allendorf und der Herausbildung des Entnahmetrichters (Spiegeldifferenzen-Karte in GRAUL & HÖLTING 1968: Abb. 124) wurde schon oben (Abschn. 3.2.) hingewiesen.

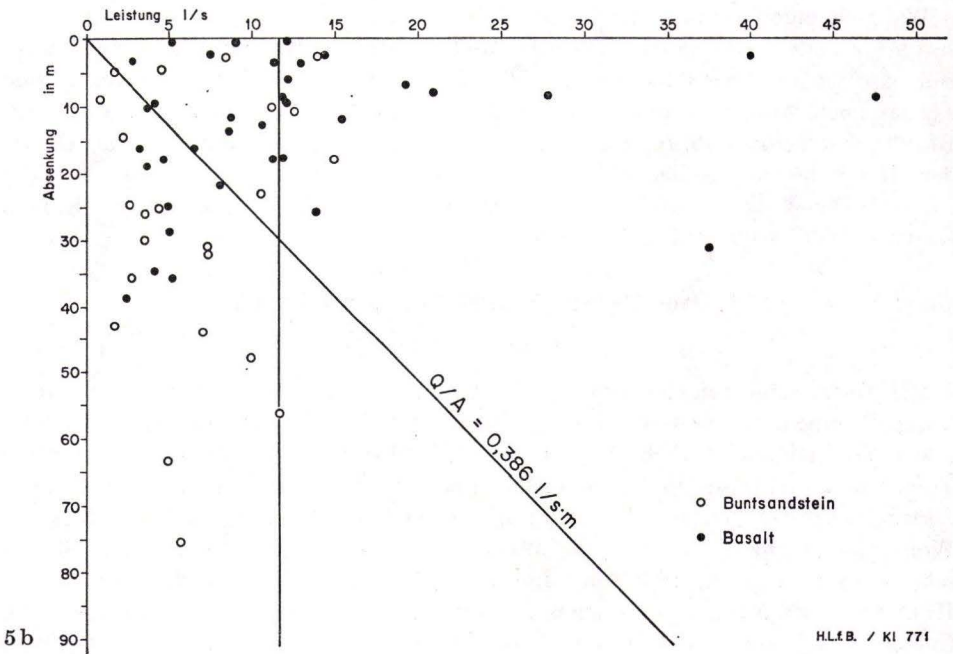
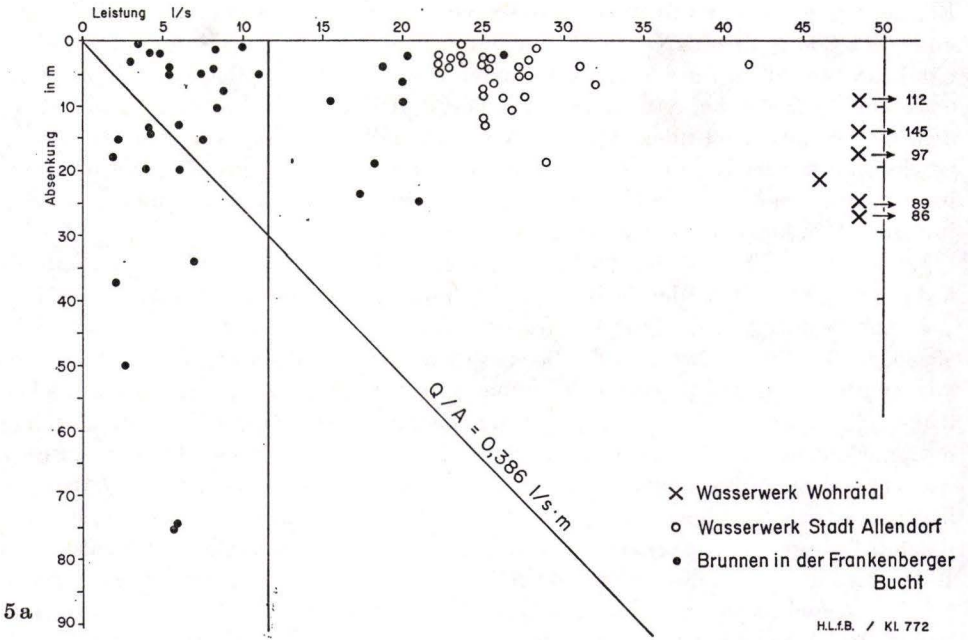


Abb. 5. Leistungs-(Q)Absenkungs-(A)Verhältnisse (5a: Frankenberger Bucht; 5b: Nördliches Randgebiet des Vogelsberges).

Um so auffälliger ist, daß die Buntsandsteinfolgen im nördlichen Randgebiet des basaltischen Vogelsberges durchweg schlechter durchlässig und ergiebig sind. In Abb. 5 sind die Verhältnisse von Brunnenleistungen (Q in l/s) zu den Absenkungsbeträgen (A in m) dargestellt. Vergleichsweise werden zunächst in Abb. 5a die Leistungen von Brunnen aus der nördlich des Amöneburger Beckens gelegenen Frankenberger Bucht gezeigt, wo ebenfalls die Gesteinsfolgen des Unteren und Mittleren Buntsandsteins verbreitet sind. Die Leistungen dieser Brunnen sind gut bis sehr gut (z. B. Brunnen der Wasserwerke Wohratal und Stadt Allendorf). Abb. 5b gibt nun die Brunnencharakteristiken der am nördlichen Basaltrand erstellten Brunnen wieder. Die Leistungen der in Buntsandsteinfolgen stehenden Brunnen sind hier durchweg schlechter als die der Brunnen, die in gleichen Folgen der Frankenberger Bucht stehen. Ergiebiger sind am Rand des Vogelsberges meist nur solche Brunnen, die in Basalten stehen. Einen direkten Leistungsvergleich ermöglichen folgende Zahlen: nimmt man als Bezugsgröße die Grenze der wirtschaftlichen Wassergewinnung (entsprechend einem Vorschlag von THEWS 1967: $1000 \text{ m}^3/\text{d} = 11,6 \text{ l/s}$ bei einer Absenkung des Brunnenwasserspiegels um 30 m und damit das Verhältnis $Q/A = 0,386 \text{ l/s} \cdot \text{m}$), so zeigen sich unterschiedliche Leistungen (Tab. 2).

Tab. 2. %-Anteil der Leistungen von Brunnen in Schichten des Buntsandsteins, bezogen auf $Q/A = 0,386 \text{ l/s} \cdot \text{m}$

	Zahl der Brunnen	>	<
Frankenberger Bucht	70 Brunnen	84	16
Nordhessen	73 Brunnen	62	38
Nördliches Randgebiet des Vogelsberges	23 Brunnen	30	70

In der Frankenberger Bucht und ebenfalls in Nordhessen (dort Zahlen nach MATTHESS 1970) liegen rd. zwei Drittel der Leistungen aller in Schichten des Mittleren Buntsandsteins gebohrten Brunnen über der Wirtschaftlichkeitsgrenze, nur ein Drittel darunter. Am nördlichen Vogelsbergrand kehrt sich dieses Verhältnis um; dort ist nur rd. ein Drittel als wirtschaftlich anzusehen.

Offensichtlich haben also die Buntsandsteinfolgen am N-Rand des Vogelsberges gegenüber solchen in anderen Gebieten eine geringere Durchlässigkeit. Als Ursache dafür sind zu nennen:

a) Die Sandsteine des Buntsandsteins sind, wie die Bohrungen ergaben (Abschn. 2.1.2.), durchweg verwittert, ihre Feldspäte kaolinisiert. Sie nehmen damit hydraulisch die Gesteinseigenschaften schluff- und tonreicher Sandsteine an, deren Klüfte geringere Klaffweiten und Trennfugendurchlässigkeiten aufweisen. Die Schichten des Unteren Buntsandsteins sind in der Regel zwar weniger verwittert (gebleicht), haben aber wegen ihres hohen Schluff- und Tonanteils wie auch in anderen Gebieten von vornherein geringere Durchlässigkeiten.

b) Möglicherweise spielt aber auch eine Rolle, daß tektonisch am Rand des Vogelsberg-Basaltgebietes weniger eine Zerrungs-, sondern mehr eine Pressungs-Tektonik vorliegt. Ursache könnten die von BRINKMANN (1967: 161) angenommenen Bewegungen im Vogelsberg-Basalt sein, die zur Herausbildung einer Caldera und damit zu

einer besonders starken Belastung im Randgebiet der vermuteten Caldera führten. Inwieweit diese Vermutung zutrifft, müßte aber noch näher untersucht werden.

4.2. Grundwasserbeschaffenheit

Die Buntsandsteinwässer im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind wie auch in anderen Gebieten durchweg weich bis sehr weich und in der Regel aggressiv. Der Gehalt an Freier Kohlensäure ist besonders am N-Rand des Vogelsberges ziemlich erhöht, worauf schon früher HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964: 19) hinwiesen; bei der Stadt Kirtorf wurden Gehalte bis etwa 300 mg/l Freier Kohlensäure festgestellt. Ebenfalls wurde der Zusammenhang mit den Bleichungen der Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins erörtert.

Am N-Rand des Vogelsberges zeigt sich nun ein davon abweichender Typ. Die Grundwässer des Buntsandsteins sind dort teils weich, teils aber auch ziemlich hart (bis 42 mval = 15°dH). Die Karbonathärte ist häufig gleich der Gesamthärte, so daß ein erheblicher Gehalt an Alkalihydrogenkarbonaten vorliegen muß. Der Anteil an m-Kieselsäure ist jedoch stets geringer als 20 mg/l; die Wässer stammen demnach tatsächlich aus den Buntsandsteinschichten, da solche aus den südlich anschließenden Basaltgebieten in der Regel m-Kieselsäuregehalte > 30 mg/l aufweisen. Auffälligstes Merkmal neben den erhöhten Gehalten an Freier Kohlensäure ist jedoch die Sauerstoffarmut. Die durch die Bohrungen erschlossenen Wässer sind örtlich so stark reduziert, daß sie keinen Freien Sauerstoff mehr enthalten. In Abb. 6 sind die Ergebnisse von Bestimmungen des Freien Sauerstoffes wiedergegeben, die zwar zu verschiedenen Zeiten ausgeführt wurden, jedoch für eine Übersicht genügen; im übrigen haben Mehrfach-Bestimmungen ergeben, daß die Sauerstoffgehalte in geringen Grenzen schwanken.

Die zum Vergleich angeführten Sauerstoffgehalte von Grundwässern der Frankenger Bucht liegen alle um 10 mg/l, die Wässer sind also nicht reduziert. Weiter südlich, am N-Rand des Vogelsberges, werden nur noch vereinzelt Gehalte um 10 mg/l ermittelt, und das allein in den Hochschollen östlich des Amöneburger Beckens. Im Becken selbst, und zwar im Amöneburger und im Alsfelder Becken, sind die Grundwässer gleichermaßen sauerstoffarm. Nach den Bestimmungen in den Wässern aus den ständig betriebenen Brunnen des Wasserwerks Stadt Allendorf können die Sauerstoffgehalte auf engem Raum wechseln. Aber auch hier zeigt sich, daß die durch Grundwasserzuläufe von N her, also aus der Frankenger Bucht genährten Brunnen sauerstoffreicher sind als die, die aus südlichen Einzugsgebieten ihre Zuläufe erhalten.

Wodurch können nun die Sauerstoffdefizite in den Grundwässern am Vogelsberg-Rand verursacht worden sein? Der verhältnismäßig hohe Anteil an Alkalihydrogenkarbonaten läßt vermuten, daß die Sauerstoffzehrung (durch mikrobielle Vorgänge) in Kohlenwasserstoffen erfolgt, die ihrerseits zu Kohlensäure oxydiert werden. Die so entstandene Kohlensäure wirkt auf alkalihaltige Minerale (insbesondere Feldspäte, wie die Kaolinisierung zeigt) ein, und es entstehen die Alkalihydrogenkarbonate. Mit dieser Erklärung wird allerdings das Problem nur verschoben, denn jetzt ist zu fragen, woher die Kohlenwasserstoffe stammen, die den Grundwässern den Sauerstoff mikrobiell (BREGER 1963: 315; MATTHESS 1973: 89, 102) entziehen. Drei Möglichkeiten sind denkbar:

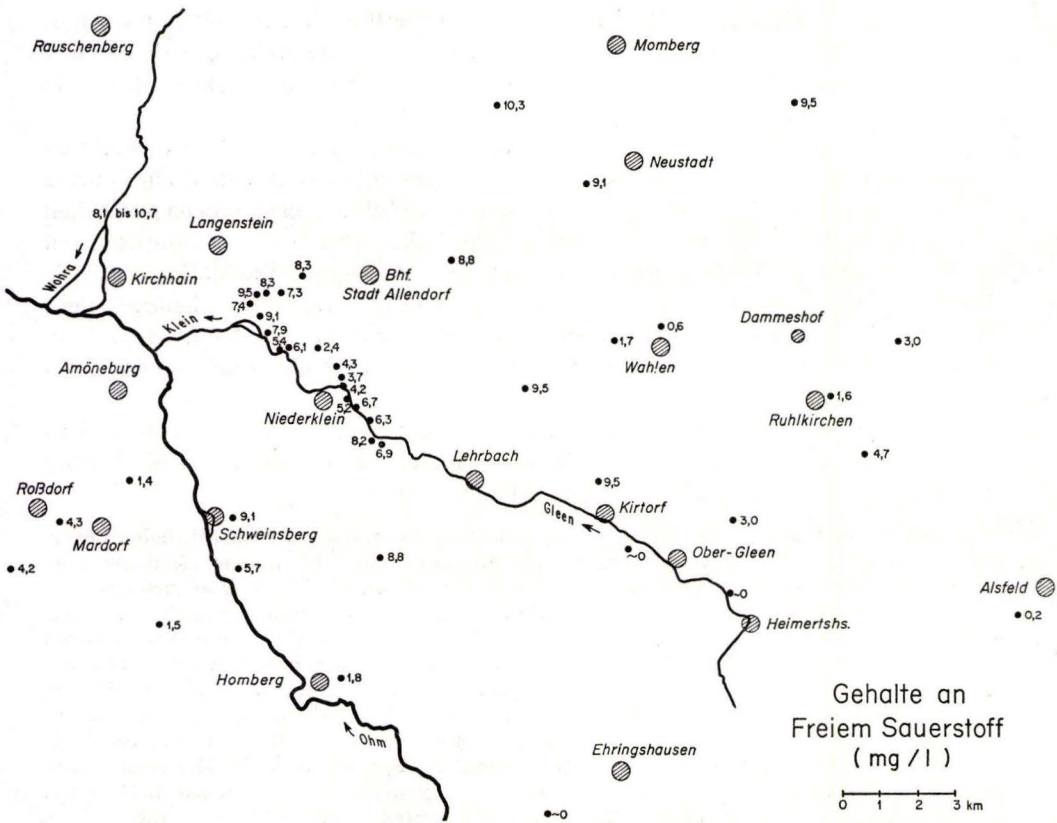


Abb. 6. Gehalte des Freien Sauerstoffes (mg/l) in Grundwässern aus Buntsandsteinschichten im Amöneburger Becken und seiner Umgebung.

a) In der alttertiären Älteren Sand- und Ton-Serie wurden im gesamten Untersuchungsgebiet Lagen von Braunkohle oder braunkohlenhaltigen Sanden und Tonen angetroffen, wie auch die übrigen Tertiärschichten reich an organogenen Sedimenten sind. Den durch diese Schichten versickernden, aus Niederschlägen stammenden, sauerstoffreichen Wässern wird unter Mitwirkung von Mikroorganismen der Freie (und auch der in den Komplexen der Sauerstoff-Säuren gebundene) Sauerstoff entzogen; das in die Buntsandsteinschichten schließlich gelangende Wasser ist mehr oder weniger sauerstoffarm. Allerdings besteht bei dieser Erklärung die Schwierigkeit, daß trotz erwiesener schlechter Durchlässigkeit des Sedimentären Tertiärs soviel Wasser durch die Schichten durchsetzen muß, daß in einem größeren Gebiet einschließlich des Buntsandsteins ohne Tertiärüberdeckung wie in der Umgebung der Stadt Kirtorf sauerstoffarmes Grundwasser in den nachgewiesenen Mengen vorhanden ist. Deshalb sollte zumindest diskutiert werden, ob noch andere Möglichkeiten einer Sauerstoff-Reduktion denkbar sind.

b) Gasförmige Kohlenwasserstoffe (vor allem leichte, wie z. B. Methan) könnten aus tieferen Schichten in der Struktur des Ruhlkirchener Horstes aufdringen; sie könnten

aus paläozoischen Schichten stammen, die (wie überall auch hier) reich an organogenen Sedimenten sein dürften. Über Vorgänge von Methanbildungen in solchen Schichten wurde verschiedentlich berichtet (z. B. COLOMBO *et al.* 1968; BOJGK & STAHL 1970; MÜLLER, GOLDBECKER & BOTNEWA 1973).

c) Die dritte Möglichkeit ist eine Variation der zweiten, nämlich daß die vermuteten Kohlenwasserstoffe nicht organogen, sondern magmatogen sind, zumal ein höherer Gehalt an Freier Kohlensäure vorliegt, der doch ebenfalls als magmatogen angesehen werden könnte. In größerer Tiefe könnte unter hohen Drücken und Temperaturen Methan (HOEFS 1973: 288) gebildet werden und aufsteigen. Da Methan wie alle Alkane (Paraffine) reaktionsträge ist, reagiert es beim Aufstieg als Gas chemisch nicht mit Nebengesteinen oder Wässern größerer Tiefe, sondern erst dann, wenn es in Bereiche aufgestiegen ist, wo Mikroorganismen existieren können und so eine Oxydation des Methans möglich wird.

Die beiden letztgenannten Möglichkeiten setzen das Vorhandensein von Methan (oder Homologen) voraus. Die Frage ist also, ob das Vorhandensein von Methan im (tieferen ?) Grundwasser erwartet werden kann.

Die Durchsicht zahlreicher Analysen, besonders der hydrochemisch ausführlicher untersuchten Heil- und Mineralwässer ergibt, daß Methan (oder auch höhere Kohlenwasserstoffe) in solchen Wässern verhältnismäßig selten vorkommt³. Meist setzt sich das Gas von Heil- oder Mineralquellen aus Freier Kohlensäure zusammen, vereinzelt vermischt mit elementarem Stickstoff, weniger mit Schwefelwasserstoff oder anderen Gasen. Wenn Methan in den untersuchten Quellengasen vorhanden ist, ergeben sich meist Gehalte < 1 Vol.-%. Höhere Gehalte sind in der Regel nur dort bekannt, wo im tieferen Untergrund auch größere Lagerstätten von Kohlen oder Erdöl erbohrt wurden. In diesen Gebieten wird in den Quellengasen bis über 90 Vol.-% Methan (z. B. in der Molasse Südbayerns, ABELE 1950) gefunden. Über Kohlenlagerstätten scheinen die Methan-Gehalte in höher mineralisierten Wässern jedoch allgemein geringer zu sein, ebenso in Gebieten mit geringeren Erdölvorkommen (DEUBEL 1954; KÄSTNER 1964: 362); möglicherweise spielen dabei die durchweg höheren Lösungsinhalte der Wässer eine Rolle. Auch dort, wo organogene Sedimente von lediglich geringer Mächtigkeit im tieferen Untergrund vorkommen, werden höchstens niedrige CH₄-Gehalte ermittelt (TRUSHEIM 1964: 73).

Im Gas der Rheingrafenquelle von Bad Münster a. St. bei Bad Kreuznach ist Methan (bis 28 Vol.-%) enthalten, obwohl im unmittelbaren Untergrund keine Sedimentgesteine, schon gar nicht Biolithe oder Bitumia vorhanden sind, sondern Rotliegend-Vulkanite. Die Quellengase enthalten nur geringe Mengen Freier Kohlensäure (um 3 Vol.-%), dafür aber gasförmigen Stickstoff (68–70 Vol.-%), so daß auch hier die Kohlenwasserstoff-Gehalte durch Reduktionen in organogenen Sedimenten verursacht sein dürften und zugewandert sind. In Gasen der hessischen Heil- und Mineralquellen wird gelegentlich Methan nachgewiesen. Die höchsten Gehalte wurden in Quellengasen der Mineralquellen

³ Methan (CH₄) ist nur wenig wasserlöslich. Die Wasserlöslichkeit beträgt

$$\left(\lambda = \frac{\text{N cm}^3 \text{ Gas}}{\text{g H}_2\text{O} \cdot \text{at}} \right) :$$

bei 0°C: 0,054 λ ; bei 10°C: 0,040 λ ; bei 20°C: 0,032 λ ; bei 30°C: 0,027 λ (nach DANS-LAX 1967, 1: 1205). Sie nimmt also mit steigender Temperatur (bei gleichem Druck) ab. In Salzlösungen ist die Löslichkeit noch geringer. Deshalb liegt das Methan unter natürlichen Bedingungen weitgehend als Gas vor. Gelöstes Methan enthalten wenige Mineralwässer, u. a. die Quellen in Aachen, Bad Eilsen/Lippe, Bad Nenndorf, Bad Heilbrunn/Oberbayern.

von Frankfurt/M.-Nied (Selzer- und Faul-Brunnen) mit etwa 80 Vol.-% bei Gasmengen von 0,2–0,4 l/h festgestellt, wo unmittelbar im Untergrund reichlich organogene tertiäre Sedimente vorhanden sind. Etwas höhere Gehalte finden sich auch (soweit bestimmt) in Wiesbaden (Adler-Quelle 5,2 Vol.-%) und Bad Homburg v. d. H. (Stahl-Brunnen 0,4 Vol.-%), während andere große Heil- und Mineralwasservorkommen (z.B. Bad Wildungen, Bad Nauheim, Selters/Lahn, Offenbach/M.) frei von Methan sind. Jedenfalls zeigt sich, daß gasförmige oder gelöste Methan-Gehalte in Gebieten ohne Biolithe oder Bitumina im tieferen Untergrund in der Regel quantitativ unerheblich sind.

In den möglichen Endprodukten der mikrobiellen Oxydation von Methan (oder Homologen), nämlich der Kohlensäure, konnte nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen aus Hessen kein biogener Kohlenstoff-Anteil festgestellt werden. So haben die von HOEFS (1973: Tab.4) ausgeführten Isotopenbestimmungen des $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnisses in nordhessischen Mineralwässern (auch des Schiefergebirges, wie z.B. Bad Wildungen) Werte um -3‰ (relativ zum PDB-Standard) erbracht. Nach derzeitiger Kenntnis (COLOMBO *et al.* 1968) müßte biogene Kohlensäure Werte um -25‰ (oder mehr) aufweisen. Der Vollständigkeit halber ist hier jedoch hinzuzufügen, daß die Untersuchungen von HOEFS das Gebiet des Oberrhein-Grabens oder der Wetterau nicht einschlossen. Da dort Erdöl oder mächtige Braunkohle im Untergrund vorhanden ist, sind in den Grundwässern biogene Methan-Gehalte möglich; für die Mineralquelle von Frankfurt/M.-Nied haben STAHL & DIEDERICH (1975) die Herkunft des C-Anteils des Methans aus den organogenen Sedimenten nachgewiesen.

Fazit dieser Überlegungen ist, daß nach aller Wahrscheinlichkeit weder Methan (oder Homologe) im Untergrund des Vogelsberg-Nordrandes vorhanden noch die Kohlensäure biogen ist, also aus organogenen Sedimenten stammt, da dort entsprechende große Lagerstätten fehlen. Als Ursache der Sauerstoff-Reduktion bleibt dann allein noch die erstgenannte und trotz Bedenken wegen der schlechten Durchlässigkeiten des sedimentären Tertiärs wohl auch wahrscheinlichste Möglichkeit, nämlich, daß dem Wasser der Freie oder gebundene Sauerstoff beim Durchsickern der wenn auch nur geringmächtigen, aber doch verbreiteten Braunkohle oder auch anderer organogener Lagen zwischen den tertiären Sedimenten durch mikrobielle Vorgänge entzogen wird. Die aus Abb.6 hervorgehenden unterschiedlichen Restgehalte des Freien Sauerstoffs können mit wechselnden Durchlässigkeitsverhältnissen in den Grundwasserleitern, vor allen denen des Buntsandsteins erklärt werden. Da die Durchlässigkeiten der Buntsandsteinfolgen, wie oben (Abschn.4.1) ausgeführt, gerade am N-Rand des Vogelsberges geringer als in anderen Gebieten sind, fließt in diesen Schichten weniger Wasser ab und folglich ist das Sauerstoffangebot quantitativ verringert.

Die Kohlensäure, deren Gehalt am N-Rand des Vogelsberges örtlich verhältnismäßig hoch ist, dürfte dagegen weitgehend magmatogen sein. Die bei den mikrobiellen Vorgängen in den organogenen Sedimenten entstehende Kohlensäure wird quantitativ nicht so groß sein, daß im Grundwasser Gehalte bis fast 300 mg/l entstehen. Ferner ist darauf zu verweisen, daß im Buntsandstein am Vogelsbergtrand ziemlich große Bereiche gebleicht sind. Sollten diese Bleichungen allein durch biogene Kohlensäure bewirkt sein, wären die organogenen Sedimente wahrscheinlich doch schon längst aufgebraucht. Abschließend ist zu bemerken, daß zwischen den Gehalten an Freiem Sauerstoff und Freier Kohlensäure keinerlei Beziehungen bestehen. Versuche, aus den Analysenergebnissen solche Beziehungen abzuleiten, blieben erfolglos.

5. Schichtenverzeichnisse

Bohrung 1

(VB 4a)

Lage: TK 25 Bl. 5220 Kirtorf; R 35 10 88, H 56 25 67; ca. 288 m über NN
 Zeit: Juli—August 1974. Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung (\varnothing 520/380 mm)
 Leistungsquotient (Q/A): 0,27 l/s · m. Bearbeiter: HÖLTING (1974)

0,00—	0,20 m Mutterboden, schwarzgrau	Pleistozän
—	2,00 m Lehm, grünlichgrau	
—	8,00 m Sandstein (um 0,1 mm), hellgrau, z.T. quarz-	<u>Unt. Buntsandst.</u>
	tisch; etwas Schluffstein, grau	
—	13,00 m Schluffstein, gelblich- und grünlichgrau; etwas	
	Sandstein (um 0,1 mm), grünlichgrau, feinschichtig	
—	20,00 m Sandstein (um 0,1 mm), gelblich- und grünlich-	
	grau, feinschichtig, auf Schichtflächen glimmer-	
	staubig; weniger Schluffstein, gelblich-grünlich-	
	grau	
—	26,00 m Sandstein (0,5—0,8, vereinzelt bis 1,0 mm), hell-	
	bis schwach gelblichgrau; wenig Schluffstein	
—	29,00 m Schluffstein, grünlichgrau; wenig sandig	
—	32,00 m wie vor, etwas mehr sandig	
—	36,00 m Wechselfolge Sandstein (um 0,1 mm), rötlich-	
	braun, und Schluffstein, rötlichbraun	
—	40,00 m Schluffstein, grünlichgrau und schwach rötlich-	
	grau; Sandstein (um 0,1 mm, z.T. auch weniger),	
	hell- und grünlichgrau	
—	43,00 m wie vor, jedoch mehr Sandstein	
—	44,00 m Sandstein wie vor, graurosa; wenig Schluffstein	
—	47,00 m Sandstein (< 0,1 mm), hellgrau; Schluffstein,	
	hellgrau	
—	49,00 m Schluffstein, rosabraun; kaum sandig	
—	52,00 m Sandstein (um 0,1 mm), hellgrau, stark glimmer-	
	haltig (glimmerstaubig auf Schichtflächen)	
—	54,00 m Schluffstein, rosabraun; Sandstein (< 0,1 mm),	
	rosabraun	
—	57,00 m Sandstein (< 0,1 mm), rosagrau, hart, etwas	
	glimmerhaltig	
—	63,00 m Schluffstein, rosabraun; etwas Sandstein (< 0,1	
	mm), rosabraun, feinschichtig, glimmerstaubig	
—	65,00 m Sandstein (< 0,1 mm), grünlichgrau; etwas	
	Schluffstein, rosagrau	
—	71,00 m Sandstein (< 1 mm), rosabraun, z.T. violett-	
	stichig, glimmerstaubig, kleine Tongallen; wenig	
	Schluffstein	
—	73,00 m Schluffstein, dunkelbraunrötlich; wenig Sand-	
	stein	
—	84,00 m Wechselfolge Schluffstein, rotbraun, glimmer-	
	staubig, feinschichtig; Sandstein (um 0,1 mm),	
	rosabraun	
—	90,00 m Sandstein (< 0,1 mm), grünlichgrau, weich;	
	Schluffstein, rosabraun	

- 95,00 m Sandstein (< 0,1 mm), rosabraun, z.T. violettstichig, z.T. hellgrau; Schluffstein, rotbraun
- 96,00 m Sandstein (0,1–0,2 mm), violettgrau, quarzitisch hart, kaum schluffig
- 100,00 m Sandstein (um 0,1 mm), rosaviolettgrau, weich; Schluffstein, rosagrau

Bohrung 2
(VB 4b)

Lage: TK 25 Bl. 5220 Kirtorf; R 351078, H 562387; ca. 275 m über NN
 Zeit: Juni/Juli 1974. Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung (\varnothing 520/420 mm)
 Leistungsquotient (Q/A): 0,08 l/s · m. Bearbeiter: HÖLTING (1974)

- | | | |
|-------|--|--------------------------------------|
| 0,00– | 0,40 m Lehm, grau, stark rostfleckig | Pleistozän |
| – | 1,40 m Lehm, grau bis hellgrau | |
| – | 3,00 m Geröll (bis faustgroß) aus Quarziten und quarzitischen Sandsteinen | <hr/> ? Tertiär |
| – | 6,00 m Schluffstein, rosa- bis rotbraun | <hr/> Mit. Buntsandst. |
| – | 13,00 m Sandstein (um 0,1 mm, jedoch nach der Tiefe mit zunehmend grobkörnigeren Lagen), hell- und braungrau, z.T. quarzitisch hart, löchrig | Detfurth-Folge |
| – | 17,00 m Sandstein (um 0,8, z.T. 1 mm) bräunlichgrau, schluffig, Körner kaviarartig gerollt | |
| – | 29,00 m Sandstein, Körnung wie vor, sandfarben grau, sehr schluffarm | |
| – | 35,00 m Sandstein (um 0,1 mm, in einzelnen Lagen auch größer, bis fast 0,5 mm), hell- bis braungrau; Schluffstein, grau | <hr/> Haupt-
Aviculalager |
| – | 38,00 m wie vor, rosagrau; zunehmender Schluffanteil | |
| – | 41,00 m Schluffstein, braunrot; wenig Sandstein (um 0,1 mm), hellgrau | |
| – | 49,00 m Sandstein (0,1–0,5, in einzelnen Lagen bis etwa 0,8 mm), hellgrau bis rosagrau, z.T. quarzitisch hart und löchrig, grobkörnige Lagen z.T. kaviarartig; Schluffstein, rotbraun und rosa- bis grau-braun | |
| – | 53,00 m Sandstein (um 0,1 z.T. bis 0,3 mm), dunkelgrau, rötlich- und gelbgrau, quarzitisch, feinporig; Schluffstein, rotbraun | <hr/> Volpriehausen-
Wechselfolge |
| – | 55,00 m Sandstein und Schluffstein wie vor, jedoch fast hellgrau | |
| – | 59,00 m Sandstein (um 0,1 mm), rosagrau, feinporig, in einzelnen (grünlichen) Lagen glimmerstaubig; Schluffstein, rosagrau | |
| – | 71,00 m Sandstein (um 0,1–0,3 mm), hellgrau bis schwach rosagrau, feinporig; wechsellagernd mit Schluffsteinen | |
| – | 73,00 m wie vor, hell- und gelblichgrau | |
| – | 100,00 m Wechselfolge Sandstein (um 0,1, vereinzelt bis 0,3 mm), rosa- bis rötlichgrau und gelblichgrau, vereinzelt löchrig und feinporig; Schluffstein, rosa-braun und grünlichgrau | |

Bohrung 3

(VB 4c)

Lage: TK 25 Bl. 5220 Kirtorf; R 350812, H 562504; ca. 265 m über NN
 Zeit: April/Mai 1974. Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung (\varnothing 520/420 mm)
 Leistungsquotient (Q/A): 0,49 l/s · m. Bearbeiter: HÖLTING (1974)

0,00—	2,00 m	Lehm, braun bis graubraun	Pleistozän
—	3,00 m	Steiniges Geröll (wohl Schotter)	
—	9,00 m	Sandstein (0,3—0,5 mm), hellgrau und bräunlich (Talschutt?), wenig schluffig	Pleistozän ?
—	13,00 m	Sandstein (um 0,3 mm), hellgrau, dünne Schlufflagen, rötlich	Mit. Buntsandst. Volpriehausen-Folge
—	15,00 m	wie vor, jedoch etwas mehr Schlufflagen	
—	22,00 m	Sandstein (um 0,3 mm), hellgrau; Schluffstein, rosagrau	
—	24,00 m	Sandstein (0,3—0,5 mm), graurosa und hellbraun; z.T. mit größeren Quarzkörnern (um 1,5 mm); Schluffstein, rötlich	
—	25,00 m	Schluffstein, grüngrau, etwas sandig	
—	29,00 m	Sandstein (um 0,8 mm, z.T. noch gröber), hellgrau bis schwach rosa	
—	32,00 m	Sandstein (um 0,1 mm), rosagrau, rotbraune Tonschmitzen	Unt. Buntsandst.
—	63,00 m	Sandstein (< 0,1 mm), rotbraun, z.T. quarzitisch hart; Schluffstein, rotbraun	
—	64,00 m	Sandstein, feinkörnig (< 0,1 mm), rosabraun, stark glimmerhaltig	
—	86,00 m	Sand-/Schluffstein-Wechselfolge	
—	88,00 m	Schluffstein, dunkelrötlichbraun	
—	100,00 m	Sandstein, feinkörnig, rosabräunlich; Schluffstein, rötlichbraun	

Bohrung 4

(VB Kirtorf-Wahlen)

Lage: TK 25 Bl. 5120 Neustadt (Kr. Marburg); R 350772, H 563038; ca. 299 m über NN
 Zeit: April/Mai 1974. Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung (\varnothing 300/200 mm)
 Leistungsquotient (Q/A): 0,09 l/s · m. Bearbeiter: HÖLTING (1974)

0,00—	2,00 m	Lehm, graubraun	Pleistozän
—	4,00 m	Lehmiges Material mit Basaltschutt und -schlacke	
—	20,00 m	Ton, grünlichgrau und gelblichbraun, mit dünnen Mergellagen	Tertiär Melanienton
—	23,00 m	Sand (Körnung < 0,1 mm), gelbbraun und grüngrau, stark tonig	Ältere Sand- und Ton-Serie
—	25,00 m	Ton, dunkelgrau bis schwärzlich, z.T. etwas grünlich	
—	27,00 m	Sand (< 0,1 mm), gelbbraungrau, stark tonig	
—	30,00 m	Sand (0,5—0,8 mm; z.T. noch gröber, gerollte Quarzkörner bis 1,5 mm), grünlichgrau, kaum tonig	
—	31,00 m	Sand wie vor, zunehmend tonig, z.T. gelblich	
—	35,00 m	Sand (Körnung wie vor), dunkel- bis schwarzgrau, z.T. etwas tonig, mit wenigen Braunkohlenlagen	

- 38,00 m Sand wie vor, Ton, grünlichgrau; Braunkohle, schwarz
- 43,00 m Sand wie vor, schwarzgrau; höherer Anteil an Braunkohle
- 44,00 m Braunkohle (xylitisch)
- 46,00 m wie bei 43 m
- 49,00 m Sand, feinkörnig; Ton, grau
- 59,00 m Sandstein (< 0,1 mm); Schluffstein; Bohrgut grau bis rosagrau, z.T. schwach grünlich Unt. Buntsandst.
- 70,00 m Sand- und Schluffstein wie vor, jedoch zunehmend rötlich braun, vereinzelt auch gelblich
- 77,00 m Schluffstein, rotbraun; Sandstein (< 0,1 mm), rotbraun, z.T. stark glimmerstaubig, dünnplattig
- 92,00 m Sandstein (< 0,1 mm), rotbraun und rosabraun; wenig Schluffstein
- 105,00 m wie vor, jedoch Sandstein z.T. um 0,1 mm und grünlich
- 120,00 m Sandstein wie vor, rotbraun, untergeordnet grünlich, wenig schluffig

Bohrung 5

(Brunnen Kirtorf)

Lage: TK 25 Bl. 5220 Kirtorf; R 3507 22, H 562680; ca. 315 m über NN

Zeit: September/Oktober 1969. Bohrverfahren: Meißel-Trockenbohrung (\varnothing 920/620 mm)

Leistungsquotient (Q/A): 0,23 l/s · m. Bearbeiter: HÖLTING (1969)

- 0,00– 1,00 m Lehm, graubraun Pleistozän
- 2,00 m Schluff, braun
- 5,00 m Sand und Schluff, braungrau Mit. Buntsandst.
Detfurth-Folge
- 6,00 m Sand, hellgrau, mittelkörnig
- 11,00 m Sand, sandfarben grau, mittel- bis grobkörnig, schluffig
- 12,00 m Sandstein, hellgrau und braun, grobkörnig, weich
- 14,00 m wie vor, z.T. sehr grob bis feinkiesig
- 16,00 m Sand bis Sandstein, braungrau, feinkörnig, stark schluffig
- 26,00 m wie vor, etwas grobkörniger
- 28,00 m Sandstein, sehr grobkörnig bis feinkiesig, sandfarben braun
- 29,00 m wie vor, jedoch zunehmender Schluffanteil, rosabraun
- 44,00 m Sandstein, sehr grobkörnig, rosabraun
- 47,00 m Schluffstein, rosabraun Volpriehausen-
Wechselfolge
- 57,00 m vorwiegend Sandstein, mittel-, vereinzelt auch grobkörnig, schluffig, rosa- bis rotbraun
- 63,00 m wie vor, jedoch feinkörniger und schluffiger, rotbraun Haupt*Avicular*lager
– ? – ? –
- 74,00 m Schluff- und Sandstein, feinkörnig, rotbraun Volpriehausen-
Wechselfolge
- 78,00 m Sandstein (0,1–0,2 mm), rotbraun, schluffig
- 91,00 m wie vor, höherer Schluffgehalt
- 94,00 m Schluffstein, dunkelbraunrot

- 98,00 m Sandstein (0,1—0,2 mm), rosabraun, schluffig
 - 99,00 m Schluffstein, hellrosa
 - 107,00 m wie vor, etwas mehr sandig
 - 117,00 m Sandstein (0,1—0,2 mm), hellbraunrosa
 - 126,00 m Sandstein (0,2—0,5 mm), hellbraunrosa
- Volpriehausen-
Sandstein
- 131,00 m Sandstein (0,5—0,8, z. T. bis 1,0 mm), sandfarben
braun

Bohrung 6

(Brunnen 28 bei Lehrbach)

Lage: TK 25 Bl. 5220 Kirtorf; R 35 01 52, H 56 27 75; ca. 222 m über NN

Zeit: März/April 1974. Bohrverfahren: Rotary-Spül-(Saug-)bohrung

Leistungsquotient (Q/A): 3,1 l/s · m. Bearbeiter HÖLTING, KAUFMANN (1974)

- 0,00— 2,00 m Lößlehm mit Steinen, gelbbraun Pleistozän
 - 7,00 m Lehm, steinig, hellbraun bis -rosabraun
 - 16,00 m wahrscheinlich lehmiger Hangschutt, rosabraun,
mit einem hohen Anteil an z.T. großen (kopf-
großen) Buntsandsteinbrocken
-
- 22,00 m Sandstein, grobkörnig (0,5—0,8 mm), teilweise
quarzitisch gebunden, rosa bis gelbbraun, rötlich,
löcherig, mit Manganschwarten und einzelnen
Schluffsteinlagen Mit. Buntsandst.
Hardeggen-Folge
 - 35,00 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig (0,1—0,4 mm),
gelbgraurosa bis rosarötlich, wenig schluffig, auf-
fallend gleichkörnig
 - 40,80 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig (0,5—0,8 mm),
rosabräunlich, untergeordnet gelbgrau, zucker-
körnig
 - 42,80 m Sandstein (0,3—0,5 mm), teilweise auch fein-
körnig, gelbgrau bis rosa, schräggeschichtet,
wenig schluffig
 - 44,00 m Sandstein, feinkörnig, hellgelb bis gelbgrau,
schluffig; Schluffstein, grünlichgrau
 - 46,50 m Sandstein (Körnung um 0,1 mm), hellgelb- bis
rosagrau, reich an Manganschwarten und ver-
witterten Feldspäten
 - 48,80 m Sandstein (um 0,3, vereinzelt bis 0,5 mm), rosa-
grau; Schluffstein, grünlichgrau
 - 59,30 m Sandstein (um 0,3, in einzelnen Lagen 0,5 bis
0,8 mm), rosa und gelblichgrau, teilweise quarzi-
tisch; Schluffstein, rotbraun, grünlich- und rosa-
grau
 - 61,20 m Sandstein (0,5—0,8 mm), gelb- bis rosagrau, kaum
schluffig, mit kaolinisierten Feldspäten
 - 63,20 m Sandstein, wie vor, rosabraun, wenig schluffig,
teilweise quarzitisch gebunden
 - 64,20 m Sandstein (0,5—0,8 mm), braun, mit bis bohnen-
großen Quarzgeröllen
 - 65,60 m Sandstein (0,5—0,8 mm), hellbeigegrau, reich an
kaolinisierten Feldspäten
 - 67,80 m Sandstein, wie vor, jedoch rötlichbraun, quarzi-
tisch, kristallglitzernd
-

- 71,30 m Sandstein (0,3–0,5, vereinzelt bis 0,8 mm), gelb- Detfurth-Folge
grau; Schluffstein, hellbeige-grau
- 72,50 m Sandstein (um 0,3 mm), gleichkörnig, rosabraun,
vereinzelt gelbgrau
- 76,00 m Sandstein (0,5–0,8, vereinzelt über 1,0 mm),
bräunlich, grau und gelblich, Sandsteinkörner
kaviarartig gerollt
- 78,80 m Sandstein (0,1–0,3 mm), hell- und bräunlich-
grau, stark schluffig, mit kaolinisierten Feld-
späten
- 81,40 m Sandstein (um 0,1 mm), gelbbraun und rosa-
braun; Schluffstein, rotbraun
- 84,80 m Sandstein, wie vor, jedoch stärker rötlich und mit
Manganschwarten ab 83,5 m, etwas weniger
schluffig
- 86,80 m Sandstein, stark schluffig, bis Schluffstein, rot-
bis rosabraun
- 91,00 m Sandstein (0,5–0,8 mm), rosabraun bis -grau,
mit Manganschwarten, etwas schluffig
- 93,00 m Sandstein (um 0,1 mm), rosagrau, stark schluffig
- 99,00 m Sandstein (0,5–0,8 mm), rosarötlich, zucker-
körnig, wenig schluffig, teilweise quarzitisch
- 100,00 m Sandstein (um 0,1 mm), rosarötlich, kaum schluf-
fig
- 103,50 m Sandstein (0,5–0,8, teilweise bis 1,2 mm), rosarot
bis hellrotbraun, mit Manganschwarten und ein-
zelnen Quarzgeröllen bis 5 mm
- 114,00 m Sandstein (0,5–0,8 mm), unten teilweise fein-
körniger (0,1–0,3 mm), rosaviolettstichig,
schluffarm
- 119,00 m Sandstein (0,5–0,8, teilweise bis 1,0 mm), braun
bis rosabraun, Körner, kaviarartig gerollt, in
Bänken zuckerkörnig, schluffarm
- 127,00 m Sandstein (0,5–0,8, vereinzelt bis 1,5 mm), braun
bis rosabraun, kaviarartig, schluffarm
- 134,20 m Sandstein (Körnung um 1,0, vereinzelt bis 2,0 mm),
braun bis rotbraun, Körner kaviarartig, schluff-
arm, an der Basis mit Manganschwarten
- 136,50 m Schluffstein, dunkelrotbraun, mit wenigen dünnen Volpriehausen-Folge
Sandsteinlagen (Körnung < 0,1 mm), gelb
- 140,50 m Sandstein (um 0,1 mm), rosarötlich mit einzelnen
grobkörnigen Lagen (bis 0,5 mm); Schluffstein,
rotbraun
- 145,00 m Sandstein (Körnung < 0,1 mm), rotbraun;
Schluffstein, rotbraun

Bohrung 7
(Brunnen Roßdorf)

Lage: TK 25 Bl. 5219 Amöneburg; R 34 92 86; H 56 25 66; ca. 215 m über NN

Zeit: November 1966. Bohrverfahren: Rotary-Spülbohrung

Leistungsquotient (Q/A): 0,95 l/s · m. Bearbeiter: HÖLTING (1966)

0,00– 1,00 m Lehm, braun

Pleistozän

— 7,00 m Schluff, grau bis hellgrau	Tertiär Ältere Sand- und Ton-Serie
— 13,00 m Sand, feinkörnig, grau	
— 16,00 m Schluff, grau, tonig	
— 19,00 m Schluff, gelbgrün, rotgeflammt	
— 21,00 m Schluff bis Ton, grün und gelblich	
— 25,00 m Schluff bis Ton, hell- bis weißgrau, auch bräunlich, stark mit Braunkohle durchsetzt	
— 28,00 m Feinsand bis Schluff, hellgrau	
— 36,00 m Schluff bis Ton, hell- bis weißgrau, wenig Braun- kohle	
— 43,00 m Schluff bis Feinsand, grau bis weißgrau, bei 39 m Braunkohle	
— 45,00 m Ton, grün	
— 59,00 m Wechselfolge Schluff-/Tonstein, rötlichviolett	<hr/> Ob. Buntsandst. Röt
— 85,00 m wie vor, vorwiegend grünlich, wenig rötlich	
— 132,00 m wie vor, rötlichviolett und grünlich	
— 157,00 m Sandstein, Spülproben: graurötlich, Quarzgerölle (z. T. zerbohrt), bis pflaumengroß	<hr/> Mit. Buntsandstein Solling-Folge

Bohrung 8
(Brunnen Erfurtshausen)

Lage: TK 25 Bl. 5219 Amöneburg; R 349577, H 562292, ca. 277 m über NN
Zeit: Juni/September 1974. Bohrverfahren: bis 230 m u. Gel. Rotary-Spülbohrung;
darunter Trocken-Meißelbohrung

Leistungsquotient (Q/A): 0,83 l/s · m. Bearbeiter: HÖLTING, KAUFMANN (1974)

0,00— 1,50 m Mutterboden und Lehm, graubraun bis braun	Pleistozän
— 4,50 m Basalt, grünlich braungrau, mit schwarzbraunen Flecken, zersetzt, mit hellbraunen Gelen	<hr/> Basaltisches Tertiär
— 6,50 m Basalt, olivbraun, verwitterte Brocken mit scha- liger Absonderung	
— 8,00 m Basaltzersatz, braun olivgrau	
— 9,50 m Basalt, braungrau, zersetzt	
— 10,00 m Ton, ockerbraun, leicht grünlichgrau, geflammt, und Ton, rotbraun	<hr/> Tertiär
— 14,00 m Ton, hellockerbraun und -ockergrau, teilweise feinsandig	
— 16,00 m Ton, ocker- bis hellgrau, schluffig	Jüngere Sand- und Ton-Serie
— 18,00 m Schluff, grünlichhellgrau, feinsandig, mit grün- lichen Tonlagen	
— 22,00 m Ton, hellviolettgrau, ockerbraun, hellgrünlich- grau und dunkelrostrot	
— 24,00 m Ton, hellgrünlichgrau, schluffig; und Feinsand (0,1—0,2 mm), schluffig	
— 25,00 m Feinsand, hellgrau, um 0,1, selten bis 0,3 mm, schwach tonig-schluffig	
— 27,00 m Mittelsand, z. T. grobsandig, hellgraubraun, um 0,4—0,6, nach unten bis über 2 mm, nur kanten- gerundete Körner	

- 28,00 m Grobsand, schwarzgrau, meist um 0,6–0,8 mm, mit Geröllen bis 6 mm, schwach kantengerundet mit Holzkohlenstückchen, Pyrit-Knollen
- 29,00 m Grobsand, schwarzgrau, körnig, 1,0–1,5 mm, Pyrit-Konkretionen
- 30,00 m Grobsand, schwarzgrau, körnig, meist 1,0 bis 2,0 mm, mit Geröllen bis 10 mm, mit schwarzen, kantengerundeten Hornsteinstückchen
- 31,00 m Ton, grünlichgrau
- 32,00 m Feinsand, hellgrünlichgrau, 0,1–0,3 mm, tonig-schluffig
- 34,00 m Mittelsand, feinsandig, fast reinweiß, 0,1–0,6, meist 0,3–0,5 mm, kantengerundete Körner
- 36,60 m Kies und Grobsand, nahezu ausschließlich dunkelgraue Komponenten, Gerölle bis 20 mm, mit Holz- und schwarzen Hornsteinstückchen
- 38,00 m Schluff, grünlichgrau, tonig, sehr schwach fein- bis mittelsandig
- 40,00 m Schluff, dunkelgraubraun, tonig, feinsandig, organisch; Feinsand, dunkelbraunschwarz, tonig; mit einzelnen Geröllen bis 10 mm (Nachfall?)
- 44,60 m Grobsand, kiesig, dunkelgrau bis -graubraun, meist 1–2 mm, mit Geröllen bis 20 mm, mit kohligen Bestandteilen
- 45,00 m Ton, hellgrüngrau
- 46,00 m Grobsand, fein- bis mittelkiesig, dunkelgrau, meist um 2 mm, Gerölle bis über 20 mm
- 47,50 m Mittelsand, hellbeigegräu, meist um 0,3–0,5, selten bis 0,8 mm
- 49,00 m Grobsand, kiesig, Gerölle bis 20 mm
- 50,00 m Schluff, hell- bis grünlichgrau, tonig, feinsandig
- 51,00 m Feinsand, grünlich bis graugrün, schluffig, schwach tonig, glimmerreich
- 54,00 m Schluff und Feinsand, grün, ockergrüngrau und -graubraun, lagenweise stark tonig
- 58,00 m Schluff und Feinsand (0,1–0,2 mm), dunkelgrau bis blauschwarz, sehr glimmerreich, bis 59 m kalkfrei
- 59,00 m Ton, schwarzgrau, schwach schluffig, ab 59 bis 83 m durchgehend stark kalkhaltig
- 83,00 m Schluff, sehr tonig, grau bis olivgrau; Ton, schluffig, dunkelgrau bis grau, sehr kalkhaltig (Mergel)
- 85,00 m Schluff, tonig, schwarzgrau, kein Kalk, ab 85 bis 105 m meist kalkhaltig mit einigen kalkfreien Zwischenlagen
- 97,00 m Schluff, stark tonig, dunkel- bis dunkelolivgrau, kalkhaltig bis stark kalkig
- 98,00 m Schluff, tonig, feinsandig, hell- bis mittelgrau stark kalkig
- 105,00 m Ton, stark schluffig, mittel- bis dunkelgrau, stark kalkig (Mergel)
- 106,00 m Feinsand, stark tonig-schluffig, dunkelmoosgrün kalkfrei

 Schleichsand

 Rupelton

 Melanienton

- 107,00 m Ton, schluffig, ockergrüngrau, oben sehr schwach kalkig
- 108,00 m Ton, graugrün, ab 108 m kalkfrei bis 120 m
- 112,00 m Ton, ockergrün bis grüngrau
- 116,00 m Schluff und Ton, ockergrau bis graugrün, nach unten schwach feinsandig
- 118,00 m Grobsand, hellbraungrau, meist um 1 mm, mit groben Körnern bis über 3 mm, kantengerundet bis eckig
- 119,00 m Grobsand, mittelsandig, hellgraubraun, meist 0,5 bis 1,0 mm, gerundet bis kantengerundet
- 120,00 m Ton, grüngrau bis ockerbraun
- 121,00 m Mergel, tonig, hellgrau bis ockergrau, stark kalkhaltig
- 123,00 m Ton, olivbraungrau, kalkfrei
- 128,00 m Ton, dunkelgrau- bis schwarzbraun, kohlig-organisch, lagenweise (zw. 126 und 127 m) schwach kalkig
- 135,00 m Ton, dunkelmoosgrün, oliv- bis mittelgrau, ab 128 bis 227 m kalkfrei
- 136,00 m Ton, schwarz bis schwarzbraun, stark organisch bis kohlig, „wachsartig“
- 138,00 m Ton, dunkelgrau
- 139,00 m Ton, dunkelgrau- bis schwarzbraun, kohlig-organisch, „wachsartig“
- 140,00 m Ton, schluffig, olivgrüngrau
- 142,00 m Ton, dunkelgrau- bis schwarzbraun, kohlig-organisch durchsetzt
- 143,00 m Grobsand, meist um 1–2 mm, mittelsandig, kantengerundet bis eckig
- 145,00 m Feinsand, hellgrau, schluffig-tonig, meist unter 0,1 mm
- 146,00 m Grobsand und Feinkies, hellbraun- bis rötlichgrau (mit rosa bis hellroten Quarzen), Korngrößen zwischen 2 und 10 mm
- 148,00 m Grobsand, um 2 mm, kantengerundet bis eckig, mit einzelnen Geröllen
- 151,40 m feiner Mittelsand, hellgrau, meist 0,2–0,3 mm, selten bis 0,5 mm
- 153,00 m Feinsand, hellgrau, tonig, 0,1–0,3 mm; Ton, grau bis dunkelgrau, schwach feinsandig
- 155,70 m Grobsand, hellgrau, meist 0,6–0,8 mm, von 155,70–175 m Braunkohlenflöze
- 160,00 m Braunkohle, fast schwarz, stark zersetzt, schwach sandig
- 161,00 m Feinsand, mittelgrau, selten grobe Körnung bis 0,8 mm
- 162,00 m Braunkohle, wie vor
- 164,00 m Feinsand, grau, mittelsandig
- 166,00 m Braunkohle, wie vor
- 167,00 m Ton, olivgrau bis hellockerbraun
- 169,00 m Braunkohle, braun bis schwarzbraun, faserig, nicht so stark zersetzt wie oben, mit untergeordneten Tonlagen

 Ältere Sand-
und Ton-Serie

- 171,00 m Feinsand, grau, wenig schluffig-tonige Bestandteile, 0,1–0,3 mm
- 174,00 m Ton, schluffig, oliv- bis dunkelbraungrau
- 175,00 m Braunkohle, schwarzbraun, stark zersetzt
- 178,00 m Feinsand, hellgrau, um 0,1 mm
- 180,00 m Feinsand, graubraun, mittelsandig, meist 0,1 bis 0,3, selten bis 0,5 mm
- 181,00 m Mittelsand, feinsandig, meist 0,3–0,5, wenig 0,1 bis 0,3, einige Körner bis 1,0 mm
- 182,00 m wie von 178–180 m
- 184,00 m Feinsand, fast weiß, Körnung < 0,1 mm, glimmerreich, und Ton, schluffig, grau
- 186,00 m Ton, dunkelgraubraun, teilweise etwas kohlig, dann schwarzbraun
- 196,00 m Ton, dunkelgrau-, ockerbraun bis olivgrau, teilweise schluffig, mit kohligen schwarzbraunen Lagen
- 197,00 m Ton, schluffig-feinsandig, und Schluff, tonig, hellgrau
- 198,00 m Grobsand und Feinkies, grau, meist 2–3 mm, eckige Körner
- 198,30 m Ton (fett), hellrot bis hellockerbeige
- 198,80 m Ton, schluffig, hellgrau
- 199,20 m Ton, schluffig, schwach feinsandig, hellgrau
- 201,00 m Fein- und Mittelsand, braungrau, tonig-schluffig
- 202,00 m Ton und Schluff, schwarzgrau (kohlig?), schlackigporöses Aussehen
- 203,00 m kohligem Ton, grauschwarz, mit eckigem Grobsand, teilweise mit Pyrit zu größeren Brocken verbacken
- 207,00 m Ton, schluffig, feinsandig, graubraun, und Schluff, feinsandig, schwach tonig, hell- bis olivgrau
- 209,00 m Mittelsand, grobsandig, fast weiß, 0,2–0,8, meist um 0,4 mm
- 214,00 m Schluff, dunkelgraubraun, mittelsandig, nach unten grobsandige bis feinkiesige Bestandteile
- 216,00 m Ton, schluffig-feinsandig, hellgrau
- 218,00 m feiner Mittelsand, hellgrau, um 0,3 mm
- 219,00 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, weißlich verwittert
- 221,00 m Sandstein (um 0,4 mm), hellrosa bis weißlich-hellgrau, rosastichig, Feldspäte größtenteils kaolinisiert
- 222,00 m Sandstein (um 0,6–0,8 mm), sonst wie vor
- 223,00 m feinsandiges, toniges Bohrgut, ockergelb (möglicherweise durch kaolinisierte Feldspäte)
- 224,00 m Sandstein, wie von 221–222 m
- 228,00 m Sandstein, mittelkörnig, hellrosa bis weißlich-hellgrau, mit kaolinisierten Feldspäten
- 229,20 m Tonstein, grünlichgrau, plastisch
- 229,70 m Tonstein, hellgrau und rötlichbraun, totaler Spülungsverlust
- 230,00 m Sandstein (0,5–0,8, z.T. bis 1,2 mm), violett-rötlich und schmutziggrau, glimmerhaltig

Mit. Buntsandstein
Solling-Folge

- 236,00 m Konglomerat aus faustgroßen Quarzen und Quarziten (zerbohrt), violettrosa bis rötlich und rosa-grau (Quarze), wenig Sandstein
- 238,00 m Sandstein (0,5–0,8 mm), braunrot, violettstichig, glimmerhaltig
- 240,00 m Sandstein (um 0,1 mm), braunrot, glimmerhaltig, schluffig
- 247,00 m Sandstein (0,5–1,2 mm), braunrot, mit zerbohrten Quarzgeröllen, stark löchrig, glimmerhaltig
- 248,00 m Tonstein, violettrot
- 250,00 m Sandstein (0,3–0,5 mm), rotbraun, kaviarartige Körner, wenig Schluffstein
- 256,00 m Sandstein (0,5–0,8 mm), rosa-rötlich, zerbohrte Gerölle
- 257,00 m Schluffstein, rotbraun
- 260,00 m Sandstein (0,2–0,5, z.T. bis 1,2 mm), rosabraun (fleischfarben), kaviarartige Körnung, einzelne zerbohrte Gerölle; Schluffstein, rosabraun

 Hardeggen-Folge

6. Zusammenfassung

Durch neuere Bohrungen im SE-Teil des Amöneburger Beckens und in der weiteren Umgebung der Stadt Kirtorf konnten früher gewonnene Untersuchungsergebnisse vertieft werden. Während vom Unteren und Oberen (Röt) Buntsandstein in diesem Gebiet durch Bohrungen bisher kein vollständiges Profil neuerer Gliederung gewonnen werden konnte, sind jetzt Ausbildung und Mächtigkeit der vier Folgen des Mittleren Buntsandsteins weitgehend bekannt. Mächtigkeitsunterschiede haben sich dabei im Amöneburger Becken und seiner Umgebung entgegen früheren Annahmen nicht ergeben. Das sedimentäre Tertiär war in seiner Abfolge schon grundlegend untersucht; die Bohrungen ließen erkennen, daß örtlich recht unterschiedliche Mächtigkeiten der einzelnen Tertiärabschnitte bestehen.

Tektonisch ist abzuleiten, daß prätertiär (wohl jungkimmerisch) eine großangelegte Schwelle entstanden war, die der Kellerwald-Schwelle (im Sinne HUMMELS) entspricht. Durch Darstellung der Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein, bezogen auf Meter über/unter NN, wurde in einer Übersichtskarte die regionale Kenntnis der tektonischen Verhältnisse erweitert. Die Schollen nördlich des Amöneburger Beckens setzen sich in das Becken hinein fort. Östlich des Beckens steigen die Schichtfolgen in mehreren Staffeln zu den Hochschollen an, die zwischen Amöneburger Becken und dem Alsfelder Becken im Bereich der Kellerwald-Schwelle liegen. Es handelt sich um die Speckswinkeler, Allendorf-Kirtorfer und Erbenhausener Hochschollen. Zwischen den Hochschollen entstanden Senken, im N das Neustädter Becken, im S die Gleental-Depression. Im First der östlichen Hochschollen ist der Momberg-Wahlener (Muschelkalk-) Graben eingesunken. Längsprofile zeigen, daß von der Schweinsberger Depression im Amöneburger Becken bis zur Allendorf-Kirtorfer Hochschule (Ober-Gleen E Stadt Kirtorf) Verwerfungsbeträge von mehr als 520 m bestehen.

Schon frühere Untersuchungen (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964) hatten ergeben, daß das Amöneburger, Neustädter und auch das weiter östlich gelegene Als-

felder Becken jungtertiäre bis pleistozäne Einbruchsbecken sind. Die heutige tektonische Situation wurde teils durch prätertiäre (jungkimmerische) Vorgänge (Herausbildung der Kellerwald-Schwelle und Schollenkipnungen), teils durch die eben genannten jungen Beckeneinbrüche geprägt. Überlegungen wurden angestellt, die einzelnen orogenen Phasen zu differenzieren. Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, daß zu Beginn der Sedimentation des Melanientons im Unteroligozän das Relief ausgeglichen gewesen sein muß; durch Bezug der Melanienton-Basis auf ein einheitliches Niveau (Meter über NN) würde es dann möglich sein festzustellen, welche Vertikal-Bewegungen erst nach Sedimentation des Melanientons erfolgten. Ein besonders hervorzuhebendes Ergebnis dieser Auswertung der Bohrungen war es, daß im Momburg-Wahlener Graben nach dessen jungkimmerisch erfolgter Einsenkung offenbar keine wesentlichen Bewegungen mehr stattfanden. Erwartungsgemäß bestätigte sich, daß die genannten Becken erst im Jungtertiär und später einsanken. Für das Amöneburger Becken errechneten sich Senkungsbeträge von größenordnungsmäßig 100—200 m, für das Alsfelder Becken von 100 m.

Hydrogeologisch fallen die unverhältnismäßig schlechten Trennfugendurchlässigkeiten der Buntsandsteinfolgen im Vogelsberg-Randgebiet auf, die teils auf die dort festzustellende Kaolinisierung der Sandsteine, teils aber wahrscheinlich auch pressungstektonisch bedingt sind. Hydrochemisch liegt in den grundwasserleitenden Buntsandstein-Folgen am Vogelsberg-Rand ein Typ vor, der vom sonst üblichen (mit weichem, aggressiven, sauerstoffreichen Wasser) abweicht. Es handelt sich um alkalihydrogenkarbonatreiche, ziemlich harte, kohlenäurereiche, vor allem aber reduzierte, also sauerstoffarme Wässer. Überlegungen wurden angestellt, wodurch die Reduktion verursacht worden sein könnte. Es wurde davon ausgegangen, daß sie durch Kohlenwasserstoffe bewirkt sein müßte. Die Herkunft solcher Kohlenwasserstoffe wurde versucht zu ergründen. Dabei wurde auch die Möglichkeit diskutiert, ob Methan oder höhere Kohlenwasserstoffe (organogen oder auch magmatogen) das Agens sein könnten. Am wahrscheinlichsten schien es jedoch, daß das versickernde (Niederschlags-) Wasser die braunkohlenhaltige Ältere Sand- und Ton-Serie des Alttertiärs passiert und dabei durch mikrobielle Vorgänge seinen Gehalt an Freiem Sauerstoff mehr oder weniger verliert. Die Freie Kohlensäure dürfte weitgehend magmatogen sein; der Anteil biogener Kohlensäure wird als gering erachtet.

7. Schriftenverzeichnis

- ABELE, G. (1950): Die Heil- und Mineralquellen Südbayerns. — *Geologica Bavarica*, **2**: 112 S., 2 Kt.; München.
- ANDERSON, H.-J. (1961): Gliederung und paläogeographische Entwicklung der Chattischen Stufe (Oberoligozän) im Nordseebecken. — *Meyniana*, **10**: 118—146, 3 Kt.; Kiel.
- BOIGK, H. & STAHL, W. (1970): Zum Problem der Entstehung nordwestdeutscher Erdgaslagerstätten. — *Erdöl u. Kohle*, **23**: 325—333; Hamburg.
- BREGER, J. A. (1963): *Organic Geochemistry*. — 658 S., 149 Fig., 80 Tab.; Oxford-London-New York-Paris (Symposium Publications Division, Pergamon Press).
- BRINKMANN, R. (1967): Gefüge und Vulkanotektonik im Vogelsberg (Niederhessen). — *Geol. Rdsch.*, **57**: 148—165, 9 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- COLOMBO, U., GAZZARINI, R., KNEUPER, G., TEICHMÜLLER, M., TEICHMÜLLER, R. (1968): Das Verhältnis der stabilen Kohlenstoff-Isotope von Steinkohlen und kohlenbürtigem Methan in Nordwestdeutschland. — *Z. angew. Geol.*, **14**, 5: 257—264, 17 Abb.; Berlin.

- DANS-LAX (1967): Taschenbuch für Chemiker und Physiker. — 1, 1522 S., 7724 Tab.; Berlin-Heidelberg-New York (Springer).
- DEUBEL, FR. (1954): Betrachtungen über das Auftreten von Erdöl und Erdgas im Zechstein des Thüringer Beckens. — *Geologie*, **3**: 804—831; Berlin.
- DIEDERICH, G. (1966): Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandsteins norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **94**: 132—157, 8 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- ENGEL, FR. & HÖLTING, B. (1970): Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse und die Erschließung des Grundwassers der Wasserwerke Stadt Allendorf und Wohratal (Ldkrs. Marburg). — *Wasser u. Boden*, **22**, 5: 105—111, 8 Bilder; Hamburg.
- GLATTHAAR, D. (1974): Zur Genese der Oberflächenformen der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle (Mittelhessen). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **102**: 191—206, 10 Abb.; Wiesbaden.
- GOMM, KL. & HUCKRIEDE, R. (1973): Zur Datierung des frühen Vogelsberg-Basaltikums: die untermiozänen Kalke am Leidenhöfer Kopf in Oberhessen. — *Geologica et Palaeontologica*, **7**: 203—206, 1 Abb.; Marburg.
- GRAMANN, FR. (1960): Das ältere Tertiär im nördlichen Vorland des Vogelsberges. — *Sber. Ges. Beförd. ges. Naturwiss. Marburg*, **82**: 6—113, 19 Abb., 3 Taf., 2 Beil.; Marburg.
- GRAUL, H., HIEKE, W. & RITZKOWSKI, S. (1965): Der „Niederhessische Chirotherien-Sandstein“ im Westteil der Hessischen Senke und die sog. „Rötelzone“ bei Marburg/Lahn (Buntsandstein, nördliches Hessen). — *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, **6**: 321—333, 7 Abb.; Stuttgart.
- (1967): Zur Stratigraphie des höheren Buntsandsteins bei Kirchhain am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — *Geologica et Palaeontologica*, **1**: 49—56, 3 Abb., 1 Tab.; Marburg.
- & HÖLTING, B. (1968): Buntsandsteinstratigraphie und Tektonik im Gebiet Stadt Allendorf und Neustadt (Ldkrs. Marburg). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**: 120—136, 2 Abb.; Wiesbaden.
- (1970): Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mittleren Buntsandstein am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **98**: 93—111, 8 Abb.; Wiesbaden.
- HEINE, K. (1970): Die Bleichung der Sandsteine bei Marburg/Lahn — eine hydrothermale Bildung. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **98**: 198—205, 1 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- HOCH-TATGE, U. (1958): Der Momberger Graben im Oberhessischen Buntsandstein. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **87**: 133—161, 6 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- HOEFS, J. (1973): Ein Beitrag zur Isotopengeochemie des Kohlenstoffs in magmatischen Gesteinen. — *Contr. Mineral. Petrol.*, **41**: 277—300, 2 Abb., 9 Tab.; Stuttgart.
- HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1964): Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **47**: 37 S., 2 Taf.; Wiesbaden.
- & ZAKOSEK, H. (1972): Hydrogeologische und bodenkundliche Untersuchungen in der Lahn-Aue bei Wehrda nördlich Marburg/Lahn. — *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **21**: 371—388, 8 Abb., 3 Tab.; Krefeld.
- HUCKRIEDE, R. (1972): Altholozäner Beginn der Auelehm-Sedimentation im Lahn-Tal? — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **100**: 153—163; Wiesbaden.
- & ZACHOS, S. (1969): Die pliozänen Flußschotter auf den Lahnbergen bei Marburg — ein wichtiges Dokument zur hessischen Landschafts- und Flußgeschichte. — *Geologica et Palaeontologica*, **3**: 195—206, 3 Abb.; Marburg.
- HUMMEL, K. (1929): Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes (Vogelsberg und Rhön). — *Fortschr. Geol. Paläontol.*, **8**: 241 S., 12 Abb., 3 Taf.; Berlin.
- KÄSTNER, H. (1964): Beobachtungen zum Auftreten von Kohlenwasserstoffen im Werra-kaligebiet. — *Z. angew. Geol.*, **10**: 359—364, 2 Abb.; Berlin.

- KÖBRICH, C. (1926): Die Tiefbohrungen nach Salz in Oberhessen in den Jahren 1905/07. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-Anst. Darmstadt (V) 8: 197—223; Darmstadt.
- KULICK, J. (1966): Der Untere Buntsandstein am Südrande des Kellerwaldes (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 94: 182—200, 1 Abb., 3 Taf.; Wiesbaden.
- LAEMMLEN, M. (1966): Der Mittlere Buntsandstein und die Solling-Folge in Südhessen und in den südlich angrenzenden Nachbargebieten. — Z. deutsch. geol. Ges. (1964), 116, (3): 908—949, 12 Abb., 4 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- LANG, H. D. (1954): Ein Alleröd-Profil mit eingelagertem Laacher-See-Tuff bei Marburg/Lahn. — N. Jb. Geol. Paläontol., 1954, Mh.: 362—372; Stuttgart.
- MATTHES, G. (1970): Beziehungen zwischen geologischem Bau und Grundwasserbewegung in Festgesteinen. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 58: 105 S., 20 Abb., 18 Tab., 4 Taf.; Wiesbaden.
- (1973): Die Beschaffenheit des Grundwassers. — Lehrbuch d. Hydrogeologie, 2, 324 S., 89 Abb., 86 Tab.; Stuttgart (Borntraeger).
- MÜLLER, E. P., GOLDBECKER, K. & BOTNEWA, T. A. (1973): Zur Geochemie und Genese stickstoffreicher Erdgase. — Z. angew. Geol., 19 (10): 494—499, 4 Abb.; Berlin.
- RITZKOWSKI, S. (1965a): Der Schlierbacher Muschelkalk-Graben und sein Buntsandsteinrahmen am Ostrande des Kellerwaldes (nördliches Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 93: 147—175, 4 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1965b): Das marine Oligozän im nördlichen Hessen. Stratigraphie und Paläontologie. — Maschinenvervielfältigte Diss.: 1—194, 28 Abb.; Marburg.
- ROTH, W. (1966): Der Untere Buntsandstein bei Marburg/Lahn. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 94: 173—181, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- SCHENK, E. (1961): Tertiär, Vulkanismus und Tektonik im Mittleren Hessen. 1. Ergebnisse einer Bohrung in das ältere Tertiär und den Muschelkalk bei Wahlen und die Tektonik am Nordrand des Vogelsberges. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 89: 310—319, 2 Abb.; Wiesbaden.
- STAHL, W. & DIEDERICH, G. (1975): C-Isotopenanalysen des Methans und Kohlendioxids einiger hessischer Mineralwässer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 103: 305—313, 1 Abb., 5 Tab.; Wiesbaden.
- STOPPEL, D. & JENTSCH, S. (1958): Emsquarzit unter der Hessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 86: 133—139, 1 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- THEWS, J.-D. (1967): Die Wassergewinnungsmöglichkeiten im bayerischen Buntsandstein-Spessart. — Beitr. Geol. Aschaffenb. Raum: 135—163, 1 Abb., 2 Taf.; Aschaffenburg (Pattloch).
- TRUSHEIM, F. (1964): Über den Untergrund Frankens. — Geologica Bavarica, 54: 91 S., 11 Abb., 13 Beil.; München.
- UDLUFT, H. (1951): Über den tektonischen Aufbau der Buntsandsteinlandschaft zwischen Marburg und Kirtorf. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) 2: 5—14, 1 Taf.; Wiesbaden.

Zur Geologie des Stadtgebietes von Hofheim am Taunus

Von

EBERHARD KÜMMERLE und JOE-DIETRICH THEWS*

Mit 1 Abbildung

Abstract: The results of several boreholes, drilled in the town of Hofheim (sheet 5916 Hochheim a. Main of the geological map of Hesse) are discussed as to local problems of stratigraphy and facies of Miocene strata at the southern margin of the Taunus Mountains.

Inhalt

1. Einleitung	265
2. Niedergebrachte Bohrungen	265
3. Auswertung der Bohrerergebnisse	272
4. Zur Frage der Hofheimer Kiese	274
5. Zum Alter der Kiese vom Steinberg	275
6. Hydrogeologische Verhältnisse	275
7. Zusammenfassung	276
8. Schriftenverzeichnis	276

1. Einleitung

Zwischen 1969 und 1971 wurden im Zusammenhang mit Fragen der Angewandten Geologie im Stadtgebiet von Hofheim mehrere Bohrungen niedergebracht, deren Ergebnisse im folgenden besprochen werden.

2. Niedergebrachte Bohrungen

(Lageplan bei MÜLLER, PRINZ & THEWS 1975, Abb. 1, S. 341 dieses Bandes)

Versuchsbohrung Pfingstweide

Lage: R 346025, H 555066, ca. 147 m über NN

Bis 19 m Trockenbohrung, 300 mm \varnothing , bis 91 m als Rotarybohrung, End- \varnothing 200 mm

Bearbeiter: E. KÜMMERLE, J.-D. THEWS

* Dr. E. KÜMMERLE, Dr. J.-D. THEWS, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 6200 Wiesbaden, Leberberg 9.

– 1,00 m	Lößlehm, braun, mit Sand u. Kies, kalkfrei	Umgelagertes Material, Pleistozän
– 4,00 m	Lehm, braun, sandig, kalkfrei	„
– 4,50 m	Ton, bräunlichgelb, schluffig, schwach grobsandig, kiesig, kalkfrei	Jüngeres Miozän bis Pliozän
– 5,30 m	wie vor, vorwiegend braunrot mit grünlichgelben Lagen, kalkfrei	„
– 6,00 m	Quarzmittelsand (0,2–0,6 mm), hellbeige, feinsandig, scharfkantiges bis kaum kantengerundetes Korn, grundwasserführend, kalkfrei	„
– 8,20 m	Grobsand bis Feinkies aus Quarz und Taunusquarzit, beige, einzelne Komponenten bis 40 mm \varnothing , kantengerundet, kalkfrei	„
– 9,40 m	Fein- bis Mittelsand, hellgrau bis beige, schluffig-tonig, grobsandig und feinkiesig, kalkfrei	„
– 9,90 m	wie vor, teilweise hellviolettrot, weniger schluffig-tonig, Quarz- und Quarzitzerölle bis 50 mm \varnothing , kantengerundet	„
– 10,50 m	Mittel- bis Grobsand, blaßviolett, stark kiesig, Quarzgerölle bis 40 mm \varnothing , schwach schluffig, kalkfrei	„
– 11,30 m	Mittel- bis Grobsand, rötlichbeige, kiesig, Quarzgerölle bis 60 mm \varnothing , schwach feinsandig-schluffig, grundwasserführend, kalkfrei	„
– 11,70 m	Schluff, violettrot und braungelb, mit braungelben Fein- bis Mittelsandlagen, kalkfrei	„
– 12,20 m	Mittelsand, hellgrau und rötlichbeige, kiesig (Quarz), feinsandig, grundwasserführend, kalkfrei	„
– 12,70 m	Quarz- und Quarzitkies bis 80 mm \varnothing , rötlichbeige, stark grobsandig, schwach feinsandig-schluffig, Geröllform eckig bis kantengerundet, kalkfrei	„
– 12,90 m	Schluff, hellbraun mit braunroten Partien, tonig, teilweise sandig-kiesig, kalkfrei	„
– 13,50 m	Ton, hellbraun und bläulichgrau, kalkfrei	„
– 14,10 m	wie vor, graugrün, teilweise rötlichbraun, grünlichbraun und rostiggelb, teilweise sandig-kiesig bis 10 mm \varnothing , kalkfrei	„
– 15,00 m	Schluff, hellrosa- und gelbbraun, Mn-fleckig, teilweise feinsandig, kalkfrei	„
– 17,00 m	Ton bis Schluff, dunkelgrüngrau, kalkfrei	Miozän (Hydrobienschichten)
– 18,00 m	Probe fehlt	„
– 25,00 m	Mergel, grüngrau, bei 22,0 u. 24,0 m schwach feinsandig, mit vielen feinen Kalksteinbruchstücken bis 5 mm \varnothing	„
– 28,50 m	Mergel, grünlichgrau, dünne hellgrüne bis weißliche Lagen, bei 25,0 m etwas dunkler und fein- bis mittelsandig	„
– 34,20 m	Quarzmittel- bis -grobsand, grau, schwach mergelig, eckig bis kantengerundet, starker Schwefelwasserstoffgeruch nach Behandlung mit Salzsäure bei 31,0 m deutlich feinkiesig bei 33,0 m Schalenbruchstücke bei 34,0 m fein- bis mittelsandig	„

– 36,00 m	Mergel, hellgrünlichgrau, schwach feinsandig Fauna: <i>Dreissena brardi</i> (FAUJAS) <i>Hemicyprideis ? miocaenica</i> (LIEN.) <i>Gobius francofurtanus</i> KOKEN <i>Notogoneus longiceps</i> (AG.) <i>Alburnus miocenicus</i> KINK. (18,0–36,0 m)	Miozän (Hydrobienschichten)
– 38,00 m	Probe fehlt	
– 40,50 m	Mittelsand, grünlichschwarz, schwach feinsandig, schwach kalkhaltig	„
– 43,00 m	Mergel, grüngrau, schluffig, mit stückiger holziger Braunkohle	(Ob. Hydrobiensch.)
– 45,50 m	Ton, dunkelgrün- bis schwärzlichgrau, schluffig, kalkhaltig Fauna: <i>Candona candidula</i> LIEN. <i>Alburnus miocenicus</i> KINK.	„
– 48,00 m	Mittelsand, grau, kantengerundete Quarzkörner, kiesig bis 20 mm \varnothing , kalkhaltig	„
– 49,00 m	Probe fehlt	
– 56,70 m	Quarzmittel- bis -grobkies, hellgrau, einzelne feine Quarzitgerölle, kantengerundet bis gerundet, grob- sandig, kalkfrei	„
– 60,00 m	Schluff, graugrün, tonig, feinsandig, mergelig Fauna: <i>Eucypris agglutinans</i> (LIEN.) <i>Cypridopsis ? similis</i> (LIEN.)	„
– 64,00 m	Mergel, graugrün, reichlich Hydrobien- und Mu- schelbruchschill Fauna: <i>Eucypris agglutinans</i> (LIEN.) <i>Smerdis rotundus</i> WEILER	(Unt. Hydrobiensch.)
– 68,00 m	Mergel, graugrün bis schwarzgrau, schluffig, mit Hydrobien und beigen porösen Kalksteinbröckchen (Riffbruchstücke ?) Fauna: <i>Smerdis rotundus</i> WEILER <i>Cypridopsis ? similis</i> (LIEN.) <i>Prolebias altus</i> W.	„
– 70,80 m	Schluff, dunkelgrüngrau bis schwärzlich, hellgrün- graue tonige Lagen, kalkhaltig	„
– 72,50 m	Quarzmittel- bis -grob sand, grau, schwach fein- kiesig, eckig bis kantengerundet, kalkhaltig	„
– 77,00 m	Ton bis Schluff, graugrün, schwach feinsandig, kalk- frei	„
– 78,70 m	Quarzmittelsand, mittelgrau, schwach kalkhaltig	„
– 79,50 m	Schluff, grün- und schwarzgrau, tonig, feinsandig, kalkhaltig	„
– 91,00 m	Quarz- u. Quarzitkies bis 30 mm \varnothing , grau, z.T. braun oxidiert, z.T. grünlich, mittel- bis grobsandig, kantengerundet, kalkfrei Hydrobienschalen in allen kalkführenden Proben	Miozän, evtl. Oligozän

Abschöpfbrunnen Rossertstraße

Lage: R 3460235, H 5550403, 139,4 m über NN

Trockenbohrung von 850 mm \varnothing ; Bearbeiter: E. KÜMMERLE, J.-D. THEWS

– 5,00 m Kies, Sand, Gerölle, gelbbraun u. grau Überw. Auffüllung

— 5,50 m	Ton, grünlichgrau u. braun, schluffig, in dünnen Lagen wechsellagernd mit gelbem, braunem u. rosa Schluff sowie Fein- bis Mittelsand, wenige Quarz- kieskomponenten, kalkfrei	Höheres Miozän bis Pliozän
— 6,50 m	Sand, rosa, fein- bis mittelkiesig, gelbe, grünliche u. rosa Ton- bis Schlufflagen, dünn-schichtig, kalkfrei	„
— 8,20 m	Quarz u. Quarzitkies bis 30 mm \varnothing , kantengerundet bis gerundet, mit gelbbraunem, leicht schluffigem Mittel- bis Grobsand, kalkfrei	„
— 8,70 m	Ton, rot, gelb u. grün, schluffig, kalkfrei	„
— 10,20 m	Grobsand, gelbbraun, stark kiesig, mit rötlich- braunen Tonlagen bis 20 cm Mächtigkeit, kalkfrei	„
— 12,30 m	Schluff, blauschwarz, tonig, kalkfrei	Umgelagerte Miozänschichten ?
— 13,00 m	Quarzkies, braun, kantengerundet, grobsandig, etwas schluffig, kalkfrei	„
— 13,20 m	Feinsand, braun, mit grüngrauen Zwischenlagen, stark schluffig, z. T. tonig, kalkfrei	„
— 13,60 m	Schluff, blaugrau, stark tonig, kalkhaltig	Miozän (Hydrobienschichten)
— 16,00 m	Ton, grünlichgrau, schluffig, kalkfrei	„
— 17,40 m	Ton, graugrün, mergelig	„
— 19,30 m	Ton, grüngrau, schluffig, kalkhaltig	„
— 19,80 m	Dolomit- bis Kalkstein, grau, Schalenhöhlräume u. Steinkerne von „Cerithien“ Fauna: <i>Camdona candidula</i> LIEN. <i>Hemicyprideis miocaenica</i> (LIEN.) <i>Alburnus miocenicus</i> KINK. <i>Perca</i> ? sp. <i>Dreissena brardi</i> (FAUJAS) (16,0—19,8 m)	„
— 21,00 m	Ton, grünlich u. blaugrau geflammt, kalkfrei	„

Bohrung 1, Oskar-Meyrer-Straße

Lage: R 3460 250, H 55 50 399, 138,89 m über NN

Kernbohrung von 90 mm \varnothing ; Bearbeiter: H. PRINZ, J.-D. THEWS

— 1,90 m	Lehm, sandig, kiesig, mit Ziegelresten	Auffüllung
— 3,00 m	Ton, gelbbraun u. blaugrün gestreift, schluffig, etwas kiesig, weich — steif, kalkhaltig	Miozän (umgelagert)
— 3,50 m	Ton, graugrün, braunfleckig, schluffig, kiesig, steif, kalkhaltig	Miozän (Hydrobienschichten)
— 3,90 m	Ton, dunkelgrau, leicht grünlich, schluffig, sehr steif — halbfest, kalkhaltig	„
— 3,95 m	Kalkarenit, schwarz, aus Hydrobienschill	„
— 7,40 m	Ton, dunkelgrau, schluffig, sehr steif, kalkhaltig	„
— 7,45 m	Kalkarenit, schwarzgrau, schluffig, aus Hydrobien- schill	„
— 10,90 m	Ton, dunkelgrau, schluffig, steif — halbfest, stark kalkhaltig	„
— 11,00 m	Feinsand, mittelgrau, schluffig, kalkfrei	„
— 11,50 m	Ton, grünlichgrau, schluffig, sehr steif, kalkfrei	„
— 12,80 m	Kalkstein, hellgrau, mit schluffigen Mergelzwischen- lagen	„
— 13,70 m	Ton, hellgrüngrau, schluffig, sehr steif, kalkhaltig	„

– 15,00 m	Kalkstein, weißgrau, Zwischenlagen von grusigem Mergel	Miozän (Hydrobienschichten)
– 15,60 m	Ton, hellgrau, leicht grünlich, schluffig, sehr steif – halbfest, kalkhaltig	„
– 16,60 m	Kalkstein, hellgrau, wenig Mergel	„
– 17,00 m	Ton, hellgrau, stark schluffig, sehr steif, kalkhaltig	„
– 18,10 m	Kalkstein, hellgrau, wenig Mergel	„
– 18,70 m	Ton, grünlichgrau, schluffig, sehr steif, kalkhaltig	„
– 19,20 m	Kalkstein, hellgrau, etwas Mergel	„
– 22,30 m	Ton, dunkelgrau, schluffig, halbfest, kalkhaltig	„
– 23,70 m	Feinsand, dunkelgrau, schluffig, tonig, dicht, kalkhaltig	„
– 24,30 m	Ton, dunkelgrau, schluffig, halbfest, kalkhaltig	„
– 25,00 m	Kalkstein, hellgrau, etwas Mergel	„

Bohrung 2, Rossertstraße

Lage: R 34 60 242, H 55 50 383, 135,17 m über NN

Kernbohrung von 90 mm \varnothing ; Bearbeiter: H. PRINZ, J.-D. THEWS

– 1,50 m	Auffüllung	
– 2,40 m	Schluff, hellgrau u. ockerfarben, tonig, mit organischen Resten, sehr weich, kalkfrei	Quartär
– 2,80 m	Schluff, schwarzgrau, tonig, mit Pflanzenresten, sehr weich, kalkfrei	„
– 3,90 m	Schluff, hellfahlgrau, tonig, feinsandig, weich – sehr weich, kalkfrei	„
– 4,90 m	Sand, hellgrau, schluffig, kiesig	„
– 5,10 m	Torf, schwarzgrau, schluffig, mit Holzresten, weich	„
– 10,60 m	Kies, hellgrau u. gelbbraun, ab 10,0 m leicht rosa, sandig, mit Geröllen, lagenweise schluffig	Höheres Miozän bis Pliozän
– 12,20 m	Ton, hellgrünlichgrau, schluffig, weichplastisch, kalkhaltig	Miozän (Hydrobienschichten) (umgelagert)
– 15,00 m	Ton, gelbbraun u. hellgrau, stark quarzkiesig, weich, sehr schwach kalkhaltig; vermutl. Schlottenfüllung	„
Die Bohrung wurde zunächst bei 15,0 m aus technischen Gründen eingestellt, später auf 39,0 m vertieft		
– 19,80 m	Ton, grün- bis blaugrau, stark schluffig, dünne Feinsandlagen, sehr steif	Miozän (Hydrobienschichten)
– 20,10 m	Feinsand, grau, schluffig, dicht	„
– 20,40 m	Ton, grüngrau, schluffig, mit Sandlagen, steif Fauna: <i>Eucypris agglutinans</i> (LIEN.) <i>Candona candidula</i> LIEN. <i>Alburnus miocenicus</i> KINK. <i>Dreissena brardi</i> (FAUJAS)	„
– 21,00 m	Feinsand, dunkelgrau, stark schluffig, mit Schlufflagen, dicht	„
– 21,40 m	Ton, grau, schluffig, sehr steif	„
– 22,60 m	Kalkstein, grau, dicht, hart	„
– 23,50 m	Ton, grünlichgrau, schluffig, mit Feinsandlagen, sehr steif – halbfest	„
– 24,60 m	Quarzsand, weißgelb, kiesig, schluffig, dicht	„
– 25,00 m	Feinsand, grauschwarz, tonig, dicht	„
– 25,65 m	Ton, grauschwarz, feinsandig, halbfest	„
– 26,00 m	Quarz, Mittelkies, weißgelb, sandig, dicht	„

– 27,50 m	Ton, schwarzgrau, schluffig, feinsandig, feinschichtig, Schichtung 15° einfallend, halbfest	Miozän (Hydrobienschichten)
– 28,10 m	Kalkstein, hellgrau, dicht, hart, mit schwarzen Tonlagen	„
– 28,70 m	Quarzgrobkies, gelbweiß, sandig, kantengerundet bis gerundet, dicht	„
– 29,00 m	Ton, grau, schluffig, feinsandig, mit Feinsandlagen, halbfest	„
– 31,50 m	Quarz- u. Quarzitgrobkies, hellgrau, mit Geröllen bis über 100 mm \varnothing , z.T. gut gerundet, dicht	„
– 35,30 m	Feinsand, hellgrau, dicht	„
– 38,80 m	Kies wie bis 31,5 m	„
– 39,00 m	Ton, gelbgrau, schluffig, kiesig, halbfest	„

Bohrung 3, Rossertstraße

Lage: R 3460 223, H 55 50 401, 139,32 m über NN

Kernbohrung von 90 mm \varnothing ; Bearbeiter: H. PRINZ

– 1,80 m	Auffüllung	
– 2,50 m	Kies, ockergelb-braun, stark sandig, leicht lehmig	Höheres Miozän bis Pliozän
– 9,50 m	Kies, weiß, gelb, ab 7,00 m rosa, sandig, etwas schluffig und tonig	„
– 10,30 m	Feinsand, rosa, lehmig-schluffig	„
– 13,90 m	Kies, ockergelb, sandig	„
– 14,20 m	Feinsand, hellbraun	„
– 14,80 m	Ton, gelbbraun u. grüngrau, schluffig, vereinzelt Kies, sehr steifplastisch – halbfest	„ (Umlagerungszone)
– 15,40 m	Ton, grauschwarz, schluffig, mit vielen Feinsandlagen, sehr steif – halbfest, kalkfrei	„
– 16,10 m	Feinsand, ockergelb u. hellgrau, schluffig, kalkfrei	„
– 17,60 m	Sand, hellbraun, leicht kiesig, schluffig, kalkfrei	„
– 22,10 m	Ton, dunkelgrüngrau, schluffig, sehr steif – halbfest, kalkfrei	„
– 22,30 m	Kalkstein, hellgrau, sehr mergelig, stark verwittert, klüftig	Miozän (Hydrobienschichten)
– 22,50 m	Sand, hellgraubraun bis schwarz, mit Kalkooiden, dicht	„
– 24,60 m	Ton, hellgrüngrau, schluffig, sehr steif – halbfest, kalkhaltig	„
– 26,90 m	Ton, dunkelgrüngrau, stark schluffig, halbfest	„
– 28,10 m	Ton, dunkelgrau u. schwarz, mit Fossilsandlagen u. Ooiden, halbfest	„
– 30,00 m	Ton, dunkelgrüngrau, mit dünnen Kalkschluff- u. Fossilsandlagen, halbfest – fest	„

Bohrung 4, Rollschuhplatz

Lage: R 3460 26, H 55 50 74, ca. 157 m über NN

Kernbohrung von 90 mm \varnothing ; Bearbeiter: H. PRINZ

– 2,10 m	Kies, Sand u. Lehm	Auffüllung
– 2,70 m	Lehm, hellbraun, stark kiesig, weich – steif	Quartär
– 3,20 m	Ton, gelbbraun u. weißgrau, schluffig, leicht kiesig, mit Quarzitgeröllen, steif, kalkfrei, mit Kalkbröckchen	Umgelagertes jüngeres Miozän- bis Pliozän- u. Lößmaterial

– 6,10 m	Ton, gelbbraun, rot geflammt, sehr stark schluffig, lagenweise etwas Kies, sehr steif – steif, bei 3,50 m alte Mutterbodenreste u. Kalkeinschwemmungen	Umgelagertes, jüngeres Miozän- bis Pliozän- u. Lößmaterial
– 7,80 m	Feinsand, weißgrau u. gelblichbraun, stark schluffig	Jüngeres Miozän bis Pliozän
– 8,60 m	Sand, hellbraun u. grau, stark kiesig	„
– 9,70 m	Wechsel von schluffigem Feinsand u. feinsandigem Schluff, weiß- u. hellgrau, teilweise leicht rosa, kiesig, kalkfrei	„
– 12,80 m	Kies, hellfahlbraun, stark sandig, lagenweise stark schluffig, mitteldicht – dicht	„
– 13,70 m	Feinsand, violett, weiß, grau, ziegelrot, schluffig, mit feinsandigen Schlufflagen, kiesig, weich – steif, teilw. weich	„
– 14,50 m	Ton, graubraun mit grünlichen u. weinroten Schlieren, schluffig, steif – halbfest	„
– 15,40 m	Kies, hellrötlichbraun, sandig, mit Sand- u. Schlufflagen	„
– 15,60 m	Ton, mittelbraun, rot u. rot meliert, schluffig, etwas kiesig, sehr steif – halbfest	„
– 16,10 m	Kies, hellbraun, sandig, schluffig	„
– 17,10 m	Feinsand, hell- u. hellrötlichbraun, etwas schluffig	„
– 17,40 m	Feinsand, hellrötlichbraun, stark kiesig, leicht schluffig	„
– 17,80 m	Ton, schmutzighellbraun, schluffig, streifplastisch – halbfest, kalkfrei	„
– 20,30 m	Ton, schwarz-, lagenweise blaugrau, schluffig, halbfest, kalkfrei, ab 20,00 m leicht kalkhaltig	Miozän (Hydrobienschichten)
– 20,60 m	Ton, grau, schluffig, mit Hydrobienschill, halbfest, kalkhaltig	„
– 20,80 m	Kalkstein, grau, mergelig, brüchig, klüftig	„
– 24,50 m	Ton, grau, schluffig, mit Kalkstein- u. Fossilsandlagen, halbfest	„

Bohrung 6, Oskar-Meyrer-Straße

Lage: R 3460250, H 5550390, ca. 136 m über NN

Kernbohrung von 90 mm \varnothing ; Bearbeiter: H. PRINZ

– 0,40 m	Schluff, Ton, Humus, dunkelbraun	Mutterboden
– 1,60 m	Schluff, graubraun, tonig, leicht kiesig, sehr steif-plastisch	Miozän (umgelagert)
4,00 m	Mergel, grau, Kalksteinbröckchen, einzelne Kieskomponenten, weich – breiig	Möglicherweise Auslaugungsrückstand
– 4,60 m	Ton, gelbgrau, schluffig-sandig, kiesig, weich	„
– 6,30 m	Ton, grünlichgrau, schluffig, kleine Mergelknollen, steif	Miozän (Hydrobienschichten)
– 6,90 m	Ton, grünlichgrau, schluffig, Pflanzenreste, steif	„
– 8,10 m	Ton, graugrün, schluffig, steif	„
– 9,20 m	Ton, hellblaugrün, schluffig, mit Hydrobienschalen, steif	„
– 10,00 m	Kalkstein, grau, dicht, hart, mit Lösungsspuren	„
– 10,20 m	Ton, dunkelgrau, schluffig, sehr steif	„
– 11,00 m	Kalkstein mit Mergellagen, hellgrau, halbfest und fest	„
– 13,30 m	Kernverlust, wahrscheinl. Ton	„

– 18,40 m	Ton, grau, schluffig, meist steif, dünne Mergellagen bei 14,80, 15,80, 16,80 u. 18,40 m	Miozän (Hydrobienschichten)
– 22,20 m	Kernverlust, wahrscheinl. Ton	„
– 26,20 m	Ton, grau, schluffig, sehr steif	„
– 26,80 m	Feinsand, hellgrau, etwas schluffig	„
– 26,90 m	Mergel mit dünnen Kalksteinlagen, grünlichgrau, halbfest	„
– 29,00 m	Ton, grüngrau, schluffig, mit Schillagen, sehr steif	„
– 29,20 m	Mergel, weißgrau, halbfest	„
– 29,60 m	Ton, grün- u. dunkelgrau, schluffig, sehr steif	„

Bohrung 7, Rossertstraße

Lage: R 34 60 236, H 55 50 394, ca. 139 m über NN
Kernbohrung von 90 mm \varnothing ; Bearbeiter: H. PRINZ

– 1,60 m	Lehm, braun, sandig-kiesig, steif	Quartär
– 3,90 m	Lehm, graubraun, sandig-kiesig, weich	„
– 5,60 m	Sand, weißgrau, kiesig, leicht schluffig	Höheres Miozän bis Pliozän
– 6,10 m	Sand, ockerbraun, kiesig	„
– 6,90 m	Fein- u. Mittelkies, beige, leicht sandig	„
– 7,60 m	Ton, gelbbrot geflammt, schluffig, sehr steif	„
– 8,10 m	Ton, grauschwarz, schluffig, sehr steif	Miozän (Hydrobienschichten)
– 10,00 m	Ton, grauschwarz, schluffig, wenig Quarzkies, steif	„

3. Auswertung der Bohrergebnisse

In der 2. Auflage des Bl. Hochheim-Raunheim der Geologischen Karte von Preußen (LEPPLA & STEUER 1922) ist der S-Hang des Dachsberges als Pliozän (bpt) kartiert. Ähnlicher grauer bis weißer Ton steht auch am E-Hang des Steinberges am nördlichen Stadtrand von Hofheim an. Diese Tonvorkommen werden von LEPPLA & STEUER (1923: 22) als Einlagerung im „oberpliozänen“ Hofheimer Kies gedeutet. Diese Einstufung erfolgte, „obgleich streng zuverlässige Merkmale fehlen“. Die sandig-tonige Folge soll ziemlich unvermittelt an die grobkiesige angrenzen. Daraus wird auf eine SSW–NNE-Störung am E-Fuß des Kapellenberges geschlossen, „die gegen den Blattrand von einer S–N-Richtung (im Bl. Königstein) abgelöst wird.“ In der Tat sprechen morphologische Beobachtungen insbesondere am S-Rand von Bl. Königstein für eine dort vorhandene Verwerfungszone. LEPPLA & STEUER (1923) nehmen ferner an, daß die sandig-tonige Folge des „Oberpliozäns“ nach NW, zum Kapellenberg, geneigt sei, und daß in ihrem Liegenden Hydrobienschichten vorkommen.

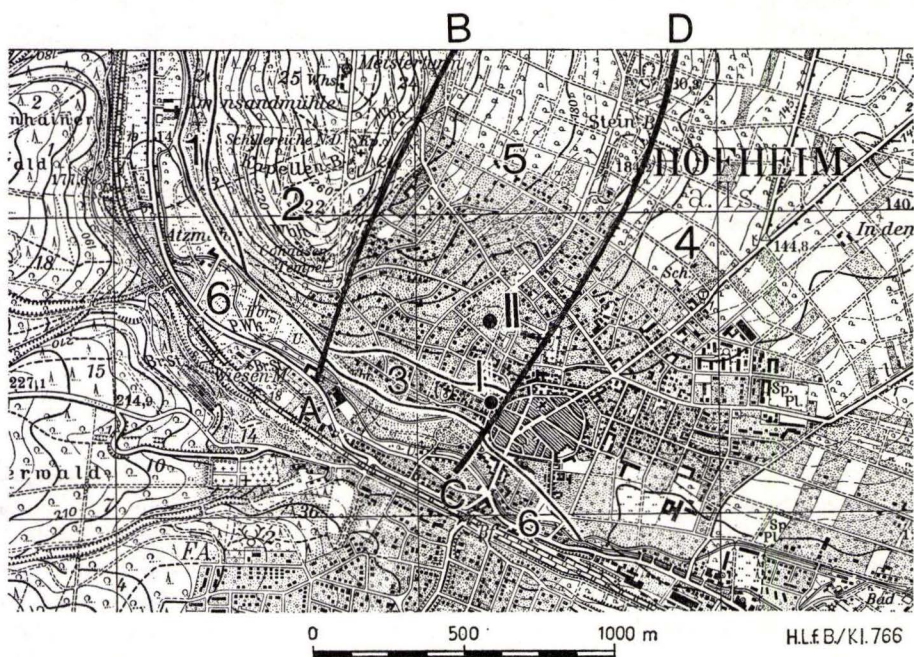
In der 3. Auflage des Blattes (5916 Hochheim a. Main) wird für den Hofheimer Kies mit den oben erwähnten tonigen Einlagerungen ein oberoligozänes Alter angenommen (KÜMMERLE & SEMMEL 1969). Auf S. 105 der Erläuterungen wird in einem Nachtrag die Bg. Abschöpfbrunnen Rossertstraße erwähnt und zum Ausdruck gebracht, daß sich die Miozänscholle von Weilbach–Diedenbergen vor dem E-Abbruch des Kapellenberges nach NE fortsetze.

Die beschriebenen Bohrungen bekräftigen diese Vermutung. Unter quartären, vorwiegend aus umgelagertem Lößlehm bestehenden Deckschichten wurden zunächst

bunte Schichten, bestehend aus Quarzkiesen und -sandn mit Zwischenlagen von kalkfreien Tonen und Schluffen angetroffen. Sie gehören wahrscheinlich zum Pliozän. Darunter folgen Mergel und Schluffe mit Kalksteinbänken und grauen, kalkhaltigen, zum Liegenden zunehmenden Quarzsand- und -kieslagen. Die kalkführenden Teile dieser Schichtenfolge gehören auf Grund ihrer Fauna zu den Hydrobienschichten.

Die Hydrobienschichten reichen bis 68 m über NN, also tief unter das Niveau des Schwarzbaches im Bereich der Stadt Hofheim. Die Quarz- und Quarzitkiese der Bg. Pflingstweide zwischen 79,5 und 91,0 m unter Flur sind möglicherweise Äquivalente der an der Wende Oligo-/Miozän im Mainzer Becken und dessen Randgebieten verbreiteten Kiesschüttung. Sie vertreten wahrscheinlich auch die Kiese vom Kapellenberg oder Teile derselben.

Die Bohrungen liefern den Nachweis, daß die westlich des Stadtkerns von Hofheim kartierten Tone in das Aquitan zu stellen sind. Sie treten im Stadtgebiet in einer bis



- | | | |
|---|---|---|
| <p>6 pleistozäne Ablagerungen des Schwarzbaches</p> <p>5 jungmiozäne-pliozäne Kiese, Sande und Tone der Hofheimer Miozänsscholle, teilweise unter pleistozäner Schuttdecke</p> <p>4 oberpliozäne Sande, Tone u Kiese, unter Lößbedeckung</p> | <p>3 miozäne Mergel, Tone und Kalksteine</p> <p>2 oberoligozäne Kiese (Hofheimer Kies)</p> <p>1 Rotliegendes</p> | <p>A...B mögliche Westgrenze der Hofheimer Miozänsscholle, meist unter Solifluktionsschutt</p> <p>C...D Ostgrenze der Hofheimer Miozänsscholle, z.T. unter Löß</p> <p>I ● Bohrungen Rossertstr.</p> <p>II ● Bohrung Pflingstweide</p> |
|---|---|---|

Abb. 1. Geologische Skizze der Umgebung von Hofheim.

zu 700 m breiten SSW–NNE streichenden Scholle (Hofheimer Pflingstweidescholle) auf, die im NW an Verwerfungen gegen Alttertiär- und Rotliegendgesteine (Hofheimer Rotliegendescholle) grenzt, im SE an einer Verwerfungslinie gegen den von Pliozänschichten erfüllten Hattersheimer Graben (Abb. 1).

Der weitere Verlauf der Pflingstweidescholle außerhalb des Stadtgebietes kann mangels Bohrungen nur vermutet werden. Zwischen Kapellenberg und Steinberg steht der Nachweis von Aquitanschichten noch aus. Erst in dem Tälchen SE der „Viehweide“ auf Bl. 5816 Königstein i. Taunus sind mergelige Hydrobienschichten bekannt. Die von LEPPLA (1922) dort dargestellten Vorkommen wurden mittels Sondierungen überprüft und bestätigt. Danach läßt sich als W-Grenze der Verbreitung miozäner Mergel, vermutlich Hydrobienschichten, örtlich Inflatenschichten (KINKELIN 1892: 125), angeben: Waldrand im Tal SE „Viehweide“ — Waldrand SW Hof Hausen vor der Sonne — Straße von der „Erdkaute“ zum Sportplatz Kelkheim-Münster (Baugrubenaufnahme von Herrn R. WERNER, Geogr. Inst. Frankfurt a. M., freundl. mündl. Mitt.).

Diese W-Grenze der einstuftbaren Miozänschichten verläuft auf Bl. Königstein also S–N. Als W–E-Ausdehnung der Miozänscholle sind im Bereich von Kelkheim rund 2 km nachweisbar.

4. Zur Frage der Hofheimer Kiese

Am Kapellenberg NW Hofheim stehen auf einer Unterlage aus Rotliegendem, das beiderseits des Schwarzbachs zutage tritt, mächtige fossilfreie Quarzkiese an, die von einzelnen Autoren teils in das Pliozän, teils in das Oberoligozän gestellt wurden. Einzelheiten diskutieren KÜMMERLE & SEMMEL (1969: 38), die sich für ein oberoligozänes Alter der Hofheimer Kiese aussprechen. Die mächtigen, in der Bg. Pflingstweide unter Aquitanschichten nachgewiesenen Quarz- u. Quarzitkiese dürften demnach als tektonisch abgesunkene Äquivalente der Hofheimer Kiese anzusprechen sein.

In den beschriebenen Bohrungen wurden, wie auch in anderen Bohrungen am Taunusrand, Sand- und Kieslagen aber auch innerhalb der aquitanen Schichten nachgewiesen. Diese Sande und Kiese dürften zum Gebirgsrand hin noch an Mächtigkeit zunehmen und im Bereich der ehemaligen Küste die Mergel und Schluffe faziell vertreten (vgl. auch THEWS 1971, Abb. 2). Möglicherweise stellen deshalb die Hofheimer Kiese die küstennahe Fazies nicht nur des obersten Oligozäns dar, sondern beinhalten stratigraphische Äquivalente zumindest eines Teils der mittel- bis oberoligozänen und untermiozänen Schichten (KÜMMERLE & SEMMEL 1969: 38). Bei dieser Betrachtungsweise findet die große Mächtigkeit der Hofheimer Kiese eine einfache Erklärung, während bei der Annahme, daß sie lediglich das oberste Oligozän vertreten, komplizierte paläogeographische oder tektonische Konstruktionen zur Erklärung der großen Mächtigkeit erforderlich sind.

Ähnliche fazielle Verhältnisse finden sich auch an anderen Stellen am Taunusrand, z. B. in der Umgebung von Schloß Vollrads, wo Tertiärschichten verschiedener stratigraphischer Einheiten in einheitlich sandig-kiesiger Fazies ausgebildet sind, die von 145–230 m über NN nachgewiesen wurden (EHRENBERG, KUPFAHL & KÜMMERLE

1968). Der in den Bohrungen beobachtete, in den Hofheimer Kiesen aber bisher noch nicht festgestellte Kalkgehalt braucht nicht gegen die oben gemachten Annahmen zu sprechen, da auch anderenorts die im Beckeninnern kalkhaltig ausgebildeten Schichten in der Küstenfazies kalkfrei oder entkalkt vorliegen (SONNE 1958: 295, 300; EHRENBURG, KUPFAHL & KÜMMERLE 1968: 68).

5. Zum Alter der Kiese vom Steinberg

Die Annahme einer Fortsetzung der Pfungstweidescholle längs des Kapellenberg-Osthanges hat eine Revision der Datierung der Kiese vom Steinberg zur Folge. Ein direkter Zusammenhang von Kapellenberg- und Steinbergkiesen, der in den bisherigen Kartierungen zum Ausdruck gebracht wurde, verliert durch die neuen Bohrungen an Wahrscheinlichkeit. Zwar sind die lithologischen Unterschiede sehr gering — beider Material entstammt dem gleichen Liefergebiet —, doch ist aufgrund der Bohrergebnisse und nach dem regionalen Zusammenhang für die Steinbergkiese ein jüngerer Alter als das der Hydrobienschichten anzunehmen.

Das Profil Pfungstweide (S. 265) zeigt, daß über der mergeligen, fossilbelegten Folge der Hydrobienschichten Kies vorkommt, und zwar in mehreren Lagen und bis zur Grobkiesfraktion. Es liegt daher nahe, auch die Steinbergkiese jüngerer als Hydrobienschichten zuzuordnen. Möglicherweise gehören sie wie viele ursprünglich ins Pliozän gestellte Bildungen des Taunusrandes noch in das Aquitan. Wie andernorts im festlandnahen Bereich des Mainzer Beckens vertreten sich hier fein- und grobklastische sowie kalkreiche und kalkfreie Bildungen untermiozänen Alters faziell.

Der von LEPLA & STEUER (1922) dargestellte Ton (bpt) am Steinberg-Osthang wurde in Sondierungen nicht angetroffen. Die Kiese grenzen hier unmittelbar an eine mächtige Lößfolge in situ. Der Abbruch zum Hattersheimer Graben scheint also hart östlich des Steinberges zu liegen.

Auf dem nördlich des Steinberges gelegenen Rücken wurde nahe der Blattgrenze ein mergeliger Ton angetroffen, offensichtlich eine eng begrenzte Einlagerung in die Steinbergkiese.

Das Fehlen von Fossilien läßt jedoch keine Klärung zu, ob es sich hier um Hydrobienschichten handelt. Damit muß der Nachweis, daß die Steinbergkiese ins Miozän gehören, weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

6. Hydrogeologische Verhältnisse

In den sandig-tonigen Schichten über den Hydrobienschichten auf der Pfungstweidescholle ist ein oberes Grundwasserstockwerk ausgebildet. Die Grundwasseroberfläche liegt 7–10 m unter Flur. Zahlreiche kleine Quellen treten am Hang des Schwarzbachtals dort auf, wo die Basis dieser Schichten austreicht.

Unterhalb 31 m u. Fl. wurde in der Bg. Pfungstweide erstmals gespanntes, artesisch überlaufendes Grundwasser angetroffen. Aus den Schichten zwischen 28,5 und 34,0 m liefen 2,5 l/s frei aus dem Bohrloch aus. Ein kurzer Pumpversuch (5 Std.) ergab eine Leistung von 4,9 l/s bei einer Absenkung auf 5,1 m u. Fl. Bis zu einer Bohrtiefe von 56 m stieg der Überlauf auf 4,7 l/s. Bei Absenkung bis knapp u. Gel. wurden 5,5 l/s gefördert. Während der Pumpversuche blieben die Grundwasserspiegel im oberen

Grundwasserstockwerk unbeeinflusst. Aus den Kiesen zwischen 79 und 91 m liefern, bei abgesperrten höheren Grundwasserstockwerken, 10 l/s frei aus. Der Überdruck am Bohrlochkopf betrug 5 m Wassersäule. Auch aus den Kalksteinbänken sowie den Sand- und Kieslagen zwischen 56 und 79 m wurden geringe Wasserzutritte beobachtet, die aber wegen des raschen Bohrfortschrittes nicht getrennt gemessen werden konnten.

Folgende Beobachtungen sprechen dafür, daß die nordwestliche, besonders aber die südöstliche Randverwerfung der Pfingstweidescholle sehr schlecht durchlässig sind:

1. Obwohl südöstlich der Pfingstweidescholle durchlässige Kiese und Sande anstehen, in denen die Grundwasseroberfläche etwa 100–120 m über NN liegt, hat das Grundwasser im Untergrund der Pfingstweidescholle einen Druckspiegel von rd. 160 m über NN.

2. Am N-Rand des Stadtkerns von Hofheim liegen, unmittelbar unterhalb der südöstlichen Randverwerfung der Pfingstweidescholle, tiefe Löbkeller, die vollkommen trocken sind.

3. Die Brunnen I–IV der Stadt Hofheim, im Schwarzbachtal an der S-Spitze des Kapellenberges gelegen, senken den Grundwasserspiegel tiefer als 100 m über NN ab, ohne daß sich diese Absenkung auf die Druckspiegel in der Scholle der Pfingstweide auswirkt.

Ein geringer Teil des an der Pfingstweide in den tieferen Schichten gespannten Wassers steigt, vermutlich auf einzelnen wasserwegsamem Verwerfungen, an dem zum Schwarzbach hin geneigten Hang zwischen dem Kapellenberg und dem Stadtkern auf und tritt in zahlreichen kleinen Quellen zutage, die an vielen Stellen beim Bau der Kanalisation angetroffen und abgeleitet wurden. Eine am 25. 10. 1971 ausgeführte Messung des aus den Kanalgräben abfließenden Wassers an zwei Ausläufen ergab eine Schüttung von 1,0 bzw. 0,7 l/s.

Auf die Grundwasserbeschaffenheit wird in MÜLLER, PRINZ & THEWS (1975) näher eingegangen.

7. Zusammenfassung

1. Durch Bohrungen wurde am Taunusrand im Stadtgebiet von Hofheim eine bis 700 m breite Scholle von Aquitansichten nachgewiesen (Pfingstweidescholle).

2. Die Aquitansichten enthalten hier zahlreiche Sand- und Kieslagen, die im Liegenden in mächtige kiesig-sandige Schichten übergehen. Sie werden als Äquivalente der Hofheimer Kiese des Kapellenberges gedeutet. Die Möglichkeit, daß die Hofheimer Kiese als Strandfazies eine größere stratigraphische Folge des Tertiärs vertreten, wird diskutiert.

3. Von den Hofheimer Kiesen abzutrennen sind die auf der Pfingstweidescholle liegenden, sehr wahrscheinlich miozänen, vielleicht pliozänen Kiese (Steinberg-Kiese).

8. Schriftenverzeichnis

EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. und KÜMMERLE, E. (1968): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, 201 S., 22 Abb., 9 Tab., 1 Beibl.; Wiesbaden.

- KINKELIN, F. (1892): Die Tertiär- und Diluvial-Bildungen des Untermainthales, der Wetterau und des Südabhanges des Taunus. — Abh. geol. Spec.-Kte. Preussen u. thüring. Staaten, 9, 4, 302 S., 12 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A. (1969): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5916 Hochheim a. Main, 3. neu bearbeitete Aufl., 209 S., 19 Abb., 17 Tab., 2 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- LEPPLA, A. (1922): Bl. Königstein, 2. Aufl., mit Erl. — Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Lfg. 15; Berlin.
- & STEUER, A. (1922): Bl. Hochheim-Raunheim, 2. Aufl. — Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Lfg. 15; Berlin.
- — (1923): Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Bl. Hochheim-Raunheim, Lfg. 15; Berlin.
- MÜLLER, K.-H., PRINZ, H. & THEWS, J.-D. (1975): Ursachen und Folgeerscheinungen von Kalksteinkorrosion in Hofheim am Taunus. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 103: 339—348, 3 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- SONNE, V. (1958): Obermitteloligozäne Ablagerungen im Küstenraum des nordwestlichen Mainzer Beckens (mit besonderer Würdigung des „Zeilstücks“ bei Weinheim/Rhh.). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 86: 281—315, 9 Abb.; Wiesbaden.
- THEWS, J.-D. (1971): Hydrogeologie des Stadtgebietes von Wiesbaden. In: Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens. — Festschr. 100jähr. Bestehen Wiesbadener Trinkwasserversorgung: 23—34, 2 Tab., 2 Abb.; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 6. 11. 1974

Schwermineraluntersuchungen im Rotliegenden der Wetterau (Hessen)

Von

PETER FABER*

Mit 2 Abbildungen, 1 Tabelle und Tafel 14

Kurzfassung: Das Rotliegende der Wetterau (Hessischer Rotliegend-Trog) ist von schnellen Fazieswechseln gekennzeichnet, die bei den meist schlechten Aufschlußverhältnissen die Klärung der stratigraphischen und paläogeographischen Verhältnisse erschweren. Als Hilfsmittel zur Klärung paläogeographischer Fragen sind Schwermineralanalysen anwendbar, wie anhand der Untersuchungsergebnisse von 69 Proben gezeigt wird. Dabei erwies sich detritischer Staurolith als geeignetes Leitmineral für Sedimentschüttungen aus dem metamorphen Bereich der Spessartschwelle. Gleichzeitig werden Probleme der Schwermineralerhaltung in paläozoischen Sedimentgesteinen angesprochen und diskutiert sowie ein Beitrag zur Abgrenzung der Liefergebietseinflüsse von Spessartschwelle und Hunsrück-Oberharz-Schwelle geleistet.

Abstract: The Lower Permian (Rotliegendes) of the Wetterau (Hessen) is characterized by frequent facies changes, which make the reconstruction of stratigraphical and paleogeographical relations more complicated. Heavy mineral analyses are applicable to paleogeographical problems, shown by an investigation of 69 samples. Detrital staurolite has been found to be a useful indicator for an origin of the sediments from the metamorphic region of the Spessart-Schwelle. Problems of the heavy mineral persistence in paleozoic sediments are discussed, as are the delimitations of the regions of provenance.

Inhalt

1. Einführung	280
2. Methoden und Probenentnahmestellen	280
3. Paläogeographische Bedeutung der Schwerminerale	282
4. Regionale Verteilung der Schwerminerale	286
5. Ergebnisse	288
6. Schriftenverzeichnis	288

* P. FABER, Diplom-Geologe, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6000 Frankfurt a.M., Senckenberg-Anlage 32-34.

1. Einführung

Seit mit der Erforschung des Hessischen Rotliegend-Troges begonnen wurde, divergierten die paläogeographischen Vorstellungen über diesen Ablagerungsraum beträchtlich. v. REINACH, der mit seinen Arbeiten (1892, 1899) diese Vorstellungen maßgeblich beeinflusste, nannte beispielsweise Gerölle von Spessartgesteinen aus den Konglomeraten, die bei Bad Vilbel, an der Naumburg und am Bahnhof Heldenbergen-Windecken zutage treten. Er ging dabei nicht auf die Feststellung von THEOBALD & RÖSSLER (1851) ein, daß zumindest die Komponenten der Konglomerate von Bad Vilbel ausschließlich von den Gesteinen des nahegelegenen Taunus her-zuleiten seien. NÖRING (1955) hielt offenbar auch eine Anlieferung von Süden (Odenwald) für möglich, vor allem wegen des Auftretens von Quarzporphyrgeröllen. Diese Herleitung kann jedoch mittlerweile als unnötig angesehen werden, da eine Herkunft der Quarzporphyrgerölle von Norden bzw. von Nordwesten (Rheinisches Schiefergebirge) wahrscheinlich ist (FABER 1973). WIESNER (1963) nahm für rosa gefärbte Granate im Schwermineralspektrum des Vorkommens am Bahnhof Heldenbergen-Windecken eine Anlieferung aus dem Spessart an.

Schließlich konnte LIETZ (1967) nachweisen, daß der paläogeographische Einfluß der Spessartschwelle zumindest für das Oberrotliegende bisher überschätzt wurde. Vielmehr kann die Hunsrück-Oberharz-Schwelle für das Perm der Wetterau als beherrschendes paläogeographisches Element angesehen werden (KOWALCZYK & PRÜFERT 1974).

Ziel dieser Arbeit ist es, die paläogeographische Bedeutung der Schwerminerale im Rotliegenden des Hessischen Troges zu diskutieren und zu deuten.

2. Methoden und Probenentnahmestellen

Eine Probenmenge von meist 1–2 kg (in einigen Fällen auch weniger) wurde im Backenbrecher bis auf eine Maximalgröße von 1–2 cm gebrochen und anschließend die Fraktion < 0,2 mm abgeseigt. Diese wurde ca. 15 Minuten in halbkonzentrierter Salzsäure gekocht, um Eisenoxydhäute zu entfernen. Dann wurde die Probe durch mehrfaches Dekantieren bis zur neutralen Reaktion gewaschen, wobei auch die abschlämmbaren Teilchen entfernt wurden. Nach gründlichem Trocknen erfolgte die Schwerentrennung mit Bromoform ($D = 2,89$). Von den so gewonnenen Schwermineralen wurden Dauerpräparate durch Einbetten in „Aroclor 4465“ hergestellt. Es wurden, wenn möglich, ca. 200 durchsichtige Schwermineral Körner ausgezählt, bei stärkerem Anteil sekundär gebildeter Schwerminerale auch mehr; unbestimmbare und zweifelhafte wurden gesondert berücksichtigt. Es wurden 69 Proben untersucht, die aus den im folgenden aufgeführten Aufschlüssen (s. a. Abb. 1) entnommen wurden.¹

1. Lindheim, am Hanseberg, TK 25 Altstadt, R 9941, H 7266.

2. Düdelsheim, Weinberg, TK 25 Büdingen, R 0172, H 7330.

¹ Einige Proben, vor allem aus den Bohrungen der Oberhessischen Versorgungsbetriebe AG (OVAG), früher Zweckverband Oberhessische Versorgungsbetriebe (ZOV), und aus heute nicht mehr zugänglichen Aufschlüssen, wurden freundlicherweise von Dr. G. KOWALCZYK zur Verfügung gestellt. Dafür sei ihm auch an dieser Stelle gedankt.

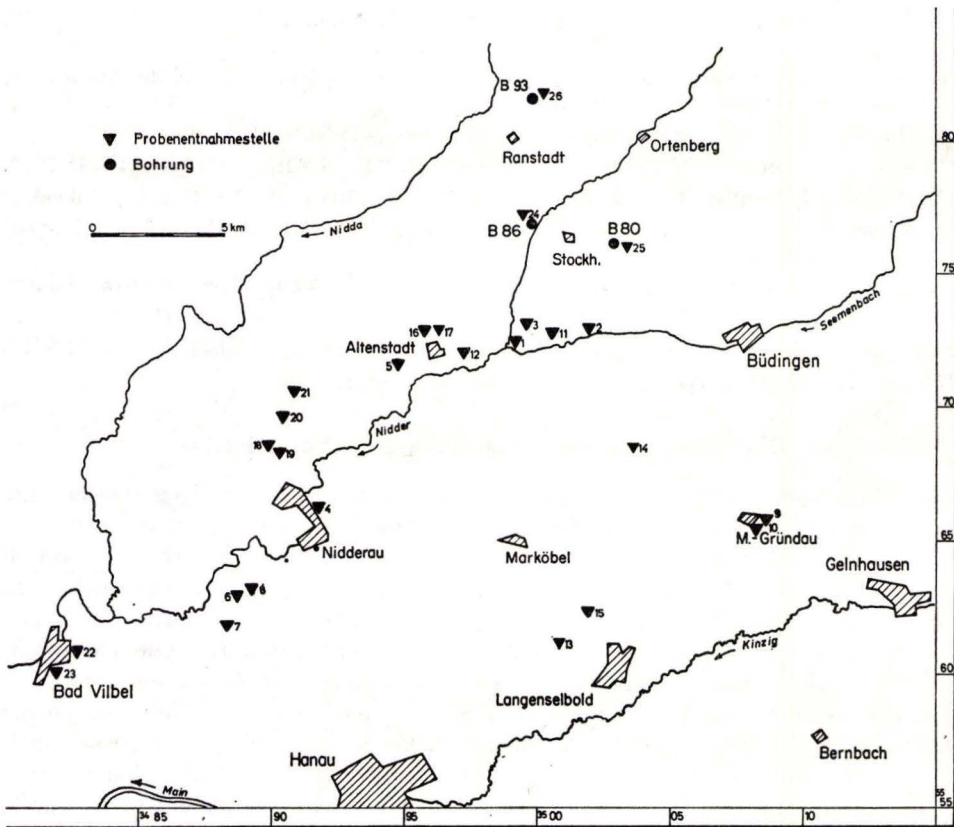


Abb. 1. Probenentnahmestellen.

3. Enzheimer Köpfchen E Enzheim, Westhang, TK 25 Staden, R 9940, H 7378.
4. Bauaushub am Bahnhof Heldenbergen-Windecken, TK 25 Altenstadt, R 9170, H 6576.
5. Straßenanschnitt S Kloster Engeltal, TK 25 Altenstadt, R 9470, H 7167.
6. Straßenanschnitt in Kilianstädten, TK 25 Altenstadt, R 8890, H 6276.
7. Bettenburger Loch SE Kilianstädten, TK 25 Hanau a.M., R 8825, H 6190.
8. Kilianstädten, S Sportplatz, TK 25 Altenstadt, R 8890, H 6300.
9. Bahnhof Mittelgründau, TK 25 Büdingen, R 6600, H 0866.
10. Mittelgründau, Hohlweg am Sportplatz, TK 25 Büdingen, R 6522, H 0826.
11. Am Atzelborn W Düdelsheim, TK 25 Büdingen, R 0064, H 7298.
12. Anschnitt an der Straße Altenstadt-Rodenbach, TK 25 Altenstadt, R 9682, H 7299.
13. Ravolzhausen, Ziegeleigrube West, TK 25 Langenselbold, R 0018, H 6065.
14. Ameisengrund W Diebach am Haag, TK 25 Büdingen, R 0410, H 6846.
15. Nordhang des Rötelberges bei Hüttengesäß, TK 25 Langenselbold, R 0205, H 6164.
16. Schurf S Haus Hubertus bei Altenstadt, TK 25 Altenstadt, R 9524, H 7332.
17. Kerlesmühle N Altenstadt, TK 25 Altenstadt, R 9524, H 7307.

18. Aufgel. Steinbruch NW Schloß Naumburg bei Kaichen, TK 25 Altenstadt, R 8973, H 6860.
19. Aufgel. kleiner Steinbruch S Schloß Naumburg bei Kaichen, TK 25 Altenstadt, R 9000, H 6840.
20. Hang am Ortsausgang S Erbstadt, TK 25 Altenstadt, R 9054, H 4965.
21. Ehem. Steinbruch NE Erbstadt (Mülldeponie), TK 25 Altenstadt, R 9118, H 7093.
22. Bad Vilbel, Steinbruch am Weinberg, TK 25 Frankfurt a.M.-Ost, R 8210, H 6065.
23. Ehem. Steinbruch Fleisch in Bad Vilbel, Amselweg, TK 25 Frankfurt a.M.-Ost, R 6030, H 8190.
24. Leustadt, Bohrung Hesselmühle (B 86) des ZOV, TK 25 Ortenberg, R 0015, H 7700.
25. Bohrung Bleichenbach (B 80) des ZOV, TK 25 Ortenberg, R 0274, H 7633.
26. Ranstadt, Bohrung „Kreuzäcker“ (B 93) des ZOV, TK 25 Staden, R 9991, H 8174.
27. Büdesheim, Sportplatz, TK 25 Ilbenstadt, R 8780, H 6280.

3. Paläogeographische Bedeutung der Schwerminerale

Das Rotliegende des Hessischen Troges führt folgende durchsichtigen Schwerminerale: Zirkon, Turmalin, Granat, Rutil und Staurolith; daneben tritt authigener Anatas auf, sowie neugebildeter Baryt. Eventuell vorhandener Apatit wurde durch die Probenaufbereitung zerstört. Nach LIETZ (1967) kann er akzessorisch auftreten, für die hier untersuchte Fragestellung hat er jedoch keine Bedeutung.

Zirkon ist das am häufigsten auftretende Schwermineral. Es kommen sowohl gerundete als auch idiomorphe Körner vor (Taf. 14 Fig. 1, 2, 4); daneben sind zerbrochene Körner häufig, wobei jedoch nicht entschieden werden kann, ob sie bei der Sedimentverfrachtung oder lediglich bei der Probenaufbereitung zerbrochen sind. Zonare Zirkone sind ebenfalls nicht selten (Taf. 14 Fig. 5, 6). Selten sind dagegen rosa gefärbte Zirkone, die stets gut gerundet sind, sowie gerundete Zirkonkristalle mit idiomorphem Anwachssaum.

Der Zirkon gehört zu den stabilsten Schwermineralen und kann auch mehrfache Umlagerungen ohne Veränderungen überstehen (ZIMMERLE 1972). Deshalb erscheint die statistische Untersuchung verschiedener Merkmale von Zirkonkörnern, wie sie z.B. von LUDWIG (1955), SCHNITZER (1957) u.a. angewandt wurde, wenig erfolgversprechend, da neben einem Liefergebiet mit metamorphen Gesteinen auch ein vorwiegend von Sedimentgesteinen aufgebautes in Frage kommt. Durch die große Stabilität des Zirkons muß in Sedimentgesteinen eine starke Heterogenität der Zirkonvarietäten erwartet werden, in der sich zahlreiche frühere Liefergebiete verbergen können.

Fast ebenso häufig wie Zirkon tritt Turmalin auf. Er kommt in großen, idiomorph ausgebildeten Kristallen vor, die meist jedoch zerbrochen sind (Taf. 14 Fig. 10, 11). Auch gerundete Turmaline wurden beobachtet, sie sind jedoch seltener (Taf. 14 Fig. 14). Außerdem treten zahlreiche Farbvariationen auf: grün/braun, hellrot/violett und farblos/lichtblau, wobei letztgenannte relativ selten und immer bei gut gerundeten Körnern auftritt (Taf. 14 Fig. 13); sehr selten wurde auch blutrot gefärbter Turmalin beobachtet sowie eine gelb/grüne Varietät. An dem deutlichen Pleochroismus und den typischen Interferenzerscheinungen bei \times Nicols ist der Turmalin stets gut zu erkennen. Die idiomorphen Körner liegen meist als prismatische

Tab. 1. Schwermineralanalysen [Zahlen in () = Anzahl der Körner]

Aufschieß-Nr.	Probe-Nr.	% Turmalin	% Zirkon	% Granat	% Rutil	% Staurolith	% Baryt	% Anatas	Anzahl der untersuchten Körner
1	H.,1	50	47	(1)	(1)	-	-	-	224
	H.,15	52	23	-	5	-	-	-	225
2	H.,2	44	44	2	5	-	-	-	255
	H.,16	19	74	-	7	-	-	-	243
	H.,17	29	64	-	4	-	-	-	211
	H.,18	29	54	-	8	-	-	9	119
3	H.,3	55	29	-	(1)	-	-	11	148
	H.,4	67	23	-	2	-	-	4	184
	H.,5	24	56	(1)	2	-	-	-	160
	H.,6	23	63	-	1	-	(2)	7	229
4	H.,11	70	(3)	16	(2)	-	-	236	
5	H.,56	9	79	-	(1)	-	-	138	
6	H.,89	24	59	9	3	-	-	217	
7	H.,104	21	68	(1)	4	-	-	238	
8	H.,85	4	10	4	(3)	-	-	79	431
	H.,92	21	31	40	3	(5)	-	-	186
9	H.,94	21	58	-	16	-	-	-	165
	H.,95	35	34	12	13	-	-	-	181
	H.,99	28	57	4	4	-	-	-	240
11	H.,87	8	22	56	9	-	-	212	
12	H.,11	52	33	-	-	-	-	-	140
	H.,12	44	39	-	(2)	-	-	-	61
	H.,13	60	22	-	4	-	-	-	100
	H.,14	16	67	-	3	-	-	-	192
	H.,20	90	3	-	(5)	(5)	-	-	433
13	H.,107	8	84	-	9	-	-	-	291
	H.,108	12	65	-	12	-	-	-	137
14	H.,109	23	48	8	3	-	-	164	
15	H.,66	37	39	-	8	-	-	62	
16	H.,7	19	64	(1)	6	-	-	-	197
	H.,8	15	74	5	2	-	-	-	193
	H.,9	10	4	-	2	-	-	84	462
	H.,10	15	67	5	5	-	-	3	399
17	H.,98	35	22	29	3	-	-	-	161
	H.,102	13	71	-	13	-	-	-	31
	H.,103	42	41	9	8	-	-	-	189
18	H.,21	33	59	-	5	-	-	-	157
	H.,22	12	85	-	3	-	-	-	370
	H.,23	(3)	4	-	-	-	95	-	401
	H.,24	46	45	-	5	-	-	-	276
	H.,39	5	90	-	2	-	-	-	139
	H.,44	29	67	-	3	-	-	-	198
19	H.,40	72	21	-	3	-	-	-	123
	H.,48	77	19	-	4	-	-	-	177
20	H.,30	72	18	-	5	-	-	-	267
	H.,31	84	11	-	3	-	-	-	324
	H.,32	75	13	-	7	-	-	-	277
21	H.,88	79	16	-	3	-	-	-	443
	H.,91	84	10	-	5	-	-	-	500
22	H.,97	33	64	-	3	-	-	-	338
	H.,100	73	13	-	4	-	-	-	236
	H.,110	11	64	-	3	-	-	-	192
23	H.,101	94	3	-	(1)	-	-	121	
24	H.,71	11	79	-	3	-	-	-	170
	H.,73	23	63	-	4	-	-	-	79
	H.,77	8	74	6	3	-	-	-	146
	H.,81	3	14	(2)	(1)	-	83	(1)	644
25	H.,68	19	52	(2)	4	-	27	-	282
	H.,69	2	11	-	1	-	87	-	442
	H.,72	22	59	(1)	11	-	-	2	170
	H.,78	16	74	-	8	-	-	-	248
	H.,80	(6)	(7)	-	(2)	-	-	-	19
	H.,84	16	81	-	5	-	-	-	157
26	H.,70	13	7	-	-	-	79	-	271
	H.,74	5	3	-	-	-	92	-	300
	H.,75	15	75	-	1	-	-	-	145
	H.,76	9	83	(1)	6	-	-	-	212
27	H.,62	30	42	18	4	-	-	-	182
	H.,63	38	30	28	3	-	-	-	264

Spaltstücke vor, daneben können jedoch auch nicht selten dunkelolivgrüne isotrope Basisschnitte beobachtet werden. Zonar gebauter Turmalin wurde nur einmal festgestellt; dagegen sind Körner mit Einschlüssen häufig, vor allem mit strahlig angeordneten Rutilnadeln oder opaken Körnern (Taf. 14 Fig. 12, 15), seltener mit kleinen säuligen Kristallen von Zirkon oder Rutil. Einschlüsse von Staurolith in Turmalin, wie sie von MATTHES (1954) aus den Staurolith-Paragneisen des kristallinen Vorspessarts beschrieben wurden, konnten nicht beobachtet werden; diese Erscheinung, die bei der großen Stabilität des Turmalins eine bessere Erhaltung des Stauroliths gewährleisten hätte, tritt jedoch auch im Ursprungsgestein nur sehr selten auf (S. MATTHES, mdl. Mitt.). Authigene Anwachssäume wurden nicht beobachtet, bei der Häufigkeit idiomorpher Turmalinkristalle kann eine teilweise authigene Entstehung jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden (vgl. VALETON 1955, AWASTHI 1961). Turmalin tritt sowohl im Rheinischen Schiefergebirge (PRASHNOWSKI 1957) als auch im Spessart recht häufig auf. Im kristallinen Vorspessart ist er jedoch auf den südlichen Bereich beschränkt. In den Gesteinen der nördlichen Gneiszone scheint er völlig zu fehlen (KRUMME 1940).

Rutil tritt nur in geringen Mengen ($< 10\%$) auf, und zwar mit einer blutroten und einer intensiv gelb gefärbten Varietät. Während die roten Rutilie nie idiomorph beobachtet wurden, ist das bei den gelb gefärbten öfters der Fall (Taf. 14 Fig. 7). Diese liegen z. T. auch als charakteristische Kniezwillinge vor (Taf. 14 Fig. 8), die in dieser Form vermutlich nicht transportiert wurden. Evtl. waren sie in später diagenetisch zerstörtem Biotit eingeschlossen. BÜCKING (1892) und KLEMM (1895) beschrieben gelbe Kniezwillinge von Rutil aus dem Spessart; aus dem Bereich des Rheinischen Schiefergebirges liegen keine Angaben vor. Eine authigene Entstehung der gelb gefärbten Rutilie kann nicht völlig ausgeschlossen werden. MILNER (1962) hielt eine Authigenese von Rutil in Sedimentgesteinen für möglich, und neuere Untersuchungsergebnisse von SCHULING & VINK (1967) widersprechen dieser Annahme nicht. Die Bildungs- und Erhaltungsbedingungen der TiO_2 -Minerale sind bisher zu wenig bekannt, um diese Frage beantworten zu können; eine erhöhte Temperatur scheint jedoch erforderlich zu sein. Das Auftreten gelber Rutilie kann deshalb zur Klärung der hier behandelten Fragestellung vorerst keinen Beitrag leisten. Außerdem konnten gelbe Rutilie im gesamten Bereich der Wetterau nachgewiesen werden.

Granat tritt mit stark schwankenden Anteilen auf. In einigen Proben wurden bis zu 56% Granat festgestellt, während er in anderen gänzlich fehlt. Dies liegt offensichtlich nicht ausschließlich an einer unterschiedlichen primären Anlieferung, sondern wird vermutlich zu einem nicht unerheblichen Teil durch die besonderen Erhaltungsbedingungen des Granats verursacht. Eine charakteristische Kornform weist oft darauf hin: die Oberfläche der Granatkörner zeigt fast immer typische facettenartige Muster (Taf. 14 Fig. 16), die mit ALLEN (1948) und ESCH (1962) als Ätzfiguren gedeutet werden. In manchen Proben sind Granatkristalle so stark angegriffen, daß „schneekristallartige“ Kornformen entstanden (Taf. 14 Fig. 18). Ein gewisser Kalkgehalt des Sediments scheint, wie schon WEYL (1939) andeutete, für die Erhaltung der Granatkomponente günstig zu sein; SCHUMANN (1950) vermutete, daß kohlenensäurehaltige Wässer auf Granat zersetzend wirken können. Durch Be-

obachtungen von LIETZ (1967) und eigene Untersuchungen im Rotliegenden der Wetterau sowie durch die experimentellen Untersuchungen von NICKEL (1973) wird diese Vermutung bestätigt. Wegen dieser besonderen, im einzelnen noch nicht geklärten Erhaltungsbedingungen wird eine paläogeographische Ausdeutung des Granatgehaltes sehr erschwert. Abgesehen davon kommen für den Granat zunächst auch mehrere Liefergebiete in Betracht. WIESNER (1963) wollte die selten auftretenden rosa gefärbten Granate, die stets eine typische „sphäroide“ Form aufweisen (Taf. 14 Fig. 17), aus dem Spessart herleiten; dies ist jedoch nach dem bisherigen Kenntnisstand nicht gerechtfertigt. Nach THÜRACH (1893) und MATTHES (1954) tritt Granat im kristallinen Spessart häufig auf; in den Quarziten des Rheinischen Schiefergebirges ist er dagegen recht selten (PRASHNOWSKI 1957). Von HENNINGSEN (1961, 1966) wurden jedoch hohe Granatanteile in der kulmischen „Gießener Grauwacke“ (ca. 20%) und in der vermutlich ebenfalls kulmischen „Erbstädter Grauwacke“ festgestellt. So kommen Kulm-Grauwacken, deren Verbreitung im Untergrund der Hessischen Senke bisher nur aus wenigen „Aufbrüchen“ bekannt ist (HENNINGSEN 1966), ebenfalls als Granatlieferanten in Frage.

Staurolith ist das am seltensten vorkommende Schwermineral. Er ist schwach gelb gefärbt, mit schwachem, jedoch deutlich erkennbarem Pleochroismus. Die Körner sind meist mehr oder weniger stark angeätzt (Taf. 14 Fig. 9), oft treten sie auch mit „ausgefranst“ erscheinenden Korngrenzen auf (Taf. 14 Fig. 19). Der Staurolith ist offenbar in einem noch stärkeren Maße als Granat empfindlich gegenüber den Einflüssen der „intrastratal solution“. Wie die experimentellen Untersuchungen von NICKEL (1973) bestätigen, scheint auch hier eine gewisse Abhängigkeit vom Kalkgehalt des Sediments zu bestehen. Darauf weisen auch Untersuchungen von FÜCHTBAUER (in: FÜCHTBAUER & MÜLLER 1970) hin, die in Molassesandsteinen einen direkten Zusammenhang zwischen Staurolithgehalt und dem Anteil an Karbonatzement ergaben. CHANDA (1963) teilte die interessante Beobachtung mit, daß Staurolithkörner in karbonatisch zementierten Sandsteinen vermutlich in einem frühen diagenetischen Stadium teilweise durch Kalzit ersetzt wurden. Dabei entstehen „ausgefranste“ Korngrenzen (CHANDA 1963, Abb. 4, 5), wie sie auch im Rotliegenden der Wetterau beobachtet werden konnten. Gegen Verwitterungseinflüsse ist Staurolith hingegen, nach übereinstimmenden Angaben von SINDOWSKI (1949) und FÜCHTBAUER (in: FÜCHTBAUER & MÜLLER 1970), wenig empfindlich. Es bestehen also erhebliche Unsicherheiten darüber, ob heute staurolithfreie Sedimente auch primär durch Fehlen von Staurolith gekennzeichnet waren oder ob Staurolith primär mit angeliefert wurde und sekundär durch diagenetische Vorgänge (intrastratal solution) zerstört wurde. Dessenungeachtet ist das Vorkommen von Staurolith ein ausgezeichnete Indikator für eine Sedimentanlieferung von der Spessartschwelle. Er tritt dort in den Staurolith-Granat-Plagioklas-Gneisen des südlichen kristallinen Vorspessarts als charakteristischer Übergemengteil auf. Detaillierte Untersuchungen dieser Gesteine wurden von BÜCKING (1892), THÜRACH (1893), KLEMM (1895), MOSEBACH (1938) und zuletzt von MATTHES (1954) und SCHNEIDER (1962) veröffentlicht. Im östlichen Rheinischen Schiefergebirge wurde Staurolith bisher nicht festgestellt (PRASHNOWSKI 1957). Die von WEYL (1939) geäußerte Ansicht, daß der Staurolith auf das Vordevon des Südaunus zurückgeführt werden könne, ist irrig (ANTUN 1954).

4. Regionale Verteilung der Schwerminerale

Die häufigsten Schwerminerale, Turmalin und Zirkon, zeigen stark schwankende prozentuale Anteile. Solange eine genauere stratigraphische Einstufung der Probenentnahmestellen nicht möglich ist, können sie nicht für eine paläogeographische Aussage herangezogen werden. Das Vorkommen rosa gefärbter Zirkone unterliegt keinen größeren Schwankungen. Jedoch hatte LIETZ (1967) festgestellt, daß er in Quarziten aus dem Taunus deutlich häufiger auftritt als in den metamorphen Spessart-Quarziten. Farbvariationen von Turmalin können nach FÜCHTBAUER (1963) z.T. auf das Ablagerungsmilieu zurückgeführt werden, so daß sie hier nicht verwendet werden können.

Der Granatanteil schwankt lediglich zufällig, was auf die geringe chemische Resistenz des Granats zurückzuführen ist. Am Bahnhof Heldenbergen-Windecken kommen rosa gefärbte Granate vor, die WIESNER (1963) veranlaßten, den Spessart als Liefergebiet für die dort anstehenden Gesteine anzunehmen. Diese Granate, die auch in anderen Proben gefunden wurden, treten jedoch in unmittelbarer Spessartnähe auch in granatreichen Proben nicht mehr auf, so daß die Annahme WIESNERS abgelehnt werden muß.

Rutil tritt in allen Proben mit nur geringem Anteil (meist $< 10\%$) und ohne nennenswerte Schwankungen auf. Gelb gefärbter Rutil ist in der Nähe des Spessartandes etwas häufiger, und hier treten auch die erwähnten Kniezwillinge auf. Er kommt jedoch auch in den meisten anderen Proben, auch aus der westlichen Wetterau, vor, so daß der Spessart nicht als alleiniges Liefergebiet angesehen werden kann.

Staurolith, der für die hier behandelte Fragestellung zweifellos das interessanteste Schwermineral ist, tritt nur außerordentlich selten auf; die Gründe hierfür wurden bereits ausgeführt. Er wurde in Aufschlüssen bei Mittelgründau und südlich von Rodenbach beobachtet (Tab. 1). Sein Vorkommen im letztgenannten Aufschluß zeigt jedoch, daß der Spessart zumindest zeitweise im höheren Unterrotliegenden Abtragungsmaterial bis in den Bereich östlich von Altenstadt geliefert hat. Dadurch werden frühere Beobachtungen von KOWALCZYK (1967) bestätigt, der aus demselben Aufschluß ein Geröll von metamorphem Quarzit beschrieb.

Ergänzend sei hinzugefügt, daß neben den oben genannten auch authigene Schwerminerale auftreten können, die teilweise interessante Schlußfolgerungen zulassen. So kann z.B. in der Nähe von bedeutenden Störungszonen eine Anreicherung von Baryt festgestellt werden, die so weit gehen kann, daß das ursprüngliche Schwermineralspektrum statistisch nahezu völlig unterdrückt wird. Dies wurde in Proben von der Naumburg und den Bohrungen Ranstadt, Bleichenbach und Hesselmühle beobachtet. Vermutlich wurde der Baryt aus wäßrigen (?Thermal-)Lösungen ausgeschieden, die auf den Störungszonen zirkulierten.

Daneben treten in Proben vom Sportplatz Kilianstädten, vom Enzheimer Köpfchen und von einem Schurfprofil nördlich Altenstadt größere Mengen von authigenem Anatas auf. Er wurde vermutlich im Zusammenhang mit der Verkieselung von Karbonatgesteinen gebildet.

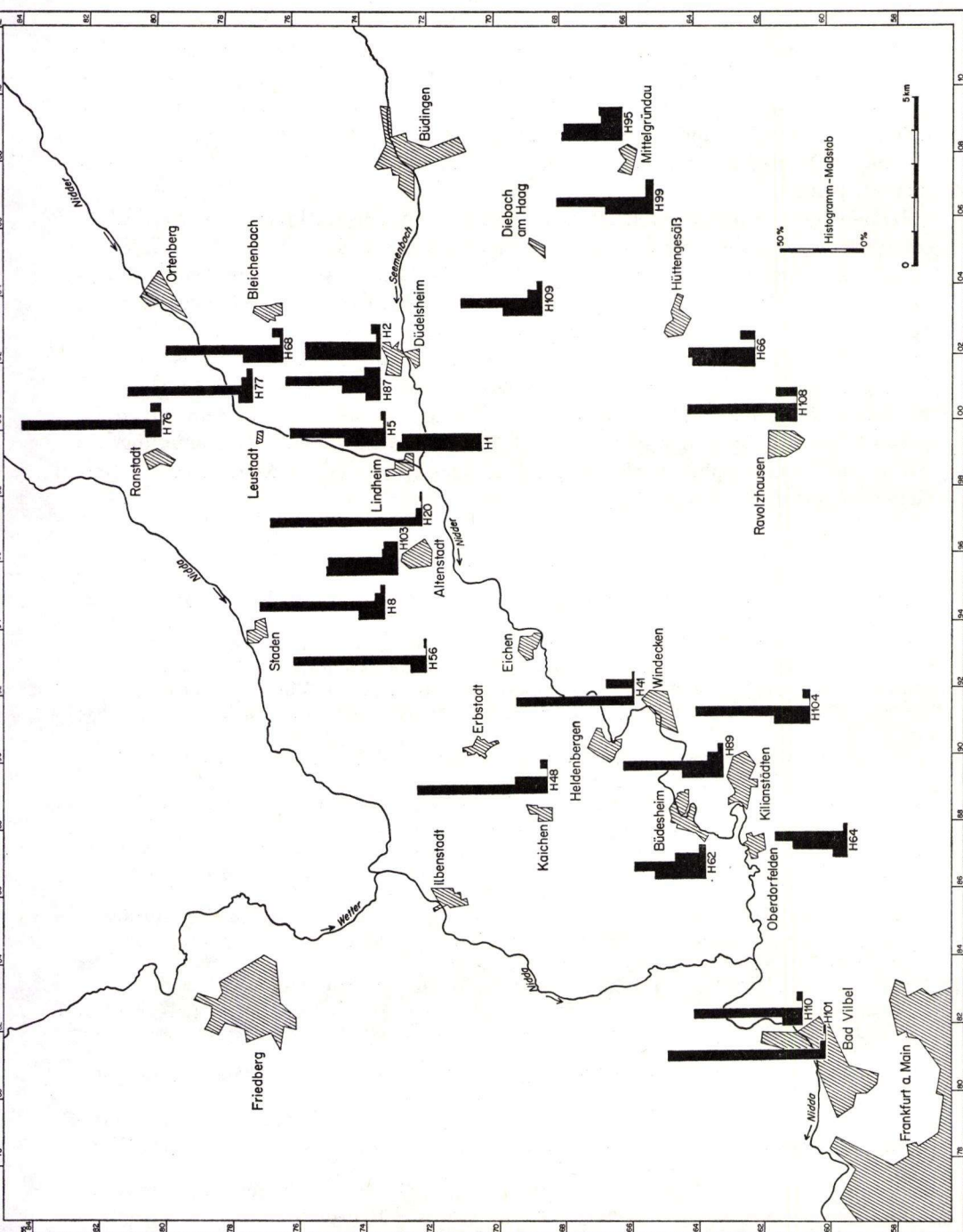


Abb. 2. Regionale Schwermineralverteilung (der prozentuale Anteil der Schwerminerale ist in den Histogrammen in folgender Reihenfolge, von links nach rechts, dargestellt: Turmalin, Zirkon, Granat, Rutil).

5. Ergebnisse

Es hat sich gezeigt, daß Schwermineraluntersuchungen im Rotliegenden der Wetterau zur Rekonstruktion der paläogeographischen Verhältnisse herangezogen werden können. Die Reduzierung des ursprünglichen Schwermineralbestandes durch intrastratal solution und, zurücktretend, evtl. auch Verwitterungseinflüsse auf die stabilen „Durchläuferminerale“ erschwert jedoch die Interpretation der Schwermineralspektren.

In den bisher untersuchten Proben konnte Staurolith nachgewiesen werden, der somit als eindeutigster Hinweis auf den Spessart als Liefergebiet auch im Beckenbereich des Hessischen Troges verwendet werden kann. An entsprechende Untersuchungen im Spessarttrandbereich (LIETZ 1967) kann damit angeschlossen werden. Es wurde außerdem nachgewiesen, daß der Spessart, zumindest zeitweise, Abtragungsmaterial bis in den Raum östlich von Altenstadt geliefert hat. Dies bestätigt die gegenwärtigen Auffassungen zur Paläogeographie des Hessischen Troges (KOWALCZYK & PRÜFFERT 1974). Für weitergehende detaillierte Untersuchungen ist neben einer Erhöhung der Probenanzahl und -menge sowie einer Verfeinerung der Rotliegend-Stratigraphie im Hessischen Trog auch eine genauere Kenntnis der potentiellen Liefergebiete erforderlich.

6. Schriftenverzeichnis

- ALLEN, V. T. (1948): Weathering and heavy minerals. — *J. Sed. Petrol.*, **18**: 38—42; Tulsa.
- ANTUN, P. (1954): Eine Bemerkung zur oligozänen Geographie des Mainzer Beckens. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **82**: 213—214; Wiesbaden.
- AWASTHI, N. (1961): Authigenic tourmaline and zircon in the Vindhyan formations of Sone Valley, Mirzapur District, Uttar Pradesh, India. — *J. Sed. Petrol.*, **31**: 482—484; Tulsa.
- BÜCKING, H. (1892): Das Grundgebirge des Spessarts. — *Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst. u. Bergakad.*, **1889**: 28—98; Berlin.
- CHANDA, S. K. (1963): Cementation and diagenesis of the Lameta beds, Lamethagat, M. P., India. — *J. Sed. Petrol.*, **33**: 728—738; Tulsa.
- ESCH, H. (1962): Zur Sedimentologie und Diagenese der Sandsteine und Schiefertone im Hangenden des Flözes P 2 (oberes Westfal B) in der Emscher Mulde des Ruhrkarbons. — *Fortschr. Geol. Rheinld. Westf.*, **3**, T. 2: 647—666; Krefeld.
- FABER, P. (1973): Sedimentologische Untersuchungen im Rotliegenden der westlichen Wetterau mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens an der Naumburg. — *Dipl.-Arb. (unveröff.)*, 106 S.; Frankfurt a.M.
- FÜCHTBAUER, H. (1963): Zum Einfluß des Ablagerungsmilieus auf die Farbe von Biotiten und Turmalinen. — *Fortschr. Geol. Rheinld. Westf.*, **10**: 331—336; Krefeld.
- & MÜLLER, G. (1970): *Sediment-Petrologie. Teil II. Sedimente und Sedimentgesteine.* — 726 S.; Stuttgart.
- HENNINGSEN, D. (1961): Untersuchungen über Stoffbestand und Paläogeographie der Gießener Grauwacke. — *Geol. Rdsch.*, **51**: 600—626; Stuttgart.
- (1966): Die paläozoischen Grauwacken bei Gießen und ihre Fortsetzung unter der südlichen Hessischen Senke. — *Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilkde. Gießen, N.F., naturwiss. Abt.*, **34**: 19—31; Gießen.
- KLEMM, G. (1895): Beiträge zur Kenntnis des kristallinen Grundgebirges im Spessart mit besonderer Berücksichtigung der genetischen Verhältnisse. — *Abh. großh. hess. geol. L.-Anst. Darmstadt*, **2**: 165—257; Darmstadt.

- KOWALCZYK, G. (1967): Die Geologie der südöstlichen Wetterau zwischen Büdingen, Altenstadt und Selters, mit besonderer Berücksichtigung des Rotliegenden. — Dipl.-Arb. (unveröff.), 212 S.; Köln.
- & PRÜFFERT, J. (1974): Gliederung und Fazies des Perms in der Wetterau (Hessen). — Z. deutsch. geol. Ges., **125**: 61—89; Hannover.
- KRUMME, O. (1940): Die Gesteine der nördlichsten Gneiszone des kristallinen Spessarts. — Senckenbergiana, **22**: 370—401; Frankfurt a.M.
- LIEZT, J. (1967): Die paläogeographische und lithofazielle Entwicklung vom Rotliegenden zum Zechstein im Gebiet des Vorspessarts und der Wetterau. — Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, **12**: 84 S.; Köln.
- LUDWIG, G. (1955): Neue Ergebnisse der Schwermineral- und Kornanalyse im Oberkarbon und Rotliegenden des südlichen und östlichen Harzvorlandes. — Beih. Z. Geol., **14**: 76 S.; Berlin.
- MATTHES, S. (1954): Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre Metamorphose. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **8**: 86 S.; Wiesbaden.
- MILNER, H. B. (1962): Sedimentary petrography. Vol. II. Principles and applications. — 715 S.; London.
- MOSEBACH, R. (1938): Petrographische Studien im Kristallin des Spessarts. 5. Pegmatite und deren Mineralien. — Senckenbergiana, **20**: 443—462; Frankfurt a.M.
- NICKEL, E. (1973): Experimental dissolution of light and heavy minerals in comparison with weathering and intrastratal solution. — Contrib. Sedimentol., **1**: 1—68; Stuttgart.
- NÖRING, F. (1955): Offene stratigraphische Fragen des Rotliegenden von Südwest-Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**: 157—166; Wiesbaden.
- PRASHNOWSKI, A. (1957): Sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **105**: 47—70; Stuttgart.
- REINACH, A. v. (1892): Das Rotliegende in der Wetterau und sein Anschluß an das Saar-Nahe-Gebiet. — Abh. kgl. preuß. geol. L.-Anst., N.F. **8**: 34 S.; Berlin.
- (1899): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Bl. Windecken. — 81 S.; Berlin.
- SCHNEIDER, A. (1962): Zur Tektonik und Metamorphose des nördlichen Spessart-Kristallins. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 246—272; Wiesbaden.
- SCHNITZER, W. A. (1957): Die Lithologie und Paläogeographie des Buntsandsteins am Westrand der Böhmisches Masse. — Erlanger geol. Abh., **24**: 130 S.; Erlangen.
- SCHULING, R. D. & VINK, B. W. (1967): Stability relations of some titanium-minerals (sphene, perovskite, rutile, anatase). — Geochim. Cosmochim. Acta, **31**: 2399—2411; Oxford.
- SCHUMANN, H. (1950): Beiträge zur Schwermineral-Analytik. — Fortschr. Mineral., **27**: 79—106; Stuttgart.
- SINDOWSKI, F. K. H. (1949): Results and problems of heavy mineral analysis in Germany: a review of sedimentary-petrological papers, 1936—1948. — J. Sed. Petrol., **19**: 3—25; Tulsa.
- THEOBALD, G. & RÖSSLER, C. (1851): Übersicht der wichtigsten geognostischen und oryctognostischen Vorkommnisse der Wetterau und der zunächst angrenzenden Gegenden. — Jber. wetterauisch. Ges. ges. Naturkde., **1850/1851**: 75—195; Hanau.
- THÜRACH, H. (1893): Ueber die Gliederung des Urgebirges im Spessart. — Geognost. Jh., **5**: 1—160; Cassel.
- VALETON, I. (1953): Petrographie des süddeutschen Hauptbuntsandsteins. — Heidelberger Beitr. Mineral. Petrogr., **3**: 335—379; Heidelberg.
- (1955): Veränderungen an Zirkon und Turmalin im Buntsandstein und Keuper. — Heidelberger Beitr. Mineral. Petrogr., **5**: 100—104; Heidelberg.
- WEYL, R. (1939): Sedimentpetrographische Studien zur Paläogeographie des Oligozäns im nordwestlichen Rheintalgraben. — N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., B, Beil.-Bd. **80**: 31—62; Stuttgart.

- WIESNER, E. (1963): Geologische Untersuchungen im Horst der Hohen Straße. — Dipl.-Arb. (unveröff.), 178 S.; Frankfurt a.M.
- ZIMMERLE, W. (1972): Sind detritische Zirkone rötlicher Farbe auch in Mitteleuropa Indikatoren für präkambrische Liefergebiete? — Geol. Rdsch., 61: 116—139; Stuttgart.

Manuskript eingegangen am 16. 9. 1974

Evaporit-Relikte im Oberrotliegenden der Wetterau

Von

GOTTHARD KOWALCZYK*

Mit 1 Abbildung und den Tafeln 15—16

Kurzfassung: Aus dem oberen Teil des Oberrotliegenden der südöstlichen Wetterau (Hessen) werden Pseudomorphosen von Anhydrit und Steinsalz sowie Abdrücke von Gipskristallen beschrieben. Es läßt sich nachweisen, daß die ursprünglichen Minerale während der Rotliegend-Sedimentation abgeschieden wurden. Sie belegen ein zeitweilig evaporitisches Milieu.

Abstract: Pseudomorphs after anhydrite and halite and crystal casts of gypsum are described from the uppermost Rotliegendes (Lower Permian) of the SE-Wetterau (Hessen, Germany). They indicate a temporary evaporitic environment during sedimentation of the uppermost Rotliegendes.

Inhalt

1. Einleitung	291
2. Ausbildung und Vorkommen	293
3. Bildungsraum	295
4. Ergebnisse	296
5. Schriftenverzeichnis	297

1. Einleitung

Im oberen Teil des Oberrotliegenden der Wetterau treten Relikte von syngenetischen Sulfaten und Chloriden auf, die — in Verbindung mit den übrigen Kennzeichen der Sedimente — zur Charakterisierung des Ablagerungsraumes während des Oberrotliegenden beitragen können.

Es handelt sich um Abdrücke großer Gipskristalle und -rosetten, um Steinsalz-Pseudomorphosen und um Pseudomorphosen von Kalzit nach Anhydrit.

* Dr. G. KOWALCZYK, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6000 Frankfurt a. M., Senckenberg-Anlage 32—34.

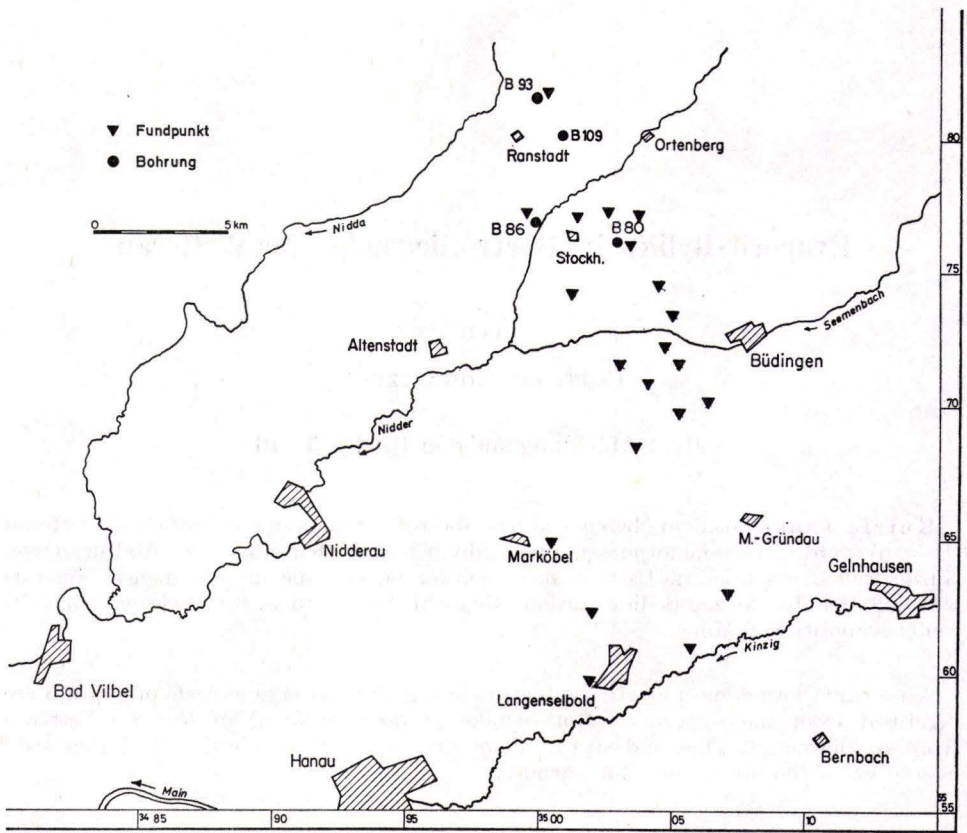


Abb. 1. Vorkommen von Anhydrit- und Steinsalz-Pseudomorphosen und Abdrücken von Gipskristallen.

Die Abdrücke von Gipskristallen sind seit langem beschrieben, v. REINACH (1899) deutete sie allerdings als Abdrücke von Kalzitkristallen. Durch Kartierungen (BOENIGK 1967, KOWALCZYK 1967) und Kernbohrungen der OVAG, Hungen, wurden zahlreiche weitere Fundpunkte und außerdem das Vorkommen von Steinsalz- und Anhydrit-Pseudomorphosen bekannt (Abb. 1).

Der Nachweis einer Sulfat- und Chlorid-Abscheidung während des Oberrotliegenden der Wetterau kann außerdem Bedeutung für das Auftreten von Evaporiten in benachbarten Sedimentationsräumen haben, da in der Wetterau der marine Zechstein das Rotliegende konkordant überlagert und daher die Grenze zwischen beiden Fazies problemlos zu ziehen ist.

Herrn Dr. W. BOENIGK, Köln, danke ich für die Überlassung von Probenmaterial, Herrn Dr. E. SCHENK, vorm. Hungen, für die Genehmigung zur Auswertung von Bohrungen, Herrn Dr. H. ROTH, Kassel, für die Erlaubnis, Kernmaterial einzusehen und Herrn H. FUNK, Frankfurt a. M., für die Ausführung der photographischen Arbeiten, Herrn Dr. H. JOHANNING, Frankfurt a. M., für röntgendiffraktometrische Untersuchungen

2. Ausbildung und Vorkommen

Ein recht auffälliges Kennzeichen der Sedimente des oberen Teils des Oberrotliegenden der Wetterau sind regelmäßig begrenzte Hohlräume, die in Tagesaufschlüssen und flachen Bohrungen zu beobachten sind. Sie können nur von weggelösten Kristallen stammen, sind meist wenige mm groß, können auch einige cm groß werden (BOENIGK 1967). Hohlräumeausgüsse zeigen monokline Symmetrie (Taf. 15, Fig. 1, 2). Die Kristalle bzw. ihre Abdrücke treten überwiegend in Rosetten, seltener auch als Einzelkristalle auf. Sie durchsetzen die Schichtung ohne große Störung, ihre Begrenzungsflächen sind nur schwach nach innen verbogen, begleitende Schichtlamellen nur wenig geschleppt. Die Kristall-Abdrücke sind überwiegend regellos im Sediment verteilt, nur selten ist eine Bindung an eine Schichtfläche zu erkennen. Sie treten vor allem in Schluffsteinen, seltener auch in Feinsandsteinen auf. Die ursprünglichen Kristalle haben daher das umgebende Sediment nicht eingeschlossen, was bei gröberkörnigen Sedimenten im allgemeinen der Fall ist.

Nach der Kristallform und unter Berücksichtigung des Sedimentcharakters kommt als ursprüngliches Mineral nur Gips in Frage. Die Gipskristalle müssen sich überwiegend innerhalb des weitgehend noch unverfestigten Sediments gebildet haben.

Es ist unwahrscheinlich, daß die SO_4 - oder S_2 -Zufuhr durch den Abbau organischer Substanz bedingt ist, da dann nach der Sedimentation ein reduzierendes Milieu hätte vorgelegen haben müssen. Die Gipskristall-Abdrücke treten jedoch durchweg in rot gefärbten Sedimenten auf, die auf ein oxydierendes Milieu zumindest nach der Sedimentation schließen lassen. Die Ausfällung der Gipskristalle wird daher durch Konzentration und Evaporation von Sulfat-Lösungen bedingt sein. Dafür spricht auch die (wenn auch seltene) Vergesellschaftung der Gipskristall-Abdrücke mit Trockenrissen.

Die syngenetische (oder syn-diagenetische) Bildung der Gipskristalle ließ sich außerdem mit Hilfe intraformationaler Gerölle nachweisen: Ein Aufarbeitungshorizont führt gerundete Schluffstein-Gerölle mit Gipskristall-Abdrücken, das umgebende Sediment dagegen nicht (BOENIGK 1967). Auch diese Beobachtung schließt eine Sulfat-Zufuhr durch descendente Wässer, beispielsweise aus dem Zechstein, und eine spät-diagenetische Bildung der Gipskristalle aus.

Die Gipskristall-Abdrücke sind vor allem in der etwas gröberkörnigen Einheit, die den oberen Teil des Oberrotliegenden in der südöstlichen Wetterau unterteilt, verbreitet (besonders im Gebiet S Düdelsheim), doch sind sie auch nördlich des Seemenbachs noch anzutreffen.

Während in Tagesaufschlüssen und flachgründigen Bohrungen meist nur Abdrücke von Gipskristallen zu finden sind, treten in einigen Tiefbohrungen (Bg. 80, 86, 93) auch mit kleinspätigem Kalzit gefüllte Hohlräume gleicher Art auf. Wegen der geringen Größe läßt sich die ursprüngliche Kristallform allerdings nicht mit hinreichender Sicherheit ermitteln; es bleibt daher nicht zu entscheiden, ob es sich bei diesen Vorkommen nur um umkristallisierten Kalzit oder um Pseudomorphosen von Kalzit nach Gips handelt, was allerdings wahrscheinlicher ist.

Eine weitere Gruppe von Kristall-Relikten besteht aus würfelförmigen und quaderförmigen Hohlräumen mit gelegentlich rautenförmigem Querschnitt. Von einer gewissen Teufe ab — meist 200 m unter der Tagesoberfläche — sind diese Hohl-

räume mit kleinspätigem Kalzit verfüllt. Es handelt sich dann also um Pseudomorphosen (Taf. 16 Fig. 1–3).

Auch hier ist wie bei den Gipskristallen nur selten eine Bindung an eine Schichtfläche zu beobachten, und ebenfalls ist eine Bildung der ursprünglichen Kristalle im weitgehend noch unverfestigten Sediment sicher. Das belegen auch partiell angelöste und mit umgebendem Sediment verfüllte Pseudomorphosen (Taf. 16 Fig. 1). Die würfelförmigen und quaderförmigen Pseudomorphosen treten nur in Ton- und Schluffsteinen auf, sie haben daher umgebendes Sediment nicht eingeschlossen, sondern verdrängt, was eine, wenn auch geringe, Verdichtung des Sediments am Rande der Pseudomorphosen andeutet. Die Sedimentfarbe ist bis auf eine grüngraue Lage in der Bg. Bleichenbach (Bg. 80) rotbraun.

Die Frage nach dem ursprünglichen Mineral ist nicht leicht zu beantworten, da die Kristalltracht eine ganze Reihe von Deutungen zuläßt. Dies auch dann, wenn man nur die Gruppe der Evaporit-Mineralen in Betracht zieht, was wegen des Vorkommens von Gips in derselben Schichtenfolge naheliegt. Einen ersten Hinweis lieferte sporadisch auftretendes Calcium-Sulfat feinverteilt im Sediment (Bg. Bleichenbach), einen weiteren umkristallisierter Anhydrit (optisch und röntgenographisch nachweisbar), der in einigen Pseudomorphosen randlich noch erhalten ist (Taf. 15 Fig. 3). Schließlich konnten im Z4 der Bg. Treischfeld 5 (Kurzprofil s. SCHÄFER 1969) völlig gleichartige Vorkommen beobachtet werden (Taf. 15 Fig. 4). Die Kristall-Relikte bestanden dort aus unvollständig vergipstem Anhydrit. Die würfelförmigen und quaderförmigen Kristall-Relikte im Oberrotliegenden der Wetterau wird man daher mit einiger Sicherheit als Pseudomorphosen von Kalzit nach Anhydrit bezeichnen dürfen.

Verdrängungen von Anhydrit (oder Gips) durch Kalzit sind zwar nicht besonders häufig, aber dennoch ausreichend oft beobachtet worden (SHEARMAN & FULLER 1969, LUCIA 1972, s. a. HUDSON 1970, SCHWARZ 1970). Einmal kann chemische Umsetzung zur Kalzitisierung des Sulfats geführt haben, etwa durch Zufuhr von NaHCO_3 (MEISL 1970) oder durch CH_4 (bei 900°C) oder durch die Einwirkung sulfatreduzierender Bakterien (FRIEDMAN 1972); außerdem kann Anhydrit (bzw. Gips) bei Anwesenheit von Dolomit kalzitisiert werden (LUCIA 1972). Andererseits ist die Löslichkeit von CaSO_4 in Wasser bei Gegenwart von Chlorid-Ionen stark erhöht (MATTHESS 1961). Anhydrit könnte also gelöst, die entstandenen Hohlräume könnten mit Kalzit verfüllt worden sein.

Eine Einwirkung sulfatreduzierender Bakterien kommt hier als Ursache der Kalzitisierung kaum in Betracht, da das entstehende H_2S zur Bildung von Fe-Sulfiden im umgebenden Sediment hätte führen müssen, die sich aber im Oberrotliegenden der Wetterau mit Ausnahme der erwähnten grauen Lage in der Bg. 80 nicht nachweisen lassen. Auch eine Umsetzung mit CH_4 scheidet wegen der nötigen Temperaturen aus. Durchaus möglich ist dagegen eine Reaktion des Sulfats mit NaHCO_3 , die zur Bildung von Kalzit führte.

Am wahrscheinlichsten scheint jedoch eine Lösung des Anhydrits (oder auch Gipses) durch NaCl -Wässer und eine spätere Verfüllung der entstandenen Hohlräume mit Kalzit zu sein. Salz-Wässer sind im Untergrund der Wetterau verbreitet und auch in der Bg. 80 angetroffen worden, und eine spät-diagenetische Karbonat-

Zufuhr läßt sich im Oberrotliegenden der Wetterau häufig nachweisen (z.B. kalzitverfüllte Klüfte).

Die Pseudomorphosen von Kalzit nach Anhydrit kommen nur im nördlichen Teil des zutagetretenden Oberrotliegenden vor, etwa im Gebiet Stockheim-Büches-Ranstadt. Besonders häufig sind sie in einer Teufe um 200 m unterhalb des Zechsteinkonglomerates; sie wurden nie zusammen mit den Abdrücken von Gipskristallen beobachtet.

Schließlich sind noch sedimentgefüllte Pseudomorphosen nach Steinsalz zu nennen, die allerdings im Oberrotliegenden der Wetterau sehr selten zu sein scheinen; sie sind bisher nur aus dem Gebiet um Langenselbold und von Bleichenbach und Büches bekannt (BOENIGK 1967, KOWALCZYK 1967). Bei Langenselbold waren die Steinsalz-Pseudomorphosen außerdem mit Trockenrissen vergesellschaftet (Taf. 16 Fig. 4), die zumindest ein episodisches Trockenfallen des Ablagerungsraumes anzeigen.

3. Bildungsraum

Da die ursprünglichen Minerale nicht mehr erhalten sind, ist eine eindeutige fazielle Einordnung des Bildungsraumes schon deshalb kaum möglich. Dazu kommt, daß das Auftreten von Gips, Anhydrit und Steinsalz es nicht erlaubt, ein bestimmtes Bildungsmilieu oder eine bestimmte Fazies eindeutig zu beschreiben. Es läßt sich zwar belegen, daß die Sedimente des Oberrotliegenden der Wetterau in einem Flachwasserbereich abgelagert wurden, der stellenweise zeitweilig trockenfiel und daß das Klima stärker arid war als im Unterrotliegenden. Doch reichen diese Angaben nicht aus, um im Zusammenhang mit dem Auftreten von Evaporiten die paläogeographische Position des Wetterauer Rotliegend-Sedimentationsraumes sicher festzulegen.

So treten die genannten Minerale rezent im marinen Bereich in flachen Lagunen auf (KERR & THOMSON 1963, PHLEGER 1969). Dabei braucht die Salinität des Meerwassers nicht erhöht zu sein, kann sogar unter dem Normalwert liegen. Zur Ausfällung der Evaporite kommt es, wenn durch wechselnde Wasserstände (wind- oder gezeitenbedingt) flache, kleinräumige Becken überflutet werden, die sonst keinen regelmäßigen Wasseraustausch haben. Eine ähnliche Genese beschreibt auch ARTHURTON (1973), wobei die Minerale sich unterhalb der Sedimentoberfläche durch Evaporation des Porenwassers abscheiden können; ein arides Klima ist dabei für die Evaporation nicht unbedingt notwendig.

Im ariden Klimabereich sind Gips, Anhydrit und Steinsalz in küstennahen Salzpflanzen (coastal sabkha) häufig. Die Sulfat- und Chlorid-Zufuhr kann dabei durch episodische marine Überflutung oder durch das Grundwasser, das vom Meer gespeist wird (SHEARMAN 1963, 1966; KINSMAN 1969), erfolgen.

Schließlich treten auch in kontinentalen Salzseen oder Salzpflanzen (inland sabkha) die genannten Minerale auf. Die Ionen-Zufuhr erfolgt dabei entweder durch Oberflächenwässer oder durch das Grundwasser, das kapillar aufsteigt und oberflächlich verdunstet. Die petrographische Zusammensetzung der kontinentalen Vorkommen schwankt gegenüber den (marginal) marinen sehr stark.

Es ist nicht möglich, die Evaporit-Minerale im Oberrotliegenden der Wetterau einem der genannten Fazies-Räume sicher zuzuordnen. Nach den bisherigen paläo-

geographischen Vorstellungen über das Rotliegende scheidet eine Bildung in einer flachen Lagune oder einer Küsten-Sabkha aus. Gegen eine Bildung in einem ausschließlich festländischen Ablagerungsraum spricht dagegen der durchweg aquatische Charakter der Schichten und das Fehlen äolischer Sedimente.

Andererseits deutet das Überwiegen der Sulfate und die relative Seltenheit von Karbonatgesteinen auf eine kontinentale Bildung. Ungeklärt bleibt dann aber die Herkunft des Sulfats und Chlorids.

Die Evaporit-Mineralie im Oberrotliegenden der Wetterau zeigen daher zunächst einmal nur das Vorhandensein salinärer Wässer an, über deren Salinitätsgrad aber nichts gesagt werden kann; außerdem belegen sie ein Klima, das einmal zur Evaporation der in flachen Becken stehenden Gewässer führte und andererseits auch eine Erhaltung der ausgefallenen Salze zuließ.

Das bedeutet, daß die Salzabscheidung kein kurzfristiger Prozeß war, sondern sich über einen längeren Zeitraum erstrecken konnte (das belegt ja auch das kontinuierliche Vorkommen innerhalb einer mindestens 200 m mächtigen Schichtenfolge). Solche Verhältnisse sind im allgemeinen nur im warm-ariden Klima-Bereich gegeben.

4. Ergebnisse

Es ist sicherlich nicht sinnvoll, aus dem Auftreten von Evaporit-Mineralen im oberen Teil des Oberrotliegenden der Wetterau allzu weitreichende Schlüsse zu ziehen, schon wegen der Vielfalt der Entstehungsmöglichkeiten solcher Vorkommen.

Immerhin tragen sie zur Vervollständigung des Fazies-Bildes dieses Rotliegend-Abschnitts bei, vor allem, wenn man sie im Zusammenhang mit den bisher gewonnenen Daten sieht (KOWALCZYK & PRÜFERT 1974). Auch sie können eine Veränderung des Klimas im Laufe des Rotliegenden zu stärkerer Trockenheit hin belegen, die stellenweise und zeitweilig zur Evaporation vorhandener Gewässer führte. Das gilt nicht nur für den kleinen Bereich der Wetterau, sondern auch für benachbarte Sedimentationsräume (FALKE 1972).

Der Nachweis rotliegendzeitlicher Evaporit-Mineralie in der Wetterau wirft außerdem ein neues Licht auf gleichartige Vorkommen im NE des Hessischen Troges, etwa in den Treischfelder Bohrungen (SCHÄFER 1969) oder Bohrungen bei Wernges und Schlitz (KÖBRICH 1926) und im fränkischen Raum (TRUSHEIM 1964). Diese Vorkommen galten als diagenetische Bildungen, doch sollte jetzt auch eine syngenetische (oder frühest-diagenetische) Entstehung in Betracht gezogen werden.

Gips, Anhydrit und Steinsalz treten außerdem im obersten Teil der Kreuznacher Schichten im Saar-Nahe-Trog auf, wie FALKE 1966 mitteilt. MÜLLER, NIELSEN & HOEFS (1966) sahen diese Vorkommen aufgrund geochemischer Untersuchungen als Zeugen für „episodische marine bis salinare“ Fazies an, die zeitlich in den Zechstein zu stellen sei. Auch FALKE (1974) zieht sie, weil sie ausgeprägtes Trockenklima anzeigen, neben anderen Kriterien für diese Einstufung heran. Da aber in der Wetterau syngenetische Evaporite zweifelsfrei unterhalb des marinen Zechsteins (z. B. in der Bg. Bleichenbach, Bg. 80) im oberen Teil des Oberrotliegenden auftreten, kann das Vorkommen solcher Evaporite in den Kreuznacher Schichten nicht mehr unbedingt als Hinweis für deren partielle Zugehörigkeit zum Zechstein gelten. (Diese

Aussage besagt jedoch nichts über die tatsächliche Altersstellung der obersten Kreuznacher Schichten.)

Wenn aus den Untersuchungen von MÜLLER *et al.* (1966) eine marginal-marine Genese der Evaporite im Oberrotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes gefolgert werden kann, dann sollten daher auch im Hessischen Trog episodische marine Einflüsse im oberen Teil des Oberrotliegenden bei der Faziesanalyse in Betracht gezogen werden (s. a. TRUSHEIM 1964). Der Sedimentcharakter steht dieser Deutung nicht im Wege, wohl aber die bisherigen paläogeographischen Vorstellungen über das Oberrotliegende.

Danach müßten die Evaporit-Mineralien in kontinentalen Salzpflannen unter warm-aridem Klima ausgefällt worden sein, etwa entsprechend der Ansicht GLENNIES (1972) über das Rotliegende der südlichen Nordsee (s. a. TRUSHEIM 1971).

5. Schriftenverzeichnis

- ARTHURTON, R. S. (1973): Experimentally produced halite compared with Triassic layered halite-rock from Cheshire, England. — *Sedimentology*, **20**: 145—160; Oxford.
- BOENIGK, W. (1967): Die Geologie der südöstlichen Wetterau zwischen Langenselbold-Büdingen-Hainchen, mit besonderer Berücksichtigung des Tertiärs. — Dipl.-Arb., 187 u. XXXVI S.; Köln.
- FALKE, H. (1966): Zur Geochemie der Schichten der Kreuznacher Gruppe im Saar-Nahegebiet. — *Geol. Rdsch.*, **55**: 59—77; Stuttgart.
- (1972): The continental Permian in North- and South Germany. — In: H. FALKE (ed.): *Rotliegend. Essays on European Lower Permian*: 43—113; Leiden (E. J. Brill).
- (1974): Das Rotliegende des Saar-Nahe-Gebietes. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, N.F., **56**: 1—14; Stuttgart.
- FRIEDMAN, G. M. (1972): Significance of Red Sea in problem of evaporites and basinal limestones. — *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **56**: 1072—1086; Tulsa.
- GLENNIE, K. W. (1970): Desert sedimentary environments. — *Developments in sedimentology*, **14**: 222 S.; Amsterdam (Elsevier).
- (1972): Permian Rotliegendes of Northwest Europe interpreted in light of modern desert sedimentation studies. — *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **56**: 1048—1071; Tulsa.
- HUDSON, J. D. (1970): Algal limestones with pseudomorphs after gypsum from the Middle Jurassic of Scotland. — *Lethaia*, **3**: 11—40; Oslo.
- KERR, Jr., S. D. & THOMSON, A. (1963): Origin of nodular and bedded anhydrite in Permian shelf sediments. Texas and New Mexico. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **47**: 1726—1732; Tulsa.
- KINSMAN, D. J. J. (1969): Modes of formation, sedimentary associations, and diagnostic features of shallow-water and supratidal evaporites. — *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **53**: 830—840; Tulsa.
- KÖBRICH, C. (1926): Die Tiefbohrungen nach Salz in Oberhessen in den Jahren 1905—1907. — *Notizbl. Ver. Erdkde. geol. L.-Anst. Darmstadt*, (V) **8**: 197—223; Darmstadt.
- KOWALCZYK, G. (1967): Die Geologie der südöstlichen Wetterau zwischen Büdingen, Altenstadt und Selters, mit besonderer Berücksichtigung des Rotliegenden. — Dipl.-Arb., 212 S.; Köln.
- & PRÜFFERT, J. (1974): Gliederung und Fazies des Perms in der Wetterau. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **125**: 61—90; Hannover.
- LUCIA, F. J. (1972): Recognition of evaporite—carbonate shoreline sedimentation. — In: RIGBY, J. K. & HAMBLIN, W. K. (ed.): *Recognition of ancient sedimentary environments*. — *Soc. Ec. Paleontologists a. Mineralogists, spec. publ.* **16**: 160—191; Tulsa.
- MATTHES, G. (1961): Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **35**: 85 S.; Wiesbaden.

- MEISL, S. (1970): Petrologische Studien im Grenzbereich Diagenese-Metamorphose. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **57**: 93 S.; Wiesbaden.
- MÜLLER, G., NIELSEN, H. & HOEFS, J. (1966): Schwefel-Isotopen-Untersuchungen an Evaporiten der Kreuznacher Gruppe (Zechstein?) im Saar-Nahe-Gebiet. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1966**: 745–750; Stuttgart.
- PHLEGER, F. B. (1969): A modern evaporite deposit in Mexico. — Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., **53**: 824–829; Tulsa.
- REINACH, A. v. (1899): Erl. geol. Spec.-Kte. Preußen u. thür. Staaten; Lief. **77**, Gradabtlg. 68, Nr. 47, Bl. Hüttengesäß, 64 S.; Berlin.
- SCHÄFER, KH. (1969): Das Rotliegende der Treischfelder Bohrungen in Osthessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 152–194; Wiesbaden.
- SCHWARZ, H.-U. (1970): Zur Sedimentologie und Fazies des Unteren Muschelkalkes in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. — Diss., 297 S.; Tübingen.
- SHEARMAN, D. J. (1963): Recent anhydrite, gypsum, dolomite, and halite from the coastal flats of the Arabian shore of the Persian Gulf. — Proc. Geol. Soc. London., **1607**: 63–65; London.
- (1966): Origin of evaporites by diagenesis. — Inst. Mining and Metall. Trans., Sec. B, **75**: 208–215.
- & FULLER, J. G. (1969): Anhydrite diagenesis, calcitization, and organic laminites, Winnipegosis Formation, Middle Devonian, Saskatchewan. — Bull. Canadian Petrol. Geol., **17**: 496–526; Calgary.
- TRUSHEIM, F. (1964): Über den Untergrund Frankens. — Geologica Bavarica, **54**: 92 S.; München.
- (1971): Zur Bildung der Salzlager im Rotliegenden und Mesozoikum Mitteleuropas. — Beih. geol. Jb., **112**: 51 S.; Hannover.

Manuskript eingegangen am 13. 11. 1974

Zwei neue Basaltvorkommen im Vordertaunus

Von

KLAUS DIETZ und ROLF WERNER*

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung: Zwei neue Basaltvorkommen aus dem Bereich des Vordertaunus werden beschrieben und mineralogisch charakterisiert.

Abstract: Two new occurrences of basaltic dikes in the most southern part of the Taunus mountains near Frankfurt/M. are being described and characterized according to their mineralogical composition.

Inhalt

1. Einleitung	299
2. Das Basaltvorkommen von Mammolshain	300
3. Die Kronberger Basaltgänge	301
4. Mineralogische Kennzeichnung der Basaltvorkommen	303
5. Schriftenverzeichnis	303

1. Einleitung

Im Rahmen neuerer geomorphologischer Kartierungen wurden auf den Blättern 5816 Königstein i.Ts. und 5817 Frankfurt a.M.-West der TK 25 zwei bisher unbekannte Basaltvorkommen gefunden. Sie waren in Aufschlüssen am Sportplatz Mammolshain und in Kronberg zugänglich und durchsetzen in beiden Fällen als gangförmige Bildungen vordevonische Gesteine.

Kleinere Basaltgänge und Schlotte sind aus der metamorphen Zone des Taunus-südrandes und aus dem übrigen Taunus verschiedentlich bekannt geworden (z.B. BIBUS 1971; EHRENBURG 1968; FUCHS 1927; KUBELLA 1951; LEPLA 1924; MICHELS 1932; 1972, MICHELS & ZÖLLER 1930). Ihre Verbreitung wurde zuletzt von ANDERLE (1974) auf einer geologisch-tektonischen Karte des nördlichen Oberrheingrabens dargestellt.

* K. DIETZ, R. WERNER, Geographisches Institut (Physische Geographie) der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6000 Frankfurt a.M., Senckenberganlage 36.

Das Auftreten der vulkanischen Bildungen im Taunus und speziell im Vordertaunus steht in engem Zusammenhang mit der Taphrogenese des Oberrheingrabens, in deren Verlauf zu verschiedenen Zeiten Vulkanite mit unterschiedlichem Chemismus und Mineralbestand in den Randgebieten aufdrangen (ANDERLE 1970, 1974; HORN, LIPPOLT & TODT 1972, 1974; ILLIES 1965). Bei den im Vordertaunus bekannten Basalten handelt es sich — soweit näher beschrieben — um analcimführenden basanitischen Nephelinit (EHRENBERG 1968: 72), Olivin-Nephelinit (HORN, LIPPOLT & TODT 1972: 136), bzw. um Nephelintephrit, Nephelinbasanit und Limburgit (KUBELLA 1951: 60, ebenso LEPPLA 1924: 39), deren Alter lange Zeit nicht eindeutig zu fassen war. Aufgrund eines typologischen Vergleiches mit Basalten des Westerwaldes und des Siebengebirges wurden sie von KUBELLA (1951: 61) vorbehaltlich ins Miozän gestellt. Neuere K-Ar-Datierungen ergaben dagegen für den Olivin-Nephelinit von Eppstein und für basanitische Nephelinite aus anderen Teilen des Taunus ein höheres, zumindest alttertiäres Alter. Das Vorkommen am Eppsteiner Tunnel ist mit einem Altersmittelwert von 76,10 Ma sogar noch in die Oberkreide zu stellen (HORN, LIPPOLT & TODT 1972: 146, 1974: 219).

In dem durch quer zum variscischen Streichen des Taunuskammes verlaufende Verwerfungen in Horste und Buchten gegliederten Vordertaunus liegen die zwei neu entdeckten Basaltvorkommen beide im Horstbereich des „Hochgebietes von Kronberg“ (KUBELLA 1951), das früher auch als Altkönig-Vorstufe bezeichnet wurde. Sie liegen somit in einem Bereich starker tektonischer Beanspruchung, was auch aus der dichten Schারণ der Verwerfungslinien in der Karte von ANDERLE (1974) zum Ausdruck kommt, der in diesem Bereich allerdings noch keine Basalte verzeichnen konnte. Das Vorkommen von Mammolshain liegt in der Nähe der westlichen, jenes von Kronberg in der Nähe der östlichen Begrenzung der Hochscholle. Beide Vorkommen sollen im folgenden näher beschrieben werden.

2. Das Basaltvorkommen von Mammolshain

Das erste der beiden neuen Basaltvorkommen ist in ca. 345 m über NN an einer Böschung auf der südwestlichen Seite des Sportplatzes von Mammolshain bei R 346344, H 555953 aufgeschlossen. Der in einem flachen Hangbereich liegende Aufschluß dürfte noch längere Zeit zugänglich sein.

Bei dem Basaltvorkommen (Abb. 1) handelt es sich um zwei Gänge, von denen der größere 2,8 m Breite hat, während der wenige Meter entfernt liegende kleinere nur 7–15 cm breit ist. Die beiden steil nach SSE einfallenden Gänge streichen etwa senkrecht zur Aufschlußwand (ca. 25–30°E). Es ist daher anzunehmen, daß die Magmen eine mehr oder weniger variscisch streichende Kluft für ihren Aufstieg benutzt haben, ähnlich wie auch beim Vorkommen am Eppsteiner Tunnel.

Die Basalte durchsetzen in Mammolshain stark zerrüttete und von zahlreichen kleineren, braun angewitterten Quarzgängen durchzogene Phyllite, die relativ frisch sind und makroskopisch kaum Zersetzungserscheinungen im Kontakt mit den Basaltgängen zeigen. Möglicherweise bot die starke tektonische Beanspruchung der Phyllite an dieser Stelle besonders günstige Voraussetzungen für ein Aufdringen der Magmen. Während beim kleineren Gang der graue, mürbe Basalt direkt an die Phyllite angrenzt, ist der Basalt des größeren Ganges zum großen Teil zu einem braunen, stark

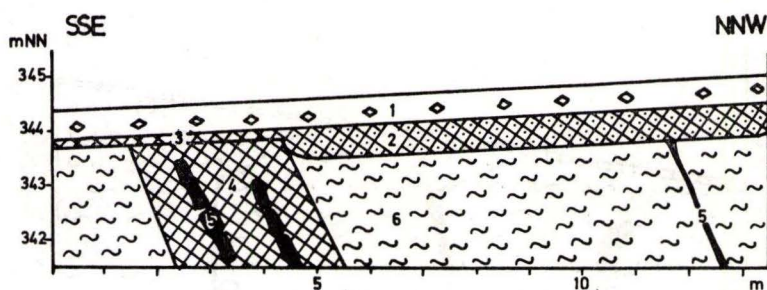


Abb. 1. Basaltgänge an der SW-Seite des Sportplatzes von Mammolshain.

- 1 = „Deckschutt“. Fahlhellbrauner, steiniger, kalkfreier sandig-lehmiger Schluff mit hangabwärts eingeregelteten Gangquarz- und Schieferbruchstücken. (= A₁-Horizont)
- 2 = „Mittelschutt“. Brauner, schwach marmorierter, schwach steiniger bis steiniger, kalkfreier toniger Lehm, stark löblehmhaltig. (= SB_t-Horizont)
- 3 = wie vor, mit aufgearbeitetem rotbraunem Basalt-Verwitterungslehm.
- 4 = Basalt-Verwitterungslehm. Rotbrauner, sehr stark weiß bis hellgrau marmorierter, steinfreier, kalkfreier toniger Lehm.
- 5 = Grauer, mürber Basalt, in einzelne, von einer Verwitterungsrinde umgebene Stücke aufgelöst.
- 6 = Grauer, mürber bis meist fester, z. T. stark zerrütteter Schiefer mit braun angewitterten Quarzgängen.

pseudovergleyten tonigen Lehm verwittert. Nur im Innern sind noch zwei Zonen mit festerem Basalt erhalten, der aber auch schon in einzelne Brocken aufgelöst ist. Von diesem Material stammt die mineralogisch untersuchte Probe. Für eine Datierung des Basaltes mit Hilfe der K-Ar-Methode war das Material leider zu stark verwittert.

Die beiden Basaltgänge werden nach oben von pleistozänen Solifunktionsdecken abgeschnitten. Der direkt über dem teilweise noch durch Frosttätigkeit aufgelockerten Phyllit in ca. 50 cm Mächtigkeit ausgebildete, stark löblehmhaltige Solifunktionschutt, der i. S. von SEMMEL (1968) als Mittelschutt anzusprechen ist und in dem der SB_t-Horizont der rezenten Pseudogley-Parabraunerde ausgebildet ist, verringert an dem breiteren Basaltgang deutlich seine Mächtigkeit auf nur noch 15 cm und hat hier außerdem sehr viel von dem braunen, tonigen Basaltverwitterungsmaterial aufgearbeitet. Darüber zieht der Deckschutt (SEMMEL 1964, 1968) mit einer schwachen Löblehmkomponente in konstanter Mächtigkeit von ca. 50 cm ungestört hinweg, ohne erkennbare Mengen aus den Basaltgängen mitzuführen. Diese das Profil nach oben abschließende Solifunktionsdeckenfolge macht deutlich, daß es ohne Aufschlüsse kaum möglich ist, weitere — sicherlich vorhandene — Basaltvorkommen zu entdecken.

3. Die Kronberger Basaltgänge

Das zweite, inzwischen nicht mehr zugängliche Basaltvorkommen war im Laufe des Jahres 1973 und bis zum Frühsommer 1974 im Stadtgebiet von Kronberg, Frankfurter Straße (R 346555, H 556030), in ca. 242 m über NN aufgeschlossen.

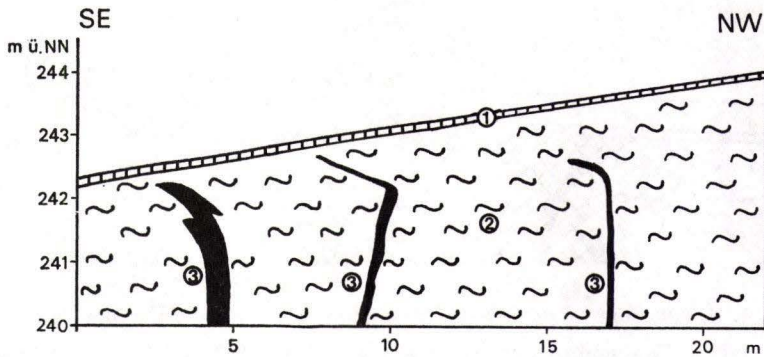


Abb. 2. Basaltgänge an der SW-Wand einer Baugrube in Kronberg.

- 1 = A_n-Horizont.
- 2 = Serizitgneis-Zersatz.
- 3 = Basaltgang.

Die SW-Wand einer Baugrube zeigte dort drei Basaltgänge (Abb. 2), deren Verlauf auch an der Basis des Aufschlusses verfolgt werden konnte. Der nordwestliche Basaltgang besaß an der Aufschlußwand eine Breite von 15–20 cm, der mittlere Gang eine von 25–30 cm, der südöstliche schließlich war ca. 50 cm breit. Während der nordwestliche und der südöstliche Basaltgang seiger standen, fiel der mittlere Gang sehr steil nach SSE ein. Dieser Gang setzte nach einigen Metern an der Basis des Aufschlusses aus. Die beiden anderen Gänge erstreckten sich dagegen über den Bereich des Aufschlusses hinaus und waren auch an dessen SE-Wand aufgeschlossen. Die drei etwa parallelen Basaltgänge verliefen von WSW nach ENE und folgten somit ebenfalls der variscischen Streichrichtung des südöstlichen Taunusrandes.

Aufgrund ihres gestreckten Querschnittes und ihrer Anordnung etwa im Gebirgsstreichen können die Kronberger Basalte dem Typ C i. S. KUBELLAS (1951: 61) zugerechnet werden, bei dem die Magmenförderung ohne vorangehende Entgasungsvorgänge stattgefunden haben soll (KUBELLA 1951: 63f.).

In allen drei Gängen war der Basalt zu einem dunkelgrauen bis dunkelbraunen Material schluffiger bis toniger Beschaffenheit zersetzt, in dem sich aber dennoch makroskopisch einige verwitterte Olivine erkennen ließen. Die intensive Zersetzung des Basaltes erfaßte auch den anstehenden Serizitgneis und wandelte ihn zu einem weiß-grünlichen, kaolinhaltigen Schluff um, in dem sich allein einige durch Fe- und Mn-Ausscheidungen braungefärbte Quarzgänge als hart erwiesen. Der intensive Gesteinszersatz ist vermutlich hydrothermal bedingt. Die Annahme einer tertiären Zersatzzone dürfte dagegen weniger wahrscheinlich sein, da nur ca. 5 m vom nordwestlichen Basaltgang entfernt immer nur frischer, unverwitterter Serizitgneis angetroffen wurde, andererseits aber die Gänge in unmittelbarer Nähe der bereits von MICHELS & ZÖLLER (1930) beschriebenen „Taunussüdrandspalte“ beobachtet werden konnten, in deren Verlauf bevorzugt Wässer aus größeren Tiefen aufdringen (MICHELS & ZÖLLER 1930: 62f., WAGNER 1968).

Da sich die Kronberger Basalte nicht mit datierbaren Gesteinen korrelieren lassen, kann ihr Alter nicht eindeutig ermittelt werden. Das pleistozäne „Hakenslagen“, das an allen drei Gängen in ca. 1 m u. Fl. festgestellt werden konnte, ist lediglich als obere Zeitmarke anzusehen, vor der die Intrusion erfolgt sein muß. Eine absolute Altersdatierung mit Hilfe der K-Ar-Methode schied wie auch beim Basalt von Mammolshain wegen der Zersetzung des Gesteins aus.

4. Mineralogische Kennzeichnung der Basaltvorkommen

Trotz des stark verwitterten Zustandes der Proben konnten anhand von Dünnschliffpräparaten einige Aussagen über den ursprünglichen Mineralbestand der Basalte und deren mögliche Typologisierung gemacht werden¹. Dabei zeigte es sich, daß sowohl das Vorkommen bei Mammolshain als auch die drei Kronberger Basaltgänge untereinander große Ähnlichkeiten aufwiesen.

Alle vier untersuchten Proben besaßen ein porphyrisches Gefüge. Als Einsprenglinge waren jeweils zahlreiche Pseudomorphosen nach Olivin vorhanden. Die Olivine waren infolge der Verwitterung in Tonminerale (vermutlich Montmorillonit) und Eisenhydroxide (Goethit) umgewandelt. Pyroxene ließen sich nur in der Probe von Mammolshain nachweisen, dürften jedoch auch in den Kronberger Proben ursprünglich vorhanden gewesen sein. Im Dünnschliff konnten sie dort allerdings nicht mehr von Olivinseudomorphosen unterschieden werden. Daneben traten in den Kronberger Gängen noch Serpentinminerale auf. Die Serpentinisierung fand vermutlich auf Kosten der Olivine statt.

Die Grundmasse der Basalte war in allen Fällen weitgehend zu Tonmineralen umgewandelt. Daneben traten Eisenhydroxide auf, die auf ursprünglich vorhandene Magnetite zurückzuführen sind. Mit Ausnahme des nordwestlichen Ganges von Kronberg waren in allen Proben Formrelikte von Feldspatleisten erhalten, besonders gut im Mammolshainer Basalt. Das Fehlen der Feldspatleisten in dem nordwestlichen Kronberger Gang ist vermutlich durch den geringeren Gangquerschnitt bedingt, der infolge einer schnelleren Erstarrung der Schmelze wahrscheinlich zu einer limburgitischen Ausbildung führte. Die starke Verwitterung des Gesteins verhindert natürlich den Nachweis der ehemals glasigen Komponente.

Zusammenfassend lassen sich somit alle hier beschriebenen Gangbildungen als durch Verwitterung stark veränderte Olivin-Basalte kennzeichnen, möglicherweise auch als Alkali-Olivinbasalte. Somit unterscheiden sie sich mineralogisch von den bisher beschriebenen und radiometrisch datierten Basalten des Vordertaunus, worin sich u. U. auch ein Altersunterschied ausdrücken könnte.

5. Schriftenverzeichnis

- ANDERLE, H.-J. (1970): Outlines of the Structural Development at the Northern End of the Upper Rhine Graben. — In: Graben Problems. International Upper Mantel Project. Sci. Rep. No. 27: 97–102, 1 Abb.; Stuttgart.
- (1974): Block Tectonic Interrelations between Northern Upper Rhine Graben and Southern Taunus Mountains. — In: FUCHS, K. & ILLIES, J.-H. (Hrsg.): Approaches to Taphrogenesis: 243–253, 1 Abb.; Stuttgart.

¹ Die mineralogischen Untersuchungen wurden dankenswerterweise von Herrn Prof. Dr. S. MEISL, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, durchgeführt.

- BIBUS, E. (1971): Zur Morphologie des südöstlichen Taunus und seines Randgebietes. — Rhein-Main. Forsch., **74**: 1–279, 33 Abb., 3 Tab., 3 Ktn.; Frankfurt a.M.
- EHRENBERG, K.-H. (1968): Vulkanische Gesteine. — Erl. geol. Kte. Hessen 1: 25000, Bl. 5913 Presberg, 2. Aufl.: 72–79; Wiesbaden.
- FUCHS, A. (1927): Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsch. Ländern. — Lfg. **253**, Bl. Oberreifenberg (Nr. 3325): 1–48; Berlin.
- HORN, P., LIPPOLT, H.-J. & TODT, W. (1972): Kalium-Argon-Altersbestimmungen an tertiären Vulkaniten des Oberrheingrabens. — *Eclogae geol. Helv.*, **65**, 1: 131–156, 4 Abb., 2 Tab.; Basel.
- (1974): Volcanism of the Rhinegraben: potassium-argon ages, local setting, petrology, and gravity anomalies. — In: FUCHS, K. & ILLIES, J.-H. (Hrsg.): Approaches to Taphrogenesis: 213–221, 2 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- ILLIES, J.-H. (1965): Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. — *Oberrhein. geol. Abh.*, **14**: 1–54; Karlsruhe.
- KUBELLA, K. (1951): Zum tektonischen Werdegang des südlichen Taunus. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **3**: 1–81, 14 Abb., 2 Ktn.; Wiesbaden.
- LEPPLA, A. (1924): Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesstaaten. — Lfg. **15**, Bl. Königstein, (Bl. 49), 2. Aufl.: 1–56; Berlin.
- MICHELS, F. (1932): Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsch. Ländern. — Lfg. **288**, Bl. Wehen (Nr. 3369): 1–56, 1 Abb.; Berlin.
- (1972): Erl. geol. Kte. Hessen 1: 25000, Bl. 5717 Bad Homburg v. d. Höhe. Mit Beitr. v. SCHLOSSMACHER, K., 2. Aufl.; Redaktionell überarb. Nachdr. Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsch. Ländern, Bl. Homburg v. d. Höhe — Obereschenbach: 1–55; Wiesbaden.
- MICHELS, F. & ZÖLLER, A. (1930): Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsch. Ländern. Lfg. **300**, Bl. Frankfurt a.M.-West (Höchst)-Steinbach (Nr. 3371): 1–99; Berlin.
- SEMMELE, A. (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **92**: 275–285, 3 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — *Frankf. geogr. H.*, **45**: 1–133, 35 Abb., 2 Tab.; Frankfurt a.M.
- WAGNER, W. (1968): Wanderwege von kochsalzhaltigen Wässern im nördlichen Mainzer Becken und an seinen Rändern. — *Jb. nass. Ver. Naturk.*, **99**: 27–42, 1 Abb.; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 11. 10. 1974

C-Isotopenanalysen des Methans und Kohlendioxids einiger hessischer Mineralwässer

Von

WOLFGANG STAHL und GIBBERT DIEDERICH*

Mit 1 Abbildung und 5 Tabellen

Kurzfassung: Kohlenstoff-Isotopenanalysen an Gasen, die in hessischen Mineralwässern gelöst sind, lassen folgende Schlüsse zu:

1. Das Methan des Selzer- und des Faulbrunnens in Frankfurt-Nied ist im wesentlichen durch bakterielle Tätigkeit bei geringer thermokatalytischer Beanspruchung aus junger organischer Substanz (Tertiär oder jünger) entstanden. Eine Herkunft aus organogenen Ablagerungen älterer, u. U. paläozoischer Schichten der Saar-Nahe-Wetterau-Senke kann weitgehend ausgeschlossen werden.

2. Das Kohlendioxid der Mineralwässer in Bad Nauheim, Bad Vilbel und Bad Soden bei Salmünster ist mit großer Wahrscheinlichkeit magmatischer Herkunft. Eine Entstehung durch Oxidation organischer Materie, insbesondere von Kohlenwasserstoffen, ist wenig wahrscheinlich.

Abstract: Carbon isotope analyses of gases soluted in mineralwaters in Hesse (W-Germany), are interpreted:

1. The methane in a spring and a well in Frankfurt-Nied is produced by bacterial activity and low thermocatalytic stress from Kainozoic organic material. The origin from older organic deposits, especially Palaeozoic layers of the Saar-Nahe-Wetterau-depression, can be largely excluded.

2. With high probability the carbon dioxide of the mineralwaters in Bad Nauheim, Bad Vilbel and Bad Soden bei Salmünster is of magmatic derivation. An origination by oxidization of organic substances, generally of hydrocarbons, is less probable.

Inhalt

1. Einleitung	306
2. Geologische Verhältnisse	306
3. Gaszusammensetzung und massenspektrometrische Untersuchung	308
4. Meßergebnisse und Diskussion	310
5. Zusammenfassung	312
6. Schriftenverzeichnis	313

* Dr. W. STAHL, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 3000 Hannover 23, Stilleweg 2. Dr. G. DIEDERICH, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 6200 Wiesbaden, Leberberg 9.

1. Einleitung

Hessen besitzt am SW-Rande des Vogelsberges zahlreiche Mineralquellen mit z. T. beachtlichen Gasgehalten. Als Gase werden im wesentlichen Kohlendioxid, häufiger aber auch Methan festgestellt. Seit alters her wird die Kohlensäure als letztes Relikt der vulkanischen Tätigkeit im Vogelsberg-Bereich angesehen. Es ist aber heute bekannt, daß Kohlensäure nicht allein vulkanischer Herkunft sein muß, sondern es unterschiedliche Möglichkeiten der Kohlensäurebildung gibt. In der Hauptsache sind zu berücksichtigen:

- CO₂-Entstehung aus vulkanischen Exhalationen,
- CO₂-Entstehung aus thermischer Umwandlung karbonatischer Gesteine,
- CO₂-Entstehung aus Umsetzungen organischer Ablagerungen.

Für das Methan muß eine Bildung im Zusammenhang mit organischen Muttersubstanzen oder Abspaltung aus Kohlenwasserstoffen (Öl, Teer, Bitumen) gefordert werden. Das Nebeneinander von Kohlendioxid und Methan in Mineralwässern könnte also auf eine gemeinsame organische Ausgangssubstanz zurückgeführt werden. Würde aber das CO₂ als vulkanische Komponente bestätigt, müßten für die methan- und kohlenstoffhaltigen Mineralquellen zwei verschiedene Gasentstehungsprozesse vorliegen.

Zur Klärung der Frage, ob die Gase der Mineralwasservorkommen im SW des Vogelsberges einheitlicher oder unterschiedlicher Entstehung sind, wurden als repräsentativ für die Vielzahl der Vorkommen ausgewählt:

- a) Selzer- und Faulbrunnen in Frankfurt-Nied für die schwach kohlenstoffhaltigen, aber teilweise Kohlenwasserstoffgase führenden „Grindbrunnen“ im Tertiärgebiet,
- b) Sprudel XIV in Bad Nauheim für den W-Rand der Wetterau, kohlenstoffreich, aber ohne Methan und höhere Homologe, in Fortsetzung des devonischen Massenkalkzuges des Taunus gelegen,
- c) Hassia- und Friedrich-Karl-Sprudel in Bad Vilbel, kohlenstoffreich, ohne Kohlenwasserstoffe, für das Rotliegendgebiet im SW des Vogelsberges,
- d) Neuer Trinksprudel in Bad Soden bei Salmünster, kohlenstoffreich, Kohlenwasserstoffe fehlend, für das Buntsandsteingebiet im S des Vogelsberges.

Die in Betracht kommenden Arten der Gasgenese für diese Vorkommen ergeben sich aus den jeweiligen geologischen Verhältnissen.

2. Geologische Verhältnisse

Die vier untersuchten Mineralwasservorkommen liegen alle im Niederschlagsgebiet des Untermaines (Abb. 1), und zwar vor allem im Bereich des känozoischen Senkungsfeldes, das sich aus dem nördlichen Oberrheingraben über Frankfurt-Höchst in die Wetterau erstreckt.

Im Kern dieser Senkungszone — wobei die Sedimentation N des Maines jedoch bedeutend hinter der im Oberrheingraben zurückblieb! — wurden die Gase zweier Mineralwasservorkommen aus Frankfurt-Nied, die typische Vertreter der im

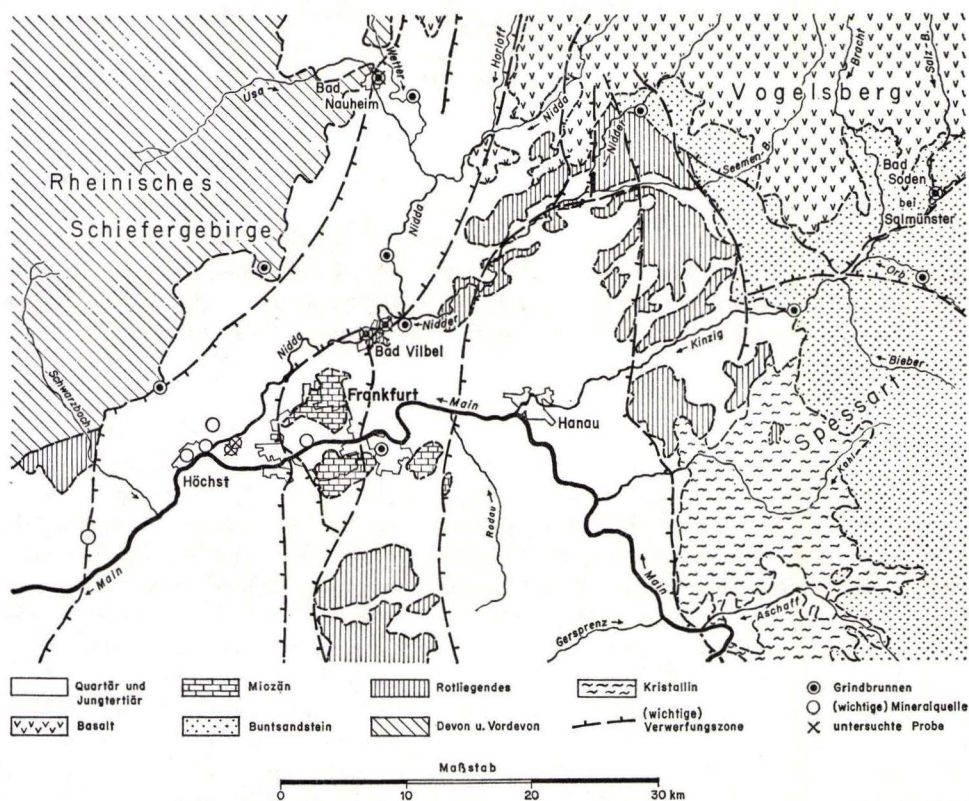


Abb. 1. Geologische Übersicht, Mineralwasservorkommen und Probenahmestellen.

Tertiärgebiet häufigeren „Grindbrunnen“¹ sind, untersucht. Die Wässer zirkulieren hauptsächlich in den Kalk- und Mergelsteinen der Hydrobienschichten. Für den Selzerbrunnen in Frankfurt-Nied – und wohl auch für den dicht benachbarten Faulbrunnen – lautet die Schichtenfolge nach der Bohrung Nr. 17 in MICHELS & ZÖLLER (1930: 75):

0– 2,20 m Torf eines Niddaaltlaufs	Holozän
– 10,80 m Grobsand u. Kies mit Geröllen	Pleistozän
– 12,10 m grauer Mergelstein, z. T. bituminös	} Untermiozän (Hydrobienschichten)
– 14,80 m dunkelgrauer Ton u. bituminöser Mergelstein	
– 15,10 m grauer bituminöser Kalkstein	
– 27,40 m graublauer bituminöser Mergelstein	
– 32,55 m grauer Kalkstein, bituminös, mit Mineralwasser	

Darunter folgen noch etwa 75 m Mergel- und Kalkstein des Untermiozäns (Hydrobien-, *Corbicula*- und *Cerithiens*schichten) und bis 70 m Feinsande und Mergel des Oberoligozäns (Obere Glimmersande, Vilbeler Schotter und Cyrenenmergel), in die

¹ Von „Grind“, mundartlich für bestimmte Hauterkrankungen, zu deren Behandlung die Wässer volkstümlich Verwendung fanden.

einzelne lignitische Braunkohlenschmitzen bis -lagen eingeschaltet sind. Den Abschluß der tertiären Sedimente bilden ca. 170 m mächtige Schichten des Mitteloligozäns (Schleichsand, Rupelton, Meeressand), die bis auf den basalen und den obersten Teil rein tonig entwickelt sind. Im Liegenden des Tertiärs folgt das mehrere hundert Meter mächtige Rotliegende. In seinem tieferen Teil könnten Steinkohlenschmitzen und -lagen vorkommen. In stärkerem Maße wäre damit noch im Oberkarbon zu rechnen, das möglicherweise in Fortsetzung der Saar-Nahe-Senke bis in das Untermaingebiet reichen könnte. Für die Entstehung der Kohlenwasserstoffgase und des Kohlendioxids bestehen also Bildungsmöglichkeiten aus känozoischen oder paläozoischen organischen Ablagerungen, insbesondere Kohlen, für das CO_2 aber auch die Möglichkeit einer unabhängig von den organogenen Substanzen gesonderten magmatogenen Abkunft.

Bad Nauheim, das nördlichste der untersuchten Vorkommen, liegt auf dem E-Abbruch des Taunus zur Wetterau. Mineralwasserführend ist vor allem der mitteldevonische Massenkalk, der dort gegen das W anschließende Unterdevon des Osttaunus an einer Verwerfung eine nur von geringmächtigem Tertiär bedeckte Randscholle bildet. Das Tertiär ist überwiegend feinsandig. Das Mineralwasser enthält an Gas nur Kohlensäure. Organogene Ablagerungen (Kohlen) sind bei Bad Nauheim weder im Tertiär noch Devon bekannt, Basaltvorkommen dagegen gibt es mehrere in der Umgebung, ebenso wäre eine thermische Abspaltung des CO_2 aus E des Randabbruches tief im Untergrund versenkten Kalksteinen in Betracht zu ziehen.

20 km südlich werden die Mineralwässer von Bad Vilbel in zahlreichen Bohrungen genutzt. Sie sind kohlen säurereich, enthalten daneben aber nur etwas Stickstoff. Die Wässer sind meist im Rotliegenden erschlossen und dürften an Verwerfungen im Übergangsbereich der Rotliegend-Hochscholle der östlichen Wetterau zur jungen Senkungszone der eigentlichen Wetterau gebunden sein. Die tektonischen Positionen von Bad Vilbel und Bad Nauheim sind also recht ähnlich, lediglich daß Bad Nauheim am W-Rand und Bad Vilbel am E-Rand der jungen rheinisch streichenden Senkungszone liegt. Organische Ablagerungen, aus denen das CO_2 des Mineralwassers hergeleitet werden könnte, wurden bei Bad Vilbel im Rotliegenden nicht erbohrt, könnten aber im SE in geringer Entfernung in oberkarbonischen Ablagerungen der Saar-Nahe-Wetterau-Senke auftreten. Basaltvorkommen gibt es in nördlicher und östlicher Richtung.

Bad Soden bei Salmünster schließlich liegt gut 40 km von Bad Vilbel nach ENE im Buntsandsteingebiet am S-Rande des Vogelsberges. Das Mineralwasser zirkuliert dort im Zechstein und Rotliegenden und steigt im Kreuzungsbereich rheinischer und erzgebirgischer Verwerfungen auf. Es ist frei von Kohlenwasserstoffgasen, aber reich an Kohlensäure. Kohlenlagen können eventuell tief im Untergrund im untersten Teil des Rotliegenden und im möglicherweise vorhandenen Oberkarbon vorkommen. Der S-Rand der geschlossenen Basaltdecken des Vogelsberges reicht fast bis an Bad Soden bei Salmünster heran.

3. Gaszusammensetzung und massenspektrometrische Untersuchung

Hinweise auf die Entstehung des Methans können Kohlenstoff-Isotopenanalysen geben. Auch beim Kohlendioxid erlaubt das C-Isotopenverhältnis eine Aussage dar-

über, ob dieses Gas durch Oxidation von Kohlenwasserstoffen bzw. organischer Substanz entstanden oder ob es magmatischer Herkunft ist.

Die Probenahme wurde am 11. 9. 1973 vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung und der Bundesanstalt für Bodenforschung (jetzt: BGR) mit Unterstützung des Instituts Fresenius, Wiesbaden, durchgeführt. Die Probenahmepunkte sind in Abb. 1 dargestellt und in Tab. 1 angegeben.

Tab. 1. Probeentnahmestellen der Gase

H.-Nr.	Entnahmestelle	R	H	Bemerkungen
1	Frankfurt-Nied, Selzerbrunnen	34 70 400	55 52 790	Schüttung: 0,2 l/sec
2	Frankfurt-Nied, Faulbrunnen	34 70 340	55 52 600	Schüttung: 0,1 l/sec
3	Bad Vilbel, Friedrich-Karl-Sprudel	34 82 230	55 61 700	Bohrung, Endteufe T = 287 m
4	Bad Vilbel, Hassia-Sprudel	34 81 650	55 60 870	Bohrung, T = 321 m
5	Bad Nauheim, Sprudel XIV	34 81 865	55 81 315	Bohrung, T = 209 m, t = 30,5°C
6	Bad Soden bei Salmünster, Neuer Trinksprudel	35 26 210	55 72 430	Bohrung, T = 120 m

Die gaschromatographischen Analysen sind in Tab. 2 zusammengestellt:

Tab. 2. Zusammensetzung der Gase (luftfrei)

H.-Nr.	Entnahmestelle	CH ₄ (%)	C ₂ H ₆ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)
1	Frankfurt-Nied, Selzerbrunnen	86,5	0,02	3,5	10,0
2	Frankfurt-Nied, Faulbrunnen	61,4	0,01	2,6	36,0
3	Bad Vilbel, Friedrich-Karl-Sprudel	0	0	99,8	0,2
4	Bad Vilbel, Hassia-Sprudel	0	0	96,7	3,3
5	Bad Nauheim, Sprudel XIV	0	0	98,0	2,0
6	Bad Soden bei Salmünster, Neuer Trinksprudel	0	0	94,4	5,6

Die Gase aus dem Selzerbrunnen und aus dem Faulbrunnen in Frankfurt-Nied haben Methangehalte von 87 bzw. 61%. Die Kohlendioxidanteile liegen zwischen 2,6% und 3,5%. Äthan ist nur in Spuren vorhanden, höhere Homologe fehlen vollständig. Die Zusammensetzung der beiden Gase läßt keinen Schluß auf ihre Herkunft zu. Die Gasanalyse könnte sowohl für ein Sumpfgas als auch für ein Inkohlungsgas, das aus thermisch stark beanspruchter organischer Muttersubstanz stammt, typisch sein. Zur Klärung der Genese dieser beiden Gase wurden ¹³C/¹²C-Isotopenanalysen durchgeführt.

Die Proben aus Bad Vilbel, Bad Nauheim und Bad Soden bei Salmünster bestehen im wesentlichen aus Kohlendioxid mit kleineren Stickstoff-Beimengungen. Kohlenwasserstoffe konnten bei diesen Gasen nicht nachgewiesen werden. Die Isotopenverhältnisse wurden in einem Massenspektrometer vom Typ VARIAN M 86 bestimmt.

Die Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen (Tab. 3) sind in der üblichen δ -Schreibweise angegeben:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \text{ Probe} - (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \text{ Standard}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \text{ Standard}} \cdot 1000 (\text{‰})$$

Alle δ -Werte sind auf den PDB-Standard bezogen. Die Reproduzierbarkeit beträgt für die Kohlendioxid- und Karbonatanalysen $\pm 0,1\text{‰}$, für die Isotopenuntersuchung am Methan $\pm 0,3\text{‰}$.

4. Meßergebnisse und Diskussion

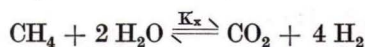
Die Ergebnisse der Kohlenstoff-Isotopenanalysen zeigt zusammengefaßt Tab. 3.

Tab. 3. Kohlenstoff-Isotopenanalysen an Gasen hessischer Mineralwässer

H-Nr.	Entnahmestelle	$\delta^{13}\text{CH}_4$ (‰)	$\delta^{13}\text{CO}_2$ (‰)
1	Frankfurt-Nied, Selzerbrunnen	-68,3	-5,8
2	Frankfurt-Nied, Faulbrunnen	-71,2	-4,7
3	Bad Vilbel, Friedrich-Karl-Sprudel	-	-4,3
4	Bad Vilbel, Hassia-Sprudel	-	-4,1
5	Bad Nauheim, Sprudel XIV	-	-3,7
6	Bad Soden bei Salmünster, Neuer Trinksprudel	-	-5,5

Die δ -Werte des Methans aus beiden Frankfurter Brunnen liegen zwischen -68 und -72‰ . Dies deutet mit großer Sicherheit auf eine Muttersubstanz der Gase im Tertiär oder jüngeren Schichten (STAHL 1974). Bakterieller Stoffwechsel muß bei der Genese der Gase eine entscheidende Rolle gespielt haben. Aus den geringen Äthananteilen in den Gasen folgt, daß außerdem — wenn auch zurücktretend — thermokatalytisch Kohlenwasserstoffe gebildet wurden. Es kann jedoch praktisch ausgeschlossen werden, daß das in den Wässern der beiden Brunnen in Frankfurt-Nied gelöste Methan hochinkohlttem Material paläozoischer Schichten entstammt.

Eine Entscheidung über die Herkunft des Kohlendioxids der Proben H 1 und H 2 ist aufgrund der Isotopenanalysen nicht sicher zu treffen. Obwohl die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte typisch für magmatogenes Kohlendioxid sind, kann wegen der hohen Methananteile eine bakterielle Entstehung des CO_2 aus organischem Material nicht ausgeschlossen werden. In diesem Fall wird der δ -Wert des Kohlendioxids durch Isotopenaustausch mit dem Methankohlenstoff in den „magmatischen“ Bereich verschoben. Geht man von einer bakteriellen Entstehung der Gasproben aus Frankfurt-Nied aus, so muß sich das Kohlendioxid mit dem Methan im isotopischen Gleichgewicht befinden. Für das System



lassen sich aus den δ -Werten die Gleichgewichtskonstanten K_x nach CRAIG (1953) errechnen (Tab. 4).

Tab. 4. Isotopengleichgewichtskonstanten des Systems CH_4/CO_2

H-Nr.	Entnahmeort	K_x
1	Frankfurt-Nied, Selzerbrunnen	$1,067 \pm 0,001$
2	Frankfurt-Nied, Faulbrunnen	$1,072 \pm 0,001$

Über diese Gleichgewichtskonstanten kann wiederum die Temperatur, bei der die Isotopenequilibration ablief, ermittelt werden. Es ergeben sich Werte zwischen 0 und 10°C , was die Annahme unterstützt, daß die Gase in geringer Tiefe entstanden sind. Die am Kohlendioxid der beiden Frankfurter Proben bestimmten $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnisse sprechen somit nicht gegen eine im wesentlichen bakterielle Herkunft des Methans; eine genetische Einstufung des Kohlendioxids selbst ist jedoch nicht möglich.

Aufgrund der Gaszusammensetzung läßt sich das in den Mineralwässern aus Bad Vilbel, Bad Nauheim und Bad Soden bei Salmünster gelöste Kohlendioxid besser einordnen. Da Kohlenwasserstoffe vollkommen fehlen, ist eine Gleichgewichts-Austauschfraktionierung zwischen Methan und Kohlendioxid, die möglicherweise eine ursprünglich „biogene“ Isotopenzusammensetzung des Kohlendioxids in den magmatischen δ -Bereich verschieben könnte, sehr unwahrscheinlich. Organogenes Kohlendioxid wäre in diesem Fall durch δ -Werte von $< -20\text{‰}$ charakterisiert. Bei einer direkten Oxidation von Methan oder organischer Substanz wären ebenfalls isotopisch leichte δ -Werte zu erwarten. Diese Möglichkeiten werden jedoch nicht durch die Analysen bestätigt. Die Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse des Kohlendioxids der Proben aus Bad Vilbel, Bad Nauheim und Bad Soden bei Salmünster schließen eine biogene Herkunft der Gase aus und weisen mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine magmatische Herkunft des Kohlenstoffs hin.

Die $\delta^{13}\text{CO}_2$ -Ergebnisse der Entnahmeorte Bad Vilbel, Bad Nauheim und Bad Soden bei Salmünster (Nr. 3–6 der Tab. 3) differieren zwar nur um $1,8\text{‰}$, lassen aber sogar mit diesen Unterschieden gewisse Tendenzen erkennen. Ein rein magmatisch entstandenes Kohlendioxid sollte durch einen $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -7‰ charakterisiert sein, ein aus marinen Karbonaten thermisch freigesetztes CO_2 jedoch weitgehend die Isotopenzusammensetzung des Karbonats aufweisen. In Tab. 5 sind die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des bei Bad Nauheim anstehenden devonischen Massenkalks aufgeführt.

Tab. 5. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Analysen an devonischem Massenkalk, Bad Nauheim

Probe	R	H	Tiefe	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
1	3478940	5579530	Oberfläche	+ 1,0
2	3481865	5581315	-188,4 m	+ 1,5

Die aus einem Übertagevorkommen stammende Probe 1 ist um $0,5\text{‰}$ isotopisch leichter als die aus 188 m Tiefe der Bohrung des Sprudels XIV gewonnene Probe 2.

Dieser Unterschied ist vermutlich durch einen an der Oberfläche verstärkt auftretenden Isotopenaustausch mit dem im Grundwasser gelösten Bikarbonat zu erklären. Der δ -Wert der Probe 2 kann deshalb als repräsentativ für die devonischen Kalke von Bad Nauheim angesehen werden.

Interessanterweise zeigt der δ -Wert des Kohlendioxids aus Bad Nauheim ($-3,7\text{‰}$), für das aus geologischen Gründen (in Fortsetzung des mitteldevonischen Massenkalkzuges gelegen, s. S. 308) am ehesten eine CO_2 -Entstehung aus Karbonaten in Frage käme, auch die größte Annäherung an die für das marine Karbonat typischen Isotopenwerte. In diesem Fall liegt wahrscheinlich eine Mischung von rein vulkanischem CO_2 (etwa 60‰) mit einem Kohlendioxid vor, das im Verlauf magmatischer Vorgänge (Basaltintrusionen, -stöcke, -gänge) durch Freisetzen aus marinen Karbonaten entstanden ist (etwa 40‰).

Der δ -Wert des Kohlendioxids aus Bad Soden bei Salmünster spricht dagegen für höhere Anteile an vulkanischem CO_2 , was nach den geologischen Gegebenheiten auch verständlich ist: Bad Soden bei Salmünster liegt von allen Probeentnahmeorten dem Vulkangebiet des Vogelsberges am nächsten, und die Schichtenfolge enthält auch im tieferen Untergrund unter den erbohrten, thermisch nicht beeinflussten Kalksteinen des Zechsteins keine größeren Karbonateinschlaltungen.

5. Zusammenfassung

Für das Kohlendioxid in den sieben untersuchten Mineralwässern fanden sich durch die Kohlenstoffisotopenuntersuchung keine sicheren Hinweise auf Herkunft aus biogenen Ablagerungen, wie es etwa durch einen Inkohlungsprozeß selbst oder durch Oxidation von Inkohlungsprodukten denkbar wäre. Die Möglichkeit biogener Abkunft besteht allenfalls für das CO_2 des Selzer- und Faulbrunnens in Frankfurt-Nied, wahrscheinlicher jedoch ist auch für diese Vorkommen eine magmatogene Herkunft, wie sie für die anderen Gase in der Umgebung des tertiären Vulkangebietes des Vogelberges als gesichert angesehen werden kann. Das Methan im Selzer- und Faulbrunnen von Frankfurt-Nied weist die C-Isotopenverhältnisse eines Gases auf, das aus einer thermokatalytisch schwach beanspruchten und im wesentlichen mikrobiell abgebauten Muttersubstanz entstanden ist. Es ist jedoch nur schwer aus den stark lignitischen und nicht in Flözen angereicherten Kohlen des Cyrenenmergels herzuleiten, da in ihnen kaum mehr Umbildungen stattfinden dürften. Wesentlich naheliegender ist eine CH_4 -Entstehung durch mikrobielle Umsetzung des Bitumens in den gut geklüfteten Mergel- und Kalksteinen der Hydrobienschichten wie auch evtl. des Torfes im Bereich des alten Niddalaufes.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. NÖRING, Direktor des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, wird für die Anregung und das Interesse am Fortgang zu diesen Untersuchungen gedankt. Die Verfasser danken ebenfalls für freundliche Unterstützung bei der Probenahme den Firmen Hinkel KG (Hassia-Sprudel) und Friedrich-Karl-Sprudel in Bad Vilbel, bes. Herrn KÖSTER, den Kurgesellschaften in Bad Nauheim und Bad Soden bei Salmünster sowie dem Institut FRESINIUS, Wiesbaden.

6. Schriftenverzeichnis

- CRAIG, H. (1953): The geochemistry of the stable carbon isotopes. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **3**: 53–92; London.
- KÄSTNER, H. (1968): Zur Entstehung und Verbreitung von Kohlendioxidlagerstätten. — *Z. angew. Geol.*, **14**: 316–323, 2 Abb.; Berlin.
- MICHELS, F. & ZÖLLER, A. (1930): *Erl. geol. Kte. Preußen u. ben. deutsch. L., Lfg. 300*, Bl. Frankfurt/Main-West (Höchst)-Steinbach, 96 S., 3 Tab.; Berlin.
- NÖRING, F. (1951): Die Fortsetzung der Saar-Senke in Hessen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **2**: 22–40, 1 Taf.; Wiesbaden.
- STAHL, W. (1974): Carbon isotope fractionations in natural gases. — *Nature*, **251**: 134–135; London.
- WENZ, W. (1921): *Das Mainzer Becken und seine Randgebiete*. — 351 S., 38 Abb., 41 Taf.; Heidelberg (W. EHRIG).

Manuskript eingegangen am 15. 10. 1974

Störungszonen an den Rheingraben-Schultern (Hardt, Darmstadt) mit Hinweisen auf junge Bewegungen

Von

KLAUS FAHLBUSCH*

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung: An der östlichen und westlichen Schulter des nördlichen Rheingrabens (Raum Darmstadt, Hardt) ist ein Schollenmosaik ausgebildet. An einigen Schollengrenzen sind junge Bewegungen nachzuweisen, an anderen werden sie vermutet. Es wird aus dem Darmstädter Gebiet eine Förderspalte beschrieben, auf der Perm-Basalte aufgestiegen sind. Die Kontaktzone konnte auf ca. 800 m Länge kartiert werden. Der „Gang“ verläuft in rheinischer Richtung, er folgt einem paläozoischen Lineament.

Abstract: From northern graben-escarpments in Hardt-area (western graben border) and also between Weinheim and Darmstadt (eastern escarpment) cenozoic fault mosaics were observed by interpretation of aerial-photographs and by geological mapping. Displacements along some fracture zones may be recent. The fault blocks of the flanks in Darmstadt area are tilted to north.

Parallel to eastern rhein-graben margin a tholeiitic basalt-dike was noticed in eastern part of Darmstadt area. The dike is of permian age and is arranged in rhenish direction. It is supposed that the dike (length: 800 m) follows an old lineament. The main direction of cenozoic tectonics is rhenish. The fracture planes are also directed east-west or 45–65°.

Inhalt

1. Vorbemerkung	315
2. Junge Bewegungen im Rheingraben	316
3. Junge Bewegungen an der Grabenschulter	317
4. Das Schollenmosaik im Gebiet von Darmstadt und am Hardtrand	317
5. Mosaik-Strukturen im östlichen Weichbild von Darmstadt	320
6. Schriftenverzeichnis	325

1. Vorbemerkung

Über den Nachweis rezent reaktivierter Störungszonen im Bereich der Odenwald-Rheingrabenschulter wurde 1962 berichtet (FAHLBUSCH 1962). Untersuchungen von MÜLLER & PRINZ (1966) und SCHWARZ (1966) haben weiteres Material zusammen-

* Prof. Dr. K. FAHLBUSCH, TH Darmstadt, Fachgebiet Geologie-Paläontologie, 6100 Darmstadt, Schnittspahnstraße 9.

getragen. 1974 wurde dann (FAHLBUSCH & KUTSMICHEL) aerophotogrammetrisch und geologisch der Beleg für rezente tektonische Bewegungen in der Pfalz erbracht. Bei Diskussionen wird geltend gemacht, daß die Bewegungsfugen auch durch Sedimentsackungen („Verdichtung“, vgl. dazu KÜHN-VELTEN 1963) entstehen könnten. Durch bodenmechanische Untersuchungen in Heppenheim (FAHLBUSCH 1962) konnten sekundäre Setzungen oder Sackungen als Ursache für Gebäudeschäden ausgeschlossen werden, die Reaktivierung von Störungen im Bereich der Rheingraben-Schulter wurde belegt¹.

2. Junge Bewegungen im Rheingraben

Seit langem sind in den Gemeinden im Bereich der Übergangszone Rheingraben/Odenwald zwischen Langen und Weinheim Gebäudeschäden auf ihre Ursachen hin untersucht und mit Luftbildinterpretationen verglichen worden. In vielen Fällen läßt die Gesamtsituation eine sichere Entscheidung nicht zu, ob Sedimentsetzung, Sackung infolge von Wasserspiegelabsenkung oder echte Tektonik als Ursache angesehen werden muß. So treten Schäden an Bauwerken in der Verlängerung E-W oder erzgebirgisch streichender Odenwald-Täler im Rheingraben auf. Die Gebäude stehen aber z. T. auf ungleichförmig aufgebauten, wenig konsolidierten Lockermassen, die aus den jungen Tälern in den Rheingraben geschüttet wurden und sich im schnellen Wechsel mit Rheingraben-Schottern, Sanden und äolischen Sedimenten verzahnen. Hier sind ungleichförmige Setzungen denkbar. An einigen Stellen lassen sich aber die Lineationsspuren der Täler im Luftbild in den Rheingraben weiterverfolgen, dies spricht für eine junge Aktivierung von Störungszonen, weil durch eine intensive landwirtschaftliche Nutzung normalerweise Lineationen verwischt und nur unregelmäßig ausgebildete Durchfeuchtungsgrenzen (unterschiedliche Sedimentfazies) dokumentiert werden. SCHNEIDER (unveröff. Vortrag 1972; 1973: 513ff.) hat über aktive tektonische Zonen im Rheingrabengebiet westlich Weinheim/Heidelberg berichtet, wobei aber zunächst nicht geklärt werden konnte (bisher zu kurzer Beobachtungszeitraum), ob hier nicht Fugen infolge zu starker Beanspruchung des ersten und zweiten Grundwasserstockwerkes in den Rheingraben-Sedimenten entstanden sind. Bei zu schneller und unverhältnismäßig großer Entnahme des Porenwassers kann es zum Zusammenbruch eines primär vom Wasser gestützten, locker gelagerten Porenwasserträgers kommen. Geringe fazielle Unterschiede in den Kiesen und Sanden werden unterschiedliche Setzungen und Sackungen bewirken, die dann an die Oberfläche durchgepaust werden. Inwieweit sich ferner die Grenzen des durch Erdölexploration nachgewiesenen tertiären Schollenmosaiks (z. B. Symposiumsband Erdöl am Oberrhein, 1962) durch die Lockermassen der pleistozän-holozänen Deckschichten hindurchpausen, bedarf noch der Klärung. Die Unterscheidung, ob Lineationen auf anthropogene Eingriffe oder echte Tektonik zurückzuführen sind, dürfte in den nächsten Jahren möglich werden, weil dann vom hessischen Anteil des Rheingrabens höchstwertige, photogrammetrisch auswertbare Luftbildserien aus einem Zeitraum von ca. 25 Jahren vorliegen. Sie werden entweder in Teilgebieten eine

¹ Die Untersuchungen wurden gefördert durch eine Sachbeihilfe der DFG, für die der Verfasser dankt.

Mosaik-Struktur (Durchpausen der tertiären Bruchschollentektonik) aufweisen, oder nur in Bereichen der intensiven Wasserentnahme radialstrahlenförmige „Störungsbündel“ erkennen lassen, ggf. auch alte Faziesgrenzen nachzeichnen.

3. Junge Bewegungen an der Grabenschulter

Luftbildinterpretationen des Festgestein-Gebietes der Odenwald-Grabenschulter zwischen Weinheim und Langen geben Hinweise auf Bachverlegungen im Bereich von Blattverschiebungszonen in rheinischer Richtung. Die Aktivierung alter Lineationen muß jung sein und lief stetig ab. Diese Strukturen wären sonst durch die intensive Vergrusung der Tiefengesteine und die bis in das Mittelalter andauernde Überwehung mit Flugsand maskiert worden. Zwischen Heppenheim und Eberstadt liegen auf Photolineationen, die „parallel“ zum sichtbaren Rheingraben-Abbruch angeordnet sind, einige Bergrutsch-„Nasen“, deren tektonischer Ursprung wahrscheinlich ist. Im Bereich der Abrißgebiete fehlen Relikte einer warmhumiden Bodenbildung (vgl. dazu BARGON 1960, FAHLBUSCH 1968), die als Wasserstauer wirken und Rutschungen verursachen können. Auch die relativ hohe Erosionsenergie an den W- und E-Flanken des Odenwaldrand-Kammes kann nicht die Ursache sein, eine Wiederbelebung periglazialer Solifluktionsschuttmassen konnte bei der geologischen Kartierung bisher nicht nachgewiesen werden. Auch ein Felssturz im Gebiet SE Zwingenberg (R 34 73 1. . . , H 55 09 2. . .) geht mit hoher Sicherheit nicht nur auf ungeeignete Abbaumethoden zurück, sondern dürfte durch junge Bewegungen mitverursacht worden sein. Die bei der aerophotogrammetrischen Vermessung von Lineations Spuren am Rheingrabenrand auftretende Richtung 160–180° mit einem Einfallen von 40–50°(!) W, ist auch hier die Hauptfläche, an der die mehrere cbm großen Blöcke abglitten.

4. Das Schollenmosaik im Gebiet von Darmstadt und am Hardtrand

Im Stadtgebiet von Darmstadt sind drei geologische Einheiten zu unterscheiden. Im Gebiet 1 westlich und nördlich der Tiefengesteine des Odenwaldes stehen die Gründungen im Flugsand, Lößlehm und auf Bachsedimenten, die episodisch stark wasserführend sein können. Unter dieser Folge liegen in unterschiedlicher Tiefe (2–40 m) — über Sedimenten des marin/brackischen Miozäns (LEPSIUS 1890, FAHLBUSCH 1970) — wenig klassierte Schuttmassen. Das treppenförmige Absinken zum Rheingraben ist in allen Bohrungen in diesem Teil des Stadtgebietes nachgewiesen.

Im Bereich der Tiefengesteine (vgl. dazu u.a. Karte in FAHLBUSCH 1968: 216) liegen die Streifenfundamente im Tiefengesteinsgrus, verwitterten Granodioriten oder sie wurden auf festen Fels gegründet. Der dritte Bereich weist Gründungen in den Gesteinen des Spredlinger Horstes [permische Basalte (vgl. dazu NEGENDANK 1968) und Arkosen] auf.

Wegen der starken Kriegsschäden sind ältere Gebäude oder solche, bei denen alte Fundamente mit verwendet wurden, als Zeugen für die Fragestellung nicht brauchbar. Wo im westlichen Weichbild der Stadt (Gebiet 1, vgl. oben) im Flugsand „Störungen“ beobachtet wurden, ist der Nachweis echter Tektonik nicht zu führen,

Gebäudeschäden haben hier vielfältige Ursachen, tektonische Beeinflussung scheint überall ausschließbar zu sein. Im Flugsandgebiet liegt der Darmstädter Hauptbahnhof. Die dort vorliegenden, sehr genauen Vermessungen und eine aerophotogrammetrische Auswertung lassen keine eindeutige tektonische Beeinflussung von Meßpunktveränderungen erkennen. Eine Reihe von Störfaktoren überlagert die Ergebnisse der Messungen sehr stark.

Im Bereich des Störungsbündels am Rheingraben-Abbruch (z. B. R 34750., H 55261..) werden vom Verf. eine Reihe von Bauwerken seit 10 Jahren ständig beobachtet, deren Gründungen sorgfältig auf die geologischen Gegebenheiten abgestimmt wurden. Hier ist keine Bewegung festzustellen; auch Feinnivellements bestätigen den Befund.

Baugruben im Tiefengesteinskomplex (Gebiet 2, vgl. S. 317) zeigten im vergrusten Bereich (R 347537., H 55264.. und östlich anschließend) frische Fugen mit Bewegungsspuren. Ob hier die Flächenbombardierungen oder die Entlastung nach dem Abräumen der alten Bauwerke eine Reaktivierung vortäuschen, kann nicht entschieden werden. Die Ausbildung von „Rotations“-Körpern, die mit den Bewegungen am Rheingraben-Abbruch genetisch verbunden sind (keine Wollsäcke!) und in allen Baugruben im Grenzbereich Tiefengestein gegen Grabenfüllung festgestellt wurden, macht die Erkennung von Spuren junger Tektonik noch schwieriger. Die zwischen Hauptabschiebungsflächen (Abstand 2–6 m) liegenden prismatischen Körper unterschiedlicher Größe mit gebauchten Flächen (nachgewiesen bis in Tiefen von 8 m u. Fl.) schaffen ein zusätzliches Flächeninventar im zerscherten Granodiorit, das die Unterscheidung von alten und jungen tektonischen Flächen und durch das Tiefengesteinsgefüge bedingte Ebenen erschwert; außerdem sind einige Abschiebungen lystrische Flächen. Sie bilden sich bei Druckversuchen an unverwitterten Hartgesteinen nur dann, wenn Anisotropie im Versuchskörper vorliegt. Der Granodiorit ist aber primär als isotrop anzusehen. Werden lystrische Flächen beobachtet, so können sie erst dann entstanden sein, als die Isotropie aufgehoben war. Dies dürfte der Fall gewesen sein, als die tektonisch zerlegten Gesteinskörper in den Bereich der Erdoberfläche gehoben worden waren. Bei der schnellen Abtragung im Untersuchungsgebiet müssen die lystrischen Flächen als geologisch jung angesehen werden.

In den bis 6 m tiefen Kanalgräben im permischen Basalt (Aufschluß R 347675. H 55275..; Aufschlußfläche 50–75 ha) wurden Schlieren etc. im Basalt verfolgt. Auch hier sind nicht nur Klüfte im Mandelsteinbasalt nachzuweisen, sondern erzgebirgische und rheinische Störungen verschiedener Sprunghöhe vergittern sich, ohne daß eine Generaltendenz erkennbar wäre. Das Mosaik setzt sich in den Sprendlinger Horst fort.

Im Rheingraben hat die Erdölexploration ein Schollenmosaik nachgewiesen. Im Bereich des Hardtrandes wurde (FAHLBUSCH & KUTSMICHEL 1974) aerophotogrammetrisch die Fortsetzung der Mosaik-Struktur durch eine Zerblockung im Buntsandstein wahrscheinlich gemacht (gemessen!). Mögliche Ursachen für diese Blockbildung können in der Aufwölbung der Grabenschulter, in einer ungleichförmigen Bewegung an Lineationen (Schollengrenzen) infolge der Erdzeiten (Sprödbbruch durch Materialermüdung infolge ständiger Bewegung) oder in einem Übergreifen der

Zerrungstektonik des Grabens nach W liegen. Eine eindeutige Entscheidung über die Ursache ist noch nicht möglich, die Auflockerungszonen an den im Luftbild erkennbaren Schollengrenzen sind jedoch durch ihre Wasserführung an den Flanken der tief eingeschnittenen Täler nachweisbar. Sie sind sekundär nicht verkittet und deshalb als relativ jung anzusprechen. Die Lineationen folgen im Bereich des Leininger Tales (R 3433...—3438..., H 5485...—5490...) den erzgebirgischen Strukturen des Pfälzer Sattels (Durchpausung eines alten Inventars), südlich davon (Raum W Leistadt/Dürkheim/Wachenheim) überwiegen rheinische Richtungen und Störungsbündel mit einer Betonung der E-W-Richtung. In beiden Gebieten stehen die mächtigen Folgen des Buntsandsteins an, die felsmechanischen Voraussetzungen sind als annähernd übereinstimmend anzusehen, eine Reaktivierung älterer Elemente ist im Leininger Tal wahrscheinlich.

Wenn am Hardtrand junge Bewegungen nachweisbar sind, muß überprüft werden, ob in einem Gebiet mit einem dichten Aufschlußnetz im Odenwald (Raum Darmstadt) ähnliche Strukturen vorliegen.

Wegen des komplizierteren geologischen Aufbaus im Kristallinen Odenwald, mit einer Vergitterung paläozoisch und känozoisch geprägter Strukturen, ist die Erkennung von aktiv bewegten Photolineationen schwierig. Es liegen unterschiedliche Tiefengesteinsstockwerke der ausgefalteten paläozoischen Geosynklinale vor, die durch postkretazische Lineationen des Blockfaltengebirges durchschlagen werden. Aber auch dort, wo im SW-Odenwald Buntsandstein auf paläozoischen Tiefengesteinen aufliegt und in den Tälern das paläozoische Inventar im „Granit“ erkannt und die Vergitterung mit dem Flächeninventar des Buntsandsteins (Raum Aschbach, Waldmichelbach, Schönmatte) nachweisbar ist, wird bei der Luftbildinterpretation und der aerophotogrammetrischen Vermessung ein Schollenmosaik erkennbar, jedoch ist über das Alter der Entstehung bisher keine Aussage möglich.

Nur die aerophotogrammetrische Vermessung mit dem geologischen Feldbefund kann sichere Daten erbringen, wobei eine Photolineation, die die rezente Bodenbildung durchschlägt, als ausreichender Hinweis auf rezente Bewegungen angesehen werden kann. Wenn sichergestellt ist, daß Hanggleiten, Setzung, Sackung ausscheidet, wie bei Eisenberg (FAHLBUSCH & KUTSMICHEL 1974), dürften rezente Bewegungen bewiesen sein.

Im Bereich der Nieder-Ramstädter Brüche (R 34782., H 55218..) liegen frische Harnische im Bereich von Photolineationen; Bewegungen dürften in jünster Zeit abgelaufen sein, eine Beanspruchung durch Sprengungen ist jedoch hier nicht auszuschließen.

Zwischen Darmstadt und Eberstadt (R 34748., H 55235..) konnte im Verlauf des Schollenmosaiks der Grabenschulter (bis in Teufen von 20 m aufgeschlossen) im Tiefengesteinsersatz eine 120° streichende Störung festgestellt werden. Sie durchschlägt auch den ca. 1 m mächtigen sandigen Lößlehm mit Würgebodenstrukturen und klingt erst in der rezenten Bodenzone aus. Andere Störungen im dortigen Grus (das Granodiorit-Material ist durch tektonische Scherbewegungen in situ so stark beansprucht, daß es bei der Gewinnung zerrieselt — „Bessunger Kies“) sind von Haldenmaterial verschüttet, das nach Abräumen des Lösses aufgehäuft wurde. Weitere rezente Aktivierungen des prototektonischen Kluftinventars sind nicht nach-

weisbar. Die Störungen sind — besonders die E-W-Elemente — z.T. jüngere Schwächezonen, die vor der posttertiären Vergrusung (wahrscheinlich jünger als die Ausbildung von periglazialen Wanderschutt) in der heute vorliegenden Form nicht vorhanden waren.

Die auch an anderen Stellen erkennbaren E-W-Störungsbündel (sie schwenken z.T. in erzgebirgische Richtung ein) hängen möglicherweise mit der Hochdehnung der Tiefengesteine entlang der Linie Darmstadt/Eberstadt/Frankenstein (FAHLBUSCH 1968: 227) zusammen, die in der Anlage jung ist (FAHLBUSCH & SCHMIDT 1975), rheinische Elemente versetzt und die Tiefengesteinskörper in Schollen zerlegt (z. B. bei R 34751., H 55116..).

Strukturen dieses Schollenmosaik-Typs sind auch im Darmstädter Stadtgebiet nachweisbar. Das auffallende Abschwenken des morphologischen Rheingraben-Abbruches im Stadtgebiet nach NE (z. B. RÖSING 1973) erfolgt entlang einer mosaikartig aufgelösten Randstaffel. Nördlich dieser Staffel (Tertiär erbohrt — LEPSIUS 1890) taucht die schon zum Graben zu rechnende Scholle nach N ab. Die südlich anschließenden Mosaik-Elemente zeigen Perm und darunter Granodiorit, dessen Gefüge ein Abtauchen nach N erkennen läßt (Baugruben: R 3476 2., H 55269..). Ob die hier überbauten tektonischen Staffeln (das Luftbild läßt sie trotz dichter Bebauung erkennen) rezent aktiviert worden sind, kann nicht mit Sicherheit belegt werden (vgl. S. 318). Die Mosaik-Struktur ist aber durch die Ausbildung von Quelllinien im Gebiet der Tiefengesteine nachgewiesen. Die kartographische Darstellung der alten Quellfassungen scheint eine Aufreihung entlang mehrerer rheingrabenparalleler Störungszonen zu ergeben. Diese vergittern sich mit E-W bzw. erzgebirgisch streichenden Strukturen (vgl. S. 317).

Bohrungen und Aufschlüsse östlich und westlich des Gitterstreifens R 3476 und nördlich H 55275..—55288.. [SE Arheilgen] zeigen bei Aufschlußtiefen von über 20 m auch in den obersten Zonen eine über kurze Entfernungen sich ändernde Fazies. Die ständig wechselnde Sedimentanlieferung läßt junge Bodenbewegungen im Grenzbereich Odenwald/Sprendlinger Horst/Rheingraben-Randstaffel erkennen. Der schnelle Sedimentwechsel verhinderte aber die Ausbildung typischer Horizonte in den jungpleistozänen Folgen [z. T. als Pliozän auf der Geologischen Karte 6118 Roßdorf (KLEMM 1938) ausgewiesen] und macht damit den Nachweis (auch weiter im N) einer jungpleistozänen/holozänen Wiederbelebung von Schollengrenzen unmöglich.

Die Ausbildung eines Schollenmosaiks — typisch für den Hardtrand — ist im Darmstädter Raum, zumindest im Bereich der Hochdehnungszone zu vermuten, über eine erschlossene Struktur soll abschließend berichtet werden.

5. Mosaik-Strukturen im östlichen Weichbild von Darmstadt

Nachdem auf der S-Seite der ehemaligen Roßdörfer Straße (R 34771., H 552575., Punkt „a“; heute Heinrichstraße, Abb.1) mehrfach Vorsorgungsgräben den vererzten Kontakt permischer Basalt gegen östlich angrenzende Perm-Arkosen aufgeschlossen hatten (1962—65) und im Neubaugebiet „Die Geißwiese“ (R 347725., H 55251., = „G“) ca. 800 m südlich davon die erzführende Kontaktzone (Basalt gegen Arkosen und Schluffsteine) ohne tektonische Beeinflussung unter einer Quartär-

bedeckung in tiefliegenden Kanalisationsgräben freigelegt worden war, konnte der Kontakt im Bereich des Botanischen Gartens (R 347715., H 55258., „c“) erneut in einem Schürfgraben erschlossen werden. Der Befund sicherte Ergebnisse von Grabungen (R 347709., H 55259.), die 1961/63 durchgeführt wurden.

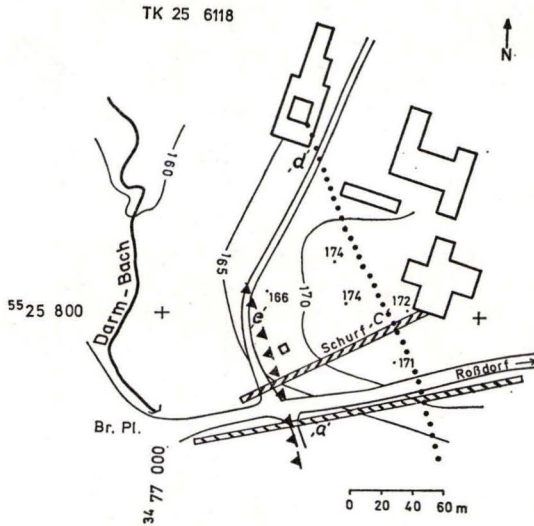


Abb. 1. Neubaugelände TH Darmstadt, Bereich Botanischer Garten. Erläuterungen im Text. Abschiebung Flugsand gegen Basalt (e), Kontakt (Punkte) Basalt gegen Arkose (c).

Beim Kartieren einer alten Feldflughafen-Drainage im Gebiet zwischen „a“ und „G“ waren s. Z. Erzbruchstücke aufgefallen, die beim Ausschachten für den Hauptsammler angefallen waren. Durch die Summierung aller Befunde dürften damit ausreichende Belege für eine auf ca. 800 m verfolgbare Basaltförderspalle (Streichen ca. 170°) erbracht worden sein, die an der E-Begrenzung gegen die Arkosen in einigen Aufschlüssen eine unbedeutende Aufschleppung aufweist. Die ehemalige W-Begrenzung der Förderspalle ist nicht mehr vorhanden. Im Abstand von 50–100 m von der E-Begrenzung verläuft ein Störungsbündel, an dem Granodiorit (Profil: FAHLBUSCH 1968: 219) gegen Perm-Basalt verworfen ist. Das tiefere Stockwerk ist gegenüber dem jüngeren (östlichen) gehoben worden. Die westliche Scholle (die rheingrabennähere) als Teil der Hochdehnungszone im Bereich der Grabenschulter liegt geologisch höher als die östliche; ca. 1,5 km östlich vom morphologischen Rheingraben-Abbruch entfernt sind spiegelbildliche Verhältnisse wie an der Randstaffel ausgebildet. Der Odenwald-Rand ist eine Horst-Struktur.

Im S von Punkt „G“ ist die rheingrabenparallele Förderspalle von einer von KLEMM (1938) als „Quetschzone im Granit“ kartierten Fläche begrenzt. Die Aufschlüsse in der „Quetschzone“ (westlich der tektonischen Grenze Basalt/Granodiorit) und eine Bohrung im Streichen der Quetschzone lassen vermuten, daß hier eine E-W bis erzgebirgisch streichende Blattverschiebung mit einer ausgeprägten Mylonit-Zone vorliegt; das Basalt/Permarkosen-Schollenfeld ist im S ebenfalls tekto-

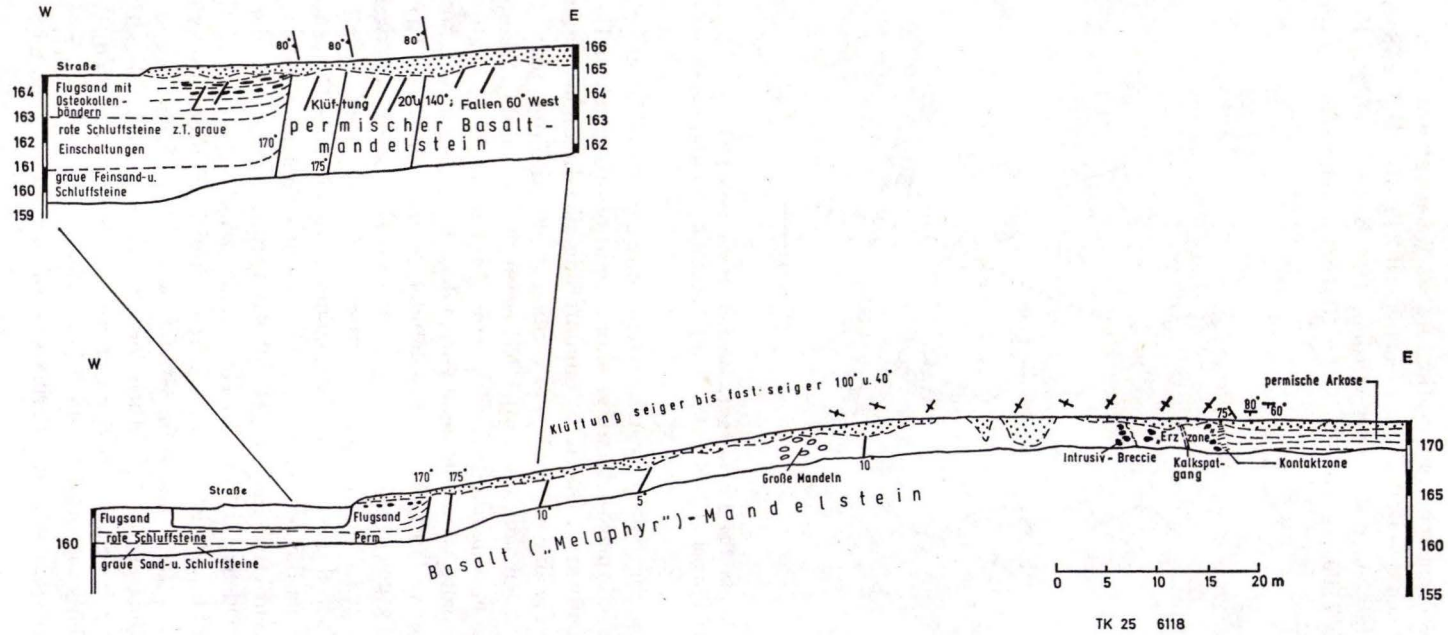


Abb. 2. Profil des Schurfes mit dem Kontakt bei „e“. Erläuterungen im Text. Nördlich des Schurfes der Schnampelpfad-Tempel.

nisch begrenzt. Die E-Grenze der Scholle ist nicht mit ausreichender Sicherheit zu verfolgen, die im Luftbild erkennbaren Lineationen sind im Waldgebiet z. Zt. nicht kartierbar.

Im N des Untersuchungsgebietes hat KLEMM (1938) Melaphyr (Perm-Basalt, dazu NEGENDANK 1968) kartiert. Neuere Aufschlüsse im alten Darmbachverlauf (vgl. dazu HAASZ 1789) lassen jedoch vermuten, daß unter dem auskartierten „Diluvium“ an der N-Grenze des Botanischen Gartens Granodiorit-Zersatz und darunter Granodiorit wie im Bereich der Lichtwiese ansteht, bzw. östlich einer Störung (vgl. S. 320) Perm. Die Förderspalte konnte über die N-Grenze des Botanischen Gartens (H 55261..) nicht weiter verfolgt werden, sie dürfte im Bereich eines alten Bachbettes (S-Spitze Judenteich, H 55261..) nördlich der gegenwärtigen Lage des kanalisierten Darmbachs in E-W-Richtung abgeschnitten sein. Eine Blattverschiebung als nördliche Schollengrenze ist denkbar, da in der westlichen Verlängerung der vermuteten Struktur (R 347725., H 552615., Heinrich-Fuhr-Straße) beim Verlegen eines Heizungskanals völlig zerscherter, vertonter Granodiorit angefahren wurde.

Nördlich der vermuteten Blattverschiebung liegt das Perm-Basalt-Gebiet der Rosenhöhe (R 34768., H 55266..) mit einer nördlichen Fortsetzung (vgl. S. 318). Hier treten im Basalt Fließstrukturen, Schlierenzonen und Bruchstrukturen auf. Dieses Gebiet kann als Effusiv-Decke angesehen werden, unter der (im Bereich des Bahnhofs Darmstadt-Ost anstehend) Perm-Arkosen liegen. Auch an der W-Grenze dieser Perm-Basaltscholle grenzt das tiefere Stockwerk (Granodiorit) tektonisch gegen das jüngere Stockwerk (z.B. R 34764., H 552685.) mit Perm-Arkosen unter Perm-Basalt. Hier wird der Befund am Botanischen Garten bestätigt. Grabenschulternah: Tieferes Stockwerk mit Tiefengestein nach N abtauchend, östlich anschließender Schollenstreifen höheres Stockwerk in gleicher NN-Lage mit Mosaikstruktur, wobei die Schollen jeweils nach N abtauchen.

Die Kontaktzone (Abb.2) zeigt keine tektonische Beanspruchung, sie ist mit dem Perm-Arkosen durch eine kalkfreie Vererzungszone verbunden. In den Arkosen ist als Produkt des intrasedimentären Abbaus der Feldspäte Calcit in Form verschiedener Aggregate vorhanden und lagenweise angereichert (besonders Bereich R 34773., H 55277..). Der Kalkgehalt deutet nicht auf besondere Sedimentationsbedingungen während der Entstehung der Arkosen hin und kann aus dem Sediment selbst abgeleitet werden, da auch in anderen feldspatreichen Gesteinen unter dem Einfluß einer (Warm-)Verwitterung die Bildung von Kalk beobachtet werden kann. (Tertiäre „Main“-Basalte in der Baugrube der Bundesbank Frankfurt a.M.).

Die relativ breite Kontaktzone ist aus der erhöhten Permeabilität kalkreicher Gesteine für Erzlösungen erklärbar und gestattet keinen Hinweis auf mögliche Temperaturunterschiede zwischen Basalt und Nebengestein, belegt aber, daß der Kalkanteil bereits zur Zeit des Aufstieges der Effusiva vorhanden war. Eine Intrusiv-Breccie ist ausgebildet, die Basaltbrocken zeigen eine zusätzliche Frittung. Die Intrusiv-Breccie kann nicht als brecciöses Schlackenagglomerat oder als Stromfront gedeutet werden. Östlich der Erzzone ist eine schwache Veränderung der Arkosen feststellbar, ca. 1–2 m vom Kontakt liegt die Arkose in Normalfazies vor.

Vergleicht man die Kontaktzone Basalt/Arkose (vgl. dazu BACKHAUS 1965) mit geringmächtigen Perm-Basalt-Gängen an anderen Stellen des Bl. Roßdorf, fällt die

relativ breite Erzausscheidungszone auf, die vorwiegend auf das kalkreiche Nebengestein zurückgeführt werden muß. Der relativ mächtige Kontakt läßt aber auch Hinweise auf einen längeren Magmenaufstieg an einer breiten Aufstiegsbahn zu, bei der die zum Verändern des Nebengesteins notwendige „Lösungs“wärme durch die freiwerdende Kristallisationswärme erzeugt wurde. Die Basaltmandeln bestehen zum überwiegenden Teil aus Kalkspat, während Achat und subvulkanische Kupferausscheidungen nicht festgestellt wurden, Eisenerz überwiegt. Die Rheingrabenentstehung soll alten Lineationen folgen, möglicherweise liegt in der rheinisch steichenden Förderspalte eine alte Schwächezone vor, auf der der Magmenaufstieg erfolgte.

Die W-Begrenzung des Perm-Basaltes ist eine Abschiebung. Sie war mehrfach abgeschlossen, eine Datierung der letzten Bewegungen war aber bis zum Jahre 1971 nicht sicher möglich. Zwar konnten „Störungen“ (vgl. S. 317) auch im Flugsandgebiet der Lichtwiese/Nachtweide erkannt werden, ihre Weiterverfolgung in die paläozoischen Gesteine erbrachte nur mehrdeutige Befunde. Erst die Erweiterung eines Kanalsystems am sog. Schnampelweg-Tempel gestattete es, den Beleg für eine Störung zu erbringen, die Perm-Basalt gegen jüngeren Flugsand verwirft. Es handelt sich um eine echte tektonische Störung, Setzungen oder Sackungen (vgl. S. 316) pausen sich nicht durch. Der geringmächtige Flugsand wird unterlagert von konsolidierten Perm-Sedimenten (Schluffsteine, Sand-, „Schiefer“), die in einem Aufschluß 10 m westlich auf Granodiorit aufliegen. Eine nachträgliche Kompaktion des Flugsandes hat nicht stattgefunden. Ein Auflast-Entlastungsspiel im Bereich der Perm-Sedimente kann diese Störung nicht hervorgerufen haben. Die Anordnung der Osteokollen belegt, daß das Sandmaterial nach der Entstehung der Kalkkonkretionen nicht umlagert wurde. Die Wurzeln des derzeitigen Buchenbestandes (ca. 80–100 Jahre alt) sind nicht vom Kalk ummantelt, die Osteokollen gehen auf eine ältere Waldbestockung zurück und waren im Flugsand z.T. durchgetrennt. Die Sande sind dem jüngeren Flugsand zuzurechnen, wenn man Vergleiche zu Profilen im Raum Lorsch und Lichtwiese zieht. Es fehlen Illuvial-Horizonte und auch andere Kriterien (vgl. dazu SCHMITT 1955) sprechen für holozäne Flugsande. Eine genauere Datierung ist nicht möglich, da datierbare Fossilien fehlen. Auf eine radiometrische Altersbestimmung der Osteokollen wurde verzichtet, da Untersuchungen in Finthen (ZIEHEN 1972) keine eindeutigen Ergebnisse erbrachten.

Die über der Verwerfung liegenden roten, tonig-schluffigen Erdstoffe (gepunktet in Abb.2) sind jüngster Hangabtrag mit frischen Perm-Basalt-Brocken aus einer alten, etwas höher liegenden, temporär betriebenen Steingewinnung. Sie sind bei Durchfeuchtung so plastisch, daß sie sich vertikalen Bewegungen im mm- oder cm-Bereich anpassen. Ein Zerreißen dieser Schicht durch junge Bewegungen ist wenig wahrscheinlich. Außerdem liegen die Deckschichten an einem westexponierten Hang im Bereich des Bodenfrostes und werden unbedeutend gleiten. Parallel zu der jungen Störungszone verlaufen im Basalt weitere Abschiebungen mit gleichem Einfallen und ähnlichem Streichen (170–10°).

Bruchsteine wurden im Bereich des „Tempels“ nicht gewonnen, ein natürlicher Böschungswinkel ist nicht angeschnitten, da sich im vorliegenden verwitterten Basalt flachere Böschungswinkel als 60° einstellen. Die tektonische Entstehung der Ab-

schiebung ist sicher, es liegt kein Flugsand-„Anlagerungsgefüge“ vor. Wenige Dekameter nördlich war beim Straßenbau ein ähnlicher Anschnitt im Streichen für kurze Zeit aufgeschlossen. Er konnte s.Zt. nicht vermessen werden, belegt aber jetzt den neuen Befund und stützt die Vermutung, daß die junge Verwerfung (Auswertung älterer Erkundungen) bis in den Bereich westlich des Judenteiches (vgl. S. 323) zu verfolgen ist. Bei der Störung handelt es sich um eine echte Abschiebung der Granodiorit-Scholle mit Perm-Bedeckung oder um eine Trennfuge entlang einer Aufkippung der Perm-Basalt-Scholle mit Förderspalte. Auch bei einer Aufdehnung von Schollen an der Grabenschulter (vgl. S. 321) ist die Ausbildung der vorliegenden Störung denkbar, da hierbei Kipp-Bewegungen ablaufen.

Die Beobachtungen belegen, daß das Schollenmosaik des Hardtrandes auch im Darmstädter Raum ausgebildet ist, es muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben zu klären, ob hier eine genereller Baustil von Grabenschultern vorliegt.

6. Schriftenverzeichnis

- BACKHAUS, E. (1965): Die randliche „Rotliegend“-Fazies und die Paläogeographie des Zechsteins im Bereich des nördlichen Odenwaldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 112–140, 7 Abb., Taf. 10; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1960): Über die Entwicklung von Lockerbraunerden aus Solifluktionmaterial im vorderen Odenwald. — Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkde., **90**: 229–243, 8 Abb., 1 Übersicht; Weinheim.
- FAHLBUSCH, K. (1962): Bauwerkschäden in Heppenheim (Bergstraße) und ihre Ursache. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 393–411, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1968): Ein barytführendes Konglomerat in Darmstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 214–235, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1970): Zur Deutung eines Bohrprofils im Bereich der Darmstädter Rheingraben-Verwerfung (Bohrung Mengler). — Z. deutsch. geol. Ges., **121**: 125–127, 1 Abb.; Hannover.
- & KUTSMICHEL, E. (1974): Geologische Luftbildkartierung mit einem Stereoauswertegerät 2. Ordnung. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh. **1974**: 193–199; Stuttgart.
- & SCHMIDT, R. (1975): Geologisch-tektonische Interpretation archäologischer Fundortkarten (Jungpaläolithikum bis La Tène) des Darmstädter Raumes. — Aufschluß, Sonderh. (Odenwald-Heft); Heidelberg. (Erscheint 1975).
- HAASZ (1789): Blatt Darmstadt. Situations Charte, aufgenommen und gezeichnet Darmstadt 1789. (Nachdruck Hess. LVA.; Wiesbaden 1974).
- KLEMM, G. (1938): Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 57 Roßdorf, 3. Aufl.; Darmstadt. (Heutiges Bl.6118 Darmstadt-Ost).
- KÜHN-VELTEN, H. (1963): Die Verdichtung bei sandigen Ablagerungen und ihre Abhängigkeit vom Gefüge. — Proc. Europ. Baugrundtagung, **1**: 273–277, 4 Abb.; Wiesbaden.
- LEPSIUS, R. (1890): Das Bohrloch der Gebrüder Becker in der Mauerstraße zu Darmstadt. — Notizbl. Ver. Erdk. Darmstadt u. mittelrhein. geol. Ver., (IV) **11**: 1–9; Darmstadt.
- NEGENDANK, J. (1968): Zur Petrographie permischer Magmatite im Bereich des nördlichen Oberrheingrabens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 236–249, 3 Tab.; Wiesbaden.
- MÜLLER, K.-H. & PRINZ, H. (1966): Zur Frage rezenter tektonischer Bewegungen am Oberrheingrabenabbruch. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 390–393; Wiesbaden.
- RÖSING, F. (1973): Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300 000, 2. Aufl.; Wiesbaden. (Hess. L.-Amt Bodenforsch.)

- SCHMITT, O. (1955): Die Darmstädter Flugsande und Dünensande. — Aufschluß, Sonderh. 2: 82—86, 2 Abb., 1 Kte.; Roßdorf.
- SCHNEIDER, H. (1973): Die Wassererschließung. — 886 + XXIV S., 1235 Abb., 150 Tab., 4 Ktn.; Essen.
- SCHWARZ, E. (1966): Feststellung von Bodenbewegungen durch Nivellement. — Mitt.-Bl. LVA Hessen DVW, 17: 21—27; Wiesbaden.
- ZIEHEN, W. (1972): Altersbestimmung an Osteokollen. — Natur u. Museum, 102 (9): 353—357, 2 Abb.; Frankfurt a.M.
- Erdöl am Oberrhein. — Abh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, 4, 136 S., 57 Abb.; Freiburg 1962.

Manuskript eingegangen am 21. 10. 1974

Gravimetrische Untersuchungen im Vogelsberg

Von

WILHELM VON BRAUNMÜHL*

Mit 8 Abbildungen

Kurzfassung: Die Modellrechnung zu gravimetrischen Messungen im westlichen Vogelsberg gibt Hinweise darauf, daß sich der Rheingraben in Richtung N-NNE am östlichen Rand des Rheinischen Schiefergebirges mit einer Breite von über 20 km und einer max. Tiefe von mehr als 1 km fortsetzt. Seine östliche Flanke verläuft vermutlich unter dem westlichen Zentralteil des Vogelsberges.

Abstract: Modelcomputations on the basis of gravity measurements in the western Vogelsberg indicate, that the Rheingraben continues in N-NNE direction at the eastern border of the Rheinisches Schiefergebirge with a width of more than 20 km and a maximum depth more than 1 km. Its eastern edge probably passes under the western central part of Vogelsberg.

Inhalt

1. Grundlagen für die Schweremessungen	328
1.1. Einleitung	328
1.2. Meßgebiet	328
1.3. Geräte	329
1.4. Nivellement und Gravimetermessungen	330
2. Bearbeitung der Messungen	330
2.1. Reduktionen	330
2.2. Gesteinsdichte	331
2.3. Genauigkeit der Messungen und Reduktionen	331
3. Darstellung der Ergebnisse und ihre Interpretation	331
3.1. Schwereprofile	331
3.2. Modellrechnung	334
3.3. Ergebnis der Modellrechnung	334
3.4. Interpretation	335
4. Zusammenfassung	337
5. Schriftenverzeichnis	337

* W. v. BRAUNMÜHL, Dipl.-Geophysiker, Institut für Meteorologie und Geophysik der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6000 Frankfurt a.M., Feldbergstr. 47.

1. Grundlagen für die Schweremessungen

1.1. Einleitung

Die vorliegende gravimetrische Spezialuntersuchung versucht, Hinweise auf eine vermutete nordnordöstliche Verlängerung der Bruchtektonik des Rheingrabens zu geben. Die Überlegungen dazu gründen sich unter anderem auf das häufige Zusammentreffen von Bruchtektonik und Vulkanismus (Ostafrikanische Gräben). Die Untersuchungen beschäftigen sich mit der östlichen Schulter des vermuteten Grabens, die von den Basalten des Vogelsberges bedeckt sein könnte.

In diesem Zusammenhang ist eine Bohrung bei Rainrod zu sehen (SCHENK 1968), die den Oberen Buntsandstein bei ca. 300 m unter NN erreicht. Demgegenüber stehen NE Bermuthshain die entsprechenden Buntsandsteinschichten auf 400 m über NN an. Dies deutet auf eine Verwerfung (oder mehrere) hin, die sich sicher nicht auf den Buntsandstein beschränkt, sondern auch das Rotliegende und die devonischen Schiefer durchzieht.

Während der „geophysikalischen Reichsaufnahme“ war das Gebiet des Vogelsberges gravimetrisch nicht vermessen worden. Erste großräumige Schweremessungen mit Punktabständen von ca. 2–5 km (einige Gebiete waren wegen fehlender Höhenfestpunkte ausgelassen worden) führte BUNGENSTOCK (1956) durch, dessen Ergebnisse einen guten Ausgangspunkt für die hier beschriebenen Messungen darstellten.

Die Messungen zu dieser Arbeit fielen in eine Phase erneuter intensiver geologischer und geophysikalischer Untersuchungen über die Struktur und den Aufbau des Vogelsberges. Vorläufige Ergebnisse von Kluftrmessungen, geoelektrischen und geomagnetischen Untersuchungen, in die SCHENK freundlicherweise Einblick gewährte, erleichterten eine sinnvolle Anlage des Meßgebietes.

1.2. Meßgebiet

Das Meßgebiet ist ein 30 km langer und 5 km breiter Streifen zwischen Hungen im W und Bermuthshain im E (Abb.1). Da sowohl der Niddagraben als auch die Kluffrosen ein bevorzugtes Streichen in Richtung N–NNE zeigen, wurde dieselbe Streichrichtung auch für die Buntsandsteinverwerfung angenommen und die Meßprofile senkrecht dazu festgelegt. Die flächenhafte Anlage der Profile ist notwendig, um diese Annahmen zu überprüfen. Eine Ausweitung des Meßgebietes über vier Profile hinaus war aus zeitlichen Gründen nicht möglich. Sie war jedoch auch nicht dringend notwendig, da für die spezielle Aufgabenstellung eine zweidimensionale Untersuchung hinreichend ist.

Die Punktabstände auf den beiden inneren Profilen betragen 0,5 km, auf den beiden äußeren 1,0 km. Der Standort der Stationen bestimmte sich nach den üblichen Kriterien: Es sollte der festgelegte Punktabstand eingehalten werden und das Gelände in einer 100-m-Umgebung möglichst ruhig sein. Außerdem ist es wünschenswert, die Meßpunkte mit einem Kfz. anfahren zu können.

Um diesen Ansprüchen zu genügen, liegen einige Punkte bis zu 200 m von der Profilgeraden entfernt.

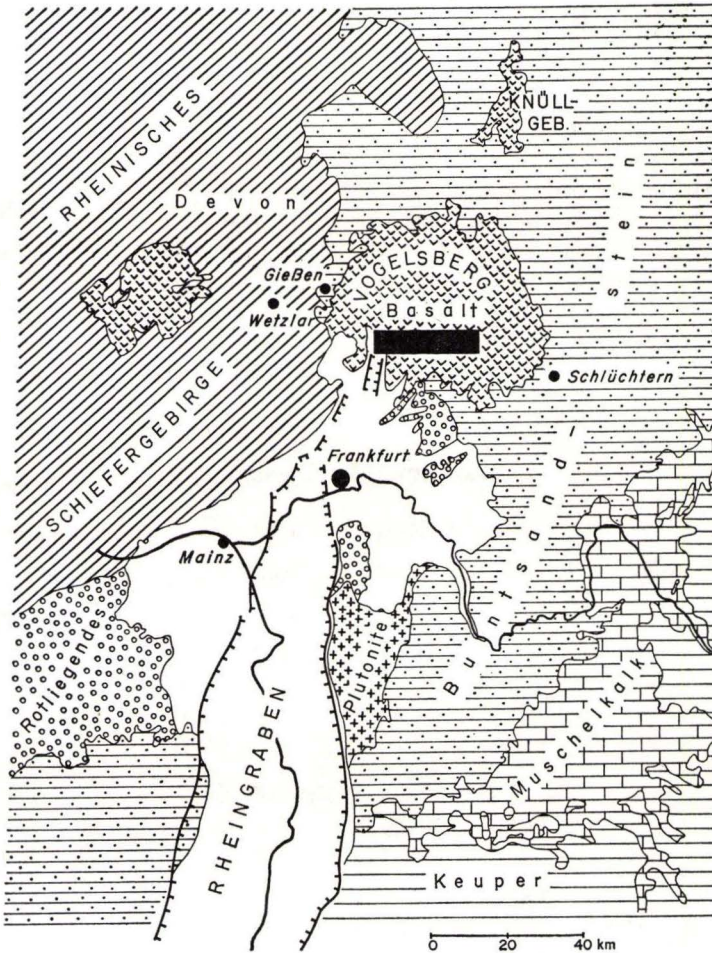


Abb.1. Ausschnitt aus der Geologischen Übersichtskarte von Hessen 1:1000000, vereinfacht und verkleinert. (Das Meßgebiet ist durch schwarzen Balken gekennzeichnet.)

1.3. Geräte

An Geräten standen zu Verfügung: Zwei Worden-Gravimeter Typ Master Nr. 535 und Nr. 386, zwei Nivelliergeräte Zeiss Ni-2 und zwei Taschengefällemesser.

Die Eichung der Gravimeter auf der Eichstrecke Bad Harzburg-Torfhaus hatte die Prakla GmbH vorher durchgeführt. Kontrollmessungen zu Beginn und am Ende der Feldarbeiten auf einem geeigneten Profil im Meßgebiet ergaben eine Übereinstimmung der Gravimeterkonstanten, die innerhalb der Genauigkeitsgrenzen des zeitlichen Ganges liegt (vgl. Abs. 2.3).

1.4. Nivellement und Gravimetermessungen

Zeitaufwendigster Bestandteil der Feldarbeiten ist die Anlage eines eigenen Nivellementnetzes. 178 Stationen wurden in Schleifen mit Festpunkten und trigonometrischen Punkten verbunden.

Die Anlage der Gravimetermessungen erfolgte in gewohnter Weise: Das Basisnetz mit Stationsabständen von ca. 5 km schließt drei Punkte des Grundnetzes erster und zweiter Ordnung mit ein: im W Ober Mörlen ($60^{\circ}22'52$, $8^{\circ}41'70$) im E Schlüchtern ($50^{\circ}21'04$, $9^{\circ}31'73$) und Flieden ($50^{\circ}25'46$, $9^{\circ}34'04$). Die Feldpunkte liegen jeweils zwischen den Basispunkten und sind durch Schleifenmessungen mit ihnen verbunden.

Durch Dreiecksmessungen im Pendelschrittverfahren und durch Schleifenmessungen wurden die Gangwerte für die Basisstationen beziehungsweise die Feldpunkte bestimmt. Sie betragen im Mittel $0,03-0,04$ mgal (einige Maximalwerte lagen bei $0,1$ mgal).

2. Bearbeitung der Messungen

2.1. Reduktionen

Es wurden folgende Reduktionen durchgeführt:

- a) die Breitenreduktion $\delta\gamma_0$
- b) die Höhenreduktion δg_{ni}
- c) die Gesteinsplattenreduktion δg_b
- d) die topographische Reduktion δg_{top}

Die gesuchte Schwerestörung läßt sich dann aus der Beziehung

$$\delta g_s = \delta g - \delta\gamma_0 - \delta g_{top} - \delta g_{ni} - \delta g_b$$

berechnen.

δg bedeutet die gemessene Schwere.

Die Normalschwere bestimmt die theoretische Schwere des Erdellipsoids. Sie wurde nach der Helmertschen Schwereformel (1901) berechnet:

$$\gamma_0 = 987,030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000006 \sin^2 2\varphi)$$

φ = geographische Breite.

Der zur Höhenreduktion benutzte Wert beträgt:

$$\frac{\delta g}{\delta h} = - 0,3085 \text{ mgal/m.}$$

Die Bezugsebene für die Höhen- und Breitenreduktion stellt das Meeresniveau (NN) dar.

Für die Gesteinsplattenreduktion konnte wegen der geringen Ausdehnung des Meßgebietes eine ebene Platte benutzt werden. Als Zahlenwert ergibt sich dann:

$$\delta g_b = 0,04189 \cdot \rho \text{ mgal/m.}$$

Als Gesteinsdichte ρ wurde zwischen Punkthöhe und dem 100-m-Niveau einheitlich die geschätzte mittlere Dichte des Basaltes $\rho = 2,40 \text{ g/cm}^3$, zwischen 100 m und NN der für die obere Kruste gebräuchliche Wert $\rho = 2,65 \text{ g/cm}^3$ angenommen.

Die Berechnung der topographischen Reduktion gliedert sich in drei Bereiche: den Nahbereich (0–100 m), den Hauptbereich (0,1–10 km) und den Fernbereich (10–50 km). Der Berechnung der Reduktion liegt das Verfahren von SCHLEUSENER (1940) zugrunde. Die hierfür im Nahbereich wichtigen Geländesteigungen wurden mit Taschengefällemessern bestimmt. Die zur Berechnung des Haupt- und Fernbereiches notwendigen Höhenwerte sind der TK 25 entnommen.

2.2. Gesteinsdichte

Zur Gesteinsdichtebestimmung standen Bohrkerne zur Verfügung. Sie wurden gewogen und ihre Volumina in einem kalibrierten Gefäß bestimmt. Nachstehende Ergebnisse waren für die einzelnen Gesteinsarten signifikant:

Gesteinstyp	Dichte (g/cm ³)
Fester blauer Basalt	2,78
Leicht blasiger Basalt	2,26
Stark blasiger, teilweise verwitterter Basalt	2,08
Körniger hellroter Sandstein (Buntsandstein)	2,35
Toniger dunkelroter Sandstein (Rotliegendes)	2,70

Die Dichtewerte für die devonischen Schiefer und die tertiären Sedimente sind der Literatur entnommen (REICH & v. ZWINGER 1943): Schiefer 2,65–2,85, tertiäre Sedimente 2,2–2,5. Sie wurden bei der Modellrechnung in den angegebenen Grenzen variiert.

2.3. Genauigkeit der Messungen und Reduktionen

Es ergeben sich folgende Fehlergrenzen: Die Ablesegenauigkeit der Worden-Gravimeter beträgt $\pm 0,005$ mgal. Die voneinander unabhängigen Wiederholungsmessungen aller Basisstationen begrenzen den Gangfehler auf einen mittleren Wert von $\pm 0,025$ mgal pro Punkt. Mit der Annahme, die Reduktionsdichte sei fehlerfrei, liegen die Unsicherheiten bei der Höhen- und Gesteinsplattenreduktion dank der guten Höhenbestimmung der Punkte unter $\pm 0,01$ mgal. Um die bei der topographischen Reduktion auftretenden Fehlergrenzen zu bestimmen, wurde sie für einige Punkte auf unterschiedliche Weise berechnet. Die dabei auftretenden Differenzen betragen maximal $\pm 0,04$ mgal, in der Regel jedoch nur 0,01–0,02 mgal.

Die Bouguerschwere läßt sich somit mit einer Genauigkeit von ca. $\pm 0,03$ mgal angeben.

3. Darstellung der Ergebnisse und ihre Interpretation

3.1. Schwereprofile

Die gemeinsame Darstellung von Schwereverteilung und Topographie am Beispiel des Profiles I (Abb. 2) zeigt die Unabhängigkeit beider Kurven und unterstreicht damit, daß die Reduktionsdichte im Mittel richtig angenommen wurde (NETTLETON 1939). Die auffällig kleinräumigen Anteile der Anomalie sind auf die unterschiedlichen Dichten der Basalte und deren Verwitterungsprodukte — z.B. Brauneisenstein — zurückzuführen (DÜRBAUM 1961).

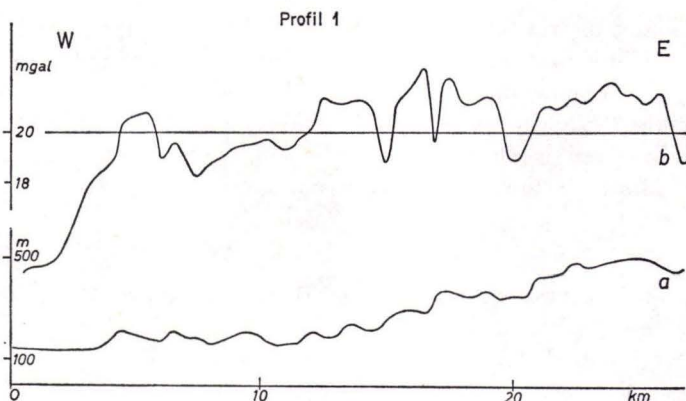


Abb. 2. Profil 1, Bouguerschwere und Höhenprofil.

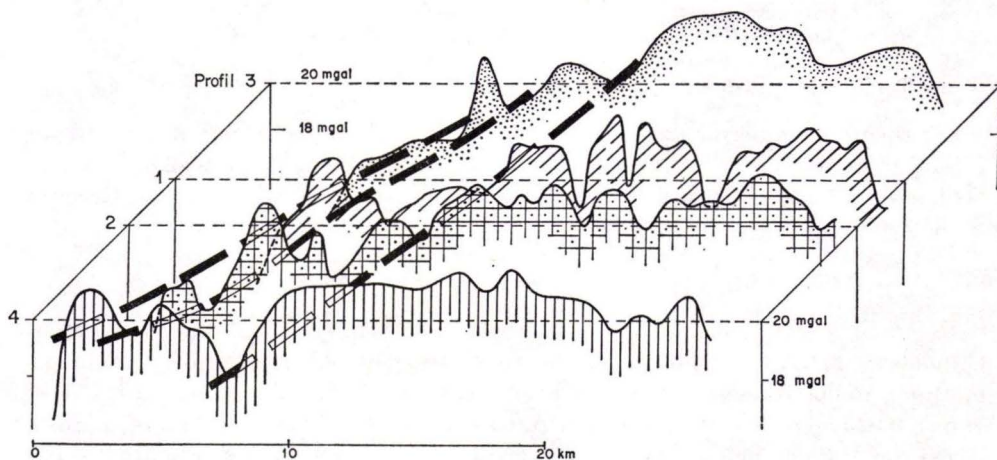


Abb. 3. Schwereprofile 1-4, ihren Abständen entsprechend von S nach N gestaffelt.

Da bis zur Bezugshöhe 100 m über NN mit der einheitlichen Dichte des Basaltes $\rho = 2,40 \text{ g/cm}^3$ reduziert wurde, kann die lokale Abweichung in der Dichte — nach eigenen Messungen — bis zu $\pm 0,35 \text{ g/cm}^3$ betragen. Bei den reduzierten Höhen (über 400 m) können Effekte von mehr als $\pm 3,0 \text{ mgal}$ auftreten, die bei der Reduktion unberücksichtigt bleiben.

Diese Interpretation der kleinräumigen Anteile der Schwereanomalie wird durch weitere Bearbeitungen unterstützt — Regionalfeldbestimmung, Berechnung der zweiten vertikalen Ableitung — (v. BRAUNMÜHL 1973).

Die vier Profile (Abb. 3) zeigen einen ähnlichen Verlauf. Vom westlichen Rand her steigen die Schwerewerte stark an. Nach einem angrenzenden Tief von ca. 4–5 mgal nimmt die Bouguerschwere erneut zu und erreicht ein Maximum mit Werten zwischen 21 und 23 mgal. Über dem Zentrum des Vogelsberges besitzen die Schwerewerte einen nahezu flachen Verlauf, bis sie im E des Meßgebietes wieder leicht abfallen.

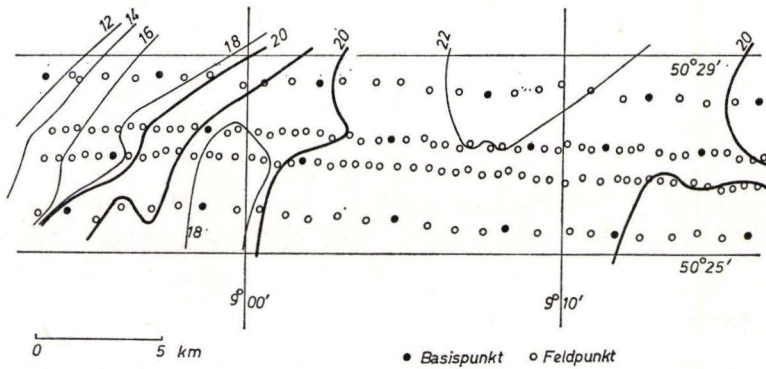


Abb. 4. Isogammenkarte des Meßgebietes (Zahlenangaben in mgal).

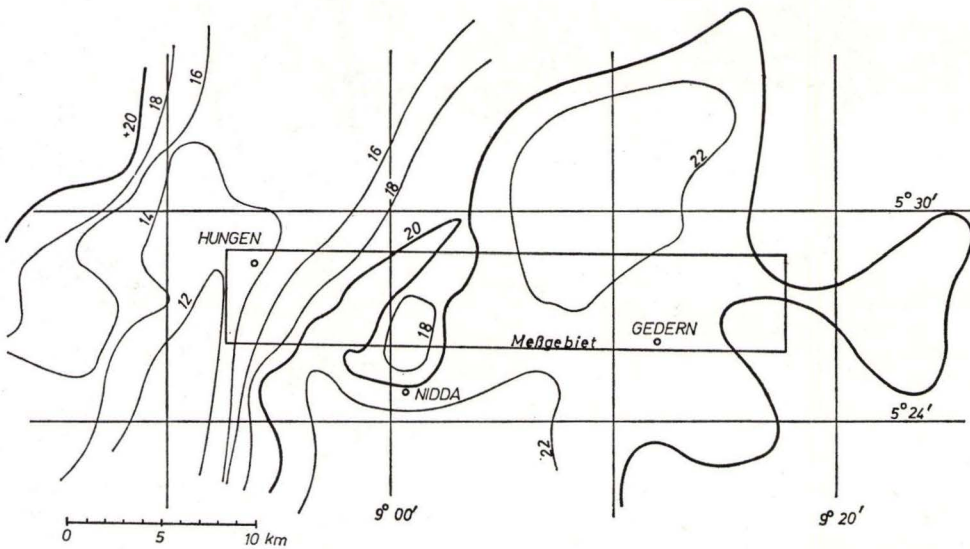


Abb. 5. Überarbeitete Isogammenkarte der weiteren Umgebung des Meßgebietes (Aus schnitt der Karte 1:200 000 des Amtes für Bodenforschung, Hannover — Zahlenangaben in mgal).

Die Isogammenkarte (Abb. 4) zeigt ein entsprechendes Bild. Sie gibt neben dem Aufstieg und dem Abfallen der Schwereverteilung den Verlauf der Linien gleicher Schwere wieder, der Rückschlüsse auf die qualitative Struktur des Untergrundes erlaubt. Die vorherrschende Streichrichtung der Schwerelinien ist SSW-NNE. Nur das schmale Zwischenhoch im W des Meßgebietes streicht SW-NE.

Betrachtet man in Abb. 5 dazu auch noch die Umgebung des Meßgebietes, so fällt auf, daß das Schwerehoch im W des Meßgebietes wie das östlich daran angrenzende Tief lokale Erscheinungen sind, während die übrigen Isogammen zu regionalen Strukturen zu zählen sind.

3.2. Modellrechnung

Ausgehend von geologischen Forschungsergebnissen (SCHENK 1968) wurde eine Modellrechnung für ein geologisches Profil (Abb.6) durchgeführt. Mathematische Grundlage für die Berechnung des Modells ist die Beziehung von HUBBERT (1948):

$$\delta g = 2 \rho f \phi z d \vartheta.$$

Sie gilt unter der Voraussetzung, daß der einzelne Modellkörper senkrecht zum Profil verläuft und in seiner horizontalen Ausdehnung im Vergleich zu seiner Tiefe groß ist.

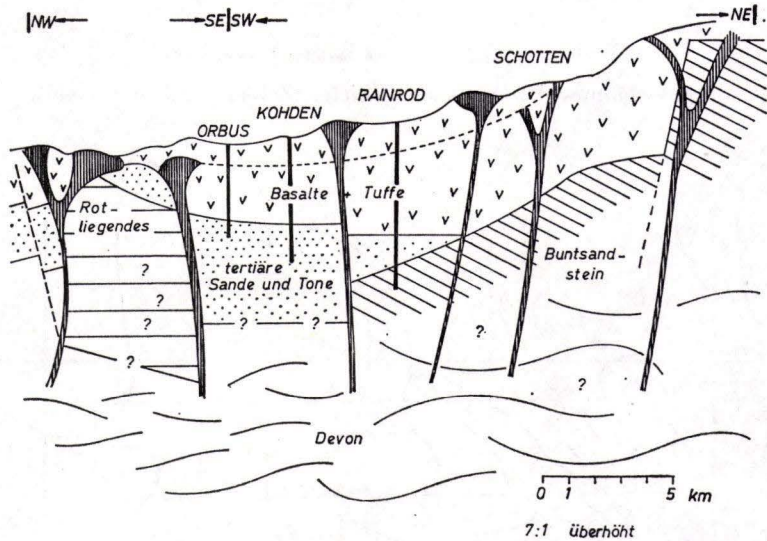


Abb. 6. Geologisches Profil (nach SCHENK).

Die Integration erfolgt über die Körperkanten, die sich durch Eingabe der Eckpunktkoordinaten bestimmen lassen (TALWANI, WORZEL & LANDISMAN 1959, CORBATÓ 1965).

3.3. Ergebnis der Modellrechnung

Die Modellrechnung basiert auf den Ergebnissen geologischer und gravimetrischer Untersuchungen. Sie geht von fünf Gesteinsschichten unterschiedlicher Dichte aus, die im Meßgebiet und seiner Umgebung zutage treten: Devon, Rotliegendes, Buntsandstein, Basalt und tertiäre Sedimente. Um die mit dem Modell berechnete Schwere an die gemessene Schwere anzugleichen, werden die Dichte, die Form und die Mächtigkeit dieser fünf Massen variiert. Da die gemessene Schwere durch mehrere Modelle angeglichen werden kann, ist das vorgestellte Modell (Abb.7) mit Unsicherheiten behaftet und muß, wenn neue geowissenschaftliche Untersuchungen (z.B. Bohrungen, reflexionsseismische Messungen) vorliegen, entsprechend angepaßt werden.

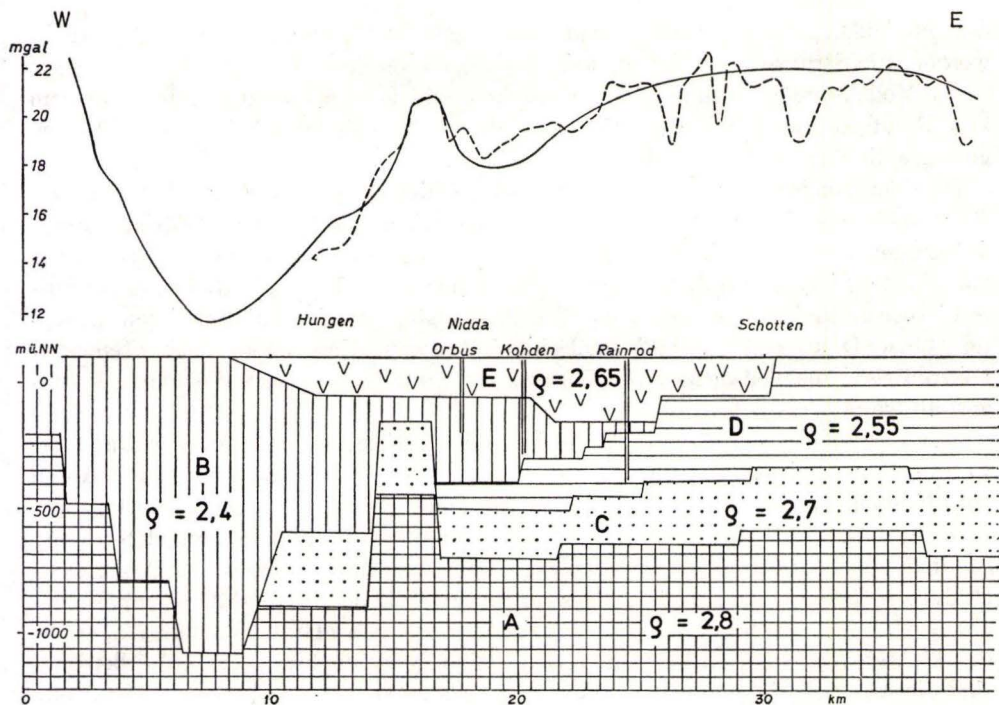


Abb. 7. Ein Ergebnis der Modellrechnung; die daraus berechnete Schwere (durchgezogene Linie) im Vergleich zu Profil 1 (gestrichelte Linie).

Die stärksten Dichtekontraste bestehen zwischen den Modellkörpern A ($\rho = 2,80 \text{ g/cm}^3$) und B ($\rho = 2,40 \text{ g/cm}^3$). Die Gestalt dieser beiden Massen bestimmt somit den Verlauf der berechneten Schwere besonders stark. Eine gute Übereinstimmung mit der gemessenen Schwere ergibt sich im westlichen Teil des Modells nur dann, wenn der Block A westlich von Hungen in größere Tiefen abtaucht (über 1 km) und die Masse geringerer Dichte entsprechend mächtig ist.

Östlich der tiefsten Absenkung verläuft der Anstieg der Schwere — vom Zwischenhoch abgesehen — weit flacher als ihr Abfall im W. Dem entspricht ein langsamer Anstieg der Schichten A und C. Da deren Dichtekontrast ($0,10 \text{ g/cm}^3$) kaum einen Einfluß auf den Verlauf der Schwere besitzt, kann die Trennungslinie zwischen ihnen nur vermutet werden. Das Zwischenhoch der Bouguerschwere zwischen Hungen und Rainrod wird im Modell durch eine Anhebung der Schichten A und C angeglichen.

Die Gestalt der Körper D ($\rho = 2,55 \text{ g/cm}^3$) und E ($\rho = 2,65 \text{ g/cm}^3$) wird stark durch geologische Kenntnisse aus Bohrungen und Aufschlüssen bestimmt.

3.4. Interpretation

Die Interpretation des angeglichenen Modells, das durch die Art der Angleichung selbst schon eine gewisse Interpretation ist, zerfällt in zwei Teile! Zum einen werden

den Modellkörpern geologische Schichten zugeordnet, zum anderen soll versucht werden, die Struktur des Modells tektonisch zu verstehen.

Die Modellschicht A dürfte die devonischen Schiefer repräsentieren, da sich ihrem von Randbrüchen begleiteten Abfall an der Ostflanke des Rheinischen Schiefergebirges die Struktur des Körpers A anschließt.

Da dem Rheinischen Schiefergebirge die Schichten des Rotliegenden und des Buntsandsteins nicht aufliegen, diese aber im NE, E und S des Vogelsberges unter den ausgeflossenen Basalten zutage treten, muß angenommen werden, daß sie unterhalb der Vogelsbergbasalte den devonischen Schiefern aufliegen, in Richtung Taunusrand aber auskeilen. Rotliegendes und Buntsandstein werden im Modell den Schichten C bzw. D zugeordnet. Die Modellschicht B repräsentiert die an vielen Stellen erbohrten tertiären Sedimente. Die Basalte und Tuffe sollen durch die Platte E dargestellt werden.

Das vorgestellte Modell wird als Graben interpretiert, dessen westliche Randverwerfungen steil einfallen, während die östlichen Randbrüche einen flacheren Abfall zum Graben hin aufweisen. Die östliche Grabenflanke wird des weiteren von einer Störung durchzogen, die als Mittelhorst betrachtet wird. Als Grabenmodell könnte somit der asymmetrische Y-Typ in Frage kommen, der von CLOSS & PLAUMANN (1967) auf Grund gravimetrischer Messungen für Teile des Rheingrabens vorgeschlagen wird. Der generelle Verlauf der Bouguerschwere dieses Grabenmodells entspricht der Schwereverteilung entlang einer Linie Wetzlar-Schlüchtern (Abb. 8), allerdings sind die Ausmaße der Anomalie weit geringer als im Oberrheintalgraben. Ihre Breite entspricht etwa der Hälfte und ihr Betrag nur ca. $\frac{1}{3}$ der Schwereanomalie des Rhein-

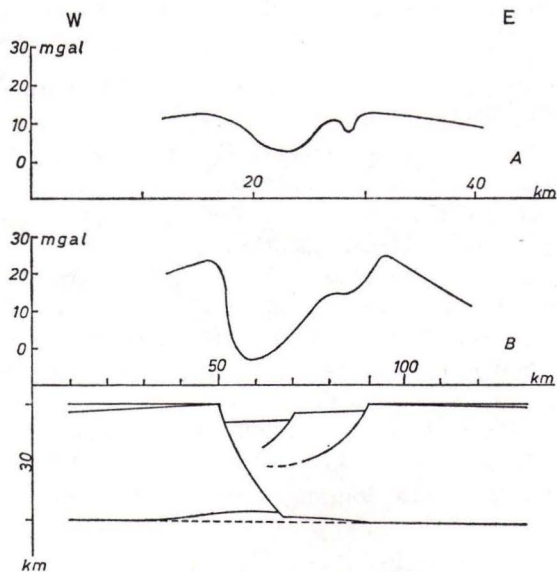


Abb. 8. Vergleich der Schwerewirkung eines Grabenmodells (A) nach CLOSS & PLAUMANN (1967) mit dem Schwereprofil Wetzlar-Schlüchtern (B). Zur Verdeutlichung des Vergleiches wurden verschiedene Längenmaßstäbe gewählt.

grabens. Das Streichen des Grabens verläuft N–NNE und entspricht somit der Streichrichtung der Mittelmeer-Mjösenzone.

Diese Vergleiche mit dem Rheingraben bestärken die Vermutung, daß es sich bei dem hier beschriebenen Graben um eine direkte Fortsetzung des Oberrheingrabens in Richtung NNE handelt.

4. Zusammenfassung

Auf vier zueinander parallelen W-E-Profilen wurden gravimetrische Messungen im westlichen vorderen Vogelsberg durchgeführt (Bl.Nr.5519 Hungen, 5520 Nidda, 5521 Gedern der TK 25). Die Schwere besitzt ein auffälliges Minimum am westlichen Rand des Meßgebietes während sie über dem Zentrum des Vogelsberges einen nahezu flachen Verlauf zeigt.

Neben diesem generellen Schwereverlauf treten engräumige Anomalien — typisch 1–2 km — auf, die auf die unterschiedlichen Dichten von Basalten, Tuffen und deren Verwitterungsprodukten zurückgeführt werden.

Modellrechnungen deuten auf eine mögliche Fortsetzung des Rheingrabens nach N–NNE mit den tiefsten Absenkungen W Hungen (Niddagraben–Horloffgraben). Demgegenüber sind die Strukturen bei Nidda nicht mehr so deutlich ausgeprägt.

Der Verlauf der Isogammen läßt vermuten, daß zwischen Nidda und Hungen ein Mittelhorst vorhanden ist, dessen Streichen SW–NE verläuft.

Danksagung

Herrn Dr. ERWIN SCHENK danke ich für die Besprechungen, die er mit mir führte. Dabei ließ er mich auch Einblick in noch nicht veröffentlichte Forschungsergebnisse nehmen, die diese Arbeit an einigen Stellen wesentlich berühren. Herrn Prof. Dr. WOLFGANG JACOBY schulde ich ebenso Dank, da er sich um die Fertigstellung dieser Arbeit in vielen Diskussionen bemühte. Herrn Prof. Dr. HANS BERCKHEMER danke ich für die vielen hilfreichen Anregungen, die er mir während der Arbeit gab. Den Oberhessischen Versorgungsbetrieben AG (OVAG) danke ich für die finanzielle Unterstützung der Meßarbeiten. Die Firma Prakla-Seismos stellte mit freundlicher Vermittlung von Herrn Dr. LEO AMEELY die beiden Worden-Gravimeter zur Verfügung.

5. Schriftenverzeichnis

- BRAUNMÜHL, W. v. (1973): Spezielle gravimetrische Untersuchungen im Vogelsberg. — Unveröff. Dipl.-Arb.; Frankfurt a.M.
- BUNGENSTOCK, H. (1956): Ergänzungen der regionalen gravimetrischen Vermessungen im Vogelsberg. — Unveröff. Dipl.-Arb.; Clausthal.
- CLOSS, H. & PLAUMANN, S. (1967): On the gravity of the upper Rheingraben. — In: The Rheingraben progress report 1967, geol. L.-Amt Baden-Württemberg; Freiburg.
- CORBATÓ, C. (1965): Least-squares procedure for gravity interpretation. — *Geophysics*, **30**: 228–233.
- DÜRBAUM (1967): Gravimetrie. — In: A. BENTZ, Lehrbuch der angewandten Geologie; Stuttgart (Enke).
- HUBBERT, M. (1948): Line-integral method of computing gravity. — *Geophysics*, **13**: 215–225.
- JACOBY, W. (1965): Schwereverteilung auf Helgoland und ihre Auswertung mit Ausgleichsverfahren. — Diss.; Kiel.
- JUNG, K. (1961): Schwerekraftverfahren in der angewandten Geophysik, — Leipzig (Akademische Verlagbuchhandlung).

- KNETSCH, R. (1968): Geologie von Deutschland. — Stuttgart (Enke).
- NETTLETON, L. L. (1939): Determination of density for reduction of gravity observations. — *Geophysics*, 4.
- REICH, H. & ZWIRGER, R. v. (1943): Taschenbuch der angewandten Geophysik. — Leipzig.
- SCHENK, E. (1955): Postpliozäne Krustenbewegungen mit Faltenformationen in der Wetterau. — *Geol. Rdsch.*, 43: 39—103; Stuttgart.
- (1961): Tertiärer Vulkanismus und Tektonik im mittleren Hessen. 1. Ergebnisse einer Bohrung in das ältere Tertiär und den Muschelkalk bei Wahlen und die Tektonik am Nordrand des Vogelsberges. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 89: 310—319; Wiesbaden.
- (1961): Tertiärer Vulkanismus und Tektonik im mittleren Hessen. 2 Das tertiäre Quarzitlager im Lumdatal nördlich von Gießen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 89: 320—330; Wiesbaden.
- (1968): Vulkanotektonisches und geomagnetisches Bild des Vogelsberges. — Vortrag: Upper mantle project.
- SCHOTTLER, W. (1920): Der Vogelsberg, sein Untergrund und Oberbau. — Braunschweig (Westermann).
- SCHLEUSENER, A. (1940): Nomogramme für Geländeverbesserungen in der angewandten Geophysik. — *Beitr. angew. Geophys.*, 8: 415—430.
- TALWANI, M., WORZEL, L. & LANDISMAN, M. (1959): Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine zone. — *J. Geophys. Res.*, 64: 49—59.

Manuskript eingegangen am 18. 9. 1974

Ursachen und Folgeerscheinungen von Kalksteinkorrosion in Hofheim am Taunus

Von

KARL-HANS MÜLLER, HELMUT PRINZ und JOE-DIETRICH THEWS*

Mit 3 Abbildungen, 1 Tabelle und Tafel 17

Kurzfassung: Der Aufsatz beschreibt einen Schadensfall durch Korrosion miozäner Kalksteinbänke am N-Rand des Mainzer Beckens. Durch Nachbrechen der Hangendschichten wurden dem gespannten Grundwasser in 10–15 m Tiefe neue Wege geöffnet, so daß in und vor einer Garage plötzlich Quellen mit einer Schüttung von 0,8 l/s aufgetreten sind. Die etwa elliptische Senkungsmulde ($\varnothing 30 \times 50$ m), die auf den Einbruch von Hohlräumen, Ausspülung von Feinmaterial und auf Abminderung des hydrostatischen Druckes im tieferen Grundwasserleiter zurückgeführt wird, zeigte im Zentrum eine Senkung von 66 mm innerhalb eines Jahres.

Abstract: Subsidence damaged two houses in the town of Hofheim, Hesse, beyond repair. Ultimate cause of the subsidence was underground corrosion of miocene carbonaceous rocks by groundwater solution. The collapse of rocks above the resulting cavities opened passageways for confined groundwater, which rose from a depth of 10–15 m to the surface and formed a spring with a discharge of 0,8 l/s. In addition to the collapse of cavities the outwash of silty sediment and the reduction of hydrostatic head helped to create a shallow elliptic sinkhole ($\varnothing 30 \times 50$ m), in the center of which a subsidence of 66 mm was recorded within one year.

Inhalt

1. Schadensablauf	340
2. Geologische Situation	340
3. Untersuchungsarbeiten	340
3.1. Ergebnisse der Bohrungen	340
3.2. Grundwasserverhältnisse	342
3.3. Ergebnisse der Nivellements	343
4. Ursachen der Schäden	345
5. Schriftenverzeichnis	348

* Dipl.-Ing. K.-H. MÜLLER, Prof. Dr. H. PRINZ, Dr. J.-D. THEWS, Hessisches Landesamt für Bodenforschung 6200 Wiesbaden, Leberberg 9.

1. Schadensablauf

Am 22. September 1969 trat an der Rückwand der Garage des Hauses Rossertstraße 1 in Hofheim/Ts. spontan eine Quelle mit einer durchschnittlichen Schüttung von 0,8 l/s (70 m³/Tag) aus (Taf. 17 Fig. 1). Ein weiterer kleiner Quellaustritt war im Rinnstein vor dem gleichen Grundstück wenig oberhalb der Garage zu beobachten. Gleichzeitig wurden oberhalb der Quelle Risse in der Straße und in dem Gartengrundstück Rossertstraße 1 beobachtet¹.

In den nächsten Tagen traten auch Risse am Gebäude Rossertstraße 1 auf. Die Risse vergrößerten sich laufend und griffen auch auf das Haus 3 über (Taf. 17 Fig. 2). Beide Wohnhäuser mußten geräumt und später abgebrochen werden.

Mitte Oktober zeigten sich dann auch in dem östlich anschließenden Gartengrundstück bis 10 cm breite und mehrere Meter lange Risse im Erdreich. Gleichzeitig wurden auch an Häusern in der Stefanstraße und der Oskar-Meyrer-Straße Risse festgestellt (Abb. 3a).

2. Geologische Situation

Die Schadensstelle liegt am N-Rand des Mainzer Beckens im Bereich der Hofheimer Pflingstweidescholle, auf der unter wechselnd mächtigen jungmiozänen bis pliozänen und z. T. pleistozänen Kiesen und Sanden Hydrobienschichten des Miozäns anstehen. Diese bestehen aus Mergeltonen, Tonmergeln, Mergeln und z. T. mächtigen Kalksteinbänken, die bis in größere Tiefe anhalten. Einzelheiten über die geologische und tektonische Situation (N-Rand des Oberrheingrabens) sowie ausführliche Schichtenverzeichnisse der unten erwähnten Bohrungen bringen KÜMMERLE & THEWS (1975).

3. Untersuchungsarbeiten

Zur Trockenlegung des Quellaustritts wurden zunächst zwei Schürfe und danach eine Brunnenbohrung in der Rossertstraße oberhalb der Quelle veranlaßt. Die Untergrundverhältnisse im Bereich der Schadensstelle wurden durch insgesamt 5 Aufschlußbohrungen von 10–39 m Tiefe erkundet. Um das Ausmaß der aufgetretenen Bodenbewegungen genauer festzustellen, wurde außerdem ein Nivellement eingerichtet.

3.1. Ergebnisse der Bohrungen

Die Bohrungen 1, 2 und 7 liegen auf einer schmalen tektonischen Scholle mit mächtigen Kalksteinbänken im Untergrund (Abb. 1). Möglicherweise handelt es sich um Staffelbrüche am E-Rand der Hofheimer Pflingstweidescholle, deren Verwerfungsflächen schräg nach SE einfallen.

Die Bg. 2 hat unter 1,5 m junger Auffüllung weiche bis breiige tonig-sandige Schluffe, z. T. mit organischen Beimengungen und von 4,9–5,1 m stark zersetzten schluffigen Torf mit Holzresten durchfahren. Das Auftreten von Torf in der Hang-

¹ Der Stadtverwaltung Hofheim, Stadtbauamt, wird für die verständnisvolle Mitarbeit bei den beschriebenen Untersuchungen besonders gedankt.

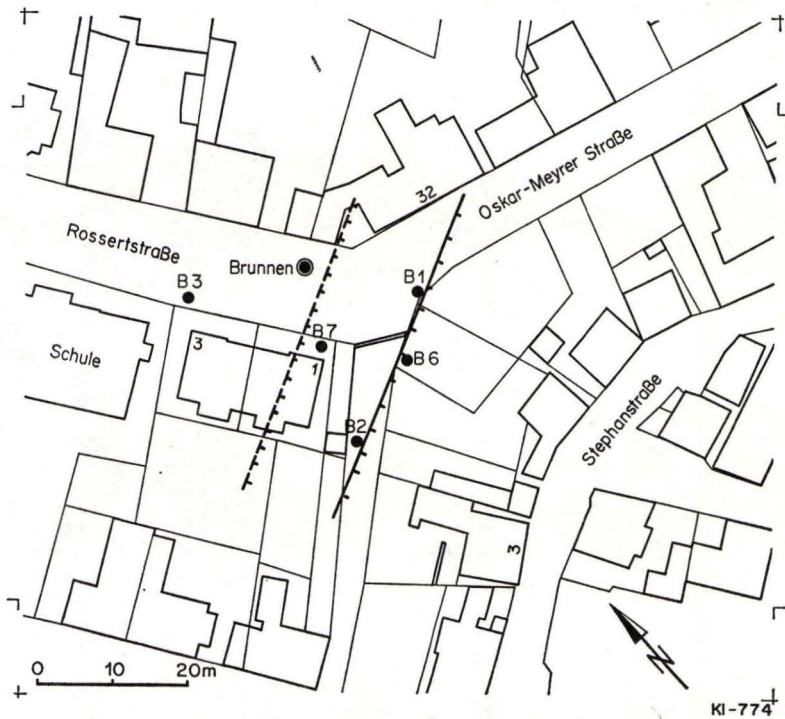


Abb. 1. Lageplan mit der Lage der Aufschlüsse und den tektonischen Linien.

lage ist ungewöhnlich. Bis 10,6 m folgen dann grobe jungmiozäne oder pliozäne Kiese mit Schlufflagen und von 10,6–17,0 m schluffige Tone mit Kalksteinbröckchen und etwas Kies, die nur weichplastische Konsistenz haben und als Residualtone oder als in Hohlräume eingestürzte oder eingesackte Tone anzusehen sind. Darunter folgt bis 29 m eine Wechselfolge von mehr oder weniger feinsandigen schluffigen Tonen, Feinsanden, kiesigen Sanden und zwei mächtigeren Kalksteinbänken von 21,4–22,6 m, und 27,5–28,1 m. Ab 29 m wurde grober Quarzkies mit Feinsand erbohrt (Abb. 2).

Die Bg. 2 ist somit ab den Deckschichten am ehesten mit der Bg. 1 zu vergleichen. Dann wären die Kalksteinbänke Bg. 1 von 11,5–19,2 m in Bg. 2 korrodiert und an ihrer Stelle liegen bis 17,0 m pliozäner Kies und weiche Residualtone. Darunter liegen nur noch geringmächtige Kalksteinbänke vor, die, wie auch die höheren Kalksteinbänke der Bg. 1 keine Korrosion zeigen.

Die Bg. 3 und 6, sowie die Brunnenbohrung liegen außerhalb der schmalen tektonischen Scholle mit mächtigen Kalksteinlagen zwischen 10 und 20 m Tiefe. Alle 3 Aufschlüsse haben überwiegend Mergeltonen und Tonmergel mit nur einzelnen Kalksteinlagen durchfahren. Die im W liegende Brunnenbohrung und die Bg. 3 stehen außerdem in einer tiefreichenden Plioänrinne mit Quarzkiesfüllung bis 13,9 m unter Gelände (Bg. 3).

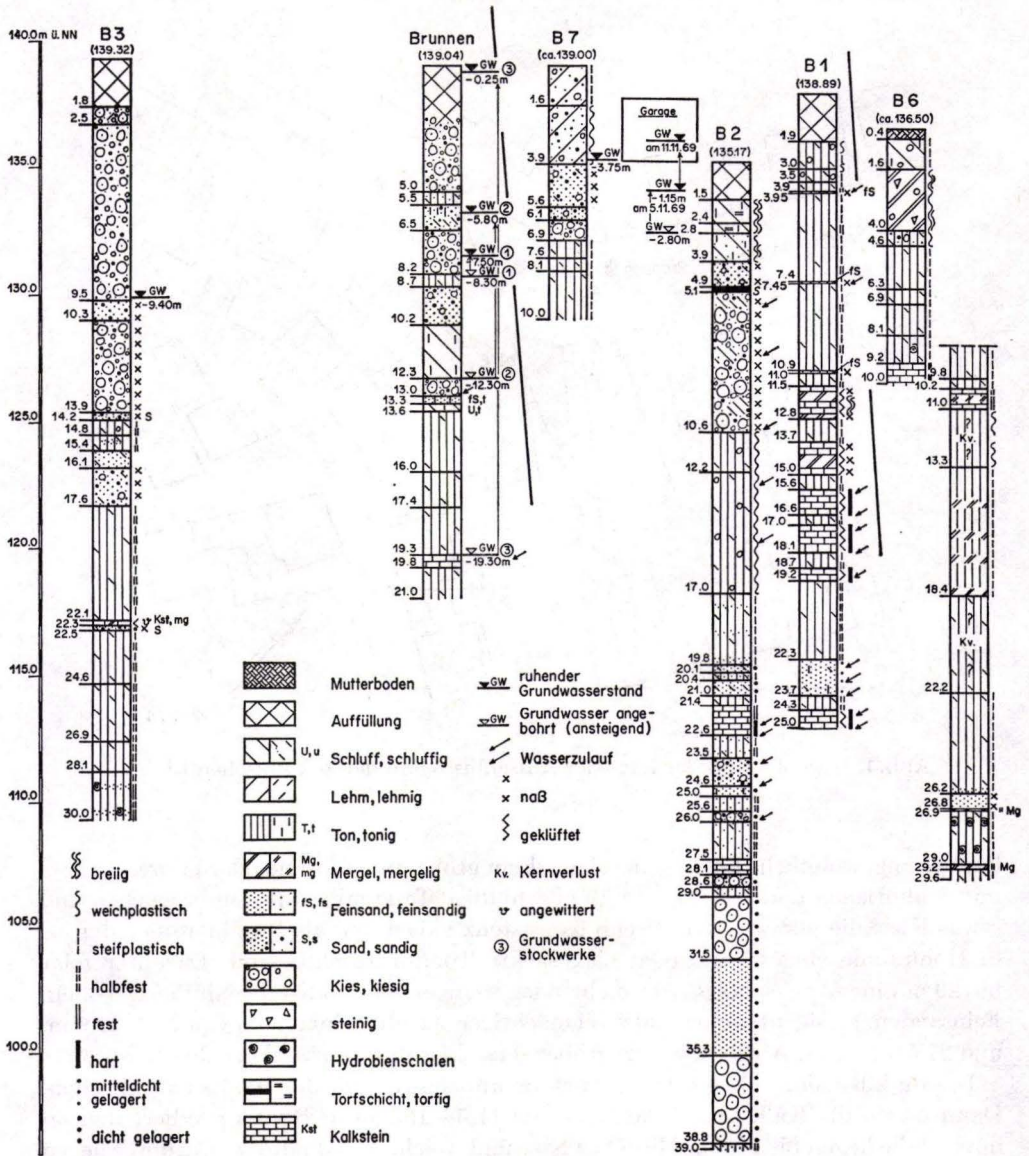


Abb. 2. Untergrundprofile.

3.2. Grundwasserverhältnisse

Im Bereich der Pflingstweidescholle, auf der die Schadensstelle liegt, sind zwei Grundwasserstockwerke zu unterscheiden, die örtlich in sich weiter differenziert sind.

Das obere Grundwasserstockwerk wird von den jungmiozänen bis plio-pleistozänen Sanden u. Kiesen gebildet, die über den Hydrobienschichten liegen. Örtlich ist

dieses Grundwasserstockwerk durch Tonlagen in einzelne Grundwasserleiter getrennt, die teils schwebendes, teils schwach gespanntes Grundwasser führen, so daß flache Brunnen in kurzer Entfernung Wasserspiegel unterschiedlicher Höhenlage besitzen können. Dort, wo Tonlagen, insbesondere die Oberkante der Hydrobienschichten, am Hang ausstreichen, kommt es zur Bildung kleinerer Quellen, die in der Gegend Rossertstraße-Kurhausstraße häufig zu beobachten waren. Heute sind die größtenteils von Dränungen gefaßt und abgeleitet.

Die darunter folgenden miozänen Ablagerungen enthalten Kalksteinbänke, im tieferen Teil auch Sand- und Kieslagen, die das mehrfach untergliederte tiefere Grundwasserstockwerk bilden. Das Wasser in diesen Grundwasserleitern ist gespannt, der Druckspiegel steigt von den oberflächennahen zu den tieferen Schichten an. So stieg das Wasser in Bg.2 bei 15 m Bohrtiefe (120,17 m über NN) auf 0,87 m über Flur (136,04 m über NN). Im Abschöpfbrunnen Rossertstraße stieg der Druckspiegel bei 19,30 m Bohrtiefe (119,74 m über NN) auf 0,25 m unter Gel. (138,79 m über NN). Der Druckspiegel des Wassers, das in der Bg. Pflingstweide zwischen 79 und 91 m unter Flur (68 bis 56 m über NN) angetroffen wurde, lag ca. 152 m über NN. Je nach der Höhenlage der Bohransatzpunkte kam es in einzelnen Bohrungen zu artesischem Überlauf. In den Schichten zirkulieren z.T. erhebliche Grundwassermengen, wie die Tatsache zeigt, daß z.B. aus der Bg.2 zwischen 0,5 und 1,0 l/s, aus der Bg. Pflingstweide 101/s artesisch überliefen. Das Einzugsgebiet des Grundwassers liegt in der nördlichen Fortsetzung der Pflingstweidescholle auf Bl. 5816 Königstein i. Taunus, sehr wahrscheinlich gehören auch die Hänge des Kapellenberges auf Bl. 5916 Hochheim a.Main, wo die tonig-mergeligen Tertiärschichten in kiesige übergehen, zum Einzugsgebiet.

Das Wasser der Quelle in der Garage Rossertstraße 1 stieg aus tieferen miozänen Schichten auf. Hierfür sprechen der chemische Charakter des Wassers, der mit dem aus den miozänen Schichten übereinstimmte (s. Abschn.4), das ausgeworfene Material, das Versteinerungen aus den Hydrobienschichten enthielt, und der artesische Druck. Das plötzliche Auftreten der Quelle ist auf folgende Weise zu erklären:

Durch das Einbrechen oder Nachsacken der Schichten über den Korrosionshöhlräumen im Untergrund wurden innerhalb des Senkungsgebietes Aufstiegswege für das gespannte Grundwasser geschaffen. Während der Sackungsbewegungen wurden die Schichten im Randbereich des Senkungsgebietes jedoch durch tonig-mergelige Lagen verschmiert, so daß das Wasser nicht unterirdisch in die höheren, mit weniger gespanntem Grundwasser übertreten konnte, sondern an der Erdoberfläche austreten mußte. Daß die Wasserwegsamkeit zwischen dem Senkungsbereich und den benachbarten Schichten tatsächlich stark reduziert ist, zeigte auch die Beobachtung, daß die Schüttung der Quelle in der Garage nur verzögert und nicht vollständig zurückging, wenn in dem rd. 25 m entfernten Abschöpfbrunnen bis auf mehr als 15 m unter das Niveau der Quelle abgesenkt wurde.

3.3. Ergebnisse der Nivellements

Das Ende Oktober 1969 erkennbare Schadensausmaß ist in Abb.3a dargestellt. Die Verbindung der Risse in der Rossertstraße mit den Haupttrissen an den um-

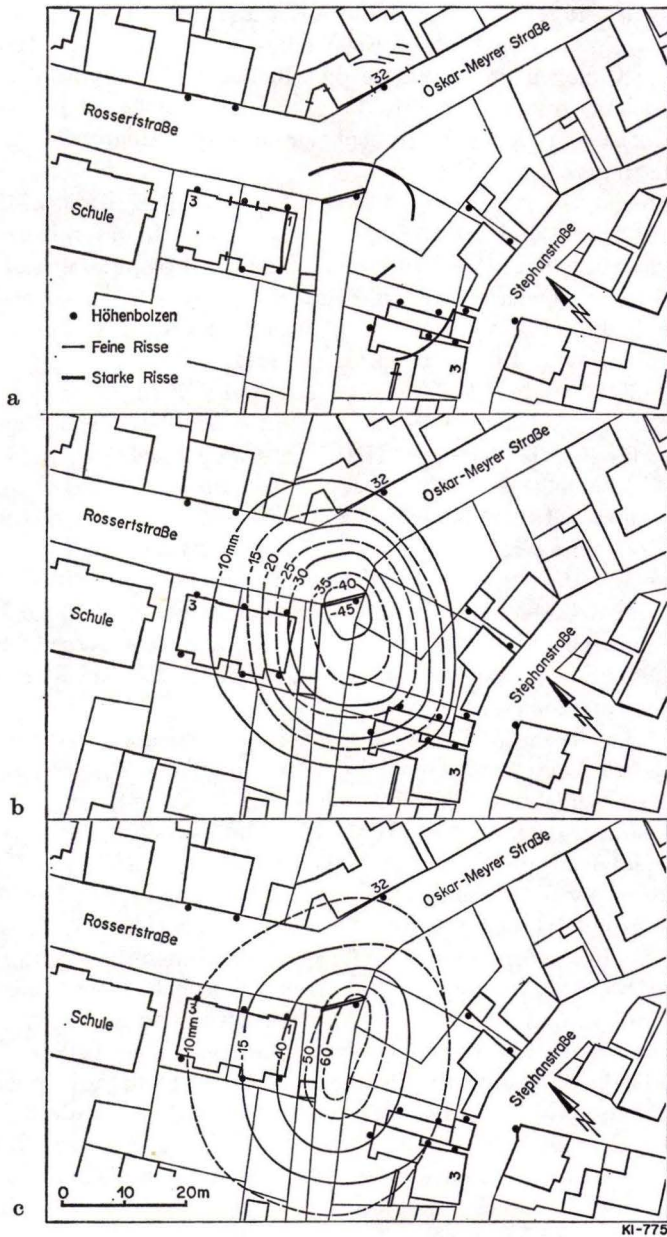


Abb. 3. Lageplan mit a. dem Ende Oktober erkennbaren Schadensausmaß, b. Senkungsgleichen der 7. Wiederholungsmessung, c. Senkungsgleichen der 21. Wiederholungsmessung.

liegenden Gebäuden lassen eine etwa elliptische Einsenkungsform erkennen. Zur Feststellung der genaueren Senkungsmaße sind an den umliegenden Gebäuden insgesamt 18 Meßbolzen gesetzt und am 28. 10. 1969 erstmalig eingemessen worden. Die Wiederholungsmessungen wurden anfangs wöchentlich, ab 16. Jan. 1970 bis zum 5. Feb. 1971 etwa monatlich durchgeführt. Danach wurden die Messungen (leider) eingestellt.

Auf Abb. 3b sind die Senkungsgleichen der 7. Wiederholungsmessung aufgetragen. Danach liegen die Senkungsbeträge an den Häusern Rossertstraße 1 und 3 zwischen 10 und 30 mm und an den Häusern Stephanstraße 3 und 5 zwischen 10 und 25 mm. Die größten Senkungen wurden mit 46 mm an einer Mauer Ecke Rossertstraße/Oskar-Meyrer-Straße gemessen. Trotz gleicher Zeitintervalle zwischen den Messungen wurden unterschiedliche Bewegungsintensitäten und damit zeitlich etwas veränderte Senkungsformen festgestellt, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

Auf Abb. 3c ist das Gesamtmaß der Bewegungen vom Februar 1971 dargestellt. Das Zentrum der Bewegung mit jetzt 66 mm liegt nach wie vor an der Mauer Ecke Rossertstraße/Oskar-Meyrer-Straße. Die nächstliegenden Gebäudeecken weisen rd. 40 mm Senkung auf. Insgesamt zeigen die Linien gleicher Senkung jetzt deutlich einen ENE gestreckten Verlauf. Die Hauptbewegung tritt offensichtlich auf der schmalen tektonischen Zwischenscholle auf (Abb. 1), mit einer Konzentration an der östlichen Verwerfung. Die Bewegungen strahlen allerdings 10–15 m auf die östliche Randscholle über.

4. Ursachen der Schäden

Die Quellaustritte in und vor der Garage des Anwesens Rossertstraße 1 wurden anfänglich als Folge natürlicher Änderungen der Wasserwegsamkeit des Untergrundes am Hang angesehen. Bei dem anfangs starken Anteil an Schwebstoffen im austretenden Quellwasser waren auch die ersten Schäden an dem unmittelbar oberhalb der Quellaustritte gelegenen Haus Rossertstraße 1 erklärbar. Als jedoch die Schäden größere Ausmaße annahmen, konnten sie nicht mehr auf Ausschwemmung von Feinstkorn im Quellwasser erklärt werden, zumal der Schwebstoffanteil mit der Zeit stark zurückging.

Der in Bg. 2 angetroffene sehr weiche, z.T. organische Schluff und besonders die Torflage von 4,9–5,1 m können in der Hanglage nur in einer Hohlform entstanden sein. Dies und die in derselben Bohrung angetroffenen residualtonähnlichen Schichten von 10,6–17,0 m sprechen sehr stark dafür, daß die Bodensenkungen auf Verkarstungserscheinungen zurückzuführen sind.

Karsterscheinungen in Form von Hohlräumen, Bodensenkungen oder Erdfällen in tertiären Karbonatgesteinen sind im Untermaingebiet in den letzten Jahren verschiedentlich bekanntgeworden (Golwer & PRINZ 1969). Voraussetzungen dafür waren auch im vorliegenden Fall gegeben, nämlich mächtigere Kalksteinbänke mit Mergelzwischenlagen im tieferen Untergrund und das in den pliozänen, kalkfreien Sanden und Kiesen zutretende Grundwasser mit einem Gehalt an freier aggressiver Kohlensäure von 40–80 mg/l.

Ein Vergleich der entsprechenden Schichten der Bg. 1 und 2, wie er bereits im Abschn. 3.1. angestellt ist, macht dies deutlich. Die Kalksteinlagen der Bg. 1 von

11,5–19,2 m fehlen in Bg. 2. An ihrer Stelle liegen die beschriebenen weichplastischen Residualtone und darüber, möglicherweise ebenfalls in einer Senkungsform abgelagerte, pliozäne Sande und Kiese. In jüngster geologischer Vergangenheit muß an gleicher Stelle ebenfalls schon eine Bodensenkungsdoline aufgetreten sein, wobei das Senkungsmaß so groß war, daß an dem verhältnismäßig steilen Hang ein verschliffener Teich (o. ä.) entstanden ist, in dem Torf und organischer Schluff zur Ablagerung gekommen sind. Wenig hangaufwärts soll nach Berichten Einheimischer vor einigen Jahrzehnten ebenfalls ein flacher Teich gewesen sein. An der Rollschuhbahn am Kreuzweg, rd. 350 m nördlich der Schadensstelle Rossertstraße, ist vor einigen Jahren ebenfalls ein kleiner Erdfall aufgetreten.

Die Gefahr der Kalksteinkorrosion scheint weitgehend auf die schmale tektonische Zwischenscholle beschränkt zu sein.

Zur Klärung der Grundwasserbeschaffenheit wurden in verschiedenen Bohrungen Wasserproben aus unterschiedlichen Teufen entnommen (Tab. 1). Über die Beschaffenheit des oberen Grundwasserstockwerks geben die Analysen aus den Brunnen der Heberleitung Auskunft (Tab. 1, Nr. 13 u. 14). Das Wasser in den jungmiozänen bis pliozänen Schichten ist mittelhart und hat hohe Gehalte an freier Kohlensäure, die zum großen Teil kalkaggressiv ist. In den Analysen zu Tab. 1, Nr. 14 lag der Gehalt an kalkaggressiver Kohlensäure meist zwischen 40 und 50 mg/l. Auch die Analysen der tieferen Grundwasserstockwerke zeigen anomal hohe Gehalte an freier Kohlensäure (THEWS 1972: 32), die aus den karbonathaltigen Schichten beachtliche Karbonathärten löst. In den Analysen Nr. 1, 2 und 12 war der Gehalt an freier Kohlensäure so hoch, daß trotz der hohen Härte noch Restmengen an kalkaggressiver Kohlensäure im Wasser auftraten. Über die Ursache der hohen Kohlensäuregehalte lassen sich nur Vermutungen anstellen. Möglicherweise spielen die Oberrheingrabenrandverwerfungen eine besondere Rolle beim Kohlensäureaufstieg.

Die aus den Bg. 1 und 2 erhaltenen Wasseranalysen lassen sich auf folgende Weise deuten:

In der Bg. 1 war das aus 4,0 m Tiefe entnommene Wasser stark von der Oberfläche her verunreinigt, wie die hohen Gehalte an Sulfat und Chlorid, das nachgewiesene Nitrit und Eisen zeigen. In 7,40 m Tiefe sind die Verunreinigungsindikatoren noch deutlich, aber schwächer. Die Karbonathärte zeigt einen Mischwassertyp zwischen dem weichen Wasser des oberen und dem härteren des tieferen Grundwasserstockwerks. Ein ähnliches Mischwasser ist aufgrund der Karbonathärte auch in 16 m Tiefe anzunehmen, wobei hier allerdings mit einer Fehlbestimmung der Karbonathärte gerechnet werden muß, da die Gehalte an Chlorid, Sulfat und Nitrat zu niedrig sind, um die Anionen für die sich errechnende Nichtkarbonathärte zu liefern. Das Wasser aus 17,5 m Tiefe ist ein für miozäne Kalksteine typisches, sehr hartes Wasser mit hoher Karbonathärte ohne Indikatoren für Verunreinigung von der Oberfläche her (THEWS 1972: 31).

Ähnliche chemische Verhältnisse wurden in der Bg. 2 angetroffen: Das Wasser aus 1,5 m Tiefe ist stark anthropogen verunreinigt und zeigt als Besonderheit einen beachtlichen Gehalt an Alkali-Sulfat. In 5,5 m Tiefe wurde ein Wasser entnommen, das den Charakter eines schwach verdünnten Kalksteinwassers hat (leicht erhöhter Chlorid- und Sulfatgehalt, leicht erniedrigte Karbonathärte). Das Wasser aus 13 m

Tab. 1. Grundwasseranalysen

Lfd. Nr.	Entnahmestelle	pH	GH °d	KH °d	NKH °d	A.-R. mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Cl mg/l	NO ₃ mg/l	SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	fr.CO ₂ mg/l	Datum	A
1	Bg. Pfingstweide	6,6	19,3	19,1	0,2	419 ¹⁾	94	26	9,0	0,4	13	Sp	12	415	143	13. 9.71	1
2	Abr. Rossertstraße	6,9	24,3	22,1	2,2	429 ²⁾	104	42	0	0,3	14	2	19	n.b.	146	20.10.69	2
3	Quelle in der Garage Rossertstr.1	6,8	21,5	21,0	0,5	425 ²⁾	n.b.	n.b.	0	0	13	2	14	n.b.	n.b.	24. 9.69	2
4	Quelle in der Garage Rossertstr.1	7,6	22,0	19,0	3,0	365 ²⁾	80	47	0	0,3	27	1	11	n.b.	27	20.10.69	2
5	Bg.1, O.-Meyrer-Str.,E: 4,0 m	7,0	30,0	21,3	8,7	613 ²⁾	n.b.	n.b.	0,3	1,0	68	1	128	464	110	29.10.69	2
6	Bg.1, O.-Meyrer-Str.,E: 7,4 m	7,1	26,6	13,7	12,9	492 ²⁾	n.b.	n.b.	0	0,7	23	1	169	294	65	29.10.69	2
7	Bg.1, O.-Meyrer-Str.,E:16,0 m	7,0	24,3	15,7	8,6	389 ²⁾	n.b.	n.b.	0	0,1	14	1	27	n.b.	79	29.10.69	2
8	Bg.1, O.-Meyrer-Str.,E:17,5 m	7,1	26,8	23,2	3,6	269 ²⁾	n.b.	n.b.	0	0,3	16	1	22	n.b.	99	3.11.69	2
9	Bg.1, O.-Meyrer-Str.,artes.Überl.	6,9	20,5	20,5	0	414 ¹⁾	124	14	0,2	0,4	11	Sp	12	445	114	4. 6.70	1
10	Bg.2, Rossertstr., E: 1,5 m	7,0	20,3	17,9	2,4	314 ²⁾	n.b.	n.b.	0	0,1	16	8	100	n.b.	87	4.11.69	2
11	Bg.2, Rossertstr., E: 5,5 m	7,1	20,6	17,9	2,7	265 ²⁾	n.b.	n.b.	0	0	26	1	32	n.b.	85	4.11.69	2
12	Bg.2, Rossertstr., E:13,0 m	6,9	23,6	21,0	2,6	448 ²⁾	n.b.	n.b.	0	0	11	1	10	n.b.	132	7.11.69	2
13	Br. Heberleitung	6,3	10,9	7,3	3,6	n.b.	n.b.	n.b.	0	0	25	28	n.b.	n.b.	86	20.11.69	2
14	Br. Heberleitung		9,4 -12,3	7,3 -8,4	2,0 -4,7	n.b.	n.b.	n.b.	0 -0,1	0	20 -26	22 -40	n.b.	n.b.	61 -105	Extremwerte 1956-1970 (13 Analysen)	1

Der Ammoniumgehalt in allen Analysen war 0

Abkürzungen: A. Analytiker
 Abr. Abschöpfbrunnen
 A.-R. Abdampfrückstand
 Bg. Bohrung
 Br. Brunnen
 E Entnahmetiefe

Abdampfrückstand 1) bei 180° C
 2) bei 105° C

Analytiker 1 Chemisches Laboratorium Fresenius, Wiesbaden
 2 Staatliches Chemisches Untersuchungsamt, Wiesbaden

Tiefe hat ebenfalls wieder den typischen Charakter eines Wassers aus miozänem Kalkstein.

Durch die korrodierende Wirkung des Wassers sind im Laufe der Zeit Hohlräume entstanden. Durch einen Einbruch solcher Hohlräume wurden dem in der Tiefe gespannten Grundwasser neue Wege geöffnet, so daß es als Quelle in der Garage und auf der Straße vor dem Anwesen Rossertstraße 1 austreten konnte. Die Bodensenkungen sind im Nahbereich auf den Einbruch von Hohlräumen- und damit verbundene Bodenumlagerungen bzw. Ausspülungen zurückzuführen, in den Randzonen wahrscheinlich auch auf Setzungen durch Abminderung des hydrostatischen Druckes im tieferen Grundwasserleiter.

5. Schriftenverzeichnis

- GOLWER, A. & PRINZ, H. (1969): Korrosionserscheinungen in tertiären Karbonatgesteinen im Untermaingebiet. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 243—257, 5 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- KÜMMERLE, E. & THEWS, J.-D. (1975): Zur Geologie des Stadtgebietes von Hofheim am Taunus. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **103**: 265—277, 1 Abb.; Wiesbaden.
- THEWS, J.-D. (1972): Zur Typologie der Grundwasserbeschaffenheit im Taunus und Taunusvorland. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **63**, 42 S., 27 Abb., 7 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 8. 11. 1974

Gebäudeschäden in Basaltverwitterungslehm infolge Wasserentzug durch Bäume

Von

HELMUT PRINZ und JENS WESTRUP*

Mit 3 Abbildungen, 2 Tabellen und Tafel 18

Kurzfassung: An der 1954/55 erbauten Kirche in Gedern (Vogelsberg) sind ab 1971, verstärkt im Spätsommer 1973, Risseschäden aufgetreten, welche zur Einsturzgefahr für die Apsis führten. Sie werden auf Schrumpfsetzungen des tonigen Basaltverwitterungslehmes infolge Wasserentzug durch nahestehende Bäume in der anhaltend trockenen Witterung der Jahre 1971/73 zurückgeführt.

Abstract: The walls of the church at the village of Gedern (Vogelsberg) showed cracks which brought the apse of the church into danger to collapse. The church was built in 1954/55, first cracks were observed in 1971, increasing in size and number during the end of the summer in 1973. The damage done to the building is explained to be caused by the following processes: Large trees growing close by withdrew fixed groundwater from the clayey soil during the lasting dry wheater period in 1971/73. The withdrawal of groundwater caused compaction and subsidence of the soil.

Inhalt

1. Einleitung	349
2. Aufgetretene Gebäudeschäden	350
3. Untergrundverhältnisse	350
4. Bodenphysikalische Kennwerte	350
5. Schrumpfen von Tonböden durch Niederschlagsarmut oder Wasserentzug durch Bäume	351
6. Ursachen der Risseschäden	353
7. Schriftenverzeichnis	355

1. Einleitung

Gebäudeschäden durch witterungsbedingtes Schrumpfen von Tonböden sind in der deutschen Literatur aus den Tertiärgebieten von Hannover (KRABBE 1958) und

* Prof. Dr. H. PRINZ, Dr. J. WESTRUP, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 6200 Wiesbaden, Leberberg 9.

des nördlichen Mainzer Beckens (PRINZ 1972, 1974) hinlänglich bekannt. Dabei handelt es sich um Tone und Mergeltonen mit einem Tonanteil von 30–70%, i.M. 40–60%. Die Schrumpfgrenze „ w_s “, d.i. der Wassergehalt, unterhalb dem beim Schrumpfversuch praktisch keine Volumverminderung mehr eintritt (SCHULTZE & MUHS 1967, Abb. 414), liegt zwischen 3 und 23%. Das Schrumpfmaß „ V_s “, die maximal mögliche Volumabnahme bezogen auf das Anfangsvolumen, streut zwischen 8 und 18% (PRINZ 1974).

Im Herbst 1973 ist in Gedern (Vogelsberg) ein Fall von Schrumpfsetzungen in einem tonigen Basaltverwitterungslehm aufgetreten, über den nachfolgend berichtet wird.

2. Aufgetretene Gebäudeschäden

Die in den Jahren 1954/55 erbaute katholische Pfarrkirche zeigt seit 1971 an der Apsis Risses Schäden, welche im September 1973 bis zur Einsturzgefahr für diesen Bauwerksteil zugenommen haben (Taf. 18 Fig. 1, 2).

Die 6,8 m breite und 2 m tiefe an das Kirchenschiff östlich angrenzende Apsis ist von diesem abgerissen und nach Osten geneigt. Die Reißbreite erreicht mit zunehmender Höhe bis 10 cm. Von dem als Stahlbetonplatte ausgebildeten flachen mit dem Kirchenschiff fest verbundenen Dach ist die Apsis an nach Osten, zum Dach, ansteigenden Rissen abgeschert. Dagegen treten weitere mm-Risse in Apsisnähe am Kirchenschiff stark zurück. Sie sind alle zur Apsis geneigt und zeigen so die zunehmende Senkungstendenz in dieser Richtung an.

Zusätzlich war im Oktober 1973 an der Apsis-Stirnseite über der Horizontalisolierung aus Teerpappe ein klaffender Horizontalriß sichtbar.

3. Untergrundverhältnisse

Gedern liegt im südwestlichen Vogelsberg, rd. 330 m über NN.

Der Untergrund wird hier von vulkanischen Gesteinen aufgebaut, vorwiegend Basaltdecken mit eingeschalteten Tufflagen. Darüber liegt eine in der Mächtigkeit wechselnde lehmig-steinige Verwitterungsdecke.

Nach den Ergebnissen von 6 durchschnittlich 4 m tiefen Sondier- und Handbohrungen besteht der Baugrund aus wechselnd tonigem Basaltverwitterungslehm und -ton. Seine Beschaffenheit war im Oktober 1973 teils weich- bis steifplastisch, teils halbfest, wobei eine deutliche Zunahme der Konsistenz in Richtung auf den rd. 5 m östlich der Apsis stehenden Ahorn mit einem Stammdurchmesser von rd. 90 cm festzustellen war (Abb. 3). Anstehender Basalt wurde nur in einer Sondierbohrung ab 3,4 m unter Ansatzpunkt in stark angewittertem Zustand angetroffen.

4. Bodenphysikalische Kennwerte

Bei dem fast steinfreien Basaltverwitterungslehm bzw. -ton handelt es sich um einen schluffigen Ton bis z.T. tonigen Schluff mit Tongehalten von 19–57%, meist 30–50% (Abb. 1). Weitere Bodenkennwerte sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die verhältnismäßig niedrigen Raumgewichte sind für die Basaltverwitterungslehme

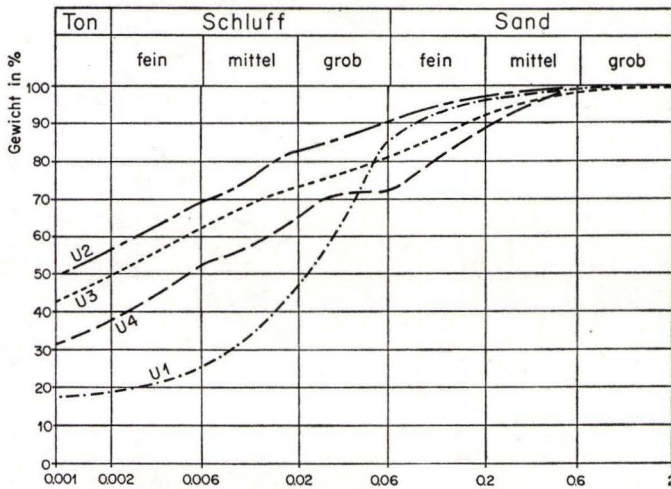


Abb. 1. Kornverteilungskurven.

Tab. 1. Bodenkennwerte

Bodenkennwert	Anzahl der Versuche	Streubereich	Mittelwert
Raumgewicht, erdfeucht γ_e (Mp/m ³)	4	1,58 - 1,75	1,65
Raumgewicht, trocken γ_t (Mp/m ³)	4	0,97 - 1,26	1,14
Fließgrenze w_L (%)	4	71,7 - 107,0	90,7
Ausrollgrenze w_P (%)	4	38,3 - 60,6	46,9
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$	4	32,8 - 60,9	43,8

normal. Die ermittelten Wassergehalte und das Schrumpfverhalten dieser Böden sind in Kap. 6 bzw. 5 diskutiert.

Im Hessischen Landesamt für Bodenforschung durchgeführte Röntgen-Beugungs-Analysen¹ zur qualitativen Ermittlung des Tonmineralgehaltes ergaben bei allen 4 Proben wenig Montmorillonit und bei einer Probe zusätzlich wenig Hämatit.

5. Schrumpfen von Tonböden durch Niederschlagsarmut oder Wasserentzug durch Bäume

Die bodenphysikalischen Kennwerte allein geben keinen direkten Anhalt über das Schrumpfverhalten der Böden in der Natur, da hierbei keine völlige Austrocknung

¹ Ausgeführt von Herrn Dipl.-Mineralogen Dr. G. HENTSCHEL.

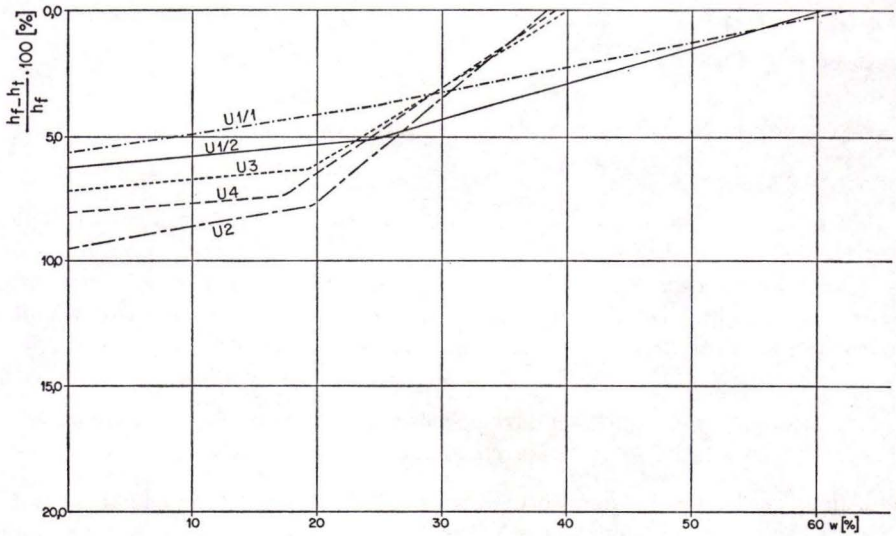
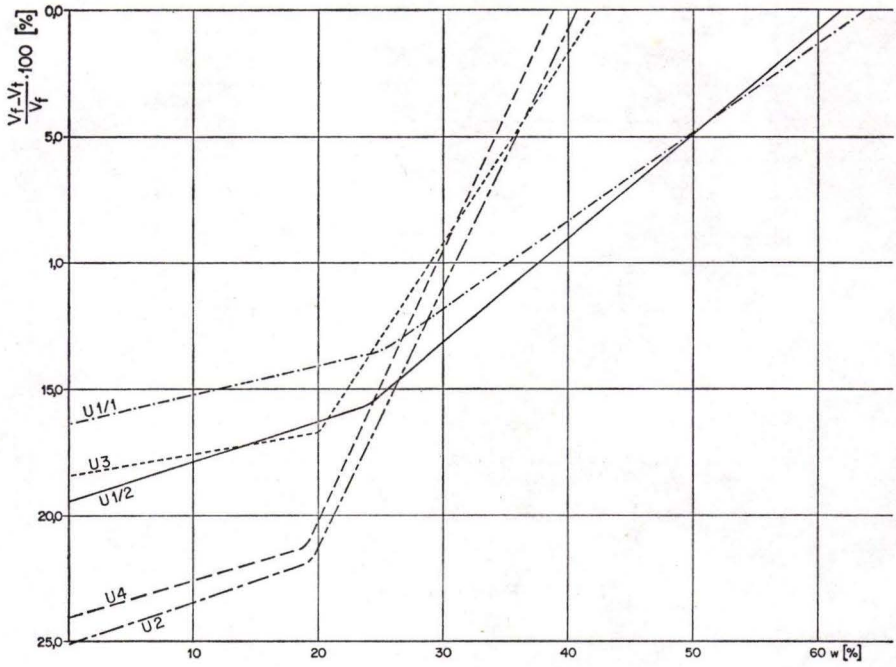


Abb. 2. Volumschrumpfung und lineare Schrumpfung.

bis zur Schrumpfgrenze eintritt. Entscheidend für das witterungsbedingte Schrumpfen der Böden in der Natur ist das lineare Schrumpfen und zwar die Neigung der Kurven zu Beginn des Versuchs, die eine Angabe der Schrumpfung bei einer bestimmten Wassergehaltsabnahme erlaubt. Für die Proben mit den höheren Tongehalten zeigen die Kurven des linearen Schrumpfens (Abb. 2) bei einer Wassergehaltsabnahme von 1% eine Schrumpfung von 0,3–0,4%, d. s. 3–4 mm pro Meter Schichtdicke.

Systematische Untersuchungen der durch Niederschlagsarmut bedingten Wassergehaltsschwankungen des Bodens sind vor allen Dingen aus der englischen Literatur bekannt. COOLING (1946) hat in den außerordentlich trockenen Jahren 1943–1946 die klimatisch bedingten Wassergehaltsschwankungen im Londoner Ton untersucht, der nach bodenmechanischen Kennwerten durchaus mit Tertiärtonen des Mainzer Beckens vergleichbar ist. Danach nimmt der Wassergehalt

in Geländeoberfläche bis über 10%	
in 0,80 m Tiefe	bis 5%
in 1,20 m Tiefe	bis 3%

ab. Erst in 1,6 m Tiefe klingt der Einfluß ab.

Während die unmittelbare Austrocknung des Bodens allein durch Niederschlagsarmut somit in der Tiefenwirkung begrenzt ist, können Bäume in Trockenperioden mit ihren Wurzeln dem Boden so viel Wasser entziehen, daß die Austrocknung und Schrumpfung in ihrem Einflußbereich weit über das durch reine Niederschlagsarmut bedingte Maß hinausgeht.

Bei Untersuchungen im „Rupelton“ von Offenbach (PRINZ 1974) wurden in unmittelbarer Nähe einer Platanengruppe in 2,5–3,5 m Tiefe noch Wassergehaltsabnahmen von 8–5% festgestellt. Die Austrocknung machte sich bis 6 m Tiefe bemerkbar. Noch 9 m von der Platanengruppe entfernt wurden in 3–5 m Tiefe Wassergehaltsabnahmen von 2–4% gemessen.

In der Literatur (KRABBE 1958: 332) wird der seitliche Einflußbereich von Bäumen je nach Baumgröße mit 12–15 m angegeben, die Tiefe der Einflußzone mit 4–7 m. PRINZ (1974) gibt für Baumgruppen eine Reichweite bis zu 20 m an.

Voraussetzung für das Auftreten von Schrumpfssetzungen ist, daß die Grundwasseroberfläche so tief steht, daß praktisch kein Kapillaraufstieg anzunehmen ist und der Wassergehalt in den tonigen Böden somit ganz aus Niederschlägen gespeist wird. Diese Bedingungen sind an der kath. Pfarrkirche in Gedern voll erfüllt, da aus dem liegenden Basalt kein kapillarer Wasseraufstieg anzunehmen ist.

6. Ursachen der Risseschäden

Die Kirche ist nach vorliegenden Unterlagen etwa 1,5 m tief auf Streifenfundamenten in Lehm gegründet.

Da die Risse erst mehr als 15 Jahre nach dem Bau auftraten, scheiden Konsolidationssetzungen unter der Gebäudelast als Ursache für die Schäden aus. Die Ursache der einseitigen Spätsetzungen ist in einer nachträglichen Veränderung des Baugrundes zu suchen.

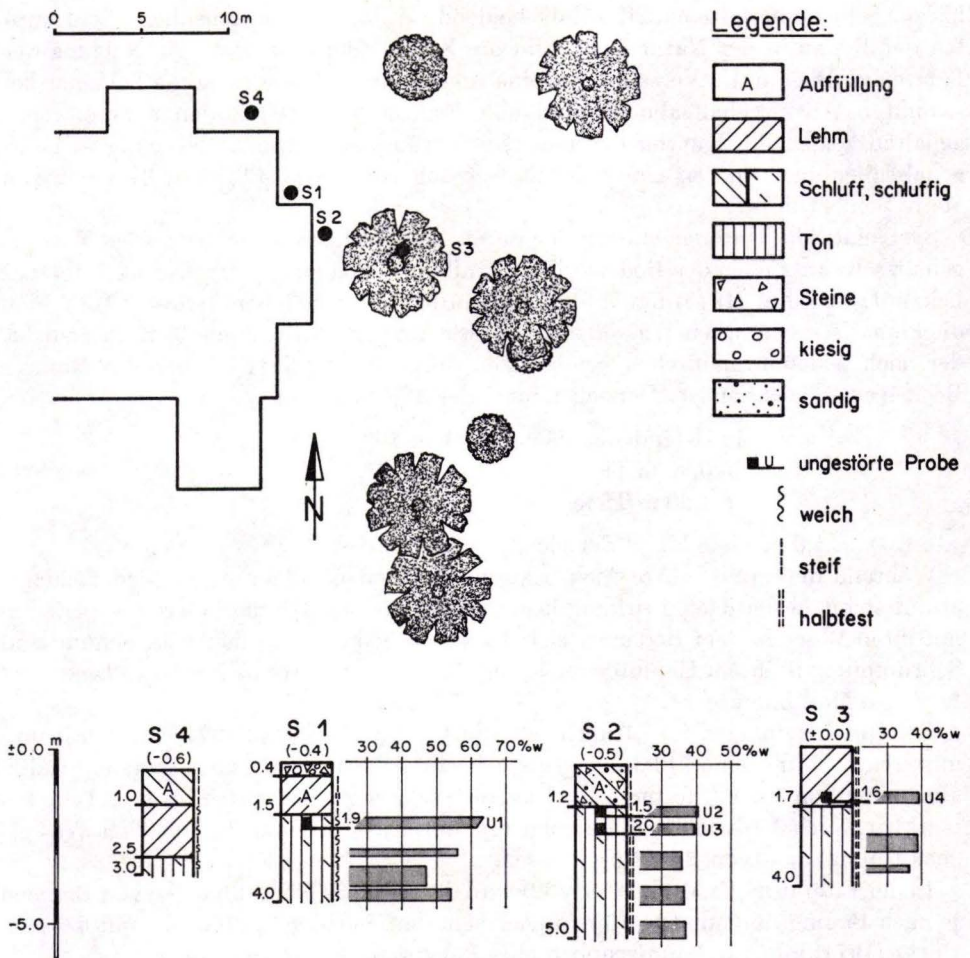


Abb. 3. Lageskizze und Untergrundprofile mit Angabe der ermittelten Wassergehalte.

Die Bohrungen 1 und 4 unmittelbar am Kirchenschiff (Abb. 3), das kaum Schäden aufweist, ergaben ab Gründungssohle einen weich- bis steifplastischen Basaltverwitterungslehm bzw. -ton mit Wassergehalten von 47,1–63,0%. Die Bohrung 2, vor der Apsis, zeigt dagegen ab Gründungssohle sehr steifen bis halbfesten Basaltverwitterungston, der deutlich niedrigere Wassergehalte von 36–40,7% aufweist. Ähnlich niedrige Wassergehalte zeigt die Bohrung 3 unmittelbar neben einem rd. 5 m von der Apsis entfernt stehenden Ahornbaum.

Die Setzungen sind fast ausschließlich an der Apsis aufgetreten, und zwar an deren Ostseite, wodurch der Apsisanbau nach außen wegzukippen droht (Taf. 18). Außerdem hat sich an der Stirnseite der Apsis über der Horizontalisolierung aus Teerpappe eine klaffende Horizontalfuge ausgebildet, d. h. der Boden hat sich hier ohne Gebäudeauflast gesetzt.

Tab. 2. Monatssummen des Niederschlags in mm und % des langjährigen Monatsmittels der Niederschlagsstation Gedern — aus: Monatlicher Witterungsbericht für Hessen, herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst, Wetteramt Frankfurt a.M.

	1971		1972		1973	
	mm	%	mm	%	mm	%
Januar	80,2	99	17,2	21	36,9	46
Februar	43,9	68	10,7	16	58,8	91
März	24,3	51	39,8	82	24,2	50
April	75,0	112	78,8	125	56,3	90
Mai	68,6	105	106,8	165	95,6	147
Juni	148,7	160	132,5	143	9,3	10 !
Juli	23,6	27 !	59,2	68	79,5	89
August	72,4	76	134,2	144	52,8	57 !
September	22,9	29 !	64,1	81	43,3	55 !
Oktober	20,6	26 !	45,8	58	108,8	138
November	97,1	118	88,4	108	67,3	82
Dezember	42,0	58	18,7	26	98,5	135

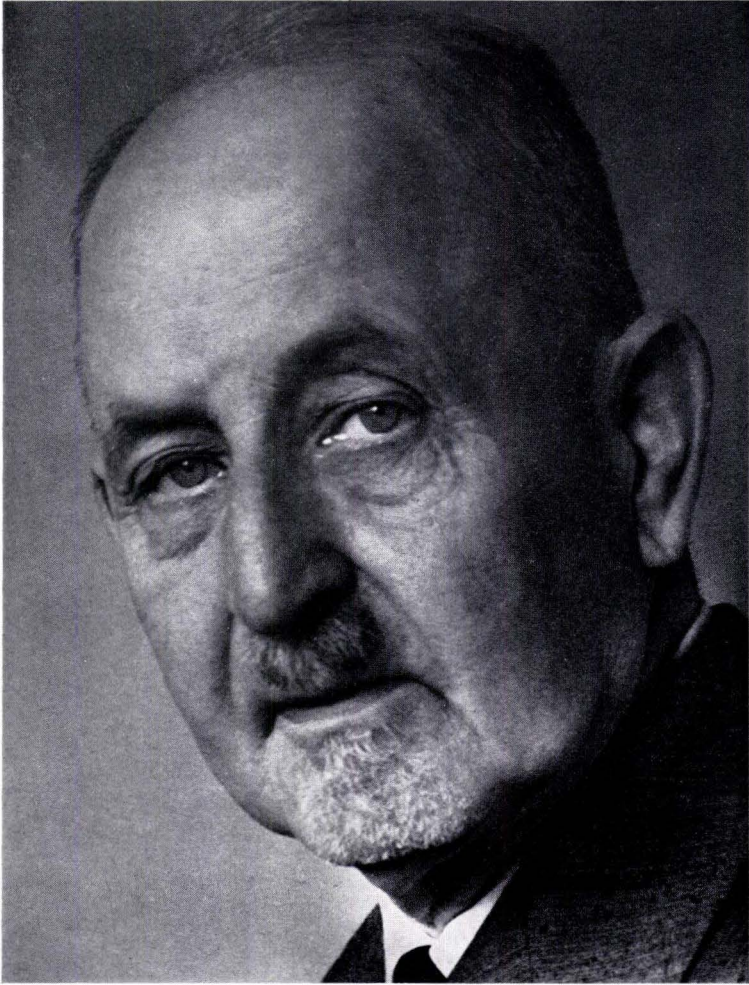
Derartige Rissebilder, Wegkippen von Wänden nach außen, klaffende Horizontalrisse, sind typisch für Schrumpfsetzungen (PRINZ 1974). Bei der anhaltend trockenen Witterung des Jahres 1973, in dem besonders während der Vegetationsperiode die Monatssummen des Niederschlages deutlich unter dem langjährigen Normalwert lagen (Tab. 2), wurde dem Lehm durch die Saugkraft der Baumwurzeln so viel Wasser entzogen, daß der Wassergehalt des Bodens teilweise um mehr als 10% abnahm. Die dadurch ausgelösten Schrumpfungen haben besonders die Außenwand der Apsis erfaßt, die sich dadurch passiv und ohne Auflast mehrere Zentimeter gesetzt hat. Mit Annäherung an das Kirchenschiff nimmt der Einfluß der Baumwurzeln rasch ab; die Bohrung 1 zeigt bereits normale Wassergehalte des Bodens an. In der Hauptsache dürften die Schäden auf den 5 m vor der Apsis stehenden Ahorn zurückzuführen sein. Eine teilweise Beeinflussung durch die übrigen, 10–12 m entfernten Bäume (Abb. 3) ist jedoch nicht ganz auszuschließen (PRINZ 1974).

7. Schriftenverzeichnis

- COOLING, L. F. (1946): Some Foundation Troubles with Small Houses. — J. Inst. San. Engng., 45, 327 S.; England.
- KRABBE, W. (1958): Über die Schrumpfung bindiger Böden. — Mitt. hannov. Vers.-Anst. Grund- u. Wasserbau, Franzius-Inst. TH Hannover, 13: 256–342, 33 Abb.; Hannover.

- PRINZ, H. (1972): Gebäudeschäden durch witterungsbedingte Austrocknung von Tonböden. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., 54: 57—59; Stuttgart.
- Gebäudeschäden in Tonböden infolge Austrocknung. — Vorträge der Baugrundtagung 1974 in Frankfurt a.M.-Höchst, DGEg; Essen (Im Druck).
- SCHULTZE, E. & MUHS, H. (1967): Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten. — Berlin/Heidelberg/New York (Springer).
- WARD, W. H. (1947): The Effect of Fast Growing Trees and Shrubs on Shallow Foundations. — J. Inst. Landscape Architects; England.

Manuskript eingegangen am 1. 10. 1974



Otto Bunte

OTTO BURRE †

Mit 1 Bild

Mit OTTO BURRE ist einer der Geologen, die die Tradition der Preußischen Geologischen Landesanstalt in das Hessische Landesamt für Bodenforschung trugen, am 7. März 1975, 87 Jahre alt, an seinem Wohnort Darmstadt dahingegangen.

Von ungewöhnlicher Gewissenhaftigkeit erfüllt, hatte er bereits 1956 einen Entwurf für seinen eigenen Nachruf geschrieben, den er wiederholt überprüfte, zuletzt 1972. Teile seines Textes werden im folgenden mit entsprechendem Hinweis wörtlich übernommen.

Bevor die biographischen Daten über OTTO BURRE gegeben werden, sei ein Satz seines langjährigen Mitarbeiters in Darmstadt, des Regierungs-Inspektors a. D. ERNST RUPPEL in dessen aus bewegtem Herzen verfaßten Nachruf zitiert: „Er hatte keine Feinde und war für jeden, der mit ihm zu tun bekam, stets nur hilfsbereit.“

WILHELM OTTO JOHANNES BURRE wurde am 15. 6. 1887 in Detmold im Fürstentum Lippe als Sohn des Seminar-Oberlehrers WILHELM BURRE und seiner Ehefrau LUISE BURRE, geb. RHENTUS, geboren. Von 1894 bis 1897 besuchte er die Vorschule, von 1897 bis zum Erlangen des Zeugnisses der Reife am 21. 3. 1906 das Gymnasium Leopoldinum in Detmold. Vom Sommersemester 1906 bis zum Sommersemester 1907 studierte er an der Universität Heidelberg Mathematik und Naturwissenschaften, dann ab Wintersemester 1907/08 an der Universität Berlin Geologie und Naturwissenschaften, wo er am 3. 11. 1910 mit seiner der Geologie gewidmeten Dissertation die mündliche Prüfung der Promotion zum Dr. phil. (Promotion 29. 7. 1911) ablegte. Das geologische Interesse war bei BURRE auf dem Gymnasium etwa seit 1904 durch O. WEERTH, in Heidelberg durch W. SALOMON und H. ROSENBUSCH geweckt worden. Die Inauguraldissertation hatte H. STILLE angeregt und geleitet, sie wurde von W. BRANCA angenommen. Die der Dissertation zugrundeliegende Kartierung im Teutoburger Wald hatte die Jahre 1909 und 1910 eingenommen. Für das Studium hatte er also nur 9 Semester benötigt. Vom 1. 10. 1910 bis 30. 9. 1912 war BURRE wissenschaftlicher Assistent am Mineralogisch-geologischen Institut der Technischen Hochschule Charlottenburg, wobei er sich als Vortragsassistent und Mitarbeiter in der geologisch-technischen Gesteinsprüfung unter J. HIRSCHWALD betätigte.

Anschließend, vom 1. 10. 1912 bis 30. 9. 1913, erfüllte BURRE seine Wehrpflicht als Einjährigfreiwilliger beim Gardefußartillerie-Regiment in Spandau. Am 15. 6. 1914 bestand er die Prüfung für das Höhere Lehramt. Kriegsdienst folgte im unmittelbaren Anschluß an eine Übung vom 3. 7. bis 2. 8. 1914 ab 3. 8. 1914 bis zum 26. 11. 1918. Er erreichte den Dienstgrad eines Leutnants, erhielt 1915 das EK II und das Lippische

KVK, 1917 das EK I und das Lippische KEK. Im Jahre 1918 wurde er als Wehrgeologe eingesetzt, wovon seine Veröffentlichung über das Devon im Gouvernement Pleskau zeugt.

BURRE trat am 1. 1. 1919 als Geologe auf Probe in die Preußische Geologische Landesanstalt ein, war im Februar und März 1919 Zeitfreiwilliger im Freicorps Lüttwitz, wurde am 1. 1. 1920 außerplanmäßiger Geologe, bestand am 11. 4. 1922 die II. Geologische Staatsprüfung, wurde am 1. 3. 1927 Bezirksgeologe, schließlich am 1. 3. 1933 Bezirksgeologe und Professor.

Der christischen Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß BURRE 1935 das Frontkämpferkreuz und 1938, nach 25jähriger Dienstzeit, das silberne Treudienstehrenzeichen erhielt. Mit der Preußischen Geologischen Landesanstalt wurde er am 1. 4. 1939 in die Reichsstelle (ab 12. 12. 1941 Reichsamtsamt) für Bodenforschung eingegliedert. Vom 21. 10. 1939 bis 23. 11. 1940 leistete er erneut Kriegsdienst in einer Wehrgeologen-Gruppe, ab Sommer 1940 als technischer Kriegsverwaltungsrat. Er wurde 1941 mit dem KVK II ausgezeichnet. Am 9. 12. 1941 wurde er zum Regierungsgeologen (damals einem Oberregierungsrat entsprechend) und Professor ernannt. Im gleichen Jahr erhielt er die Leitung einer Arbeitsstelle für die Gebiete Rheinpfalz, Saarland, Lothringen (und Luxemburg), die ihren Sitz in Saarbrücken haben sollte, jedoch wegen Überfüllung dieser Stadt in Metz eingerichtet wurde. Die Leitung des Reichsamtes für Bodenforschung verfolgte die Absicht, durch Einrichtung von Arbeitsstellen die geologische Arbeit objektnäher und effizienter zu gestalten. Infolge der Kriegsergebnisse mußte die Arbeitsstelle Metz im Oktober 1944 nach der „Ausweichstelle“ Fürth im Odenwald verlegt werden, wo BURRE, ohne im Kampf eingesetzt zu werden, bis zum März 1945 im Volkssturm Kompanieführer war. Nach der Besetzung durch amerikanische Truppen im März 1945 widmete sich BURRE bald der Wiedererrichtung des staatlichen geologischen Dienstes. Der Volksstaat Hessen (-Darmstadt) schuf als erstes Teilgebiet des am 16. 10. 1945 konstituierten Landes Großhessen ein geologisches Landesamt (Bekanntmachung im „Mitteilungsblatt für das Land Hessen“, 1, Nr. 9 vom 22. 10. 1945). Die „Deutsche Regierung des Landes Hessen“ in Darmstadt verfügte am 16. 11. 1945: „Prof. Dr. OTTO BURRE in Fürth/Odw. wurde mit Wirkung vom 27. 7. 1945 zum Leiter des Hessischen Geologischen Landesamtes und Bergamtes, das die Arbeiten der früheren Geologischen Landesanstalt bzw. der Zweigstelle Darmstadt des Reichsamtes für Bodenforschung und des Bergamtes Darmstadt fortzusetzen hat, bestellt. Bis zur Zusammenlegung aller Dienststellen in Darmstadt befindet sich die Dienststelle des Geologischen Landesamtes in Fürth/Odw., die des Bergamtes in Darmstadt nebst einer Außenstelle in Büdingen.“ Im Dezember 1945 wurde das Bergamt Darmstadt vom Geologischen Landesamt gelöst. Das Geologische Landesamt wurde am 1. 5. 1946 nach Darmstadt verlegt und am 29. 5. 1946 als Außenstelle in das in Errichtung befindliche Großhessische Landesamt für Bodenforschung Wiesbaden eingegliedert. Zunächst führte BURRE die Dienstbezeichnung „Oberlandesgeologe und Professor“, dann wieder ab 15. 3. 1948 „Regierungsgeologe und Professor“. In der Aufbauzeit hat BURRE unter größten physischen Leistungen sich nicht geschont. Es ist bekannt, daß er in der Zeit des Zusammenbruchs die Entgegennahme von Lebensmitteln, die nicht über die behördliche Zuteilung gelaufen waren, verweigerte. Im November 1947 wog der 174 cm große Mann noch 55 kg.

Seine Familie konnte BURRE erst im November 1948 nach Darmstadt holen. Er hatte am 6.9.1922 seine Frau ELLA, die Witwe des Berliner Kollegen FRITZ HERRMANN und die Schwester des Berliner Kollegen WILHELM KEGEL, aus Breitscheid/Dillkreis geheiratet. Zwei Töchter, ERIKA LINA MARTHA LUISE und GERDA MARGARETE, wurden dem in harmonischer Ehe lebenden Elternpaar geschenkt.

BURRE hat die Außenstelle Darmstadt, die bis 30.6.1954 bestand, zu einer leistungsfähigen Einrichtung ausgebaut. Vorübergehend halfen ihm die Geologen WEINHOLZ, PALLAT und O. SCHMITT, auf einer Arbeitsstelle in Friedelhausen bzw. Gießen E. SCHENK. Besonders ist der Wiederaufbau des Landesgrundwasserdienstes zu nennen. Über 13 Semester, vom 15.6.1947 bis 30.9.1953, führte er einen Lehrauftrag „Nutzbare Steine und Erden“ an der Technischen Hochschule Darmstadt aus. Seit 25.5.1949 war er Vertreter des Leiters des Landesamtes für Bodenforschung. Über die Altersgrenze hinaus blieb er 2 Jahre bis zum 30.6.1954 im aktiven Dienst. Er wurde zum „Freiwilligen Mitarbeiter“ ernannt und erhielt am 29.1.1955 das Verdienstkreuz (Steckkreuz) des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland. Am 30.1.1956 wurde seine Dienstbezeichnung in „Oberregierungsgeologe“ geändert. Vom 1.9. bis 31.10.1954, also zwei Monate, war er nochmals als Vertragsangestellter für einen zu einer Auslandstätigkeit beurlaubten Kollegen eingesprungen.

Bis etwa zum 80. Lebensjahr war BURRE beruflich tätig. Vor allem schätzten große Grundwasserwerke im südmainischen Hessen seinen Rat. In den letzten Jahren war BURRE etwas behindert, treu von seiner Frau bis zum Tode versorgt. Nach einem Tag Krankenlager verstarb BURRE an Herzversagen. Am 12.3.1975 wurde er auf dem Eberstädter Friedhof beerdigt.

Die folgenden Ausführungen über den fachlichen Werdegang stammen aus der Feder von BURRE:

1919 wurde die Probekartierung bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt unter der Leitung von E. NAUMANN im Bereich des Meßtischblattes Hameln am Süntel durchgeführt. Von dem anschließend zugewiesenen Arbeitsgebiete im nordöstlichen Vorlande des Osnings und in der Herforder Liasmulde wurde 1919–1920 das Gelände der Meßtischblätter Bielefeld (gemeinsam mit A. MESTWERDT) und Herford-West geologisch aufgenommen und erläutert. In besonderen Arbeiten sind die hier durchziehende Piesberg-Pyrmonter Achse STILLES und als Endmoränen gedeutete eigenartige Kies- und Sandablagerungen bei Herford und Bünde i.W. behandelt worden.

In den Jahren 1922–1933 wurde im westlichen Westerwald das Gebiet der Meßtischblätter Asbach, Altenkirchen (zusammen mit H. QUIRING), Waldbreitbach und das Blatt Honnef-Königswinter (gemeinsam mit G. BERG und P. PFEFFER) kartiert. Die ausgedruckten Erläuterungen der drei zuerst genannten Blätter sind durch den Krieg verlorengegangen. Von den zahlreichen Veröffentlichungen über dieses Gebiet behandelt nur eine die Ausbildung der Siegener Schichten auf einem eng begrenzten Raume, während die übrigen Arbeiten das Tertiär und das Quartär betreffen. Einige sind vorwiegend dem Vulkanismus gewidmet (Anordnung der Basaltdurchbrüche in meistens SE–NW verlaufenden Linien; gemeinsam mit A. HOFFMANN), regionale Verbreitung der Trachyte, Andesite und Basalte im Siebengebirge und seiner Umrandung, Einwirkung des Eruptionsmechanismus auf die prätrachytische Oberfläche

am Südrande der Niederrheinischen Bucht, wobei auch auf die Beziehungen zum tektonischen Aufbau des paläozoischen Sockels des Gebirges hingewiesen wird. Die gemeinsam mit W. AHRENS verfaßte Arbeit über den „Bertenauer Vulkan“ betrifft eine eigenartige Gruppe von Basaltvorkommen bei Neustadt (Wied) und die Stellung ihrer Basalte. In der Veröffentlichung über das Tertiär am Minderberge werden neben allgemeinen Fragen auch solche des Vulkanismus angeschnitten. Die Abhandlung über das Oligozän und die Quarzitlagerstätten unmittelbar östlich des Siebengebirges (mit Beiträgen von E. ZIMMERMANN) gibt einen Überblick über die einzelnen Vorkommen, eine Deutung ihrer Entstehung aus feinen Sanden durch eingewanderte Kieselsäure aus vulkanischen Tuffen und bringt Hinweise für die Aufsuchung von Quarzitlagerstätten. — Von den drei Arbeiten über das Quartär enthalten zwei Ergänzungen und Berichtigungen zur Kenntnis der Terrassen des Rheins. In der Abhandlung über die Terrassen der Wied wird gezeigt, daß das Terrassensystem dieses Flusses dem des Rheins entspricht. Aus örtlichen, sprungartigen Änderungen der Höhenlage der Terrassenreste einerseits und der gleichbleibenden Höhe auf lange Erstreckung andererseits werden Schlüsse auf quartäre Schichtenverschiebungen und die Schrägstellung von Schollen gezogen.

1934 wurden Übersichtsaufnahmen im Bereich der Blätter Weimar und Erfurt für eine Strukturkarte zur Untersuchung von Erdöllagerstätten in Thüringen ausgeführt. 1936/38 folgten solche Arbeiten am Südrande der Münsterschen Bucht für das geologische Blatt Detmold 1: 200000 (Meßtischblätter: Mastholte, Delbrück, Paderborn, Lippstadt, Gesecke, Effeln, Büren). — Mit einer geologischen Spezialaufnahme im Bereich des Meßtischblattes Warburg i. W. wurde im Jahre 1937 die eigentliche Kartiertätigkeit beendet. — Einige Übersichtsaufnahmen im Bereich der rechtsrheinischen Teile der Blätter Gernsheim und Worms des Landes Hessen dienen zur Vorbereitung von Aufgaben der angewandten Geologie.

Die durch die Tätigkeit als Assistent an der Technischen Hochschule in Charlottenburg angeregte und durch Beschäftigung mit der Untersuchung und Beurteilung nutzbarer Gesteine im Rahmen der Aufgaben in der Preußischen Geologischen Landesanstalt weiter geförderte Betätigung auf diesem Gebiete hat zu umfangreichen Arbeiten dieser Art geführt. Ihren stärksten Niederschlag haben sie in dem gemeinsam mit W. DIENEMANN, W. AHRENS und F. MICHELS herausgegebenem Werke „Die nutzbaren Gesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten“ gefunden (Enke, Stuttgart 1928/29). Textlich ein Auszug daraus, aber durch die Übersichtskarten der Verbreitung der verschiedenen Gesteinsgruppen erweitert, ist die gemeinsam mit W. DIENEMANN verfaßte Abhandlung „Vorkommen und Verbreitung technisch verwendbarer Gesteine, Tone und Sande in Deutschland“. Ähnlich ist es mit dem Aufsatz über die Straßenbaugesteine, der als Grundlage für einen Vortrag auf der Steintagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1935 in Darmstadt diente. Die langjährige Mitarbeit im DIN-Ausschuß „Prüfung natürlicher Gesteine“, in der Gruppe Steinstraßen der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, und schließlich die Verwaltung des Referates Steine und Erden und der Technischen Gesteinssammlung im Reichsam für Bodenforschung brachten die Abfassung einer Reihe weiterer Veröffentlichungen und einer Anzahl von Gutachten über die Prüfung, Bewertung und Verwendbarkeit natürlicher Gesteine mit sich.

Etwa bis zum Jahre 1938 beschränkte sich die Beschäftigung mit hydrogeologischen Fragen und Aufgaben auf einige kleinere und größere Gutachten über Wasserversorgungen und damit zusammenhängende Fragen. Bei den Arbeiten am Westwall und während der Tätigkeit als Wehrgeologe im II. Weltkriege stand die geologische Beratung von Wasserversorgungen stark im Vordergrund. Noch viel mehr war das der Fall nach Einrichtung der Arbeitsstelle Metz, von der das Gebiet der Rheinpfalz, des Saarlandes und Lothringens betreut wurde. Ein kurzer Überblick über die bei den zuletzt genannten Arbeiten gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse ist in den Veröffentlichungen über die hydrogeologischen Grundlagen der Wasserversorgungen in der damaligen „Westmark“ enthalten.

Eine weitere Steigerung der Arbeiten auf dem Gebiete der Hydrogeologie erfolgte im Bereich der Außenstelle Darmstadt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung in den Jahren 1945—1954, wobei zu der geologischen Beratung für die Neuanlage und die Erweiterung von Wasserwerken öfter auch eine solche über die Beurteilung von Streitfragen über einander entgegengesetzte Interessen der Wasserversorgung der Großstädte und der Belange der Landwirtschaft hinzukam. Viel Arbeit erforderte hier auch die Wiederherstellung und Erweiterung des von der vormaligen Hessischen Geologischen Landesanstalt eingerichteten Grundwasserbeobachtungsdienstes, der durch den II. Weltkrieg sehr stark in Mitleidenschaft gezogen war. Der weitgehende Ausbau des Landesgrundwasserdienstes ist aus den Veröffentlichungen darüber im Notizblatt ersichtlich. Für wissenschaftliche Arbeiten blieb bei der stark gesteigerten Tätigkeit auf dem Gebiete der angewandten Geologie kaum noch Zeit übrig. Den beiden in den letzten Jahren der amtlichen Tätigkeit verfaßten derartigen Aufsätzen über die Heilwässer von Bad König im Odenwalde, deren Eisen- und Mangangehalt auf Reste von Zechsteinablagerungen auf den benachbarten Höhen zurückgeführt wird, und über die Ursachen der Grundwasserentwicklung im nordwestlichen Teile des Kreises Groß-Gerau (Mainspitze) in den Abflußjahren 1927—1950 liegen amtliche Gutachten bzw. Berichte zu Grunde. In dieser zuletzt genannten Arbeit werden die Wirkungen der für die Grundwasserentwicklung maßgebenden Faktoren: Oberflächenformen, geologische und hydrogeologische Verhältnisse, Niederschläge, Wasserstände der Vorfluter Rhein und Main sowie die Wasserentnahme aus dem Untergrunde durch die Wasserwerke dargelegt und gegeneinander abgewogen. Der übrige, wesentlich größere Teil der schriftlichen Äußerungen über die jahrelang dauernde Tätigkeit liegt in Form von Gutachten und Berichten in den Archiven.

Die beratende Tätigkeit auf dem Gebiete der Hydrogeologie und der Beurteilung nutzbarer Gesteine und ihrer Lagerstätten wurde nach der Versetzung in den Ruhestand 1954 teils als freiwilliger Mitarbeiter des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, teils freiberuflich im Rhein-Maingebiet fortgesetzt. — In dieser Zeit ist in einer Abhandlung „Untersuchungen über die Berechnungen der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels“ versucht worden, die bisher übliche Methode, die Wasserzugänge zum Grundwasser aus dem Niederschlag einerseits und der Verdunstung und dem oberirdischen Abfluß andererseits zu berechnen, durch ein neues Verfahren zu ersetzen. In diesem Verfahren wird die Grundwasserneubildung nicht aus dem Rest anderer Bestimmungen, sondern unmittelbar aus dem Steigen des Grundwasserspiegels abge-

leitet. Vorbedingungen für diese Verfahren sind eine genaue Kenntnis des nutzbaren Hohlraumgehaltes des Wasserleiters auf Grund bodenphysikalischer Untersuchungen und ein dichtes Netz von Grundwasserbeobachtungsstellen, deren Spiegelgänge weder durch die Wassergewinnung großer Wasserwerke noch durch Schwankungen der Wasserstände der Vorfluter beeinflußt werden. An Hand der Spiegelbewegungen in 22 Meßstellen im nordwestlichsten Teile der Oberrheinischen Tiefebene wird dargelegt, daß die durch dieses Verfahren ermittelten Wasserzugänge zum Grundwasser meistens erheblich höhere Werte ergeben, als sie nach der alten Methode gewonnen werden. Dabei hat sich auch ergeben, daß die Grundwasserneubildung im landwirtschaftlich genutzten Feldgebiet beträchtlich über derjenigen in großen Waldungen liegt.

Beträchtlicheren Umfang erreichten die Aufgaben der Baugrundgeologie in den Jahren 1935—1937 bei den Arbeiten für die Reichsautobahn in der Provinz Sachsen und in Thüringen, wobei vor allem im Anfang nur nach geologischen Gesichtspunkten gearbeitet und erst im Laufe der weiteren Einarbeitung auch die Bodenmechanik mehr und mehr berücksichtigt wurde, ohne daß es jedoch auf diesem Sondergebiet zu einer eigenen Betätigung gekommen ist.

Die Beschäftigung mit Lagerstätten von Eisenerzen, Braunkohlen und Mineralien und mit anderen Aufgaben der angewandten Geologie beschränkte sich auf einige Sonderaufträge, wie sie im Rahmen der Tätigkeit in einer geologischen Landesanstalt oder bei der Wehrgeologie allenthalben anfallen.

Der Aufbau und die Leitung der im Rahmen der Dezentralisation des Reichsamtes für Bodenforschung 1941 für die sog. Westmark in Metz eingerichteten Arbeitsstelle erforderte bis zu ihrer Auflösung durch die Kriegereignisse im Jahre 1944 viel Verwaltungsarbeit. Eine ähnliche Aufgabe war 1945 die Wiedererrichtung einer neuen geologischen Landesanstalt im Bereich des früheren Volksstaates Hessen in Darmstadt, wobei zeitweise gleichzeitig die Obere und die Untere Bergbehörde mitverwaltet werden mußten. Mit der 1946 erfolgten Eingliederung dieser Anstalt in das Hessische Landesamt für Bodenforschung, an dessen Aufbau und Ausbau zusammen mit F. MICHELS und H. UDLUFT tatkräftig mitgewirkt wurde, verblieb in Darmstadt nur die Verwaltung der Außenstelle Darmstadt bis zu deren Auflösung im Jahre 1954. Dazu kam nach dem Ausscheiden von B. DAMMER die ständige Vertretung des Amtseleiters.

In den Jahren 1963—1965 wurden für das von H. UDLUFT hinterlassene Werk über die Preußische Geologische Landesanstalt der Abschnitt über die Arbeiten auf dem Gebiete der Hydrogeologie und zusammen mit W. DIENEMANN derjenige über nutzbare Steine, Erden und Mineralien verfaßt, wozu dann 1967 noch ein solcher über die Arbeiten im Montan- und Bohrarchiv kam.

Der kurz hintereinander erfolgte und unerwartete Tod der dem Verfasser eng befreundeten Arbeitskameraden WILHELM DIENEMANN und HANS UDLUFT Ende März 1966, mit denen er 46 bzw. 40 Jahre auf vielen Gebieten der Geologie teils neben-, teils miteinander in denselben Behörden und Dienststellen zusammen gearbeitet hatte, waren für den Verfasser harte Schläge, deren Schmerz nur dadurch etwas gelindert wurde, daß es ihm vergönnt war, an den zusammen mit A. GRAUPNER und F. NÖRING verfaßten Nachrufen mitzuwirken und dazu beizutragen, beiden Forschern

ein ehrendes Andenken zu schaffen, das ihren großen wissenschaftlichen Leistungen entspricht.

Daran schloß sich in den Jahren 1966—1968 in Einverständnis mit Frau INGE UDLUFT und mit Zustimmung sowie Mitwirkung der noch lebenden Mitarbeiter die treuhänderische Verwaltung des von H. UDLUFT hinterlassenen Werkes „Die Preußische Geologische Landesanstalt 1873—1939“, dessen Drucklegung nach dem Beschluß der Direktorenkonferenz der Deutschen Landesämter für Bodenforschung im Jahre 1968 erfolgen sollte. Die dadurch bedingten zahlreichen, meistens schriftlich durchgeführten Erörterungen über Abfassung, Inhalt und Umfang verschiedener Kapitel führten schließlich durch das gegenseitige Entgegenkommen der Redaktion des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung unter Leitung von Geologierat Dr. PFEIFFER und der betreffenden Bearbeiter zu einer für die Beteiligten tragbaren Fassung des Textes. Somit wurde das Werk „Die Preußische Geologische Landesanstalt 1873—1939“ durch die Bundesanstalt für Bodenforschung und die Geologischen Landesämter der Bundesrepublik Deutschland am Schluß des Jahres 1968 als Heft 78 der Beihefte zum Geologischen Jahrbuch herausgegeben.

Überblickt man rückschauend die vorstehend geschilderte Tätigkeit auf dem Gebiete der Geologie und ihrer vielfachen praktischen Anwendung, die von den ersten Anfängen etwa 1904 über die Versetzung in den Ruhestand im Jahre 1954 hinaus bis in das Jahr 1969, also mehr als 60 Jahre gedauert hat, so erhebt sich die Frage: Welchen allgemeinen Nutzen hat sie gebracht? Und vor allem: Welche bleibenden Werte sind dabei gewonnen worden? Schon zu Lebzeiten des Verfassers hat die Selbsterkenntnis gezeigt, daß sowohl in den Veröffentlichungen wie in den nur schriftlich niedergelegten Bearbeitungen von Aufgaben der wissenschaftlichen und der angewandten Geologie allerlei Irrtümer und Fehler enthalten sind. Darauf haben einerseits auch Fachgenossen hingewiesen, und andererseits sich Mißerfolge, teils sofort, teils im Laufe der Zeit, herausgestellt. Es ist auch mit einiger Sicherheit zu erwarten, daß mit fortschreitender wissenschaftlicher Erkenntnis in der Geologie auch manches andere, was heute noch als zutreffend angesehen werden kann, in Zukunft als überholt gelten wird. Ob die Beurteilungen und Vorhersagen, wie sie in fast allen Gutachten, besonders in den hydrogeologischen, angegeben sind, trotz manchen Augenblickserfolgen auf die Dauer als richtig und nutzbringend anzuerkennen sind, kann nur die Zukunft erweisen. Wenn wirklich etwas Bestand haben wird, so sind das vielleicht einige geologische Feststellungen, wobei aber zu bedenken ist, daß die Grenze zwischen Feststellung und Deutung mit Sicherheit nur sehr schwer zu ziehen ist.

Somit gilt auch für diese Lebensarbeit das Goethe-Wort: Es irrt der Mensch, so lang er strebt!

Auch das folgende Verzeichnis der Veröffentlichungen stammt von BURRE.

Veröffentlichungen von OTTO BURRE

BURRE, O.: Der Teutoburger Wald (Osning) zwischen Bielefeld und Örlinghausen. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1911, 32, Tl. I: 306—343, Taf. 12; Berlin 1911. — [Inaugural-Dissertation, Berlin 1911].

- BURRE, O.: Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der geologischen Aufnahmen auf Blatt Hameln im Jahre 1919. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1919, 40, Tl. II: LII—LX; Berlin 1922.
- Über einige Aufschlüsse im Devon des Gouvernements Pleskau. — Z. deutsch. geol. Ges., 72, B. Mbr. (8—10): 294—303; Berlin 1920.
 - Ein Vorkommen von Ockererde im Rät am Nordrande der Herforder Liasmulde. — Jber. niedersächs. geol. Ver., 13: 42—44; Hannover 1920.
 - Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der geologischen Aufnahmen auf den Blättern Bielefeld und Herford-West in den Jahren 1919 und 1920. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1920, 41, Tl. II: LIII—LXV; Berlin 1922.
 - Die Piesberg-Pyrmonter Achse in der Gegend südlich von Bünde i. Westf. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1921, 42: 533—542, 4 Abb.; Berlin 1923.
 - Deutscher Marmor. — Zbl. Bauverwalt., 42: 181—183; Berlin 1922.
 - Ein Endmoränenbogen bei Herford und Bünde i. W. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1923, 44: 306—311, 1 Abb.; Berlin 1924.
 - Zur Geologie der Gegend von Oberlahr und Peterslahr im Westerwalde. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1924, 45: 356—366, 2 Abb.; Berlin 1925.
 - Über die Eignung von Gesteinen zu Talsperrenbauten. — Z. prakt. Geol., 33 (8): 125—133, 1 Abb.; Halle 1925. — [Auszug daraus: Steinbruch, S. 274—275, Berlin 1926].
 - Die wichtigsten an Berliner Bauten in der Außenarchitektur verwandten natürlichen Gesteine nach Art und Herkunft. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1926, 47: 116—159, 1 Taf.; Berlin 1926. — [Auszug daraus: Über Art, Herkunft und Lagerungsverhältnisse der wichtigsten in Berlin verwandten natürlichen Bausteine. — Steinbruch, 22: 23—25, 42—44, 58—60, 1 Abb.; Berlin 1927].
 - Geol. Kt. Preußen u. benachb. deutsch. Länder, Lfg. 256, Bl. Herford-West, mit Erläuterungen; Berlin 1926.
- MESTWERDT, A., & BURRE, O.: ebenda Bl. Bielefeld; Berlin 1926.
- BURRE, O.: Eine Verbesserung am Geologenkompaß. — Z. prakt. Geol., 34: 169—170, 4 Abb.; Halle 1926.
- NAUMANN, E., & BURRE, O.: Geol. Kt. Preußen und benachb. deutsch. Länder, Lfg. 251, Bl. Hameln, mit Erläuterungen; Berlin 1927.
- BURRE, O.: Die Ältteste Diluvialterrasse des Rheins bei Hönningen. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1928, 49, Tl. I: 320—326, 2 Abb.; Berlin 1928.
- Die Bedeutung der geologischen Karten für den Bauingenieur. — Zbl. Bauverwaltung., 48 (28): 453—455, 4 Abb.; Berlin 1928.
 - Die geologische Karte und der Bauingenieur. — Flugblatt der preuß. geol. L.-Anst., 4 Abb.; Berlin [o. J.].
 - & HOFFMANN, A.: Basaltlinien im nördlichen Mittelrheingebiete. — Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1928, 49, Tl. II: 1204—1219, Taf. 76; Berlin 1929.
- DIENEMANN, W., & BURRE, O.: Die nutzbaren Gesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten mit Ausnahme der Kohlen und Salze. Bd. I. Kaolin, Ton, Sand, Kies, Wiesen- kalk, Kieselgur. — 418 S., 53 Abb., 38 Tab.; Stuttgart (Enke) 1928.
- Bd. II. Bearbeitet von AHRENS, W., BURRE, O., DIENEMANN, W., & MICHELS, F.: Feste Gesteine. — 486 S., 45 Abb., 20 Tab.; Stuttgart (Enke) 1929.
- BURRE, O.: Bericht über die Exkursionen in den Teutoburger Wald am 14. und 15. April 1928 gelegentlich der Tagung in Bielefeld. — Ber. Niederrhein. geol. Ver., 1927/28: 1—4; Bonn 1929.
- Die geologische Geschichte des mittleren Wiedtalgebietes. — In: HOFFMANN: Land an der Wied, S. 135—147; Neuwied 1930.
 - Die bautechnisch wichtigen Eigenschaften der Gesteine und Methoden ihrer Feststellung. — Sitz.-Ber. preuß. geol. L.-Anst., 5: 113—137, 2 Abb., 1 Tab.; Berlin 1930.
 - Das Oberoligozän und die Quarzitlagerstätten unmittelbar östlich des Siebengebirges. Mit Beiträgen von E. ZIMMERMANN. — Arch. Lagerst.-Forsch., 47, 2 Abb., 4 Taf.; Berlin 1930.

- BURRE, O., & DIENEMANN, W.: Vorkommen und Verbreitung technisch verwendbarer Gesteine, Tone und Sande in Deutschland. — *Steinindustrie*, **26**: 141—142, 318—319, 330—332, 339—340, 346—348; Berlin 1931; **27**: 6—8, 19—20, 33—34, 53—54, 65—66, 85—86, 97—98, 113—115, 154—156, 172—173; Berlin 1932; **28**: H. 7/8; Berlin 1933. — [Als Sonderheft, 28 S., 15 Kt.; Berlin (Union Deutsche Verlagsges.) 1933.]
- Beiträge zur Kenntnis des Quartärs im Rheintal in Höhe des Siebengebirges. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1932*, **53**: 247—260, Taf. 19; Berlin 1933.
- Die prätrachytische Oberflächengestaltung am Südrande der Niederrheinischen Bucht und ihre Veränderungen durch Eruptionsmechanismus und jüngere Schichtenverschiebungen. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1932*, **53**: 324—338, 701 [Nachtrag], Taf. 20; Berlin 1933.
- AHRENS, W., & BURRE, O.: Der sog. „Bertenauer Vulkan“ im Westerwalde und die petrographische Stellung seiner Basalte. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1932*, **53**: 777—804, 10 Abb.; Berlin 1933.
- BURRE, O.: Das Tertiär am Minderberge (Grube Stöbchen). — *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1932*, **53**: 891—906, 2 Abb.; Berlin 1933.
- Zur Frage eines „Normengesteins“. — *Steinindustrie*, **28** (3/4): 19—22; Berlin 1933.
- Die quartären Terrassen der Wied. — *Jb. preuß. geol. L.-Anst. f. 1933*, **54**: 96—138, 2 Abb., Taf. 6—7; Berlin 1934.
- Über den tertiären Vulkanismus in der Umrandung des Siebengebirges. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **86**: 100—110, 1 Taf.; Berlin 1934.
- DEUBEL, F., DIETZ, C., NAUMANN, E., RICHTER, G., & SCHRÖDER, E.: Geologische Strukturkarte der Thüringer Mulde 1:100000. — Berlin 1934.
- Die natürlichen Straßenbaugesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **87**: 386—391, 1 Taf.; Berlin 1935. [Abdruck: *Straßenbau*, **37**, 37—46, 1 Abb.; Halle-Saale 1936].
- & BERG, G.: *Geol. Kt. Preußen und benachb. deutsch. Länder*, Lfg. **346**, Bl. Honnef-Königswinter, mit Erläuterungen; Berlin 1939.
- Geologische Karte des Deutschen Reiches. — Blätter Asbach u. Waldbreitbach, Bl. Altenkirchen gemeinsam mit H. QUIRING. — [Die verfaßten Gesamterläuterungen sind angeblich durch den Krieg zerstört worden.] Berlin 1940.
- Über die hydrogeologischen Verhältnisse der Wasserversorgung in der Westmark. — *Abh. Reichsamt Bodenforsch., N.F.* **209**: 79—93, 1 Abb., 1 Taf.; Berlin 1944.
- NEUMANN, H., & SCHENK, E.: Grundwasserbeobachtungen im Regierungsbezirk Darmstadt des Landes Hessen in den Abflußjahren 1938—1948. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **1**: 295—320, Taf. 8—11, 5 Tab.; Wiesbaden 1950.
- GIES, J., HAMEL, A., MALTEN, E., NEUMANN, H., RICKES, F., RUPPEL, E. & THIEL, P.: Grundwasserbeobachtungen im Lande Hessen in den Abflußjahren 1939—1948. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **2**: 204—242, 2 Tab., 3 Verz., Taf. 15—21; Wiesbaden 1951.
- Über die Herkunft des Mineralgehaltes der Heilwässer von Bad König im Odenwald. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **2**: 47—66, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden 1951.
- Der Landesgrundwasserdienst in Hessen in den Abflußjahren 1949—1951. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **3**: 396—449, 1 Tab., Taf. 23—24; Wiesbaden 1952.
- Die Ursachen der Grundwasserentwicklung im nordwestlichen Teile des Kreises Groß-Gerau in Hessen (Mainspitze) in den Jahren 1927—1950. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, (VI) **3**, S. 199—250, 3 Abb., 7 Tab., Taf. 19—20; Wiesbaden 1952.
- Der Landesgrundwasserdienst in Hessen in den Abflußjahren 1951 und 1952. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **81**: 412—445, 2 Tab., Taf. 18; Wiesbaden 1953.
- Der Hessische Landesgrundwasserdienst und Quellmeßdienst in den Abflußjahren 1952 und 1953. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **82**: 371—400, 2 Verz., 3 Tab.; Wiesbaden 1954.
- Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **30**, 68 S., 1 Abb., 8 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden 1960.

- BURRE, O., & GRAUPNER, A.: Nachruf auf W. DIENEMANN. — Geol. Jb., 84: XLV—LIV, 1 Bildnis; Hannover 1967.
- & NÖRING, F.: Nachruf auf H. UDLUFT. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 95: 249—264, 1 Bild; Wiesbaden 1967.
- In: UDLUFT, H. unter Mitarbeit von BÜLOW, K. v., BURRE, O., DIENEMANN, W., GÖRZ, G., HESEMANN, J., KUTSCHER, F., PFEFFER, P., POTONIÉ, R., REICH, H., SCHINDEWOLF, O. H., SCHOTT, W., SCHRÖDER, E., & STAESCHE, K.: Die Preußische Geologische Landesanstalt 1873—1939. — Beih. geol. Jb., 78, 170 S., 2 Tab., 3 Taf.; Hannover 1968: Die Arbeiten auf dem Gebiet der Steine, Erden und Mineralien. — ebenda, S. 102—107. — Die Arbeiten auf dem Gebiet der Hydrogeologie. — ebenda, S. 107—114. — Das Montan- und Bohrarchiv, — ebenda, S. 123—127.

FRIEDRICH NÖRING

Hessisches Geologisches Schrifttum 1974

mit Nachträgen aus den Jahren 1957—1973

Bearbeitet von

ANNELIES HERZBERG*

Nachtrag aus dem Jahre 1957

LEPPER, C.: Lampertheimer Heimatbuch. 458 S., 180 Abb., München (Porta-Verl.) 1957.

Nachtrag aus dem Jahre 1968

ROHDENBURG, H.: Eiskeilhorizonte in südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. — Göttinger bodenk. Ber., 2, S. 137—170, 20 Abb., 1 Kte., Göttingen 1968.

Nachtrag aus dem Jahre 1969

ALTMANNBERGER, K. P.: Eigenschaften und Genese von Tschernosemen in der nördlichen Wetterau. Diss., Gießen 1969.

HOFMANN, W.: Wasserwegsamkeit und Grundwasserregeneration in den Schichten des Hunsrückschiefers und des Unterems in und westlich der Idsteiner Senke. Diss., Mainz 1969.

KARCH, K. H.: Grundwasserveränderungen und ihre Auswirkungen auf die Auwälder an oberrheinischen Altwässern. Dargestellt am Beispiel des Biedensandes. Diss., Mainz 1969.

Nachtrag aus dem Jahre 1970

BUSSCHE v. D.: Rheinchronik 1969. — Beitr. Rheink., 22, S. 23—28, Koblenz 1970.

EBRAHIMI-ARDJOMAD, S.: Bodenversalzungen durch einige Mineralquellen der Wetterau. Diss., Gießen 1970.

ECKOLDT, M.: Johann Gottfried Tulla — Zu seinem 200. Geburtstag. — Beitr. Rheink., 22, S. 19—22, Koblenz 1970.

GERMANS, W.: Die Wirksamkeit industrieller Abwasserreinigungsanlagen im Rhein-Main-Gebiet. — Städtehygiene, 21, 3, S. 58—59, München 1970.

HÄRINGER, G.: Stand der Rheinverschmutzung. — Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, 3, S. 43—53, 1970.

HELLMANN, H.: Die Absorption von Schwermetallen an den Schwebstoffen des Rheins — eine Untersuchung zur Entgiftung des Rheinwassers (ein Nachtrag). — Deutsch. gewässerk. Mitt., 14, 2, S. 42—47, 3 Abb., 2 Tab., Koblenz 1970.

— & BRUNS, F.-J.: Untersuchungen zur Kohlenwasserstofffracht des Rheins 1968/69 und Überlegungen zu deren Herkunft. — Deutsch. gewässerk. Mitt., 14, 1, S. 14—18, 4 Tab., Koblenz 1970.

*) Dr. A. HERZBERG, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 6200 Wiesbaden, Leberberg 9.

- JUNGBLUTH, J. H.: Aussetzungsversuche mit der Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (LINNÉ 1758) im Schlitzerland mit Anmerkungen zum rezenten Vorkommen in Osthessen. — Phlippia, 1, 1, S. 9—23, 4 Abb., 4 Ktn., Kassel 1970.
- KALLNBACH, M. E. & MEIJERING, M. P. D.: Die Gammariden der Haune. — Beitr. Naturk. Osthessen, 2, S. 51—60, 2 Abb., 1 Tab., Fulda 1970.
- KNÖPP, H.: Neuere Studien zur Biologie und Biochemie des Rheins. — Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, 3, S. 67—82, 1970.
- MARTINI, E.: Einführung in die Geologie des Gebietes zwischen Rhön und Vogelsberg. — Beitr. Naturk. Osthessen, 2, S. 3—10, Fulda 1970.
- PICKEL, W.: Über das Mineralwasservorkommen im Fu datal bei Malsfeld-Beiseförth. — Naturbrunnen, 20, 9, S. 319—322, 7 Abb., Bad Godesberg 1970.
- SANDER, P.: Die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung. — Beitr. Rheink., 22, S. 14—18, Koblenz 1970.
- SCHADE, H.: Der Kulm in dem nordöstlich der Lahn gelegenen Teil der Dillmulde. — Clausthaler geol. Abh., 4, 178 S., 33 Abb., 29 Tab., 2 Taf., Clausthal-Zellerfeld 1970.
- SCHUHMACHER, H. & SCHREMMER, F.: Die Trichopteren des Odenwaldbaches „Steinach“ und ihr ökologischer Zeigerwert. — Internat. Revue ges. Hydrobiol., 3, S. 335—358, 4 Abb., 1 Tab., Berlin 1970.
- Großer Hessenplan — Aktionsprogramm Wasser. Herausgegeben vom Hessischen Minister für Landwirtschaft und Forsten. 38 S., Abb., Tab., Ktn., Wiesbaden 1970.

Nachtrag aus dem Jahre 1971

- AURAND, W., KERPEN, W., MATTHES, G., WOLTER, R. & ZAKOSEK, H.: Gefährdung von Grundwasservorkommen durch radioaktive Kontaminatoren. In: Radioaktive Stoffe und Trinkwasserversorgung bei nuklearen Katastrophen. Bericht der Arbeitsgruppe „Trinkwasser-Kontamination“, 78 S., 6 Abb., 16 Tab., Bonn (Bundesmin. Intern) 1971. [Beispiele auch aus Hessen]
- BIBUS, E.: Zur Morphologie des südöstlichen Taunus und seines Randgebietes. — Rhein-Main. Forsch., 74, 279 S., 35 Abb., 3 Tab., 3 Ktn., Frankfurt a. M. 1971.
- BUSSCHE v. D.: Rheinchronik 1970. — Beitr. Rheink., 23, S. 38—43, Koblenz 1971.
- FETTEL, M.: Exkursionen im Vorderen Odenwald. — Aufschluß, 22, S. 104—106, Göttingen 1971.
- GERSTENBERG, B.: Der Gewässerzustand der Quellflüsse der Weser. — Weser, 45, 5, S. 77—79, 1 Kte., Bremen 1971.
- HÄRINGER, G.: Die Verunreinigung des Rheins. — Beitr. Rheink., 23, S. 25—33, 1 Abb., 1 Kte., Koblenz 1971.
- JOST, O. u. a.: Die Vorkommen der Flußperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.) in der Rhön und im östlichen Spessart (Fluß-Systeme des Döllbach und der Sinn). — Beitr. Naturk. Osthessen, 4, S. 3—18, 4 Abb., Fulda 1971.
- JUNGBLUTH, J. H.: Die Flußperlmuschelbestände im Vogelsberg und in der westlichen Rhön — Möglichkeiten zu ihrer Erhaltung. — Beitr. Naturk. Osthessen, 4, S. 19—26, 2 Abb., Fulda 1971.
- KNAPP, R.: Die Pflanzenwelt der Rhön unter besonderer Berücksichtigung der Naturparkgebiete. 127 S., 128 Abb., Lehre (Cramer) 1971.
- KNOBLICH, K.: Zur Scherfestigkeit und Rutschempfindlichkeit der Tone. — Gießener geol. Schr., 2, 184 S., 84 Abb., 24 Tab., Gießen 1971. [Proben aus Hessen]
- KUDRASS, W.: Ist die Barytosen-Ära wirklich zu Ende? — Aufschluß, 22, S. 186—188, 6 Abb., Göttingen 1971. [Barytosen bei Rockenberg/Wetterau]
- LUTTROPP, A. & BOSINSKI, G.: Der altsteinzeitliche Fundplatz Reutersruh bei Ziegenhain in Hessen. — Fundamenta, R. A, 6, 94 S., 215 Taf., Köln - Wien 1971.
- ROEBER, H.: Stand der Trinkwasser-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. In: Radiaktive Stoffe und Trinkwasserversorgung bei nuklearen Katastrophen. Bericht der Arbeitsgruppe „Trinkwasser-Kontamination“, 9 S., 1 Tab., Bonn (Bundesmin. Intern) 1971.

- ROTH, H.: Einführung in die Geologie der hessischen Salzlagerstätten, insbesondere Neuhof-Ellers. — Beitr. Naturk. Osthessen, 4, S. 27—37, 9 Abb., Fulda 1971.
- SCHMITZ, W.: Die Ausbreitung von Spaltprodukten bei Reaktorunfällen in Fließgewässern. In: Radioaktive Stoffe und Trinkwasserversorgung bei nuklearen Katastrophen. Bericht der Arbeitsgruppe „Trinkwasser-Kontamination“, 15 S., 7 Abb., Bonn (Bundesmin. Innern) 1971. [Rhein, Main]
- SCHNIOTALE, R.: Der Braunkohlenbergbau in der Bundesrepublik Deutschland. Seine Stellung im industrie- und energiewirtschaftlichen Gefüge. — Kölner Forsch. Wirtschaftswissenschaftl. Sozialgeogr., 14, 410 S., 41 Abb., 106 Tab., 1 Kte., Wiesbaden (Steiner) 1971. [Betr. auch Reviere E und SW Kassel]
- ZAKOSEK, H. & BECKER, H.: Contribution à l'étude des terroirs de la viticulture Allemande. — Le progrès agricole et viticole, Nr. 6, S. 107—110, Montpellier 1971.
- Der Kreis Rotenburg (in Nordhessen). 243 S., 114 Bilder, Stuttgart—Aalen (Theiss) 1971.
- Der Kreis Ziegenhain. 236 S., 116 Bilder, Stuttgart—Aalen (Theiss) 1971.
- Der Landkreis Fulda. 253 S., 230 Bilder, Stuttgart—Aalen (Theiss) 1971.
- Landkreis Melsungen gestern — heute und morgen. 1821—1971. 316 S., Tab., Ktn., Bilder, Melsungen 1971.

Nachtrag aus dem Jahre 1972

- BAUMGARTE, D.: Erwin Busse 70 Jahre. — Philippia, 1, 4, S. 231—233, 1 Abb., Kassel 1972.
- BETZ, V.: Basaltische Hornblende von Ranstadt im Vogelsberg. — Aufschluß, 23, S. 17, 2 Abb., Göttingen 1972.
- BRÜNING, H.: Durch Ton-Eisen-Anreicherungen strukturierte säckige Formen in fluviatilen Sanden. Zweite Ergänzung zum ersten zusammenfassenden Bericht 1970 über die Mosbacher Sande. — Mainzer naturwiss. Arch., 11, S. 109—127 (= 151—169), 11 Abb., 3 Tab., Mainz 1972.
- BUSSCHE v. D.: Rheinchronik 1971. — Beitr. Rheink., 24, S. 38—42, Koblenz 1972.
- BUSSE, E.: Fazies und Fauna des Oberen Muschelkalkes von Willebadessen. — Philippia, 1, 3, S. 110—126, 2 Taf., Kassel 1972.
- DOEBL, F., MOWAHED-AWAL, H., ROTHE, P., SONNE, V., TOBIEN, H., WEILER, H. & WEILER, W. †: Ein „Aquitän“-Profil von Mainz-Weisenau (Tertiär, Mainzer Becken). Mikrofaunistische, sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen zu seiner Gliederung. — Geol. Jb., A 5, 141 S., 4 Abb., 13 Tab., 17 Taf., Hannover 1972.
- EMMERMANN, K. H.: Ton-Schluff-Gerölle und Dolinenfüllungen in den Mosbacher Sanden am Heßler bei Wiesbaden-Biebrich. — Mainzer naturwiss. Arch., 11, S. 223—237, 1 Abb., 3 Tab., Mainz 1972.
- HEFTER, J.: Neue unbekannte Fossilien aus dem Rheinischen Unterdevon. — Aufschluß, 23, 11, S. 375—377, Heidelberg 1972.
- HOPPE, O.: Odenwald-Exkursion am 1. Juli 1972. — Mainzer naturwiss. Arch., 11, S. 89—98, 4 Abb., Mainz 1972.
- HOPPE, W.: Das Klima des Thüringer Buntsandsteins. — Geologie, 21, 8, S. 911—926, 1 Abb., Berlin 1972.
- HOTTES, K. H., MEYNEN, E. & OTREMBIA, E.: Wirtschaftsraumliche Gliederung der Bundesrepublik Deutschland. Geographisch-landeskundliche Bestandsaufnahme 1960—1969. — Forsch. deutsch. Landeskd., 193, 269 S., 2 Ktn., Bonn-Bad Godesberg 1972.
- JÄHNICHEN, H. & KAHLERT, E.: Über eine mesozoische Flora aus der Mongolischen Volksrepublik. — Geologie, 21, 8, S. 964—990, 5 Abb., 4 Tab., 6 Taf., Berlin 1972. [Hinweise auf Vorkommen in Hessen]
- JUNGBLUTH, J. H. & SCHMIDT, H.-E.: Die Najaden des Vogelsberges. — Philippia, 1, 3, S. 149—165, 6 Abb., 3 Ktn., Kassel 1972.
- KATZUNG, G.: Stratigraphie und Paläogeographie des Unterperms in Mitteleuropa. — Geologie, 21, 4/5, S. 570—584, 3 Abb., Berlin 1972.

- KINZELBACH, R.: Einschleppung und Einwanderung von Wirbellosen in Ober- und Mittelrhein (Coelenterata, Plathelminthes, Annelida, Crustacea, Mollusca). — Mainzer naturwiss. Arch., **11**, S. 109—150, Mainz 1972.
- KIRCHHEIMER, F.: Erläuterter Katalog der deutschen Flußgoldgepräge. 100 S., Abb., Freiburg i. Br. (Kricheldorf) 1972. [u.a. Rhein, Eder]
- KUHNIGK, A. & ZIMMERMANN, F.: Niederselters und das Selterswasser in historischen Darstellungen. — Schr.-F. Goldener Grund, **14**, 82 S., Abb., Camberg 1972.
- KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 35. Eine Röntgenaufnahme mit *Bactrocrinus jaekeli* W. E. SCHMIDT und anderen Fossilien. — Mainzer naturwiss. Arch., **11**, S. 83—87, 1 Taf., Mainz 1972.
- PLETSCH, A.: Die nordhessische Agrarstruktur unter dem Einfluß der Wirtschaftszentralität Kassels. Die Niederhessische Senke und ihre Randgebiete. — Marburger geogr. Schr., **56**, 165 S., Tab., 17 Ktn., Marburg 1972.
- SCHAEFFER, R.: Mineralgänge und ehemaliger Erzbergbau im östlichen Taunus. — Aufschluß, **23**, S. 20—24, 1 Kte., Göttingen 1972.
- SEMMELE, A.: Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschland. — Geogr. Z., Beih. **30**, 149 S., 60 Abb., Wiesbaden (Steiner) 1972.
- SONNE, V.: Jungtertiäre Ablagerungen („Aquitain“) am Nordwestrand des Mainzer Beckens. — Mainzer geowiss. Mitt., **1**, S. 137—142, 2 Abb., Mainz 1972.
- STÖHR, W. TH.: Über Funde von Großresten der allerödzeitlichen Berg- oder Hakenkiefer und des Wacholders aus dem Mainzer Sand. — Mainzer naturwiss. Arch., **11**, S. 129—140 (= 171—182), 6 Abb., Mainz 1972.
- TOBIEN, H.: Status of the Genus *Serridentinus* OSBORN 1923 (Proboscidea, Mammalia) and Related Forms. — Mainzer geowiss. Mitt., **1**, S. 143—191, 8 Abb., 4 Tab., Mainz 1972. [Vorkommen in Hessen]
- WAGNER, W. †: Über Pleistozän und Holozän in Rheinhessen (Mainzer Becken). — Mainzer geowiss. Mitt., **1**, S. 192—197, Mainz 1972.

Nachtrag aus dem Jahre 1973

- ALBRECHT, H.: Das Zeit-Deformationsverhalten am Ausbruchrand eines unterirdischen Felshohlbaues. — Geol. Jb., **C 7**, S. 19—54, 16 Abb., 4 Tab., 1 Taf., Hannover 1973. [Edergebiet]
- BIBUS, E.: Zur Genese des flachen Lößreliefs in der westlichen Wetterau. — Oberhess. naturwiss. Z., **39/40**, S. 63—72, 3 Abb., Gießen 1973.
- BOSUM, W., GEIPEL, H. & WEINELT, W.: Magnetische Untersuchungen im kristallinen Spessart und ihre geophysikalisch-geologische Deutung. — Geologica Bavarica, **67**, S. 11—34, 7 Abb., 3 Tab., 4 Beil., München 1973.
- BRECHTEL, H. M.: Ein methodischer Beitrag zur Quantifizierung des Einflusses von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen auf die Grundwasserneubildung in der Rhein-Main-Ebene. — Z. deutsch. geol. Ges., **124**, S. 593—605, 7 Abb., 2 Tab., Hannover 1973.
- Mehr Grundwasser durch Roteiche? — Umschau, **73**, 19, S. 602—603, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1973. [Rhein-Main-Gebiet]
- BUSSCHE v. D.: Rheinchronik 1972. — Beitr. Rheink., **25**, S. 68—73, Koblenz 1973.
- CABRAL, C.: Die tertiären Laterite des westlichen Vogelsberges und ihre Eignungen als Steine und Erden-Rohstoffe. — Clausthaler geol. Abh., **16**, 153 S., 105 Abb., 58 Tab., Clausthal-Zellerfeld 1973.
- DAHMEN, W. & KÜHNEL, W. †, mit Beitr. v. BÖRSCH, D., DILLMANN, W., KIRCHBERG, E., KNAPP, R., PFLUG, W. & STÖHR, W. TH.: Entwicklungsplan Naturpark Nassau. — Beitr. Landespf. Rheinland-Pfalz, **4**, 191 S., 6 Abb., 30 Tab., 35 Ktn., Montabaur—Mainz 1973.
- DILLMANN, W.: Erdgeschichte. In: Entwicklungsplan Naturpark Nassau. — Beitr. Landespf. Rheinland-Pfalz, **4**, S. 11—20, 2 Tab., 1 Kte., Montabaur—Mainz 1973.

- EICKHOFF, G.: Mikrofaunen aus dem Top und Hangenden des Massenkalks bei Menden (Oberdevon, Rheinisches Schiefergebirge). — Z. deutsch. geol. Ges., **124**, S. 273—294, 3 Abb., 1 Tab., Hannover 1973.
- FRANKE, W.: Fazies, Bau und Entwicklungsgeschichte des Iberger Riffes (Mitteldevon und Unterkarbon III, NW-Harz, W-Deutschland). — Geol. Jb., **A 11**, S. 3—127, 15 Abb., 8 Tab., 9 Taf., Hannover 1973.
- FRANZEN, J. L.: Ein Primate aus den altpleistozänen Schneckenmergeln von Hohen-sülzen (Rheinessen). — Senckenbergiana lethaea, **54**, 2/4, S. 345—358, 4 Abb., 1 Tab., Frankfurt a. M. 1973.
- FRENZEL, B.: On the Pleistocene Vegetation History. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**, S. 321—332, 2 Abb., Öhringen 1973. [Beispiele auch aus Hessen]
- FRENZEL, G., OTTEMANN, J. & AGIORGITIS, G.: Untersuchung des Magnetkies-Zwischenproduktes von Lindenfels, Odenwald, mit der Mikrosonde und im Infrarot. — N. Jb. Mineral., Mh., **5**, S. 222—227, 3 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1973.
- FRESENUS, W.: Zusammenstellung der Ergebnisse der wöchentlichen Untersuchungen des Kochbrunnens und des Faulbrunnens in der Zeit vom 8. 1. 1971 bis 30. 12. 1971. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **102**, S. 208—210, Wiesbaden 1973.
- GOLWER, A.: Beeinflussung des Grundwassers durch Straßen. — Z. deutsch. geol. Ges., **124**, S. 435—446, 8 Abb., Hannover 1973. [Beispiele aus Hessen]
- GRODAU: Größtes Relining-Projekt Europas im Hessischen Ried. — Wasser u. Boden, **25**, 8, S. 268—269, 8 Abb., Hamburg-Blankenese 1973.
- HEFTER, J.: Fischfossilien des rheinischen Unterdevons. — Aufschluß, **24**, 10, S. 378—380, Heidelberg 1973.
- HEMMEN, J.: Die Mollusken-Fauna der Rheininsel Kühkopf. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **102**, S. 175—207, 4 Abb., 3 Tab., 1 Kte., Wiesbaden 1973.
- HESS, G.: Zum geologisch-tektonischen Rahmen der Schwerspatlagerstätten im Südhaz und im Spessart. — Geol. Jb., **D 4**, S. 3—65, 23 Abb., 3 Tab., 6 Taf., Hannover 1973.
- HOMILIUS, J. & BLOHM, E.-K.: Modell zur Interpretation der geoelektrischen Tiefenson-dierung im Rheingraben 1967. — Z. Geophys., **39**, 3, S. 441—459, 11 Abb., Würzburg 1973.
- HURIG, E. & SCHLOSSER, P.: Der Wärmefluß in Mitteleuropa. — Z. geol. Wiss., **1**, 4, S. 461—466, 1 Abb., 2 Tab., Berlin 1973. [Hinweis auf Oberrheingraben]
- JUNGBLUTH, J. H.: Revision, Faunistik und Zoogeographie der Mollusken von Gießen und dessen Umgebung. — Jb. Nassau. Ver. Naturk., **102**, S. 73—126, 2 Abb., 1 Kte., Wiesbaden 1973.
- Zur Kenntnis der Gastropoden des Naturparkes Hoher Vogelsberg. III. Nachtrag. — Oberhess. naturwiss. Z., **39/40**, S. 77—82, 1 Abb., Gießen 1973.
- KLAUSEWITZ, W.: Leben noch Fische im Untermain? — Kosmos, **69**, 5, S. 200—204, Stuttgart 1973.
- Über die abwasserbedingten Schwankungen des Fischbestandes im Untermain in den Jahren 1970 bis 1972. — Fischwirt, **23**, 6, S. 111—114, und 7, S. 115—116, München 1973.
- KNOBlich, K.: Zum bodenmechanischen Verhalten der oberoligozänen Gail'schen Tone des Gießener Beckens. — Oberhess. naturwiss. Z., **39/40**, S. 5—10, 5 Abb., 2 Tab., Gießen 1973.
- KONRAD, H. J.: Zur Gliederung des höheren Buntsandsteins der Pfalz. — Mainzer geo-wiss. Mitt., **2**, S. 35—44, 2 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Mainz 1973.
- KOPF, G., SCHALEJAMP, M. & VAN DER VEEN, C.: Rheinwasserverschmutzung und Trink-wassergewinnung. — Gas- u. Wasserf., **114**, 10, S. 472—477, München 1973.
- KREUZER, H., LENZ, H., HARRE, W., MATTHES, S., OKRUSCH, M. & RICHTER, P.: Zur Altersstellung der Rotgneise im Spessart, Rb/Sr-Gesamtgesteins-Datierungen. — Geol. Jb., **A 9**, S. 69—88, 5 Abb., 2 Tab., Hannover 1973.
- KRÖMMELBEIN, K.: Ostracoden der Trias. Teil 1: Germanische Trias. — Zbl. Geol. Palä-ontol., T. II, S. 139—149, Stuttgart 1973. [Literaturbericht]

- KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 39. Röntgenaufnahmen von Schieferplatten der Halden von Grube Mühlenberg und Schmiedenberg bei Bundenbach. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **102**, S. 8–15, 5 Abb., Wiesbaden 1973.
- LÖTSCHERT, W.: Pflanzengesellschaften im Rhein-, Main- und Taunusgebiet. — Jb. nassau. Ver. Naturk., **102**, S. 16–68, 3 Abb., 15 Tab., Wiesbaden 1973.
- LÜNING, J.: Neolithic Periods. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**, S. 360–370, Öhringen 1973. [Auch hessisches Gebiet betreffend]
- MALZ, H. & MOAYEDPOUR, E.: Miozäne Süßwasser-Ostracoden aus der Rhön. — Senckenbergiana lethaea, **54**, 2/4, S. 281–309, 5 Abb., 5 Taf., Frankfurt a. M. 1973.
- MARTINI, E.: Nannoplankton-Massenvorkommen in den Mittleren Pechelbronner Schichten (Unter-Oligozän). — Oberrhein. geol. Abh., **22**, S. 1–12, 2 Abb., 3 Taf., Karlsruhe 1973.
- MENK, H.: Pumpspeicherwerk Waldeck II in Bau. — Wasser u. Boden, **25**, 8, S. 260–263, 7 Abb., Hamburg-Blankenese 1973.
- MICHELS, F. X. †: Die Entstehungsgeschichte des Rheins. — Beitr. Rheink., **25**, S. 3–24, 16 Abb., Koblenz 1973.
- MOOS, B.: Einige *Eucytherura*-Arten aus Eozän und Oligozän. — Geol. Jb., **A 6**, S. 83–95, 1 Taf., Hannover 1973.
- Ostracoden des norddeutschen Eozän und einige Arten aus dem Oligozän. — Geol. Jb., **A 6**, S. 25–81, 8 Taf., Hannover 1973.
- MÜLLER, K.-H.: Zur Morphologie des zentralen Hintertaunus und des Limburger Beckens. Ein Beitrag zur tertiären Formengeneese. — Marburger geogr. Schr., **58**, 112 S., 41 Abb., 1 Beil., Marburg 1973.
- NÖRING, F.: Die neuen Richtlinien für die Festsetzung von Grundwasserschutzgebieten. — Z. deutsch. geol. Ges., **124**, S. 397–398, Hannover 1973.
- OLSCHOWY, G.: Zum Projekt Schottenring im Naturpark Hoher Vogelsberg. — Natur u. Landsch., **48**, 9, S. 258–259, Stuttgart 1973.
- PAECH, H.-J.: Zur Geologie des Gommern-Quarzits östlich Magdeburg. — Z. geol. Wiss., **1**, 7, S. 815–830, 9 Abb., 4 Tab., Berlin 1973. [Hörre-Gommern-Zug]
- PAPROTH, E. & WOLF, M.: Zur paläogeographischen Deutung der Inkohlung im Devon und Karbon des nördlichen Rheinischen Schiefergebirges. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **8**, S. 469–493, 12 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1973.
- PFEFFERKORN, H. W.: Vorläufige Liste paläobotanischer und palynologischer Sammlungen in der Bundesrepublik Deutschland, Dänemark, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Schweden und der Schweiz. — Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **1**, S. A 1–A 18, Frankfurt a. M. 1973.
- REMY, H.: Palaeozoological Research. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**, S. 333–339, Öhringen 1973. [Mollusken-, Mammalier- und Ostrakoden-Funde in Hessen]
- SCHAARSCHMIDT, F.: Die Kieselhölzer von Bad Vilbel. Zeugen eines Floren- und Klimawandels im ausgehenden Erdaltertum. — Bad Vilbeler Heimatbl., **8**, S. 1–12, 5 Abb., Bad Vilbel 1973.
- SCHENK, E.: Die Bestimmung des Faktors zur Eliminierung barometrisch bedingter Fluktuationen des Grundwasserspiegels. — Z. Geophys., **39**, 3, S. 471–489, 11 Abb., Würzburg 1973. [Beispiele aus Hessen]
- SCHIRMER, W.: The Holocene of the Former Periglacial Areas. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**, S. 306–320, Öhringen 1973. [Beispiele auch aus Hessen]
- SCHLICKUM, W. R. & MOAYEDPOUR, E.: Zur miozänen Gastropodenfauna der Rhön. — Arch. Molluskenk., **103**, 4/6, S. 239–242, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1973.
- & STRAUCH, F.: Die neogene Gastropoden-Gattung *Mesodontopsis* PILSBRY 1895. — Arch. Molluskenk., **103**, 4/6, S. 153–174, 14 Abb., Frankfurt a. M. 1973. [Hinweise auf Hessen]
- SCHMEER, D.: Petrographische und genetische Beobachtungen an Einschlüssen (Knollen) in kleinen Tuffvorkommen der Umgebung von Aschaffenburg. — Geologica Bavarica, **67**, S. 215–228, 3 Abb., 1 Tab., München 1973.

- SCHMEER, D.: Zur Petrographie der Laven und Tuffe in den Braunkohlebohrungen der Langen Röhn. — *Geologica Bavarica*, **67**, S. 177—214, 1 Beil., München 1973.
- SCHOTTLER, W.: Wilhelm Wagner † 1884—1970. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **23/24**, S. 437, Öhringen 1973.
- SCHÜTT, G.: Revision der *Cuon*- und *Xenocyon*-Funde (Canidae, Mammalia) aus den altpleistozänen Mosbacher Sanden (Wiesbaden, Hessen). — *Mainzer naturwiss. Arch.*, **12**, S. 14—77, Mainz 1973.
- SCHWABEDISSEN, H.: Palaeolithic and Mesolithic Periods. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **23/24**, S. 340—359, 1 Abb., Öhringen 1973. [Auch hessisches Gebiet betreffend]
- SEMMEL, A.: Periglacial Sediments and their Stratigraphy. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **23/24**, S. 293—305, 1 Abb., Öhringen 1973. [Beispiele auch aus Hessen]
- STORCH, G., FRANZEN, J. L. & MALEC, F.: Die altpleistozäne Säugerfauna (Mammalia) von Hohensülzen bei Worms. — *Senckenbergiana lethaea*, **54**, 2/4, S. 311—343, 66 Abb., 3 Tab., Frankfurt a. M. 1973.
- STREIT, U.: Ein mathematisches Modell zur Simulation von Abflußganglinien (Am Beispiel von Flüssen des Rechtsrheinischen Schiefergebirges). — *Gießener geogr. Schr.*, **27**, 97 S., 14 Abb., 10 Tab., 1 Kte., Gießen 1973.
- STÜRMER, W. & BERGSTRÖM, J.: New discoveries on trilobites by X-rays. — *Paläontol. Z.*, **47**, 1/2, S. 104—141, 6 Abb., 9 Taf., Stuttgart 1973. [Fundpunkte im Rheinischen Schiefergebirge]
- TOBIAS, W.: Gewässerprojekt Untermain des Forschungsinstitutes Senckenberg in Frankfurt am Main. — *Jb. Nassau. Ver. Naturk.*, **102**, S. 235—237, Wiesbaden 1973.
— Zur Verbreitung und Ökologie der wirbellosen Fauna im Untermain. — *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **4**, 53 S., 20 Abb., 1 Tab., Frankfurt a. M. 1973.
- WALTHER, H. W. & ZITZMANN, A.: Die Lagerstätten des Eisens in Europa. Vorlage der Internationalen Karte der Eisenerz-Lagerstätten von Europa 1:2,5 Mio. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **124**, S. 61—72, 4 Abb., 1 Tab., Hannover 1973.
- WÖBKING, H.: Gefügeelektrische Untersuchungen an Sandsteinproben unter besonderer Berücksichtigung der Nordtiroler Grauwackenzone. — *Z. geol. Wiss.*, **1**, 5, S. 557—579, 13 Abb., 4 Tab., Berlin 1973. [Hinweise auf Bundsandstein Hessens]
- Ausbau der Abwasseranlagen im Raum Gießen. — *Gas- u. Wasserf.*, **114**, 10, S. 503, München 1973.
- Hessen. Jahresbericht der Wasserwirtschaft, Rechnungsjahr 1972. — *Wasser u. Boden*, **25**, 6/7, S. 195—199, 4 Abb., Hamburg-Blankenese 1973.
- Wassernotstände in Hessen (Juli 1973). — *Gas- u. Wasserf.*, **114**, 10, S. 502—503, München 1973.

1974

- AHORNER, L. & SCHNEIDER, G.: Herdmechanismen von Erdbeben im Oberrhein-Graben und in seinen Randgebirgen. — In: *Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8)*, S. 104—117, 5 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- ALBERTI, H.: Neue Trilobiten (Chaunoproetiden, Mirabolen) aus dem Ober-Devon IV—VI (Nord-Afrika und Mittel-Europa), Beitrag 2. — *N. Jb. Geol. Paläontol., Abh.*, **146**, 2, S. 221—261, 12 Abb., 6 Tab., Stuttgart 1974.
- ALTHAUS, E.: Petrologische Gedanken zum Untergrund des Rheingrabens. — In: *Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8)*, S. 341—347, 1 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- ANDERLE, H.-J.: Block Tectonic Interrelations between Northern Upper Rhine Graben and Southern Taunus Mountains. — In: *Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8)*, S. 243—253, 1 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
— Lagerstätten. — *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000*, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 49—52, Wiesbaden 1974.

- ANDERLE, H.-J. & MEISL, S.: Geologisch-Mineralogische Exkursion in den Südtäunus. Exkursion A 1 am 1. 10. 1973, Geowissenschaftliche Tagung in Frankfurt a. M. — Fortschr. Mineral., **51**, 2, S. 137—156, Stuttgart 1974.
- AZIMI, M. A.: Geologisch-hydrogeologische Untersuchung der Bröckelschiefer-Gebiete bei Bad Orb und Lohrhaupten (Spessart). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **70**, S. 9—22, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- BACKHAUS, E., RAWANPUR, A. & ZIRNGAST, M.: Das Schollenmosaik des nördlichen Michelstädter Grabens. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 303—309, 4 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- BARDFORFF, W.: Naturpark Bergstraße-Odenwald. 2. Aufl., 57 S., 64 Bilder, Karlsruhe (Braun) 1974.
- BARTZ, J.: Die Mächtigkeit des Quartärs im Oberrheingraben. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 78—87, 1 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- BENDER, P., JAHNKE, H. & ZIEGLER, W.: Ein Unterdevon-Profil bei Marburg a. d. Lahn. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 25—45, 7 Abb., 2 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1974.
- BENEDEK, P. N. v. & MÜLLER, C.: Nannoplankton—Phytoplankton-Korrelation im Mittel- und Ober-Oligozän von NW-Deutschland. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., **7**, S. 385—397, 3 Abb., Stuttgart 1974. [Hinweise auf Hessen]
- BIBUS, E.: Das Quartärprofil im Braunkohlentagebau Heuchelheim (Wetterau) und seine vulkanischen Einschaltungen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 159—167, 3 Abb., Wiesbaden 1974.
- BIRKENHAUER, J.: Die Entwicklung des Talsystems und des Stockwerkbaues im zentralen rheinischen Schiefergebirge zwischen dem Mitteltertiär und dem Altleistozän. — Arb. rhein. Landesk., **34**, 210 + 8 S., 4 Abb., 8 Bilder, 2 Ktn., Bonn 1974.
- BOIGK, H. & SCHÖNEICH, H.: Perm, Trias und älterer Jura im Bereich der südlichen Mittelmeer-Mjösen-Zone und des Rheingrabens. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 60—71, 6 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- BOKERMANN, R. & ELTER, H.-W.: Wirtschaftlichkeitsrechnungen für die Aufforstung von Grenzertragsflächen. — Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, **15**, 4, S. 193—205, 2 Abb., 4 Tab., Berlin—Hamburg 1974. [Meißner—Kaufunger Wald]
- BONJER, K.-P. & FUCHS, K.: Microearthquake-Activity observed by a Seismic Network in the Rhinegraben Region. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 99—104, 5 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- BRASSEL, G. & BERGSTRÖM, J.: Die Anatomie der Phacopiden des Hunsrückschiefers im Präparat. — Natur u. Mus., **104**, 11, S. 344—349, 10 Abb., Frankfurt a. M. 1974.
- BRELIE, G. v. D.: Mikrofloristische Untersuchungen zur Altersstellung der jungtertiären Ablagerungen im mittleren und nördlichen Oberrheingraben. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 72—78, 1 Abb., 1 Tab., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- BRÜGGE, N.: Zur Kenntnis von *Dielasma elongata* (SCHLOTHEIM 1816), einer Leitform (Brachiopoda, Terebratulida) aus dem Werra-Zyklus des germanischen Zechsteins. — Z. geol. Wiss., **2**, 2, S. 185—205, 7 Abb., 1 Tab., 4 Taf., Berlin 1974.
- BUSSCHE-HADDENHAUSEN, D. v. D.: Rheinchronik 1973. — Beitr. Rheink., **26**, S. 52—56, 1 Abb., Koblenz 1974.
- BUSSE, E.: Der Obere Muschelkalk im nordwestlichen Niederhessen (Blätter Liebenau, Hofgeismar, Warburg, Arolsen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 91—135, 9 Abb., Wiesbaden 1974.
- DEUTER, F. & ROTH, S.: Die Brunnenreinigung in der Wassergewinnungsanlage Wiesbaden-Schierstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 207—216, 4 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.

- DIEDERICH, G. & FINKENWIRTH, A.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5024 Rotenburg a. d. Fulda, S. 59–86, 1 Abb., 9 Tab., Wiesbaden 1974.
- DOEBL, F., HELING, D., HOMANN, W., KARWEIL, J., TEICHMÜLLER, M. & WELTE, D.: Diagenesis of Tertiary Clayey Sediments and Included Dispersed Organic Matter in Relationship to Geothermics in the Upper Rhine Graben. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 192–207, 4 Abb., 1 Taf., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- & OLBRECHT, W.: An Isobath Map of the Tertiary Base in the Rhinegraben. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 71–72, 1 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- DORN, F.: Geschichte und Bedeutung der Wassergewinnungsanlagen in Wiesbaden-Schierstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 7–16, 2 Abb., Wiesbaden 1974.
- EAQUB, M.: Bodenentwicklung aus lößhaltigen Hang-Fließerden des Sandstein-Odenwaldes. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., 18, S. 327, Göttingen 1974.
- EDLER, H.-G. & NORMANN, S.: Aufbau und Betrieb einer kontinuierlich arbeitenden Rohwasser-Meßstation. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 123–129, 4 Abb., Wiesbaden 1974.
- EIGENFELD, F. & SCHWAB, M.: Zur geotektonischen Stellung des permiosilesischen subsequenten Vulkanismus in Mitteleuropa. — Z. geol. Wiss., 2, 2, S. 115–137, 6 Abb., 2 Tab., Berlin 1974.
- FAHLBUSCH, K. & KUTSMICHEL, E.: Geologische Luftbildkartierung mit einem Stereoauswertegerät 2. Ordnung. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 4, S. 193–199, 2 Abb., Stuttgart 1974. [Westlicher Rheingraben-Abbruch]
- FICKEL, W., mit Beitr. v. ASTHATER, K., THIELICKE, G. & ZAKOSEK, H.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5816 Königstein i. Taunus. 113 S., 18 Tab., 18 Prof., Wiesbaden 1974.
- FINKENWIRTH, A. & HOLTZ, S.: Entstehung und Alter des Erdfalls „Seeloch“ bei Bad Hersfeld (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 207–214, 1 Abb., Wiesbaden 1974.
- FRANKE, W.: Fazies-Analyse und geosynklinale Kinematik an Beispielen aus dem Rhenohercynikum. — Nachr. deutsch. geol. Ges., 9, S. 103–109, Hannover 1974.
- FRESENUS, W. & BIBO, F.-J.: Laufende Kontrolle eines Oberflächenwasserwerkes im Hinblick auf die einwandfreie Trinkwasserbeschaffenheit. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 165–172, 5 Tab., Wiesbaden 1974.
- FUCHS, K.: Geophysical Contributions to Taphrogenesis. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 420–432, 2 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974. [Oberrheingraben]
- GERHEIM, H.: Die Verlegung der Rheinwasserentnahmeleitungen 1922 und 1964, ein Vergleich der technischen Möglichkeiten. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 185–190, 9 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- GLATTHAAR, D.: Zur Genese der Oberflächenformen der Erbenhausen-Kirtorfer Hochscholle (Mittelhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 191–206, 10 Abb., Wiesbaden 1974.
- GROOS-UFFENORDE, H. & UFFENORDE, H.: Zur Mikrofauna im höchsten Oberdevon und tiefen Unterkarbon im nördlichen Sauerland (Conodonta, Ostracoda, Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 58–87, 7 Abb., 5 Tab., 5 Taf., Wiesbaden 1974.
- HAARACH, T.: Kritische Bemerkungen zur Genese und Systematik der „Verwitterungsböden“. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., 18, S. 320–326, Göttingen 1974. [Beispiele aus Hessen]

- HABERER, K.: Ergebnisse langjähriger Untersuchungen zur Rheinwasserqualität. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 17–42, 18 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1974.
- Über die Strömungsverhältnisse im Rhein bei Wiesbaden. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 43–50, 5 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- & NORMANN, S.: Qualitätsbetrachtungen zur künstlichen Grundwasseranreicherung in Wiesbaden-Schierstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 131–164, 21 Abb., 16 Tab., Wiesbaden 1974.
- — Zur Wirksamkeit der physikalisch-chemischen Rheinwasseraufbereitung. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 93–110, 12 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- HEIL, R.: Zum Vorkommen von *Corophioides luniformis* BLANCKENHORN im Mittleren Buntsandstein. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 88–90, 1 Taf., Wiesbaden 1974.
- HERZBERG, A.: Hessisches Geologisches Schrifttum 1973 mit Nachträgen aus den Jahren 1963–1972. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 322–334, Wiesbaden 1974.
- HESSLER, K.-G.: Klimatische Beobachtungen im Gebiet Wiesbaden-Schierstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 69–79, 1 Abb., 8 Tab., Wiesbaden 1974.
- HILALI, E.-A.: Geologische und hydrogeologische Untersuchungen im Gebiet Ahlersbach (Kreis Schlüchtern). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 70, S. 23–42, 3 Abb., 6 Tab., Wiesbaden 1974.
- HÖLTING, B. & LAEMMLER, M.: Geologische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen am Süd- und Südwesthang des Knüll-Gebirges (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 270–295, 3 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1974.
- KULICK, J. & RAMBOW, D.: Stratigraphische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen in Schichtfolgen des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins im Nordteil des Kreises Waldeck/Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 229–269, 3 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1974.
- HUSCHMAND, A.: Stratigraphie des Oberen Buntsandsteins und hydrogeologische Untersuchungen bei Steinau (NE-Spessart). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 70, S. 43–50, 3 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- HUSMANN, S.: Die ökologische Bedeutung der Mehrzellerfauna bei der natürlichen und künstlichen Sandfiltration. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 173–183, 3 Abb., Wiesbaden 1974.
- ILLIES, J. H.: Taphrogenesis and Plate Tectonics. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 433–460, 13 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- JUX, U. & MANZE, U.: Milieu-Indikationen im Devon des Bergischen Landes mittels Kohlenstoff-Isotopen. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 6, S. 353–373, 6 Abb., Stuttgart 1974. [Betr. auch hessisches Gebiet]
- KLAUSEWITZ, W.: Die frühere Fischfauna des Untermainns. — Natur u. Mus., 104, 1, S. 1–7, 5 Abb., Frankfurt a. M. 1974.
- KLEIN, H.-A.: Der Ausbau des Rheins im Rheingau und in der Gebirgsstrecke. — Beitr. Rheink., 26, S. 24–36, 11 Abb., Koblenz 1974.
- KNAUER, E., OKRUSCH, M., RICHTER, P., SCHMIDT, K. & SCHUBERT, W.: Die metamorphe Basit-Ultrabasit-Assoziation in der Böllsteiner Gneiskuppel, Odenwald. — N. Jb. Mineral., Abh., 122, 2, S. 186–228, 16 Abb., 6 Tab., Stuttgart 1974.

- KÖLLE, W. & WIECZOREK, H.: Querprofile der organischen Verschmutzung des Rheins unterhalb der Main-Mündung bei Wiesbaden. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 51—54, 2 Tab., Wiesbaden 1974.
- KOWALCZYK, G. & MANZE, U.: C- und O-Isotopenverhältnisse permischer Karbonatgesteine der Wetterau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 215—224, 3 Abb., Wiesbaden 1974.
- & PRÜFERT, J.: Gliederung und Fazies des Perms in der Wetterau (Hessen). — Z. deutsch. geol. Ges., **125**, S. 61—90, 7 Abb., 1 Tab., Hannover 1974.
- KREBS, W. & WACHENDORF, H.: Die variszische Prägung und postvariszische Ausgestaltung des Rheinischen Schiefergebirges. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **11**, S. 24—25, Hannover 1974.
- KRÜGER, H.: Geologische und hydrogeologische Untersuchungen im Lauterbacher Graben bei Angersbach. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **70**, S. 51—62, 11 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- KÜMMERLE, E.: Geologische Ergebnisse neuerer Bohrungen in Frankfurt am Main. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 143—158, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1974.
- KUTSCHER, F.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 38. Weitere Arthropodenfunde im Hunsrückschiefer [*Cheloniellon calmani* BROILI, *Heroldina rhenana* (BROILI), *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH), *Vachonisia rogeri* (LEHMANN)]. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 5—24, 9 Abb., Wiesbaden 1974.
- & KARSCHNY, A.: Erdbeben. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 87—98, 2 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1974.
- PRINZ, H. & SCHWARZ, E.: Nivellement. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 74—78, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1974.
- LANGE-BERTALOT, H.: Das Phytoplankton im unteren Main unter dem Einfluß starker Abwasserbelastung. — Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **12**, 88 S., 22 Abb., 2 Tab., Frankfurt a. M. 1974.
- LIPPOLT, H. J., TODT, W. & HORN, P.: Apparent Potassium-Argon Ages of Lower Tertiary Rhine Graben Volcanics. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 213—221, 2 Abb., 3 Tab., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- LÖHR, H. & BRUNNACKER, K.: Metternicher und Eltviller Tuffhorizont im Würm-Löß am Mittel- und Niederrhein. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 168—190, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- LÜTKE, F.: Die Verbreitung von Tentaculiten (Dacryoconarida) aus dem Unterdevon des SW-Harzes und ihre Korrelation mit der Conodonten-Parachronologie. — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **145**, 2, S. 183—206, 4 Abb., 5 Tab., Stuttgart 1974.
- Unterdevonische Tentaculiten (Dacryoconarida) des SW-Harzes. 1. Die Gattung *Nowakia* GÜRICH 1896. — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **145**, 3, S. 306—327, 7 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1974.
- MARTINI, E.: Vogelreste aus dem Miozän von Ravalzhausen (Kr. Hanau, Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 136—142, 2 Taf., Wiesbaden 1974.
- MEHLHORN, H.: Pumpversuche zur Klärung betrieblicher Fragestellungen und hydrologischer Bedingungen. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 195—205, 7 Abb., Wiesbaden 1974.
- & THEWS, J.-D.: Bohraufschlüsse im Gebiet des Wasserwerks Schierstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 191—193, 1 Abb., Wiesbaden 1974.
- — Die Gestalt des Grundwasserleiters im Bereich des Wasserwerkes Wiesbaden-Schierstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 65—67, 2 Abb., Wiesbaden 1974.

- MEISL, S.: Neues Pechblende-Vorkommen in Mackenheim/Odenwald. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 225—228, 1 Taf., Wiesbaden 1974.
- MEISSNER, R. & VETTER, U.: The Northern End of the Rhinegraben due to some Geophysical Measurements. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Comm. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 236—243, 5 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- MEYER, D. E.: Zur Strukturgeschichte der Mitteldeutschen Schwelle. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **11**, S. 33—35, Hannover 1974.
- MOTZKA, R., mit Beitr. v. DIEDERICH, G., FINKENWIRTH, A., MEISL, S., PLASS, W. & WENDLER, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 2. Aufl. 186 S., 19 Abb., 20 Tab., 1 Beibl., Wiesbaden 1974.
- MUELLER, ST. & RYBACH, L.: Crustal Dynamics in the Central Part of the Rhinegraben. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Comm. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 379—388, 6 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- MURAWSKI, H.: Kurzbericht über den augenblicklichen Stand der Arbeiten im Rahmen des Unternehmens „Geotraverse durch das Rheinische Schiefergebirge“. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **9**, S. 89—92, 1 Abb., Hannover 1974.
- NICKEL, E. & MAGGETTI, M.: Magmenentwicklung und Dioritbildung im synorogen konsolidierten Grundgebirge des Bergsträßer Odenwaldes. — Geol. Rdsch., **63**, 2, S. 618—654, 11 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1974.
- NÖRING, F.: Aktuelle Aufgaben der Balneologie in Deutschland. — Heilbad u. Kurort, **10**, S. 328—331, Gütersloh 1974.
- Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1973 (1. 1.—31. 12. 1973). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 335—355, Wiesbaden 1974.
- PICKEL, H.-J.: Der Grundwasserabfluß der Frankenberger Bucht (Ostrand Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **70**, S. 63—102, 15 Abb., 12 Tab., Wiesbaden 1974.
- PLASS, W.: Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5024 Rotenburg a. d. Fulda, S. 87—118, 9 Tab., Wiesbaden 1974.
- POETSCH, T.: Bimstufminerale in hessischen Böden. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **18**, S. 313—319, 3 Abb., Göttingen 1974.
- PUFFE, D.: Der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Humusgehalte von Böden unter Grünland der Rhön. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **18**, S. 266—271, 1 Abb., Göttingen 1974.
- PUTTRICH, I. & SCHWAN, W.: Die Probleme der Paläogeographie und Faziesbildung in der Hörre-Gommern-Zone, speziell am Acker-Bruchberg (Harz). — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., **146**, 3, S. 347—384, 4 Abb., Stuttgart 1974.
- QUADE, H.: Der postgivetische Vulkanismus des südlichen Rheinischen Schiefergebirges. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **11**, S. 36—37, Hannover 1974.
- RASSBACH, K.: Die Entwicklung der Flußwasseraufbereitung in Wiesbaden. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 81—92, 6 Abb., Wiesbaden 1974.
- REICHENBACH, H. & MUELLER, ST.: Ein Krusten-Mantel-Modell für das Riftsystem um den Rheingraben, abgeleitet aus der Dispersion von Rayleigh-Wellen. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Comm. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 348—354, 5 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- REICHMANN, H.: Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 66—73, Wiesbaden 1974.
- REQUADT, H.: Beitrag zur Kenntnis des Oberdevons der südwestlichen Lahnmulde aufgrund von Conodontenfaunen. — Nachr. deutsch. geol. Ges., **11**, S. 38, Hannover 1974.
- Rhinegraben Research Group for Explosion Seismology: The 1972 Seismic Refraction Experiment in the Rhinegraben — First Results. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Comm. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 122—137, 10 Abb., 2 Tab., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.

- RICHTER-BERNBURG, G.: The Oberrhein Graben in its European and Global Setting. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 13—43, 11 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- RINCKE, G. & HABERER, K.: Untersuchungen zur Kaskadenbelüftung in Wiesbaden-Schieferstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 111—121, 2 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.
- SCHAARSCHMIDT, F.: Paläobotanische Exkursion in die Ölschiefergrube von Messel bei Darmstadt (Eozän). — Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **10**, S. 34—41, 2 Abb., Frankfurt a. M. 1974.
- & STURM, M.: Paläobotanik und Palynologie 1973. — Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **10**, S. 42—62, Frankfurt a. M. 1974. [Literaturbericht, betr. auch hess. Schrifttum]
- SCHÄFER, K.: Martian Tithonius Lacus Canyon and Rhinegraben — a Comparative Morphotectonic Analysis. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 52—59, 4 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- SCHÄFER, W.: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? — Natur u. Mus., **104**, 8, S. 248—252, 2 Abb.; **10**, S. 297—305, 12 Abb.; **11**, S. 331—343, 9 Abb.; **12**, S. 358—363, 7 Abb., Frankfurt a. M. 1974.
- Kranker Oberrhein — Maßnahmen zu seiner Gesundung. — Umschau, **74**, 2, S. 37—41, 9 Abb., Frankfurt a. M. 1974.
- SCHARPFF, H.-J.: Verbreitung und Dynamik der mineralwasserbeeinflussten Grundwässer der Wetterau/Hessen. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **70**, S. 103—158, 14 Abb., 8 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1974.
- SCHENK, E.: Die Fortsetzung des Rheingrabens durch Hessen. Ein Beitrag zur tektonischen Analyse der Riftsysteme. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 286—302, 7 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- SCHWEWE, L.: Hydrogeologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der oberen Gleen (Hessen). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **70**, S. 159—178, 7 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1974.
- SCHLICKUM, W. R.: Zur miozänen Süßwassergastropodenfauna der Rhön. — Arch. Mol. luskenk., **104**, 1/3, S. 69—71, 1 Abb., Frankfurt a. M. 1974.
- SCHMIDT, G.: Bemühungen um die Sicherung des Wasserschutzgebietes gegen Straßeneinwirkungen. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, **2**, S. 217—222, Wiesbaden 1974.
- SCHMITT, O.: Zum Verlauf der westlichen Randverwerfung des zentralen Oberrheingrabens zwischen dem Rhein südlich Nackenheim und dem Main bei Rüsselsheim sowie über eine Grundwasserkaskade und Bauschäden im Bereich dieser Störungszone. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 254—260, 2 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- & STEUER, A. †, mit Beitr. v. ANDERLE, H.-J., KARSCHNY, A., KUTSCHER, F., PRINZ, H., REICHMANN, H., SCHWARZ, E., STRAUB, E., THEWS, J.-D. & WENDLER, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 6016 Groß-Gerau, 2. Aufl. 202 S., 13 Abb., 5 Tab., 3 Taf., 1 Beibl., Wiesbaden 1974.
- & MEISL, S.: Basalt. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 32—35, Wiesbaden 1974.
- & THEWS, J.-D.: Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 53—65, 3 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1974.
- SCHÖNHALS, E.: Die Bedeutung geologischer, insbesondere quartärgeologischer Vorgänge für die Bodenbildung in Hessen. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **18**, S. 11—17, 1 Abb., Göttingen 1974.
- SCHRADER, L.: Die Neutronensonde: Methodische Untersuchungen und praktische Anwendung auf Weinbergböden im Rheingau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 304—321, 10 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974.

- SCHWARZ, E.: Levelling Results at the Northern End of the Rhinegraben. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 261—268, 8 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- SCHWARZ, O.: Hydrogeographische Studien zum Abflußverhalten von Mittelgebirgsflüssen am Beispiel von Bieber und Salz (Hessen). — Rhein-Main. Forsch., 76, 128 S., 16 Abb., 5 Tab., 9 Ktn., Frankfurt a. M. 1974.
- SOBOTH, E.: Chemismus und Kohlensäuregehalt von Quellwässern nach langen Trockenperioden (Winter 1971/72). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102, S. 296—303, 5 Abb., 1 Tab., Wiesbaden 1974. [Frankenberger Bucht]
- SONNE, V.: Einführung in die Geologie des Mainzer Beckens. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., NF 56, S. 15—19, 1 Abb., Stuttgart 1974.
- SPEETZEN, E., EL-ARNAUTI, A. & KAEVER, M.: Beitrag zur Stratigraphie und Paläogeographie der Kreide-Basisschichten am SE-Rand der Westfälischen Kreidemulde (NW-Deutschland). — N. Jb. Geol. Paläontol., Abh., 145, 2, S. 207—241, 9 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1974.
- STÖHR, W. TH.: Paläoböden und Bodenrelikte im Mainzer Becken und ihre Umformung durch das Periglazialklima im Pleistozän. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., 18, S. 354—359, 2 Tab., Göttingen 1974.
- STRAUB, E.: Tieferer Untergrund des Oberrheingrabens. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 43—48, 2 Abb., Wiesbaden 1974.
- STREITZ, H.: Landschaftspflege im Umland des Großflughafens Frankfurt. — Natur u. Mus., 104, 5, S. 159—162, Frankfurt a. M. 1974.
- STROBACH, K.: Model of Crustal Stresses in the Region of the Rhinegraben and Southwestern Germany. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 389—394, 3 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- STROWALD, J.: Hypothese zur Erklärung des Fehlens von Pn-Einsätzen im Bereich von Grabenzonen, abgeleitet aus zweidimensionalen modellseismischen Untersuchungen. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 355—361, 7 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974. [Oberrheingraben]
- TEICHMÜLLER, R.: Die tektonische Entwicklung der Niederrheinischen Bucht. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 269—285, 12 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974. [Vergleiche mit Oberrheingraben]
- THEWS, J.-D.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet und Infiltrationsgelände des Wasserwerks Schierstein. In: Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein. — Wiss. Ber. Untersuchungen u. Planungen ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2, S. 55—63, 4 Abb., Wiesbaden 1974.
— Vorwort. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 9—10, 1 Abb., Wiesbaden 1974.
- TOBIAS, W.: Kriterien für die ökologische Beurteilung des unteren Mains. — Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 11, 136 S., 45 Abb., 7 Tab., Frankfurt a. M. 1974.
- UFFENORDE, H.: Die Schlagwasser-Breccie — ein Äquivalent der Langenaubacher Breccie im nördlichen Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge). — Nachr. deutsch. geol. Ges., 11, S. 44—45, Hannover 1974.
- VOIGHT, B.: Thin-skinned Graben, Plastic Wedges, and Deformable-plate Tectonics. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 395—419, 16 Abb., 1 Tab., Stuttgart (Schweizerbart) 1974. [Oberrheingraben]
- WAGNER, H.-R.: Geologisch-hydrologische Kartierung im Gebiet des Grabens von Neuengronau und Mottgers. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 70, S. 179—198, 3 Abb., 5 Tab., 1 Taf., Wiesbaden 1974.
- WALTER, H.: Hydrogeologie und Wasserhaushalt im oberen Horlofftal (westlicher Vogelsberg). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 69, 104 S., 13 Abb., 17 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1974.
- WENDLER, R.: Geophysik. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 5024 Rotenburg a. d. Fulda, S. 119—133, 9 Abb., Wiesbaden 1974.

- WENDLER, R.: Geophysik. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, S. 79–86, 4 Abb., Wiesbaden 1974.
- WERNER, D. & DOEBL, F.: Eine geothermische Karte des Rheingrabenuntergrundes. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 182–191, 6 Abb., 2 Tab., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- WERNER, R.: Zur Talentwicklung und zur Verbreitung pleistozäner Schotter in der Hornauer Bucht (Vordertaunus). — Mainzer naturwiss. Arch., **13**, S. 169–180, 2 Abb., Mainz 1974.
- WETTIG, E.: Die Erzgänge des nördlichen rechtsrheinischen Schiefergebirges, ihr Inhalt und ihre tektonischen Zusammenhänge. — Clausthaler geol. Abh., **19**, 363 S., 158 Abb., 145 Tab., 6 Ktn., Clausthal-Zellerfeld 1974.
- WILDHAGEN, H.: Holozän-Chronostratigraphie der Auensedimente der Leine im Bereich des Leinetalgrabens. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **18**, S. 328–337, 6 Abb., Göttingen 1974.
- WINTER, R.: A Model for the Resistivity Distribution from Geomagnetic Depth Soundings. — In: Approaches to Taphrogenesis (Inter-Union Commiss. Geodynamics sci. Rep. 8), S. 369–375, 5 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974. [Oberreingraben]
- WITTING, R.: Tiefoberdevonische Grauwacken unter der Hessischen Senke. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**, S. 46–57, 3 Abb., Wiesbaden 1974.
- WOERTSAKIS, A. & WERNER, G.: Über die Wirkungsdauer der mechanischen Auflockerung der Böden. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **18**, S. 98–102, Göttingen 1974. [Beispiel aus Udenborn, Krs. Fritzlar-Homberg]
- WUNDERLICH, H. G.: Die Bedeutung der Süddeutschen Großscholle in der Geodynamik Westeuropas. — Geol. Rdsch., **63**, 2, S. 755–772, 2 Abb., Stuttgart 1974.
- ZAKOSEK, H.: Neuere Ergebnisse der Standortkartierung im Weinbau. — Mitt. deutsch. bodenk. Ges., **18**, S. 379–380, Göttingen 1974. [Rheingau und Bergstraße]
- Abwasseranlagen für den Wetteraukreis. — Gas- u. Wasserf., **115**, 8, S. 386, München 1974.
- Beiträge zur Hydrogeologie von Hessen. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **70**, 198 S., 60 Abb., 37 Tab., 2 Taf., Wiesbaden 1974.
- Bodenforschung in Hessen. Herausgegeben vom Hessischen Minister für Wirtschaft und Technik. 44 S., 44 Abb., 1 Tab., 2 Ktn., Wiesbaden 1974.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Sonderh. Land Baden-Württemberg, Hoch- und Oberrhein mit Neckar, Anteile des Maingebietes und Donau bis Ulm. Abflußjahr 1968. 207 S., 1 Kte., Karlsruhe (L.-Stelle Gewässerk. u. wasserwirtsch. Pl. Baden-Württemberg) 1974.
- Verstärkter Ausbau der Abwasserschwerpunkte im Rheingau. — Gas- u. Wasserf., **115**, 7, S. 342, München 1974.
- Wassergütemessungen am Rhein werden intensiviert. — Gas- u. Wasserf., **115**, 7, S. 341–342, München 1974.

Manuskript eingegangen am 21. 2. 1975

Tätigkeitsbericht

des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1974 (1.1.—31.12.1974)

Der Haushalt des Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1974 (Haushaltsgesetz 1973/74 vom 18.12.1972, GVBl. 1972, S. 427—431; Nachtragshaushaltsgesetz 1974 vom 17. 12. 1973, GVBl. 1973, S. 481—482) sah bei unveränderter Zahl der planmäßigen Stellen (145) eine Erhöhung der Gesamtausgaben gegenüber dem Geschäftsjahr 1973 um 8,0% vor. Die zusätzlichen Mittel des Nachtragshaushaltes waren für die Erfassung und Kartierung der Lagerstätten von Mineralien, Sand, Kies usw. bestimmt.

In die gleiche Richtung zielte eine Große Anfrage vom 17. 1. 1974 (Hessischer Landtag, 7. Wahlperiode, Drucksache 7/4716), die u. a. die Aufsuchung von Primärenergieträgern, von Eisen, von NE-Metallen, von oberflächennahen Lagerstätten, die Erschließung von Versenkräumen für Kali-Endlaugen und die erforderliche Mittelausstattung des Landesamtes für Bodenforschung behandelte. Die Antwort der Landesregierung vom 22. 4. 1974 (Hessischer Landtag, 7. Wahlperiode, Drucksache 7/5219) verwies u. a. auf die Überlegungen des Landesamtes für Bodenforschung über Vorkommen von Steinkohle, Ölschiefer, Uran, Buntmetallen (Blei, Zink, Kupfer, Gold), oberflächennahen Lagerstätten sowie über Versenkmöglichkeiten und befürwortete eine Erhöhung der Mittel für geologisch wissenschaftliche Aufschlußarbeiten. Die eingehende Besprechung der Anfrage in der 91. Sitzung am 28. 5. 1975 (Hessischer Landtag, 7. Wahlperiode, Stenographischer Bericht 7/91, S. 4888—4893) zeigte seitens aller Fraktionen Zustimmung zu der vorgesehenen verstärkten Aktivität.

In der Öffentlichkeit fand die Informationsschrift des vorgesetzten Ministers für Wirtschaft und Technik „Bodenforschung in Hessen“ vom Juni 1974 eine wohlwollende Aufnahme. Von vielen Empfängern wurde die Art der Darstellung gelobt.

Das für die Tätigkeit der Landesämter für Bodenforschung wichtige Lagerstätten-gesetz vom 4. 12. 1934 (RGBl. I, S. 1223) erfuhr durch Artikel 189 (S. 591) des Einführungsgesetzes zum Strafgesetzbuch (EGStGB) vom 2. 3. 1974 (BGBl. I, S. 469—650) ab 1. 1. 1975 eine Änderung, die Geheimhaltungs- und Strafvorschriften betrifft, jedoch die Rechte und Pflichten der Beauftragten der Landesämter, der auftraggebenden und ausführenden Personen und Unternehmer unberührt läßt.

1. Geologische Landesaufnahme

Geologische Karte 1:25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km ²
4520 Warburg	Feldaufnahme	5
4521 Liebenau	Arbeit zur Herausgabe	
4620 Arolsen	Arbeit zur Herausgabe	
4722 Kassel-Niederzwehren	Arbeit zur Herausgabe	
4723 Oberkaufungen	Arbeit zur Herausgabe	
4821 Fritzlar	Feldaufnahme	2
4822 Gudensberg	Feldaufnahme unterbrochen	
4823 Melsungen	Arbeit zur Herausgabe	
4925 Sontra	Feldaufnahme	10
5018 Wetter (Hessen-Nassau)	Feldaufnahme	29
5024 Rotenburg a. d. Fulda	Herausgabe	
5216 Oberscheld	Arbeit zur Herausgabe	
5225 Geisa	Arbeit zur Herausgabe	
5319 Londorf	Arbeit zur Herausgabe	
5320 Burg-Gemünden	Feldaufnahme	10
5325 Spahl	Feldaufnahme	37
5618 Friedberg	Feldaufnahme	
5620 Ortenberg	Feldaufnahme	41
5721 Gelnhausen	Arbeit zur Herausgabe	
6016 Groß-Gerau	Herausgabe	
6316 Worms	Arbeit zur Herausgabe	

Insgesamt wurden 134 km² neu kartiert.

Herausgegeben wurden die Blätter der Geologischen Karte 1:25000 mit Erläuterungen:

5024 Rotenburg a. d. Fulda (2., neubearbeitete Auflage)

6016 Groß-Gerau (2., ergänzte Auflage)

Zur Prospektion auf Gold- und Buntmetallerze am Eisenberg (Blätter 4718 Goddelsheim und 4719 Korbach) wurden großmaßstäbliche geologische Detailkartierungen unter- und übertage ausgeführt (vgl. auch Abschnitt 3).

Wissenschaftler des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung wurden zur Mitarbeit in den Subkommissionen Altpaläozoikum, Devonstratigraphie, Karbonstratigraphie und Perm- und Triasstratigraphie der stratigraphischen Kommission der Deutschen Union der Geologischen Wissenschaften eingeladen.

Biostratigraphie, Paläontologie

Bei der geologischen Landesaufnahme und der Untersuchung von wichtigen Neuaufschlüssen und Bohrprofilen wurden Makro- und Mikrofossilien zur biostratigraphischen Altersbestimmung von Gesteinshorizonten aufgesammelt. Das im Berichtsjahr aufgesammelte oder bearbeitete Material stammt aus dem

Paläozoikum (Devon) des Blattes 5216 Oberscheld,
 Mesozoikum (Muschelkalk, Lias) der Blätter 4520 Warburg, 4620 Arolsen,
 Känozoikum (Tertiär) der Blätter 4620 Arolsen, 5620 Ortenberg, 5718 Ilbenstadt,
 5817 Frankfurt am Main-West, 5818 Frankfurt am Main-Ost, 5914 Eltville
 a. Rhein.

Geophysik

Geophysikalische Spezialkartierungen zur Unterstützung der geologischen Landesaufnahme wurden fortgesetzt und ergänzt auf den Blättern 4620 Arolsen, 4718 Goddelsheim, 4821 Fritzlar, 4822 Gudensberg, 4923 Altmorschen, 4925 Sontra, 5018 Wetter (Hessen-Nassau), 5225 Geisa, 5325 Spahl, 5620 Ortenberg.

Regionale magnetische Messungen wurden ausgeführt auf den Blättern 4521 Liebenau, 4624 Hedemünden und 4625 Witzenhausen.

Für Fragen der angewandten Geologie wurden Messungen ausgeführt in Mackenzell Krs. Hünfeld (Blatt 5324 Hünfeld), Marbach Krs. Hünfeld (Blatt 5324 Hünfeld) und Wicker Main-Taunus-Kreis (Blatt 5916 Hochheim a. Main).

Die Arbeiten an einer magnetischen Karte von Hessen 1:300000 wurden weitergeführt.

Naturschutz

Es erfolgten Stellungnahmen zur Unterschutzstellung von geologisch bedeutsamen Objekten in den Kreisen Limburg-Weilburg und Marburg-Biedenkopf.

2. Bodenkunde

Bodenkarte 1:25000

Blatt-Nr. und -Name	Ausgeführte Arbeit	Im Berichtsjahr aufgenommene Fläche in km ²
4523 Münden	Feldaufnahme	80
4821 Fritzlar	Feldaufnahme	60
5619 Staden	Feldaufnahme	102
5716 Oberreifenberg	Feldaufnahme	26
5717 Bad Homburg v. d.Höhe	Feldaufnahme	68
5814 Bad Schwalbach	Feldaufnahme	12
5816 Königstein i. Taunus	Herausgabe	
5817 Frankfurt am Main-West	Arbeit zur Herausgabe	
5818 Frankfurt am Main-Ost	Arbeiten unterbrochen	

Insgesamt wurden 348 km² bodenkundlich aufgenommen.

Herausgegeben wurde das Blatt der Bodenkarte 1:25000 mit Erläuterungen

5816 Königstein i. Taunus.

Es wurden 6 Gutachten erstattet bzw. Beiträge zu Gutachten geliefert. Dabei handelt es sich um 2 Gutachten zur Beeinträchtigung landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Grundwasserentnahmen, 2 Gutachten zur Beurteilung von Weinbauflächen, 1 Gutachten zur Umweltsicherung in der Umgebung eines Kernreaktors und 1 Gutachten über das Alter einer Grabstätte.

Das Hessische Landesamt für Bodenforschung wurde von Wissenschaftlern aus Israel, den Niederlanden und Polen besucht, die die Methodik bodenkundlicher Arbeiten in Hessen kennenlernen wollten.

3. Lagerstätten

Eisen- und Manganerze

Die geologischen Lagerstättenaufnahmen für die Erläuterungsabschnitte des in Arbeit befindlichen Blattes 5216 Oberscheld wurden mit Betriebseinstellung des letzten Roteisenstein-Bergwerkes der Dillmulde beendet. Die Auswertung dieser Aufnahmen und die Zusammenstellung von Farbfotos zur Dokumentation über die Eisenerzlagerstätten des „Lahn-Dill-Typs“ im Dillgebiet wurden fortgesetzt. Daneben erfolgten laufende Beratungen im Rahmen eines Forschungsvorhabens, das den Wechselbeziehungen zwischen dem Erz, dem magmatischen und sedimentären Nebengestein sowie dem Ablauf der Erzgenese gewidmet ist. Dem Entgegenkommen der im Lahngebiet noch Roteisenerz abbauenden Firma war es zu danken, daß verschiedentlich in- und ausländische Kollegen (z. T. Universitätsinstitute mit Studenten) die Lagerstätte befahren und die Erze mit ihrem Nebengestein unter dem Gesichtspunkt der Lagerstättenbildung betrachten konnten.

NE-Metallerze

Die in Hessen begonnene geochemische Übersichtsprospektion im Lahn-Gebiet zwischen dem Aar- und dem Weiltal sowie im Dill-Gebiet zwischen dem Dill- und dem Salzbödetal wurde im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Geochemie“ fortgesetzt und auf das Gebiet von Korbach ausgedehnt. Das Hessische Landesamt für Bodenforschung hat bei der Vorbereitung, Planung, Beratung und Auswertung dieser Arbeiten, die durch Meßtrupps des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgaben vorgenommen werden, entscheidenden Anteil. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen werden an einigen Schwerpunkten Spezial-Untersuchungen erforderlich. Die in anderen Teilen des Rheinischen Schiefergebirges laufenden Arbeiten einer Arbeitsgruppe von mehreren Industriefirmen und der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, zur „Lagerstätten-erkundung im Rhenoharzynikum“ wurden für die hessischen Gebietsanteile durch das Hessische Landesamt für Bodenforschung beraten und unterstützt.

Bei dem Forschungsvorhaben „Mikrobielle Kupferschieferlaugung“ seitens der Bundesanstalt für Bodenforschung wurden die Beratungen des Landesamtes fortgesetzt.

Im Rahmen eines neuen Programms zur Untersuchung der Au-Cu-Se-Lagerstätte am Eisenberg bei Goldhausen (Krs. Waldeck-Frankenberg) wurde mit der geologischen Aufnahme von Schürf- und Aufwältigungsarbeiten und mit der Probenahme begonnen.

Lagerstättenkundliche Untersuchungen anhand von Luftbildern wurden im Rhein-Main-Gebiet und im nördlichen Odenwald vorgenommen.

Uran

Das im Vorjahr entdeckte Pechblende-Vorkommen von Mackenheim (Bl. 6418 Weinheim) bot Anlaß, eine neue geologisch-geochemische Vorstellung über das Auftreten von Uran in Hessen zu entwickeln und in einem Uran-Memorandum ein Programm für eine erneute Prospektion auf Uran- und Thoriumerze in Hessen darzulegen. An dem vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Forschungsvorhaben „Uranprospektion im hessischen Teil des Odenwaldes“ sind das Landesamt für Bodenforschung und ein Bergbauunternehmen gemeinsam beteiligt. Bei den mit Nachdruck betriebenen Arbeiten fanden sich zusätzlich neue Erzazneichen.

Steinkohle, Braunkohle, Ölschiefer

Im Zusammenhang mit der Frage nach den Ölschiefer-Vorräten in der BRD wurden in der Umgebung des stillgelegten Ölschiefer-Tagebaues von Messel bei Darmstadt (Bl. 6018 Langen und 6118 Darmstadt-Ost) zwei Stellen angegeben, wo Auftreten von Ölschiefer denkbar ist. Bohrpunkte zur Untersuchung dieser Möglichkeit wurden vorgeschlagen.

Ein Gutachten behandelt die Frage etwaiger Steinkohlevorkommen im hessischen Teil der Saar-Nahe-Senke.

Kali und Erdöl

Auf dem Gebiet dieser Lagerstätten laufen z.Zt. seitens des Landesamtes keine montangeologischen Untersuchungen.

Steine und Erden

Die bereits seit 1973 nach einem „Programm zur Untersuchung der Lagerstätten der Steine und Erden in Hessen“ laufenden Arbeiten wurden fortgesetzt, und Karten der oberflächennahen Lagerstätten im Maßstab 1:100000 mit zugehörigen Erläuterungstexten für die Bereiche aller 6 Regionalen Planungsgemeinschaften vorgelegt. Nach diesen Unterlagen konnten die Planungsgemeinschaften bei dem Einordnen der Lagerstättengewinnungsgebiete nach Prioritäten beraten und Stellung zu den Entwürfen 1974 der Raumordnungsgutachten sowie zu den regionalen Raumordnungsplänen der Planungsgemeinschaften in Hessen genommen werden. Fehlende Aufschlüsse erlaubten dabei in einigen Gebieten zunächst nur eine verallgemeinerte Kartendarstellung von möglicherweise vorhandenen, aufgrund geologischer Gegebenheiten vermuteten, u.U. wirtschaftlich wichtigen Steine-und-Erden-Lagerstätten. Daher wurde ein mehrstufiges Bohrprogramm aufgestellt, um an bestimmten Schwerpunkten durch Untersuchungsbohrungen die geologisch-lagerstättenkundlichen Unterlagen zu ergänzen. Im Auftrag des Landesamtes wurden im Jahre 1974 vorerst 54 Bohrungen mit 1377 Bohrmetern niedergebracht und die Untersuchung der Bohrspalten und Auswertung der Ergebnisse begonnen.

Neben kleineren Beratungen wurden 3 Gutachten und 3 Stellungnahmen über Ölschiefer-, Tonschiefer-, Kalkstein- und Basaltvorkommen abgegeben.

4. Petrologie/Geochemie

Erläuterungsbeiträge zur Petrologie der Gesteine auf den zur Herausgabe vorgesehenen Blättern wurden abgefaßt. Daneben wurden zahlreiche Gesteinsproben aus Wasser- und Baugrundbohrungen auf den Blättern 5319 Londorf, 5620 Ortenberg, 5621 Wenings, 5622 Steinau und 5623 Schlüchtern für die petrographische Bearbeitung ausgewählt. Die Untersuchungen an Gesteinen aus den beiden Forschungsbohrungen auf dem hohen Vogelsberg (Bl. 5421 Ulrichstein) dauerten an. Außerdem wurden Proben dieser beiden Bohrungen und von besonders geeigneten Gesteinsvorkommen der Blätter 5319 Londorf und 5721 Gelnhausen ausgesucht und petrographisch bearbeitet, um die Bestimmung des K/Ar-Modellalters dieser Gesteine bei der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover vorzubereiten.

Gesteins- und Erzproben der Blätter 4718 Goddelsheim, 4719 Korbach, 4920 Armsfeld, 4922 Homberg (Bez. Kassel), 4925 Sontra, 5318 Allendorf a. d. Lumda, 5518 Butzbach, 5620 Ortenberg, 5915 Wiesbaden, 6018 Langen, 6118 Darmstadt-Ost, 6417 Mannheim-Nordost und 6418 Weinheim wurden erzmikroskopisch untersucht und an einer Reihe dieser Proben quantitative Bestimmungen einiger Elemente mittels Röntgenfluoreszenz durchgeführt. Mehrere Hundert Analysen von Basalten aus Hessen wurden ausgewertet, um eine einheitliche Klassifikation und Nomenklatur als Grundlage petrologischer Untersuchungen für die geologische Karte und für die Datenverarbeitung zu bekommen. EDV-Arbeiten galten Programmverbesserungen zur Berechnung der RITTMANN-Norm und zur quantitativen Uran-Bestimmung sowie der Umstellung von vorhandenen Rechenprogrammen auf die Anlagen der HZD.

5. Chemisches Laboratorium

Für die bodenkundliche Landesaufnahme wurde in 282 Bodenproben die Kornverteilung bestimmt; außerdem wurden 117 Böden chemisch auf 1—2, weitere 148 Böden auf 12—18 Bestandteile analysiert. 31 Gesteinsanalysen mit 15—16 Komponenten wurden für die petrographischen Untersuchungen zur geologischen Kartierung angefertigt. 37 Gesteinsproben wurden z.T. auf Uran, Schwermetalle, Arsen, Chlorid, Sulfat, Bor und Kohlenstoff untersucht. 221 Wasserproben wurden auf durchschnittlich 10 Bestandteile analysiert.

6. Hydrogeologie

Ein Rückgang der Gutachten (242) und gutachtenartigen Schreiben (147) um 12,8% von 446 im Jahre 1973 auf 389 im Jahre 1974 ist zu verzeichnen. Bedeutung für den quantitativen Rückgang bei der Beratungstätigkeit dürfte neben der Gemeinde-reform auch Kürzungen im Investitionsbereich und Änderungen von Planungszielen (größere Zeiträume, neue Daten über Bevölkerungs- und Bedarfsentwicklung) zu kommen.

Wissenschaftliche Tätigkeit

Für die zur Herausgabe vorgesehenen Blätter wurden hydrogeologische Feldkartierungen ausgeführt und Erläuterungsbeiträge geliefert.

Zur Internationalen Hydrogeologischen Karte von Europa i. M. 1:1,5 Mio., Bl. C 4 (Berlin), wurde der hessische Kartenanteil überarbeitet und der Erläuterungsanteil für das Gebiet des Landes Hessen erstellt.

Für das Untersuchungsprogramm der 3 aneinandergrenzenden Bundesländer „Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Rhein-Neckar-Raum“ wurden die Arbeiten zwischen den Geologischen und Gewässerkundlichen Diensten der Länder Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz abgestimmt. Für den hessischen Anteil des Untersuchungsgebietes wurden Unterlagen ausgewertet und Arbeitskarten i. M. 1:50000 der „Deckschichtenkarte“, der „Karte der Grundwassersohlfäche“ und der „Karte der Gesamthärte und Bereiche mit erhöhten Stoffgehalten im Grundwasser“ erstellt.

Die wissenschaftliche Auswertung eines Großpumpversuches im Erschließungsgebiet Gründau-Breitenborn des Wasserverbandes Kinzig wurde begonnen.

Luftbildgeologische Auswertungen nach hydrogeologischen Gesichtspunkten erfolgten in den Untersuchungsgebieten Reinhardswald, Bad Wildungen, Hünfelden/Untertaunuskreis, Büdingen, Seemenbachtal und Spessart. Für Erschließungsarbeiten im Jossa- und Kinziggebiet wurden Multispektralaufnahmen ausgewertet.

Über die Forschungsergebnisse auf dem Gebiet des unterirdischen Wassers während der Jahre 1968–1974 wurde für die Kommission für unterirdisches Wasser der Sektion Hydrologie der Deutschen Union für Geodäsie und Geophysik ein Landesbericht gefertigt.

An der Ausarbeitung von Stellungnahmen zu den Raumordnungsberichten, -gutachten und -plänen der Regionalen Planungsgemeinschaften in Hessen wurde mitgewirkt.

Für das Forschungsprogramm „Auswirkungen von Müll, insbesondere Industrie-müll auf das Grundwasser“ wurde die Auswertung der Untersuchungsergebnisse fortgesetzt. Die Arbeiten am Untersuchungsprogramm „Einfluß von Straßen auf das unterirdische Wasser“ wurden mit der Entnahme von Wasserproben fortgeführt.

Am Forschungsprojekt „Wasserwerk Schierstein“ des Ausschusses „Wasserversorgung und Uferfiltrat“ des Bundesministers des Innern wurde mitgearbeitet.

Ein Angehöriger des Landesamtes wurde in den Arbeitskreis „Bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten“ der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen E.V. berufen, desgleichen in den DVGW/LAWA-Ausschuß „Notstandswasserversorgung“.

Gutachtliche Tätigkeit

Die sachliche und gebietliche Verteilung der Gutachten ist nachfolgend aufgeführt. Bei der gebietlichen Verteilung wurden die seit 1. 7. 1974 geltenden Bezeichnungen der Kreise und Großgemeinden verwendet.

Sachliche Verteilung

	Gutachten
1. Wassererschließungen	
a) Zentrale Wasserversorgung	50
b) Aus- und Neusiedler	2
c) Dienstgehöfte und Gewerbe	1
d) Notversorgung, Luftschutz-, Militäranlagen, Bahn, Post	4
e) Sonstiges	3
2. Beurteilung vorhandener Wassergewinnungsanlagen	2
3. Wasserschutzgebiete	44
4. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in qualitativer Hinsicht	
a) durch Lagerflüssigkeiten	11
b) durch Müllablagerungen	15
c) anderer Art	46
5. Abwasserversenkung, Gasspeicher	1
6. Erlaubnisse, Bewilligungen und Genehmigungen zum Bau oder Betrieb von Wassergewinnungsanlagen	3
7. Beurteilung grundwassergefährdender Einrichtungen und Maßnahmen in quantitativer Hinsicht	5
8. Beurteilung von Grundwasserständen und Grundwasserstandsänderungen	1
9. Heil- und Mineralquellen	
a) Erschließungen	2
b) Schutzgebiete	3
10. Ausnahmegenehmigungen in Schutzgebieten	
a) Heilquellen	16
b) Trinkwasser	1
11. Talsperren, Rückhaltebecken und Staustufen	0
12. Untersuchung größerer Gebiete, Rahmen-, Sonder-, Generalpläne	3
13. Landwirtschaftlicher Wasserbau, Dränung, Bewässerung	2
14. Vernässung, Wasserhaltung oder Bauwerkswasserfragen im Zusammenhang mit	
a) Friedhöfen	26
b) anderen Objekten	1
	242

Gebietliche Verteilung

Regierungsbezirk Darmstadt

Überregionale Gebiete (2)

Bergstraße (5): Bensheim, Einhausen, Lautertal (2), Fa. RWE Biblis

Darmstadt-Stadt (3): Darmstadt (2), Fa. E. Merck

Darmstadt-Land (6): Beregnungs- und Bodenverband Gräfenhausen, Langen, Messel, Neutsch, Seeheim (2)

Dieburg (7): Babenhausen, Fischbachtal, Otzberg, Schaafheim (2), Wasserverband Gruppenwasserwerk Dieburg (2)

Dill (5): Breitscheid, Eschenburg (2), Fellerdilln, Herborn

Frankfurt am Main (8)

Gießen-Stadt (3): Gießen (2)

Gießen-Land (10): Arnsburg, Großen-Buseck, Hungen (2), Inheiden, Lollar, Reiskirchen (2), Staufenberg, Villingen

Groß-Gerau (9): Biebesheim, Bischofsheim, Groß-Gerau (2), Raunheim, Rüsselsheim (3), Walldorf

Hochtaunus (9): Bad Homburg v. d. Höhe, Friedrichsdorf, Glashütten, Königstein (2), Oberursel, Schmitten, Weilrod (2)

Limburg-Weilburg (12): Brechen, Camberg, Elz, Hadamar, Hünfelden (2), Limburg (2), Löhnberg, Selters, Weilburg, Weilmünster

Main-Kinzig (19): Bad Orb, Bad Soden-Salmünster (2), Bruchköbel, Erlensee, Gelnhausen, Großkrotzenburg, Hanau, Maintal (2), Rodenbach, Ronneburg, Schlüchtern, Steinau (4), Wasserverband Kinzig, Kreisgebiet
 Main-Taunus (9): Bad Soden (Taunus), Bremthal (2), Fischbach, Kriftel, Liederbach, Niedernhausen, Rossert, Schwalbach
 Odenwald (4): Breuberg, Erbach, Lützelbach, Reichelsheim
 Offenbach-Stadt (-)
 Offenbach-Land (3): Heusenstamm, Mainfingen, Zellhausen
 Rheingau (2): Eltville, Rauenthal
 Untertaunus (7): Bad Schwalbach, Heidenrod (2), Hünstetten, Idstein, Taunusstein (2)
 Vogelsberg (15): Alsfeld (2), Freiensteinau, Herbstein (2), Grebenhain, Kirtorf, Lautertal (2), Schlitz (2), Schotten, Schwalmtal (2), Ulrichstein
 Wetterau (29): Bad Nauheim (6), Bad Vilbel (5), Büdingen, Butzbach (2), Echzell (3), Friedberg (2), Gedern, Nidda (4), Niddatal, Oberhessische Versorgungsbetriebe AG (2), Reichelsheim, Rosbach v. d. Höhe
 Wetzlar (5): Hüttenberg, Lützellinden, Schöffengrund, Wetzlar, Kreisgebiet
 Wiesbaden (2)

Regierungsbezirk Kassel

Überregionale Gebiete (2)

Fulda (8): Fulda, Hilders, Hünfeld, Neuhof (2), Petersberg, Zweckverband Gruppenwasserwerk Vorderrhön, Kreisgebiet

Hersfeld-Rotenburg (5): Bad Hersfeld, Ludwigsau, Ronshausen, Rotenburg, Schenkklengsfeld

Kassel-Stadt (1)

Kassel-Land (8): Hofgeismar, Lohfelden, Niestetal (2), Oberweser u. Wahlsburg, Reinhardshagen, Trendelburg, Kreisgebiet

Marburg-Biedenkopf (13): Angelburg (2), Biedenkopf (2), Dautphetal, Kirchhain (2), Lahntal, Marburg (3), Stadt Allendorf, Wohratal

Schwalm-Eder (15): Gilserberg, Gudensberg (2), Knüllwald, Körle, Neukirchen, Schwalmstadt (2), Wasserverband Gruppenwasserwerk Fritzlar-Homburg (3), Zwesten (2), Kreisgebiet (2)

Waldeck-Frankenberg (11): Bad Wildungen (4), Battenberg (2), Frankenberg (2), Haina (Kloster), Hatzfeld, Kreisgebiet

Werra-Meißner (5): Hessisch-Lichtenau (2), Ringgau, Wehretal, Witzenhausen

Die Beratungstätigkeit auf dem Sachgebiet Wassererschließung hat im Berichtsjahr 1974 mit 62 Gutachten (davon 2 für Mineralwasser) und 35 gutachtenartigen Schreiben (Gesamtzahl 97) den Vorjahresstand gehalten (67 Gutachten, 27 Schreiben, Gesamtzahl 94). Schwerpunkte der Untersuchung neuer Grundwassererschließungsmöglichkeiten lagen im Reinhardswald, im Vogelsberg, an seinem Südrande im Seemenbachtal und im Kinzig- und Jossagebiet. Grundsatzuntersuchungen zur Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried wurden unterstützt.

Das Hessische Staatsbad Bad Hersfeld wurde beim Ansatz einer Ersatzbohrung für den Lullusbrunnen beraten.

In 31 gutachtlich vorgeschlagenen und bei der Niederbringung überwachten Wasserbohrungen wurde mit 645 l/s gewinnbaren Grundwassers fast die doppelte Menge des Vorjahres (366 l/s) erschlossen.

Die Gutachtengruppe „Schutz und Reinhaltung des Grundwassers und Untergrundes“ (Punkte 3, 4, 7, 9b und 10 der sachlichen Verteilung) brachte mit nur 141 Gutachten gegenüber 183 im Vorjahr den stärksten Rückgang; jedoch entsprechen

die gutachtenartigen Schreiben dem Vorjahresstand. Der Gesamtrückgang von 42 Gutachten geht dabei vor allem zu Lasten der Gutachten zur Einrichtung von Trinkwasserschutzgebieten, von denen 35 weniger erstattet wurden. Eine Erklärung dafür dürfte in der Festsetzung zahlreicher Trinkwasserschutzgebiete für wichtige Wassergewinnungsanlagen während der letzten Jahre zu sehen sein, so daß jetzt eine Hinwendung zu anderen dringlichen Aufgaben erfolgte.

Innerhalb dieses Sachgebietes erforderte die Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse an der Industriemülldeponie Offheim besonderen Aufwand. Die vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen zur Verhinderung von Grundwasserverunreinigungen wurden auch in Besprechungen und Pressekonferenzen des Hessischen Ministers für Landwirtschaft und Umwelt und des Hessischen Ministers für Wirtschaft und Technik erläutert.

Besprechungen und Verhandlungen wurden zur Verwendungsmöglichkeit der Ölschiefergrube Messel als Mülldeponie und zur Einrichtung von Sonderdeponien in Nordhessen und Mainfingen geführt.

Die letzte Gruppe von 42 Gutachten umfaßt vor allem Bauwerkswasserfragen, wobei 26 Gutachten zur Anlage oder Erweiterung von Friedhöfen den Hauptteil bilden. Für eine noch nicht abgeschlossene Untersuchung zur Anlage von Hochdruck-Gaskavernenspeichern im Werra-Salinar wurden umfangreiche Vorarbeiten geleistet. Weitere Besprechungen behandelten die Möglichkeiten zur Exploration von Porenspeichern für die Main-Gaswerke, Frankfurt am Main, und die Möglichkeit zur Speicherung von Heißwasser aus Kernkraftwerken im Untergrund. Außerdem wurden zu den in Aussicht stehenden Verhandlungen zwischen der Bundesrepublik und der DDR über eine Regelung der Kaliabwassereinleitung in Werra und Ulster sowie die Kaliabwasserversenkung in den Untergrund Besprechungen im Hessischen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt und im Bundesinnenministerium geführt.

Die Kaliabwasserversenkung im Raum Kleinensee-Hönebach und Philippsthal des hessischen Werra-Kalireviers wurde laufend überwacht.

Verfolg von Bohrungen

Im Berichtsjahr 1974 wurden 594 Bohrungen verfolgt. Die verfolgten Bohrungen dienten vor allem der Grundwassererschließung, daneben der Einrichtung von Grundwasserstandsmeßstellen, z.T. auch der Untersuchung des Baugrundes oder von Braunkohlenlagern. Schichtenverzeichnisse von 444 Bohrungen wurden in das Archiv gegeben.

7. Ingenieurgeologie

Im Berichtszeitraum sind (in Klammern Vergleichszahlen der Jahre 1973/1972/1971)

275 Gutachten (279/238/307)

65 Berichte und Stellungnahmen mit gutachtlichem Aussagewert (82/44/94)

490 Stellungnahmen zu Bauleitplänen nach dem BBauG (448/425/460) und

17 Stellungnahmen an Regionale Planungsgemeinschaften

erstattet bzw. abgegeben worden.

Die Zahl der Gutachten verteilt sich wie folgt:

- 25 Behördenbauten (29/17/45)
- 9 Universitäts- und Hochschulbauvorhaben (6/17/12)
- 16 Bauvorhaben für die Bundeswehr (9/19/18)
- 11 Bauvorhaben nach dem RSG, FBG und der WVVO (6/10/7)
- 34 Kommunale Bauvorhaben, Schulen, Krankenhäuser (29/28/32)
- 32 Allgemeine Straßenbauvorhaben (4/22/39)
- 17 Gutachten für BAB-Teilstrecken (13/13/10)
- 102 Gutachten für Brückenbauwerke (98/50/112)
- 19 Gutachten für Talsperren und Rückhaltebecken (29/18/20)
- 0 Gutachten für Felsbauvorhaben unter und über Tage (3/3/1)
- 1 Rutschungen und Erdfälle (2/6/1)
- 5 Gutachten für Eignung von Industriegelände (52/29/8)
- 7 Sonstige Gutachten (0/7/2).

Für Baumaßnahmen der Straßenbauverwaltung sind 151 Gutachten erstattet worden, d. s. rd. 55% (41/36/53). Hinzu kommt die ständige ingenieurgeologische Betreuung folgender Neubaustrecken:

- A 49 Kassel—Marburg, Abschnitt Holzhausen—Fritzlar
- A 74 Wetzlar—Reiskirchen, Abschnitt Lahntal—B 3—Großen-Buseck
- A 45 Gießen—Stuttgart, Gambach—Kinzigtal.

Soweit die gutachtliche Tätigkeit es zuließ, wurde die angewandte Forschung über bei der Gutachtentätigkeit anfallende Probleme intensiviert. Die Ergebnisse kommen in den Vorträgen und Veröffentlichungen der Mitarbeiter zum Ausdruck.

8. Bibliothek

Der Zuwachs im Jahre 1974 betrug 3538 Einheiten. Davon entfallen 3036 auf Bände und 502 auf Karten. Die Anzahl der Tauschpartner hat sich von 558 auf 569 erhöht. Ausgeliehen wurden im Berichtszeitraum 4662 Bände und 234 Karten.

9. Vertriebsstelle

Aus der Vertriebsstelle wurden verkauft:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 917 Geologische Karten 1:25 000 | 849 Übersichtskarten |
| 157 Bodenkarten 1:25 000 | 957 sonstige Veröffentlichungen. |

10. Archive, Datendokumentation

Der Zuwachs betrug im Jahre 1974 insgesamt 5301 Stück (879 Gutachten und Schreiben mit gutachtlichem Aussagewert sowie Analysen, 2109 Schichtenverzeichnisse von Bohrungen und Sondierungen, 2274 Wasseranalysen, 5 Diplomarbeiten und 34 Anordnungstexte zur Festsetzung von Wasserschutzgebieten). — Ausgeliehen und wieder vereinnahmt wurden 1828 Stück.

In Zusammenarbeit mit der HZD, Wiesbaden, und mit verschiedenen Arbeitsgemeinschaften und Ausschüssen wurde die Datenerfassung und Dokumentation von Archivmaterial, vor allem in den Bereichen Hydrogeologie und Ingenieurgeologie, weiter vorangetrieben.

11. Schriftleitung und Kartendruck

Im Jahre 1974 sind folgende Schriften und Karten veröffentlicht worden:

- Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden:
- Band 102, 355 S., 76 Abb., 14 Tab., 13 Taf.

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung:

Heft 69, WALTER, H.: Hydrogeologie und Wasserhaushalt im oberen Horlofftal (westlicher Vogelsberg). 104 S., 13 Abb., 17 Tab., 2 Taf.

Heft 70, AZIMI, HILALI, HUSCHMAND, KRÜGER, PICKEL, SCHARPFF, SCHEWE, WAGNER: Beiträge zur Hydrogeologie von Hessen. 198 S., 60 Abb., 37 Tab., 2 Taf.

Geologische Karte von Hessen 1:25000:

Blatt 5024 Rotenburg a. d. Fulda und Erläuterungen, 2., neu bearbeitete Aufl., 186 S., 19 Abb., 20 Tab., 1 Beibl.

Blatt 6016 Groß-Gerau und Erläuterungen, 2., ergänzte Aufl., 202 S., 13 Abb., 5 Tab., 3 Taf., 1 Beibl.

Bodenkarte von Hessen 1:25000:

Blatt 5816 Königstein i. Taunus und Erläuterungen, 113 S., 18 Tab., 18 Prof.

Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:1000000, 2. Aufl.

Bodenforschung in Hessen. Herausgegeben vom Hessischen Minister für Wirtschaft und Technik. 44 S., 44 Abb., 1 Tab., 2 Ktn.

Hochschultätigkeit

Regierungsdirektor Dr. BARGON

als Lehrbeauftragter an der Technischen Hochschule Darmstadt
(Bodenkunde)

Oberregierungsrat Dr. BERNHARD

als Lehrbeauftragter an der Gesamthochschule Kassel
(Geologie für Bauingenieure)

Regierungsdirektor Prof. Dr. LIPPERT

als Honorarprofessor an der Justus-Liebig-Universität Gießen
(Allgemeine und angewandte Geologie)

Regierungsdirektor Prof. Dr. MEISL

als Honorarprofessor an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.
(Petrologie, Geochemie)

Oberregierungsrat Dipl.-Ing. MÜLLER

als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.
(Baugrundgeologie)

Direktor des Landesamtes für Bodenforschung Prof. Dr. NÖRING

als Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Darmstadt
(Hydrogeologie)

Oberregierungsrat Dr. PAULY

als Lehrbeauftragter an der University of Maryland,
European Division, Heidelberg—Wiesbaden
(Allgemeine und historische Geologie)

Regierungsdirektor Prof. Dr. PRINZ

als Honorarprofessor an der Philipps-Universität Marburg/Lahn
(Ingenieurgeologie)

Regierungsdirektor Dr. RÖSING

als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.
(Stratigraphie der Trias)

Regierungsdirektor Dr. THEWS

als Lehrbeauftragter an der University of Maryland,
European Division, Heidelberg—Wiesbaden
(Physical Geology, Earth History)

Regierungsdirektor Prof. Dr. ZAKOSEK

als apl. Professor an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
(Geologie und Bodenkunde)

Veröffentlichungen von Angehörigen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

- ANDERLE, H.-J. (1974): Block tectonic interrelations between northern Upper Rhine graben and southern Taunus mountains. — Approaches to Taphrogenesis. Ed. J. H. JLLIES & K. FUCHS: 243–253, 1 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart).
- & MEISL, S. (1974): Geologisch-Mineralogische Exkursion in den Südtanunus. — Fortschr. Miner., **51**: 137–156, 2 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.
- BERNHARD, H. (1973): Fossile Einbruchschlote im Muschelkalk Nordhessens. — Proc. Symp. Erdfälle und Bodensenkungen: T2–H1–H4; Hannover.
- BÖKE, E. in BÖKE, E., STURM, G. & ZUBILLER, L. O. (1973): Die Ablagerung von Schlacke und Asche aus kommunalen Müllverbrennungsanlagen im Hinblick auf den Gewässerschutz — Untersuchungsobjekt Deponie Glesberg bei Darmstadt. — Deutsch. gewässerskd. Mitt., Sh. 1973: 55–60; Koblenz.
- DIEDERICH, G. (1974): Referat zu MATTHES, G.: Die Beschaffenheit des Grundwassers. Lehrbuch der Hydrogeologie, Bd. 2. — Zbl. Geol. Paläont., I, 1974, 3/4: 175–177; Stuttgart.
- & FINKENWIRTH, A. (1974): Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 2. Aufl.: 59–86, 1 Abb., 9 Tab.; Wiesbaden.
- FICKEL, W., mit Beiträgen von ASTHALTER, K., THIELICKE, G. & ZAKOSEK, H. (1974): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5816 Königstein i. Taunus, 113 S., 18 Tab., 18 Prof.; Wiesbaden.
- & ZAKOSEK, H. (1974): Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Blatt Nr. 5816 Königstein i. Taunus; Wiesbaden.
- FINKENWIRTH, A. & HOLTZ, S. (1974): Entstehung und Alter des Erdfalles „Seeloch“ bei Bad Hersfeld (Nordhessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 207–214, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1974): s. DIEDERICH, G. & FINKENWIRTH, A.
- GOLWER, A. (1973): Beeinflussung des Grundwassers durch Straßen. — Z. deutsch. geol. Ges., **124**: 435–446, 8 Abb.; Hannover.
- HENTSCHEL, G. (1974): Ein weiteres Vorkommen von skelettförmigen Perowskit-Kristallen. — Aufschluß, **25**: 301–302; Heidelberg.
- (1974): Jarosit im Laacher Bims. — Aufschluß, **25**: 539; Heidelberg.
- (1974): Aufsitzende Rhönit-Kristalle in basaltischen Schlacken. — Aufschluß, **25**: 632–633; Heidelberg.
- HERZBERG, A. (1974): Hessisches Geologisches Schrifttum 1973 mit Nachträgen aus den Jahren 1963–1972. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 322–334; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. (1974): Die Auswertung von Wasseranalysen in der Hydrogeologie. — Zbl. Geol. Paläont., I, 5/6: 305–316; Stuttgart.
- KULICK, J. & RAMBOW, D. (1974): Stratigraphische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen in Schichtfolgen des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins im Nordteil des Kreises Waldeck/Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 229–269, 3 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.
- & LAEMMLEN, M. (1974): Geologische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen am Süd- und Südwesthang des Knüll-Gebirges (Hessen). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 270–295, 3 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- HOLTZ, S. (1974): s. FINKENWIRTH, A. & HOLTZ, S.
- KARSCHNY, A. (1974): Auswahl von Erdbeben, die für das Blattgebiet Groß-Gerau und seine Umgebung von Bedeutung waren. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 2. Aufl.: 91–98, 1 Abb.; Wiesbaden.
- KÜMMERLE, E. (1974): Geologische Ergebnisse neuerer Bohrungen in Frankfurt am Main. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 143–158, 1 Abb., Taf. 10; Wiesbaden.
- KULICK, J. in KULICK, J. & LÜNING, J. (1974): Neue Beobachtungen am Michelsberger Erdwerk in Bergheim, Krs. Waldeck. — Fundber. aus Hessen f. 1972, **12**: 88–96, 8 Taf.; Wiesbaden.

- KULICK, J. (1974): s. HÖLTING, B., KULICK, J. & RAMBOW, D.
- LAEMMLEN, M. (1974): Alt angelegte Züge im Landschaftsbild des Kreises Fulda — ein Beitrag zur Erdgeschichte. — Jb. Landkr. Fulda, 1975: 119—126, 4 Abb.; Fulda.
— (1974): s. HÖLTING, B. & LAEMMLEN, M.
- LIPPERT, H.-J. (1973): Professor Dr. LUTZ HECK zum 80. Geburtstag. — Jb. nass. Ver. Naturk., 102: 5; Wiesbaden.
— (1973): Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahr 1971. — Jb. nass. Ver. Naturk., 102: 211—217; Wiesbaden.
— (1973): Der Nassauische Verein für Naturkunde im Jahr 1972. — Jb. nass. Ver. Naturk., 102: 218—224; Wiesbaden.
- MATHESS, G. (1973): Die Beeinträchtigung der Grundwasserbeschaffenheit durch Müllablagerungen. — In: Gefährdung von Grund- und Oberflächenwässern durch Gifte und Reststoffe aus Abwasser und Ablagerungen, Tagung vom 26. 4.—28. 4. 1972 in Essen. — Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, 10: 511—521; Aachen.
— (1973): Geologische und geohydrologische Probleme bei der Standortwahl von Depo-nien. — Gießener Ber. Umweltschutz, 3: 33—47, 1 Abb.; Gießen.
- MEISL, S. (1974): Neues Pechblende-Vorkommen in Mackenheim/Odenwald. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102: 225—228, 1 Taf.; Wiesbaden.
— (1974): s. ANDERLE, H.-J. & MEISL, S.
— (1974): s. SCHMITT, O., MEISL, S. & STRAUB, E.
- MOTZKA, R. (1974): Geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 2. Aufl.; Wiesbaden.
— mit Beiträgen von DIEDERICH, G., FINKENWIRTH, A., MEISL, S., PLASS, W. & WEN-der, R. (1974): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5024 Rotenburg a. d. Fulda, 2. Aufl., 186 S., 19 Abb., 20 Tab., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- NÖRING, F. (1974): Die Festsetzung von Trinkwasserschutzgebieten und ihre Einteilung in Zonen — die neuen DVGW/LAWA-Richtlinien. — Wasserfachl. Aussprachetagung 1974 vom 27. bis 29. März in Duisburg, Kurzauszüge der Vorträge: 5—6; Eschborn (DVGW).
— (1974): Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1973 (1. 1.—31. 12. 1973). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102: 335—355; Wiesbaden.
— (1974): Das Hessische Landesamt für Bodenforschung in seiner Stellung zu Land und Bund. — Geol. Jb., A 15: 117—122; Hannover.
— (1974): Behandlung der Einleitungen von Abwasser in das Grundwasser. — Abwasserabgabengesetz. — Protokoll einer Anhörung des Bundesministers des Innern am 15. und 16. November 1973: 5—8; Bonn (Bundesminister des Innern) o. J.
— (1974): Protection zones for groundwater catchments. — Internat. Water Supply Assoc., 10. Congress, 19.—22. August 1974, Brighton, Special commission on the pollution and protection of water sources, Subject 3: P 49—P 52; London.
— in LASCHKE, H., BLASIG, W. & NÖRING, F. (1974): Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik informiert: Bodenforschung in Hessen. Aufgaben, Leistungen und Möglichkeiten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. — 44 S., 44 Abb., 1 Tab., 2 Ktn.; Wiesbaden (Hess. Minister für Wirtschaft und Technik).
— (1974): Aktuelle Aufgaben der Balneogeologie in Deutschland. — Heilbad u. Kurort, 26: 328, 330—331; Gütersloh.
— (1974): Erfahrungen bei der Festlegung von Wasserschutz-zonen. — Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern e. V., Landesgruppe Baden-Württemberg, Verband der Gas- und Wasserwerke Baden-Württemberg e. V., Verband kommunaler Unter-nehmen e. V., Landesgruppe Baden-Württemberg, Ber.-H. 4: 17—24, o. O. und o. J. (Stuttgart).
- PRINZ, H. (1974): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25000, Blatt Munder-kingen; Stuttgart.

- PRINZ, H. (1974): in GWINNER, M. P., MAUS, H. J., PRINZ, H., SCHREINER, A., WERNER, J. (1974): Erläuterungen zu Blatt 7723 Munderkingen. — Geol. Kte. Baden-Württ. 1:25000, Erl. Bl. 7723 Munderkingen, 107 S., 8 Abb., 4 Taf.; Stuttgart.
- RAMBOW, D. (1974): s. HÖLTING, B., KULICK, J. & RAMBOW, D.
- REICHMANN, H. (1974): Böden. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 2. Aufl.: 66—73; Wiesbaden.
- SCHARPFF, H.-J. (1974): Verbreitung und Dynamik der mineralwasserbeeinflussten Grundwässer der Wetterau/Hessen. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 70: 103—158, 14 Abb., 8 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- SCHMITT, O. (1974): Zum Verlauf der westlichen Randverwerfung des zentralen Oberrheingrabens zwischen dem Rhein südlich Nackenheim und dem Main bei Rüsselsheim sowie über eine Grundwasserkaskade und Bauschäden im Bereich dieser Störungszone. — Approaches to Taphrogenesis. Ed. J. H. ILLIES & K. FUCHS: 254—260; Stuttgart (Schweizerbart).
- (1974): Die morphologischen, geologischen, bodenkundlichen, hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse im Hinblick auf den Bau von Beregnungsbrunnen südlich des Mains. — In: Information über die Arbeit des Beregnungs- und Bodenverbandes Rhein-Main, 3 S., 5 Ktn.; Darmstadt.
- MEISL, S. & STRAUB, E. (1974): Neue Erkenntnisse zur Geologie auf Blatt Groß-Gerau. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 2. Aufl.: 25—48; Wiesbaden.
- in STEUER, A. †, ergänzt von SCHMITT, O. & SONNE, V. (1974): Geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt 6016 Groß-Gerau, 2. überarbeitete Aufl.; Wiesbaden.
- & STEUER, A. †, mit Beiträgen von ANDERLE, H.-J., KARSCHNY, A., KUTSCHER, F., PRINZ, H., REICHMANN, H., SCHWARZ, E., STRAUB, E., THEWS, J.-D., WENDLER, R. (1974): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 6016, 2., ergänzte Aufl., 202 S., 13 Abb., 5 Tab., 3 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- & THEWS, J.-D. (1974): Hydrogeologie. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 2. Aufl.: 53—65, 3 Abb., 2 Tab., 2 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- SCHRADER, L. (1974): Die Neutronensonde: Methodische Untersuchungen und praktische Anwendung auf Weinbergböden im Rheingau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102: 304—321, 10 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- SCHRICKE, W. (1973): Die Quarz-Feldspat-Verwachsungen in den Pinitporphyren des nordwestlichen Regensburger Waldes. — Geologica Bavarica, 68: 101—126; München.
- (1973): Petrographie der Diabase, S. 72—83; Petrographie der Grauwacken und Ton-schiefer des cd III, S. 120—123; Petrographie des Bröckelschiefers, S. 160—162. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4820 Bad Wildungen; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. in DEPPERMANN, K., REPSOLD, H. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1973): Grundwasserversalzung im Binnenland; Soleaufstiege im Festgestein bei Salzhausen/Hessen (Vogelsberg). — In SCHNEIDER, H.: Die Wassererschließung, 2. neubearbeitete und erweiterte Aufl.: 262—264; Essen (Vulkan-Verlag).
- THEWS, J.-D. (1974): Die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet und Infiltrationsgelände des Wasserwerks Schierstein. — Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein; Wissenschaftl. Ber. über Untersuchungen und Planungen der ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2: 55—63, 4 Abb.; Wiesbaden.
- (1974): Vorwort. — Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 2. Aufl.: 9—10, 1 Abb.; Wiesbaden.
- in MEHLHORN, H. & THEWS, J.-D. (1974): Die Gestalt des Grundwasserleiters im Bereich des Wasserwerkes Wiesbaden-Schierstein. — Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein; Wissenschaftl. Ber. über Untersuchungen und Planungen der ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG, 2: 65—67, 2 Abb.; Wiesbaden.
- in MEHLHORN, H. & THEWS, J.-D. (1974): Bohraufschlüsse im Gebiet des Wasserwerkes Schierstein. — Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein; Wissenschaftl. Ber. über Untersuchungen und Planungen der ESWE Stadtwerke Wiesbaden AG., 2: 191—193, 1 Abb.; Wiesbaden.

- THEWS, J.-D. (1974): s. SCHMITT, O. & THEWS, J.-D.
- THIELICKE, G. in FRESENIUS, W., SCHNEIDER, W. & THIELICKE, G. (1974): Über die komplexometrische (chelatometrische) Bestimmung von Calcium und Magnesium mit elektrometrischer Indikation in Wässern, insbesondere in Heil- und Mineralwässern. — Heilbad u. Kurort, **26**, 10: 378—381; Bonn.
- (1974): s. FICKEL, W.
- WENDLER, R. (1974): Geophysik. — Erl. geol. Kte. Hessen 1: 25 000, Bl. 5024 Rotenburg, 2. Aufl.: 119—133, 9 Abb.; Wiesbaden.
- (1974): Geophysik. — Erl. geol. Kte. Hessen 1: 25 000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 2. Aufl.: 79—86, 4 Abb.; Wiesbaden.
- ZAKOSEK, H. (1974): s. FICKEL, W.
- (1974): s. FICKEL, W. & ZAKOSEK, H.

Wissenschaftliche Vorträge von Angehörigen des Landesamtes

- BARGON, E.: Neue Gesichtspunkte beim Bau eines für Bodenkartierungen geeigneten mechanischen Bohrgerätes. — Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde der geologischen Ämter der BRD in Einbeck, 19. 5. 1974.
- FICKEL, W.: Modelle und Vorschläge von Horizontbezeichnungen an mehreren rezenten Latosolprofilen des tropischen Afrikas. — Tropentagung der DBG in Mainz, 3. u. 4. 10. 1974.
- FRIEDRICH, K.: Felsarbeiten im Straßenbau. — VSVI-Veranstaltung in Weilburg, 10. 12. 1974.
- GRONEMEIER, K.: Neue Aspekte im Umweltschutz für einen potentiellen Trinkwasserspeicher, dargestellt an Ergebnissen hydrogeologischer und hygienischer Forschungen am Ferschweiler Plateau (Trier-Bitburger Mulde). — BDB (Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure e. V.), Bezirksgruppe Trier, in Bitburg/Eifel 19. 4. 1974.
- KAUFMANN, E.: Faltung im Deckgebirge als Abbild der Bruchtektonik im Grundgebirge. — Geol. Inst. Heidelberg, 14. 11. 1974.
- LIPPERT, H.-J.: Über die Bildung nutzbarer Lagerstätten. — Nass. Ver. Naturk., Wiesbaden, 19. 3. 1974.
- Die Lagerstättenkundliche Schausammlung des Museums. — Nass. Ver. Naturk., Wiesbaden, 17. 11. 1974.
- MEISL, S.: Metamorphosebedingungen im Taunus und Soonwald. — Fachbereich Geowissenschaften der Universität Gießen, 30. 1. 1974.
- Verschiedene Typen von Uran-Anreicherungen in Hessen. — Fachgruppe für Mineralogie und Geologie des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Klagenfurt/Österreich, 8. 11. 1974.
- NÖRING, F.: Die Festsetzung von Trinkwasserschutzgebieten und ihre Einteilung in Zonen — die neuen DVGW/LAWA-Richtlinien. — Vortrag anlässlich der 28. Wasserfachl. Aussprachetagung in Duisburg, 27. 3. 1974.
- Würdigung von HERBERT KARRENBERG. — Verabschiedungsfeier Geol. L.-Amt Nordrhein-Westf. in Krefeld, 3. 4. 1974.
- Festrede. — Feier zum 100-jähr. Bestehen der Fa. H. Pettenpohl Brunnenbau GmbH., Wächtersbach, in Bad Soden bei Salmünster, 18. 5. 1974.
- Hydrobalneologische Probleme in einem Industrieland mit zunehmender Untergrundnutzung. — Arbeitsgemeinschaft für naturwissenschaftl. und techn. Grundlagen der Balneologie der Vereinigung für Bäder- und Klimakunde e. V., in Bad Waldliesborn, 24. 5. 1974.
- Protection zones for groundwater catchments. — 10. International Water Supply Congress and Exhibition, Brighton/England, 21. 8. 1974.
- Erfahrungen bei der Festlegung von Wasserschutzzonen. — Gemeinsame Vortragsveranstaltung DVGW, VGW, VKU Baden-Württ., in Reutlingen, 19. 9. 1974.

- NÖRING, F.: Geophysikalische und andere Bohrlochtechniken bei der Wassererschließung. — Jahrestagung des Bundes der Wasser- und Kulturbauingenieure, Landesverband Hessen e. V., 25 Jahre BWK, in Wetzlar, 17. 10. 1974.
- PAULY, E.: Einführung in die Geologie. — Nass. Ver. Naturk., Wiesbaden, 22. u. 29. 1., 19. 2. 1974.
- Geologie des Vortaunus und ihre Bedeutung für die Entwicklung Biebrichs. — VHS-Wiesbaden, 12. 2. 1974.
- Gewinnung oberflächennaher Lagerstätten und die dabei auftretenden Probleme. — Hauptversammlung Fachverband Kies und Sand Sprendlingen, 29. 5. 1974.
- Das Rheinische Schiefergebirge im Vergleich mit der Geologie anderer Landschaften. — VHS-Wiesbaden, 3., 11. und 17. 12. 1974.
- Geologische Streifzüge in Hessen. — Nass. Ver. Naturk., Wiesbaden, 5. 12. 1974.
- PRINZ, H.: Gebäudeschäden in Tonböden infolge Austrocknung. — Baugrundtagung 1974 in Frankfurt/M.-Höchst, 10./11. 9. 1974.
- RAMBOW, D.: Hydrogeologische Gesichtspunkte bei der Einrichtung von Wasserschutzgebieten. — BWK-Fachlehrgang, Kassel, 16. 5. 1974.
- RÖSING, F.: Vergleiche zwischen einigen rezenten Vulkangebieten und tertiären Vulkanrelikten Nordhessens. — Geol. Paläontol. Kolloquium der Universität Berlin, 11. 7. 1974.
- SCHRADER, L.: Die Bedeutung der Neutronenprobe für die Untersuchung des Wasserhaushaltes von Weinbergsböden. — Arbeitstagung des FDW (Forschungsring des Deutschen Weinbaus), 24. 4. 1974.
- ZAKOSEK, H.: Standortuntersuchungen im Weinbau — am Beispiel Rheingau. — Im Rahmen des Geographischen Kolloquiums, Mainz (Joh.-Gutenberg-Univ.), 20. 6. 1974.
- Entstehung und Aufbau der Erde. — Elly-Heuss-Schule, Wiesbaden, 18. 5. 1974.

Personalbestand 31. Dezember 1974

Leiter: Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. FRIEDRICH NÖRING, Direktor des Landesamtes für Bodenforschung

Regierungsdirektoren:

Dipl.-Landw. Dr. agr. ERNST BARGON
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ALFRED FINKENWIRTH
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS KULICK
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS-GÜNTHER KUPFAHL
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED LAEMMLER
 Dipl.-Geol. Prof. Dr. phil. nat. HANS-JOACHIM LIPPERT
 Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. STEFAN MEISL

Dipl.-Geol. Prof. Dr. rer. nat. HELMUT PRINZ
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. ARNOLD RABEN
 Dr. rer. nat. FRANZ RÖSING
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. OTTO SCHMITT
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH THEWS
 Dipl.-Landw. Prof. Dr. agr. HEINRICH ZAKOSEK

Oberregierungsräte:

Dr. rer. nat. HORST BERNHARD
 Dr. rer. nat. ECKHARD BÖKE
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. GISBERT 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. ANNELES HERZBERG
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT HICKETHIER
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. BERNWARD HÖLTING
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. SIEGFRIED HOLTZ

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MANFRED HORN
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. EBERHARD KÜMMERLE
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. RENATE MOTZKA
 Dipl.-Ing. KARL-HANS MÜLLER
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. ERNST PAULY
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. DIETRICH RAMBOW
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. KONRAD REUL
 Dipl.-Geol. Dr. phil. nat. WITIGO STENGEL-RUTKOWSKI
 Dipl.-Chem. GÜNTER THIELICKE
 Dipl.-Geol. RALPH WENDLER

Regierungsräte:

* Dipl.-Geol. HANS-JÜRGEN ANDERLE
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. MARTIN BEURER
 Dr. rer. nat. KUNIBERT FRIEDRICH
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. PETER HELBIG
 * Dr. rer. nat. GERHARD HENTSCHEL

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HELMUT REICHMANN
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS-JÜRGEN SCHARFF
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WILLI SCHRICKE
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. JENS WESTRUP
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. KLAUS WIEGAND

* Regierungsrat z. A.

Wissenschaftliche Angestellte:

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. WALTER BARTH
 Dipl.-Geol. KLAUS GRONEMEIER
 Dipl.-Ing. agr. CHRISTOP HAUPENTHAL
 Dipl.-Geol. EBERHARD KAUFMANN

Dipl.-Landw. Dr. agr. LUDOLF SCHRADER
 Dipl.-Min. GERHARD STRECKER
 Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. HANS TANGERMANN
 Dipl.-Geol. CARL-PETER ZIEHLKE

Bibliothek und Vertriebsstelle:

Bibliothekarin: JOHANNA SCHADWINKEL

ILSE FRÖLICH
GERTRUD GROSSMANNRUTH HEISER-SALZBURG
CHRISTINE KINDSVOGELIRMGARD KÖNIG
LIESELOTTE SCHULTE

Technische Bedienstete:

PAUL ANDOR
LIENHARD BARNETT
OTTO BEINSTEIN
Ing. (grad.) NORBERT BLECK
EDMUND BREMSER
RICHARD BUSCHNER
Ing. (grad.) EWALD CLOEREN
PETER DIEZ
GEORG DOMES
ROLF ETZ
KARL FINK
PETER FUHRMANN
ANTON GLASER
Ing. (grad.) LUDWIG GRÜBERIng. (grad.) WERNFRIED HÜBLER
Ing. (grad.) GERNOT HÜHNER
HANS KLING
GERHARD KNAB
HEINZ LEICK
Ing. (grad.) PETER MOHR
HELMA MÜNCH
ILSE POSUB
NORBERT PREISNER
WILHELM RICHTER
Ing. (grad.) ALBERT ROMSCHINSKI
Ing. (grad.) WINFRIED ROSENBERGER
SUSANNE SALCHER
Ing. (grad.) HANS-HEINRICH SCHMIDTIng. (grad.) RUDI SCHNEIDER
Ing. (grad.) NORBERT SCHOLZ
ECKHARD SCHULZ
MONIKA SCHULZ
Ing. (grad.) ALOIS SEDLATSCHER
OTTO SOHN
Ing. (grad.) WILHELM STICH
Ing. (grad.) OTTO STIEGLER
ERICH STRAUCH
WILHELM TERME
Ing. (grad.) ERWIN THIEL
Ing. (grad.) ROLAND WIEDERER
GERHARD WOELKE
URSULA ZÖLLER

Landkartentechnisches Büro:

Leitung: Techn. Amtsrat JOHANNES MATHEIS

JOSEF BÄUERLEIN
JÜRGEN BARTHOLOMAY
HERBERT BAUER
INGEBORG BRANDT
HERMANN BRENNER
JUTTA VON DZIEGIELEWSKIMONIKA ECKL
ADELHEID FUSS
IRENE HEUSER
RUDOLF HEUSER
KARL HIELSCHER
ANTONIE HOCHERIKA LIESKE
ANNEROSE REHLING
WILHELM SCHIMANSKI
KARIN STOLL
MICHAEL STRYJ
PAUL UHL

Verwaltung:

Leitung: Oberamtsrat HUBERTUS CHRISTIAN

HUBERT GROSSMANN
URSULA MICHACHRISTA MÜLLER
GILDE RÖSSLER

URSULA ROTH

Schreibbüro:

ANGELA BÜSSER-WESTERHOFF
MARLIES FEIX
KATE FLOR
HEIDRUN GEBAUER
URSULA KOPPRENATE KRICK
CHRISTEL KRUTZ
ILSE SCHMITZ
BRIGITTE STEIN GEB. HOYERURSULA STOBER
INGEBORG STRANGFELD
HEIDEMARIE THIEL
EDELTRAUD ZIERZ

Archiv, Registratur, Schriftleitung, Pförtner und Telefon:

ROSEL FISCHER
HARALD GEISTWOLFGANG JUMEAU
ALBERT KARSCHNYROSEMARIE REUBOLD
SIEGFRIED STEIN

Lohnempfänger:

Fahrer FERDINAND FLIESS
Fahrer NORBERT HÖPFNER
Fahrer FRIEDRICH LUDWIG
Fahrer FRITZ MEILINGERFahrer SIEGFRIED WENZKE
Hausmeister HORST HÖHLER
Bohrgehilfe SIEGFRIED BIERBRAUER
Bohrgehilfe GÜNTHER DZUBABohrgehilfe KLAUS-DIETER
GEIS
Bohrgehilfe KONRAD KOZOK
Bohrgehilfe FRITZ KRÜGER
Bohrkernlagerverwalter
WILLI EBEL

Freiwillige Mitarbeiter:

Prof. Dr. OTTO BURRE, Oberregierungsgeologe a. D., Darmstadt, Dieburger Straße 199
Dr. h. c. ERWIN BUSSE, Verwaltungsinspektor i. R., Kassel-Kl., Mittelbinger 6
Prof. Dr. phil. habil. HANS HENTSCHEL, Regierungsdirektor a. D., Wiesbaden, Fontanestraße 2
Dipl.-Geol. Dr. ERWIN SCHENK, Gießen, Professorenweg 6
Prof. Dr. ARNO SEMMEL, Geographisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt a. M.,
Senckenberg-Anlage 36
Dr. MAX TEIKE, Oberregierungsgeologe a. D., Wiesbaden, Drususstraße 29
Prof. Dr. HEINZ TOBIEN, Paläontologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz, Saarstraße 21

Ausgeschieden aus Personalbestand 31. 12. 1973 bis 31. 12. 1974:

JOSEF BÄUERLEIN, EMIL COURTIAL, DORIS SCHIML

FRIEDRICH NÖRING

Tafeln 1—18

Tafel 1—8

Fot.: Taf. 1—4 = G. BECKER, Taf. 5 (Stereoscan Cambridge) = J. TOCHTENHAGEN, Taf. 6—7 und Taf. 8 Fig. 2—4 = H. FUNK, Taf. 8 Fig. 1 = Geologisches Institut Warschau.

Vergr.: Taf. 1—4 stets etwa $\frac{30}{1}$, übrige Taf. s. gesonderte Angaben.

Orientierung der Ossikeln: Lateral-, Proximal- und Distalansichten i.d.R. apicale Fläche oben, bei Oral- und Apicalansichten i.d.R. distales Ende nach oben gerichtet.

Fundpunkte und stratigraphische Einstufungen:

Br 544 = „Basalt-Verladestelle“ Hohenfels, Gerolsteiner Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Ahrdorf-Schichten, Niederehe-Folge.

Br 105 = NE Wilhelmshöhe, Sötenicher Mulde, Eifel; Eifel-Stufe, Junkerberg-Schichten, Rohr-Horizont.

Br 514 = S Weinsheim, Prümer Mulde, Eifel; Givet-Stufe, Dreimühlen-Schichten, Binz-Horizont.

St 2145 = „Steinbreche“ Refrath, Paffrather Mulde, Bergisches Land; Frasn-Stufe, Refrath-Schichten, F 2a.

Aufbewahrungsorte: Forschungs-Institut Senckenberg, Frankfurt am Main (SMF), Institut für Paläontologie Bonn (IPB), Ruhr-Museum Essen (RME) und Geologisches Institut Warschau (GIW).

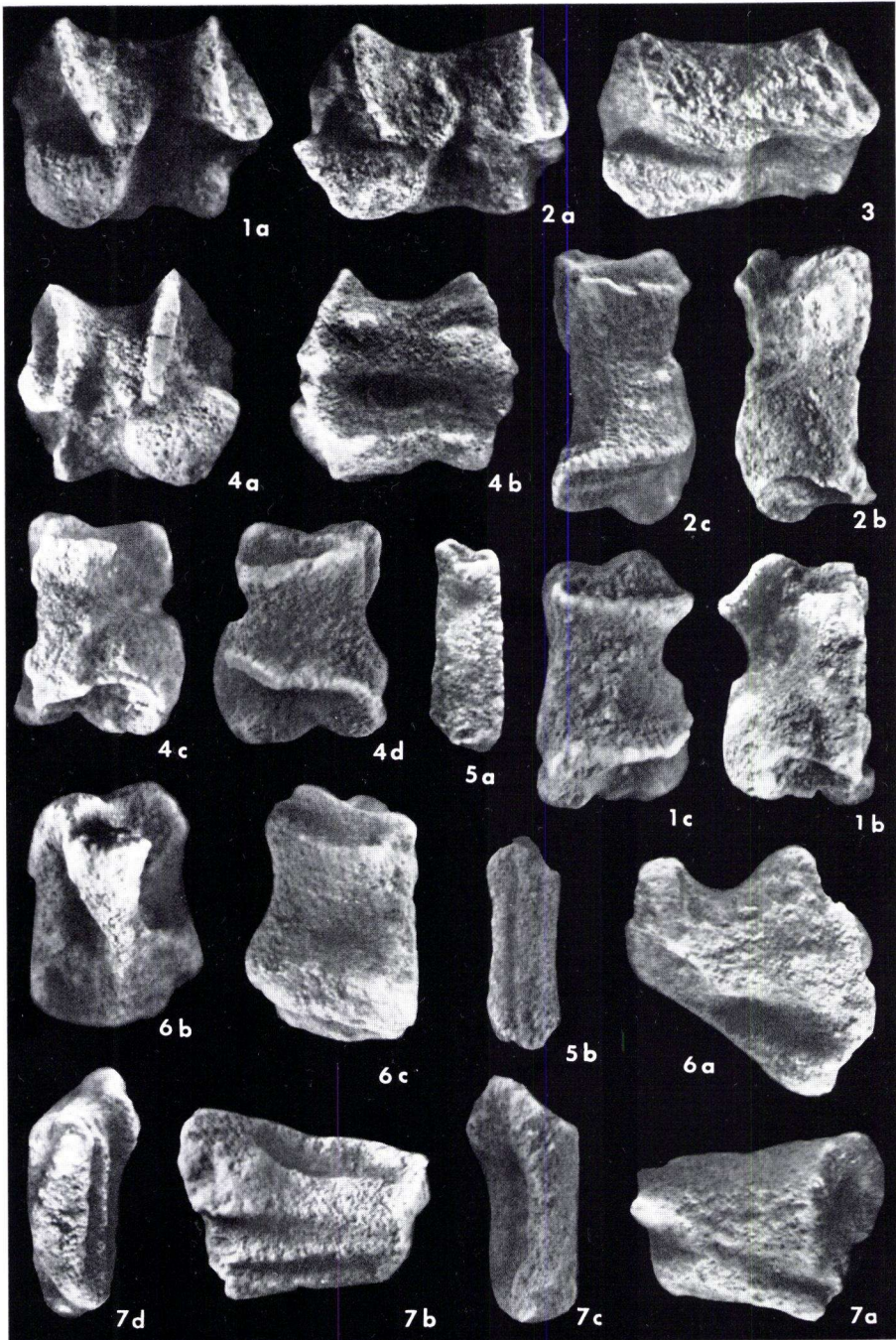
Tafel 1

Ambulacralia, Bautyp 1 (Amb-1):

- Fig. 1. Rechtes Ambulacrale; Br 105/3d, SMF XX 92. — a) lateral, b) oral, c) apical; s. auch Taf. 2 Fig. 1.
- Fig. 2. Rechtes Ambulacrale; Br 105/3d, SMF XX 93. — a) lateral, b) oral, c) apical.
- Fig. 3. Rechtes Ambulacrale; Br 105/4f, SMF XX 115. — lateral.
- Fig. 4. Linkes proximales (?) Ambulacrale; Br 105/1b, SMF XX 81. — a) lateral, b) medial, c) oral, d) apical; s. auch Taf. 2 Fig. 2.
- Fig. 5. Rechtes distales Ambulacrale; Br 105/3d, SMF XX 94 (distale Gelenkfläche nach oben gerichtet). — a) lateral, b) medial.
- Fig. 6. Linkes Ambulacrale, vermutlich aus dem Mundbereich (= „1. Ambulacrale“); Br 105/2b, SMF XX 85. — a) medial, b) oral, c) apical.

Mundeckstücke, Bautyp 1 (ME-1):

- Fig. 7. Rechtes Mundeckstück; Br 105/3d, SMF XX 109. — a) interradial, b) radial, c) apical, d) oral.



Tafel 2

Ambulacralia, Bautyp 1 (Amb-1):

Fig. 1. Rechtes Ambulacrale; Br 105/3d, SMF XX 92. — a) proximal, b) distal; s. auch Taf. 1 Fig. 1.

Fig. 2. Linkes Ambulacrale; Br 105/1b; SMF XX 81. — a) proximal, b) distal; s. auch Taf. 1 Fig. 4.

Lateralplatten (Adambulacralia), Bautyp 1 (Lat-1):

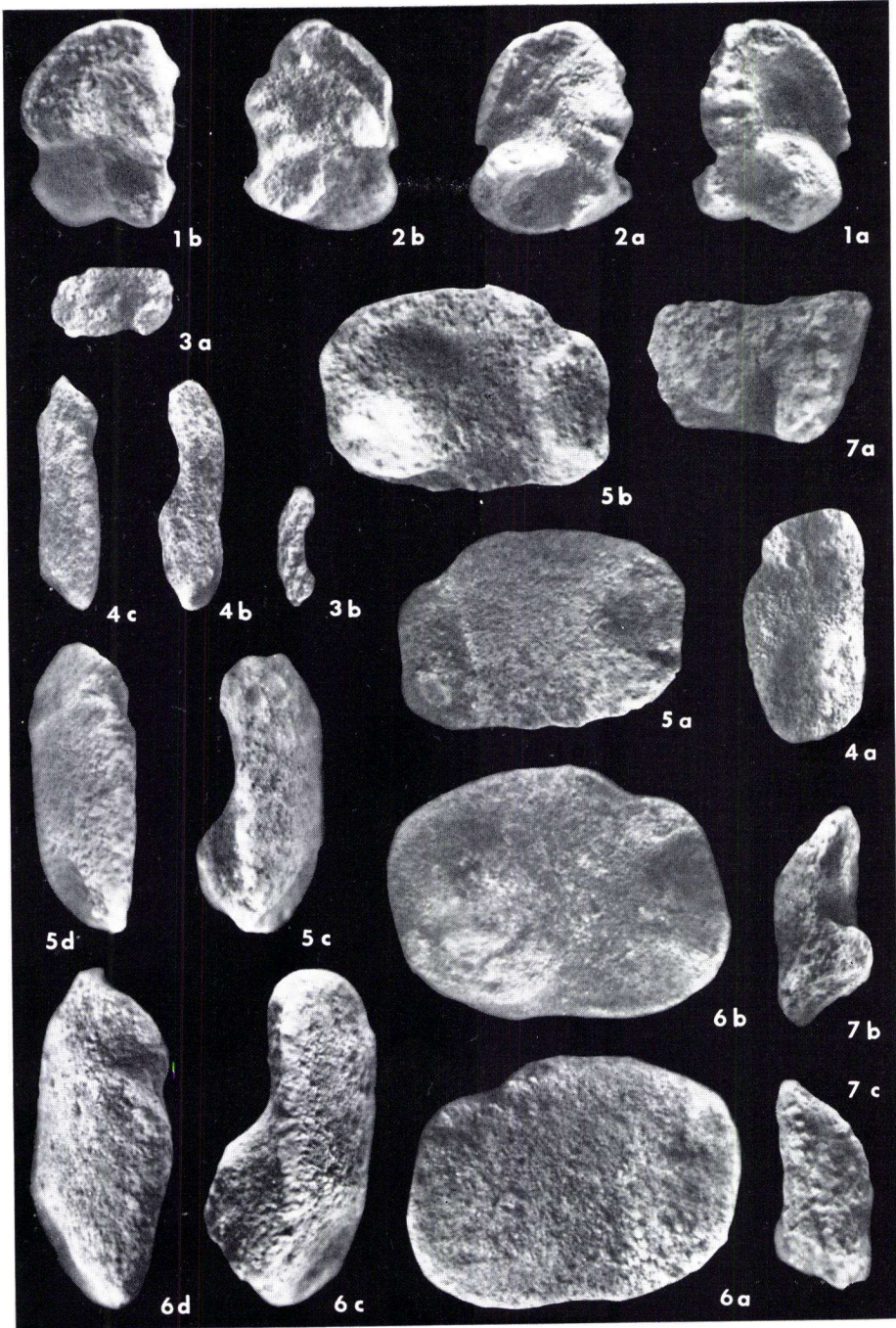
Fig. 3. Rechte Lat-1/Form B; Br 105/3d, SMF XX 96. — a) innen, b) oral.

Fig. 4. Linke Lat-1/Form B; Br 105/3d; SMF XX 97. — a) innen (distaler Rand oben), b) oral, c) apical.

Fig. 5. Linke Lat-1/Form B; Br 105/3d, SMF XX 98. — a) außen, b) innen, c) oral, d) apical.

Fig. 6. Linke Lat-1/Form B; Br 105/3d, SMF XX 99. — a) außen, b) innen, c) oral, d) apical.

Fig. 7. Rechte proximale (?) Lat-1/Form B; Br 105/3d, SMF XX 100. — a) innen, b) oral, c) apical.



Tafel 3

Skelettelemente unsicherer Zugehörigkeit (Sk-dub):

Fig. 1. Sk-dub; Br 105/3d, SMF XX 112. — a) lateral (?), b) medial (?).

Fig. 2. Sk-dub; Br 105/3d, SMF XX 113. — a) lateral (?), b) medial (?).

Lateralplatten (Adambulacralia), Bautyp 1 (Lat-1):

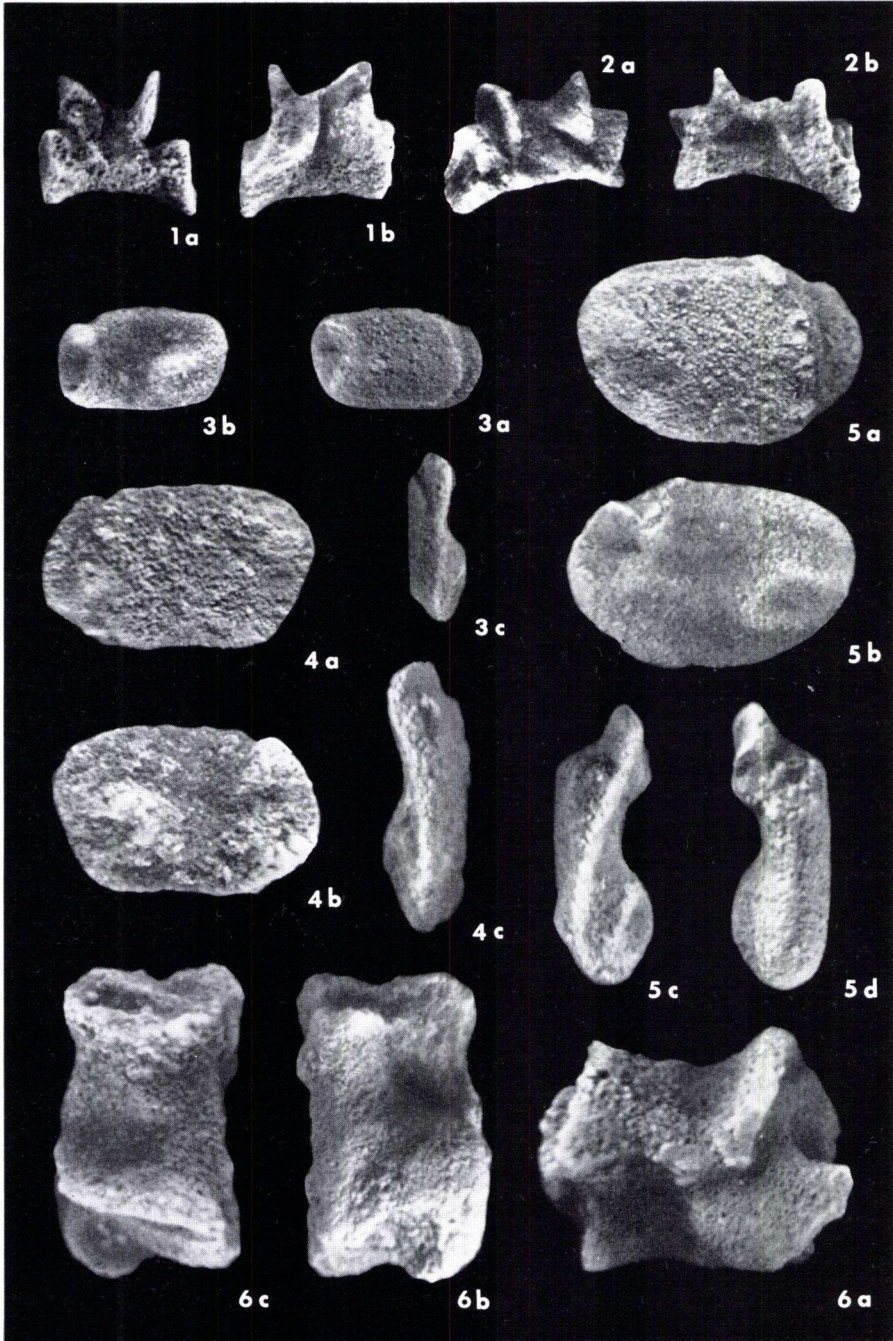
Fig. 3. Rechte Lat-1/Form D; St 2145, SMF XX 153. — a) außen, b) innen, c) oral.

Fig. 4. Linke Lat-1/Form C; Br 514, SMF XX 136. — a) außen, b) innen, c) oral.

Fig. 5. Rechte Lat-1/Form A; Br 544, SMF XX 77. — a) außen, b) innen, c) oral, d) apical.

Ambulacralia, Bautyp 1 (Amb-1):

Fig. 6. Linkes Ambulacrale; Br 514, SMF XX 134. — a) lateral, b) oral, c) apical.



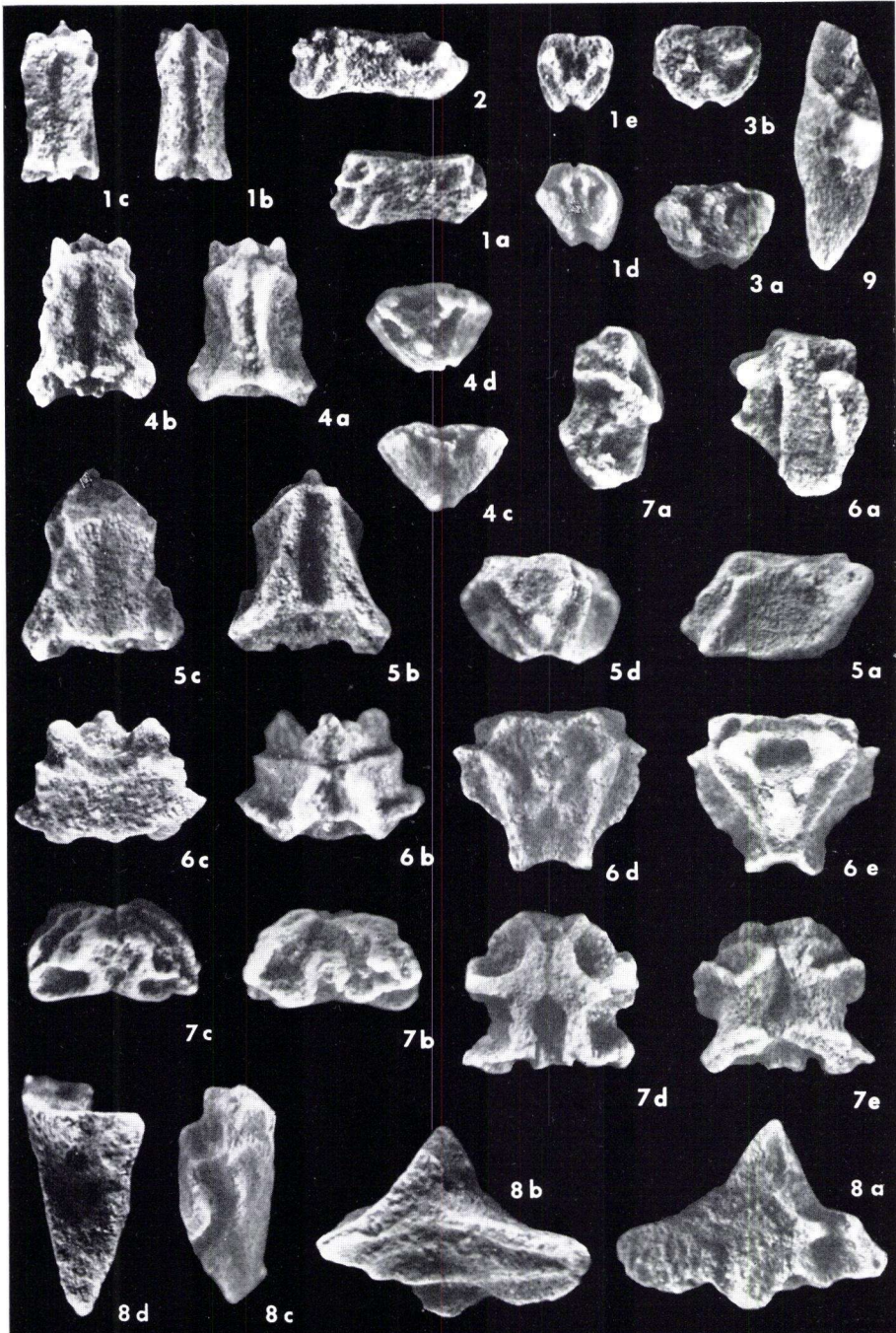
Tafel 4

Ambulacralia, Bautyp 2 (Amb-2, Wirbel):

- Fig. 1. Wirbel; Br 105/3d, SMF XX 102. — a) linke Lateralansicht, b) oral, c) apical, d) proximal, e) distal; vgl. Taf. 5 Fig. 1.
- Fig. 2. Wirbel; Br 105/3d, SMF XX 103. — linke Lateralansicht.
- Fig. 3. Wirbel; Br 105/3d, SMF XX 104. — a) proximal, b) distal.
- Fig. 4. Wirbel; Br 105/3d, SMF XX 105. — a) oral, b) apical, c) proximal, d) distal; vgl. Taf. 5 Fig. 4.
- Fig. 5. Wirbel; Br 105/2b, SMF XX 88. — a) linke Lateralansicht, b) oral, c) apical, d) distal.
- Fig. 6. Proximaler Wirbel; Br 105/1b, SMF XX 82. — a) linke Lateralansicht, b) oral, c) apical, d) proximal, e) distal.
- Fig. 7. Mundwirbel?; Br 105/3d, SMF XX 106. — a) linke Lateralansicht, b) oral, c) apical, d) proximal, e) distal.

Mundeckstücke, Bautyp 2 (ME-2):

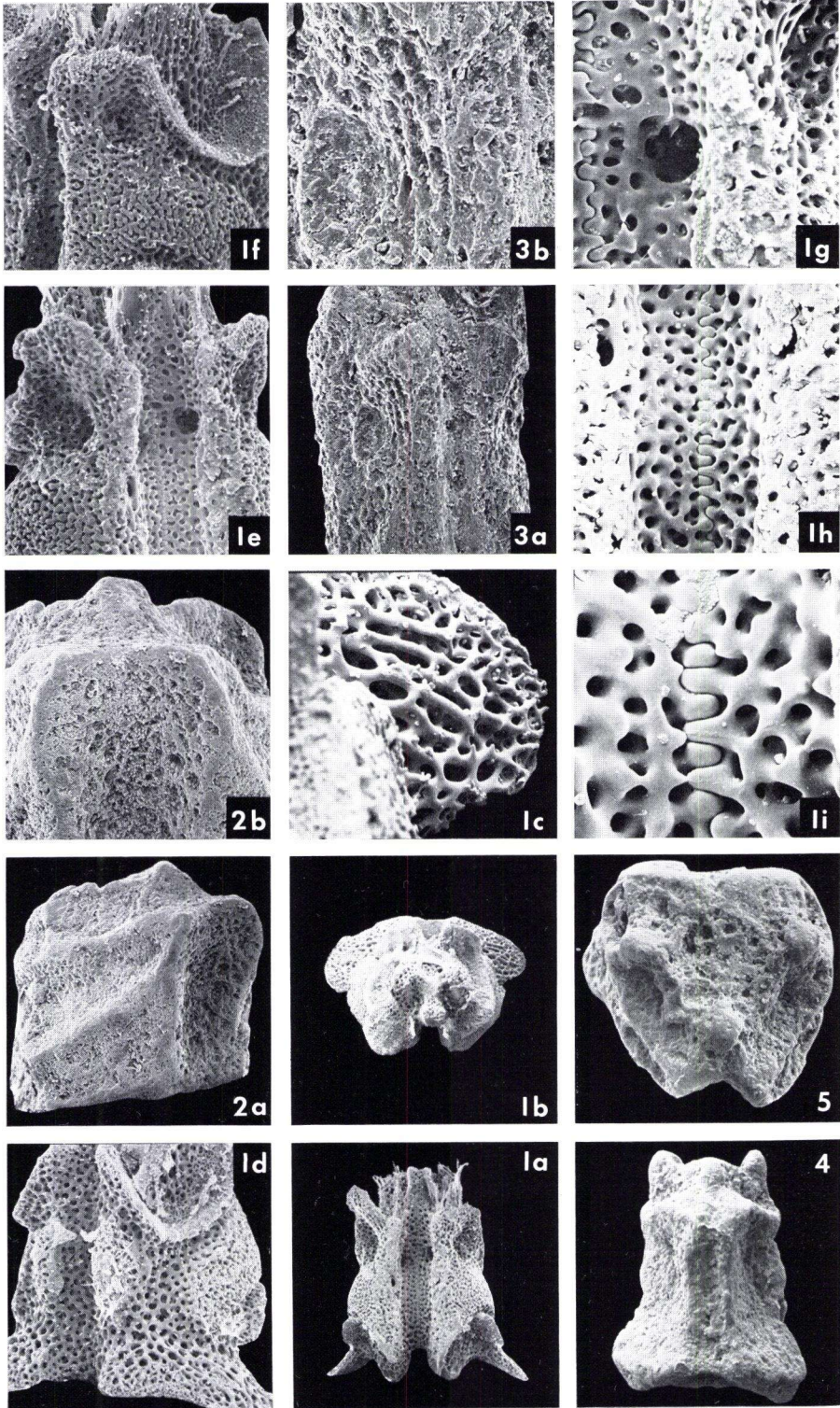
- Fig. 8. Rechtes Mundeckstück; Br 105/2b, SMF XX 90. — a) interradsial, b) radials, c) oral, d) apical.
- Fig. 9. Rechtes Mundeckstück; Br 105/3d, SMF XX 110. — apical.



Tafel 5

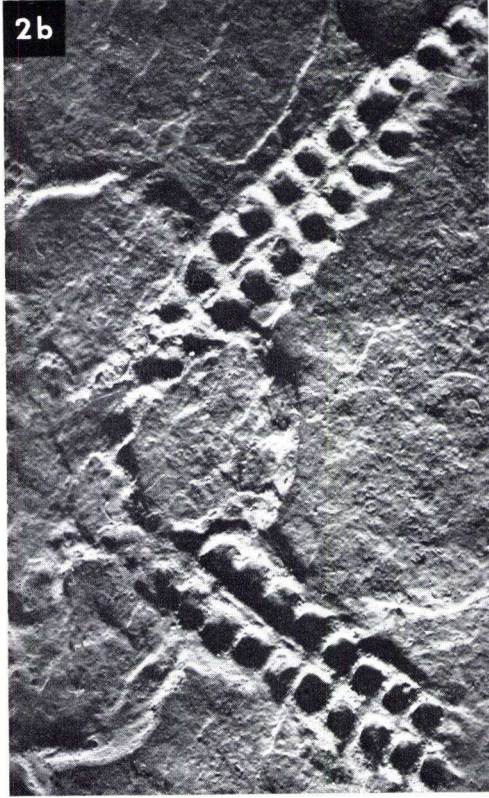
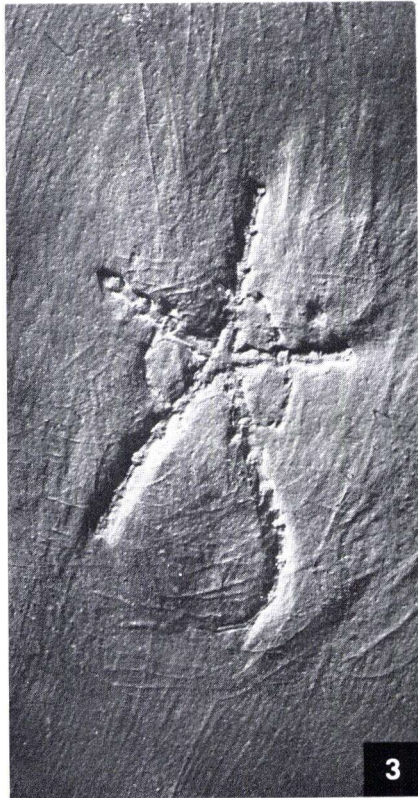
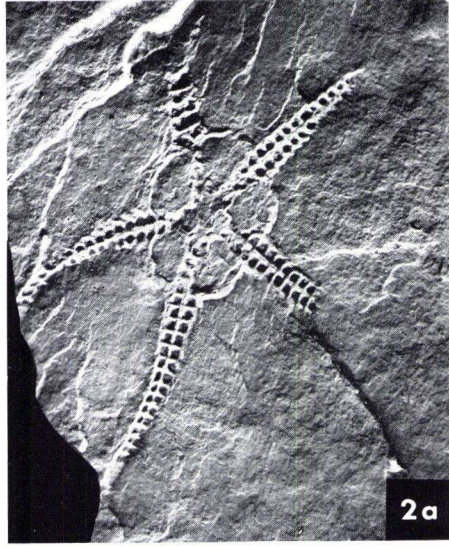
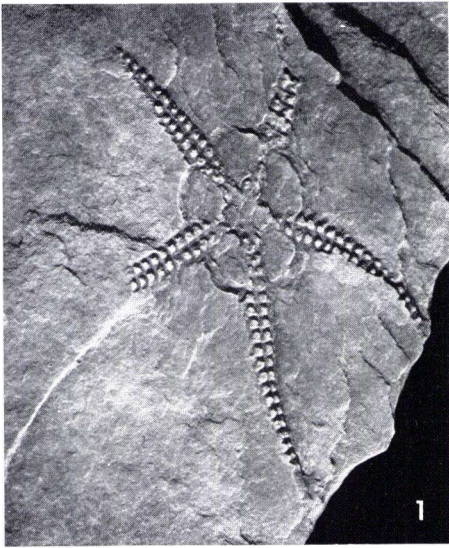
Ambulacralia (Amb-2, Wirbel):

- Fig. 1. *Ophioderma* sp.; rezent; Wirbel, SMF XX 159. — a) Gesamtansicht, oral (ca. $45/1$); b) Gesamtansicht, distal (ca. $45/1$); c) Detail, Distalansicht des linken apicalen-proximalen Fortsatzes (ca. $180/1$); d) Übersicht, proximaler Wirbelteil, lateral/apical (ca. $75/1$); e) Übersicht, distaler Wirbelteil, oral, beiderseits der Ambulacralrinne Austrittsöffnungen (Pori) für die Ambulacralfüßchen, innerhalb der Rinne Abzweig zum linken Porus sichtbar (ca. $90/1$); f) Übersicht, distaler Wirbelteil, lateral/oral (ca. $90/1$); g) Detail, distaler Wirbelteil (vgl. Fig. 1e), Ambulacralrinne mit Durchtrittsöffnung für das Ambulacralsystem (ca. $230/1$); h) Detail, Ambulacralrinne (ca. $180/1$); i) Detail, Ambulacralrinne (vgl. Fig. 1h), s. die „Verwachsungslinie“ (ca. $450/1$).
- Fig. 2. Amb-2; Br 105/3d, SMF XX 107. — a) Gesamtansicht, lateral/oral (ca. $45/1$); b) Übersicht, distaler Wirbelteil, oral (ca. $80/1$).
- Fig. 3. Amb-2; Br 514, SMF XX 139. — a) Übersicht, mittlerer Wirbelteil, lateral/apical (ca. $75/1$); b) Detail von Fig. 3a, Narbe ? als ehemaliger Porus deutbar (ca. $200/1$).
- Fig. 4. Amb-2; Br 105/3d, SMF XX 105. — Gesamtansicht, oral (ca. $45/1$); vgl. Taf. 4 Fig. 4.
- Fig. 5. Amb-2; Br 105/3d, SMF XX 102. — Gesamtansicht, distal (ca. $45/1$); vgl. Taf. 4 Fig. 1.



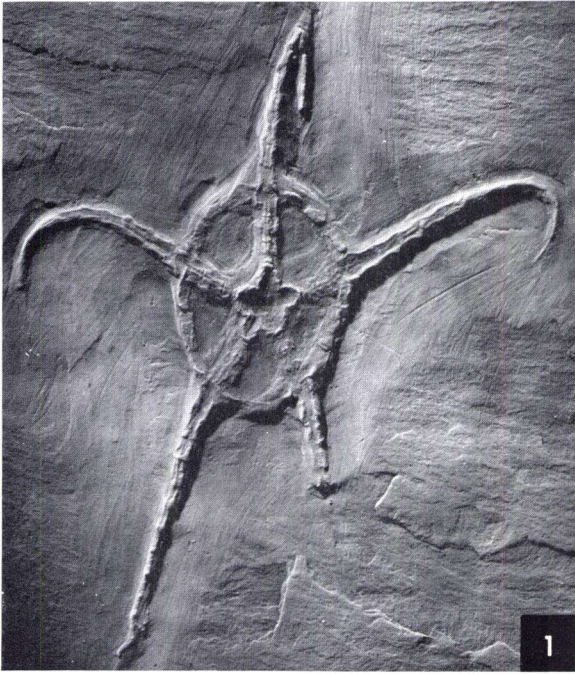
Tafel 6

- Fig. 1—2. *Ophiurina* sp.; Unterems-Stufe, Singhofen-Schichten; Grävenwiesbach, Taunus.
Fig. 1. Abdruck der Oralseite (Original), SMF XX 161 a (ca. $\frac{2}{1}$).
Fig. 2. Positiv-Abdruck (Fimo-Modelliermasse) des Stücks Taf. 6 Fig. 1, SMF XX 161 b. — a) Gesamtansicht der Oralseite (ca. $\frac{2}{1}$); b) Detail (ca. $\frac{6}{1}$).
- Fig. 3. *Ophiurina lymani* STÜRTZ 1890 [det. W. M. LEHMANN]; Siegen- bis Unterems-Stufe, Hunsrückschiefer; Grube Schmiedenberg bei Bundenbach, Hunsrück; IPB M136. — Oralseite (ca. $\frac{5}{1}$).



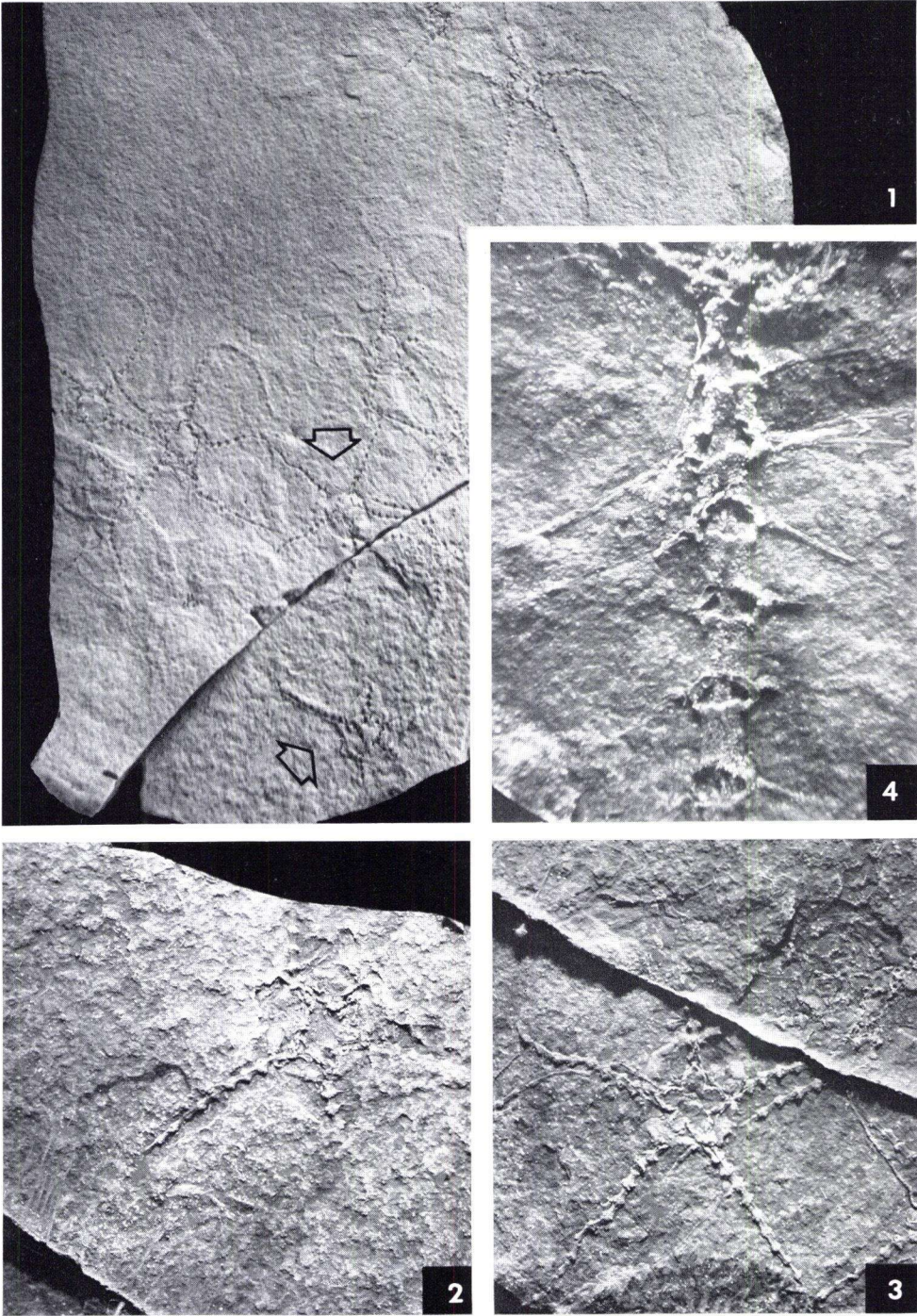
Tafel 7

- Fig. 1. *Ophiurina lymani* STÜRTZ 1890; Siegen- bis Unterems-Stufe, Hunsrück-schiefer; „Bundenbach“, Hunsrück; RME A 388. — Apicalseite (ca. $1,5/1$). Einsteuerung der Arme durch „Schleifen“ (s. SEILACHER 1960: 90).
- Fig. 2. *Ophiurina lymani* STÜRTZ 1890 [det. B. STÜRTZ fide H. MATSUMOTO (1929: 23)]; Siegen- bis Unterems-Stufe, Hunsrückschiefer; „Bundenbach“, Hunsrück. Gipsabguß des Urstücks zu MATSUMOTO (1929: Taf. 10 Fig. 4–5), SMF XX 163. Beachte die Abweichungen auf MATSUMOTOS Zeichnung, Fig. 4; linker oberer Arm beim Original weit weniger abgespreizt, etwas gegen den mittleren Arm winkelig abgebogen. — Apicalseite (ca. $1,5/1$).
- Fig. 3–4. *Ophiaulax decheni* (DEWALQUE 1881) [det. W. E. SCHMIDT 1944]; Dasberg-Stufe, Angertal-Schichten; Angertal, Ruhrgebiet.
- Fig. 3. Abdruck der Apicalseite (Original), RME A 426/1 (ca. $6/1$) = Urstück zu W. E. SCHMIDT (1944: Abb. 1 a₁).
- Fig. 4. Positiv-Abdruck (Fimo-Modelliermasse) des Stücks Taf. 7 Fig. 3 SMF XX 164a. — Apicalseite (ca. $6/1$).



Tafel 8

- Fig. 1—4. *Silesiaster longivertebralis* SCHWARZBACH & ZIMMERMANN 1936; Unterkarbon, Kulmtonschiefer; Bhf. Waldenburg, Schlesien.
- Fig. 1. Platte mit diversen Abdrücken, darunter der Holotypus, markiert durch den nahe dem unteren Bildrand gelegenen Pfeil; Original, GIW 141.II.208 (ca. $1,5/1$), = Gegendruck der bei SCHWARZBACH & ZIMMERMANN (1936: Abb. B 1) abgebildeten Platte.
- Fig. 2. Positiv-Abdruck (Silikonkautschuk) des Holotypus (vgl. Taf. 8 Fig. 1), SMF XX 167. — Oralseite (ca. $4/1$).
- Fig. 3. Positiv-Abdruck (Silikonkautschuk) des auf Taf. 8 Fig. 1 durch den oberen Pfeil markierten Exemplars (Paratypoid), SMF XX 168. — Oralseite (ca. $4/1$).
- Fig. 4. Positiv-Abdruck (Silikonkautschuk) eines von F. ZIMMERMANN 1942 bei Waldenburg (Tiefer Grund) gesammelten Exemplars (Hypotypoid, GIW 139.II.211), SMF XX 169. — Detail der Oralseite (ca. $16/1$).



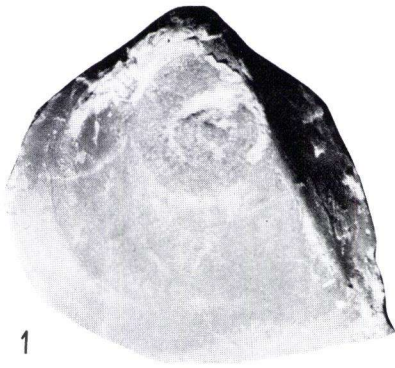
Tafel 9

1. *Myophoria laevigata* v. ALBERTI, linke Klappe, L = 48 mm, Steinkern, Unterer Wellenkalk, Wanfried/Werra.
2. *Myophoria crassa* n. sp., rechte Klappe, L = 22 mm, Steinkern, *Terebratula*-Zone Liebenau, Holotypus.
3. *Myophoria cardissoides* v. ALBERTI, zweiklappig, Area = 20 mm, Steinkern, Unterer Wellenkalk, Neckarelz.
4. *Myophoria crassa* n. sp., Seitenansicht zu 2.
5. *Myophoria orbicularis* BRONN, linke Klappe, L = 15 mm, Schalenexemplar, *Terebratula*-Zone, Naumburg b. Kassel.
6. *Myophoria orbicularis* BRONN, rechte Klappe, L = 24 mm, Steinkern, *Orbicularis*-Schichten, Ostheim/Hofgeismar.
7. *Myophoria ovata* (GOLDFUSS), linke Klappe, L = 64 mm, Schalenexemplar, *Astarte*-Bank, Wettesingen.
8. *Myophoria germanica* HOHENSTEIN, linke Klappe, L = 18 mm, Schalenexemplar, *Astarte*-Bank, Willebadessen.
9. *Myophoria laevigata* v. ALBERTI, rechte Klappe, L = 34 mm, Schalenexemplar, *Astarte*-Bank, Willebadessen.

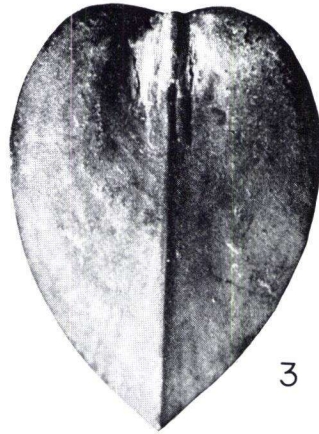
Aufbewahrungsort: 1, 3, 7–9 in Slg. BAUMGARTE

5, 6 in Slg. BUSSE

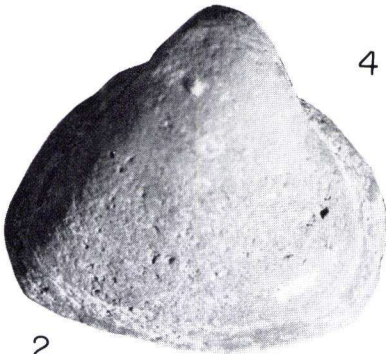
2, 4, Holotyp, in Slg. Naturkundemuseum Kassel



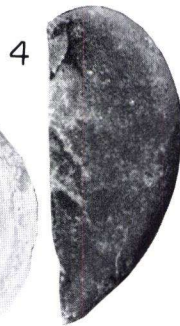
1



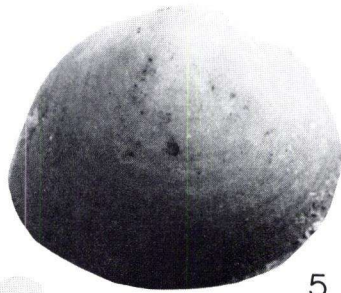
3



2



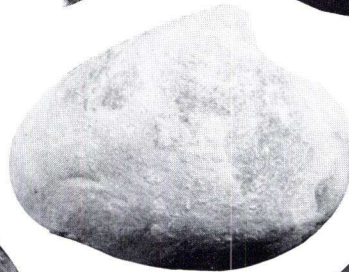
4



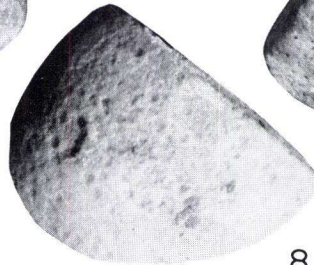
5



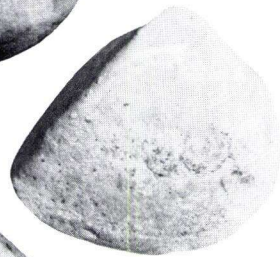
7



6



8



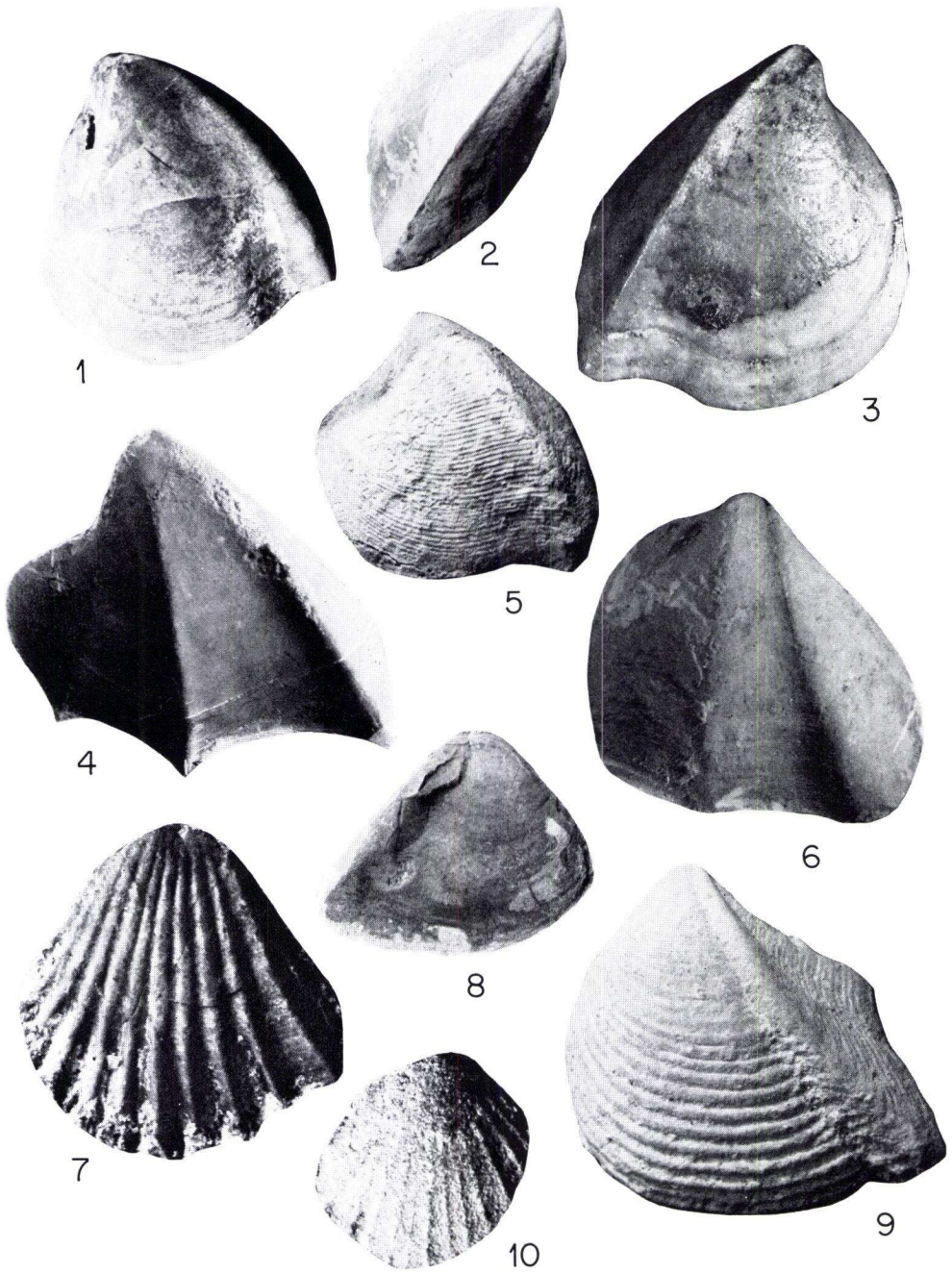
9

Tafel 10

1. *Myophoria incurvata* v. SEEBACH, linke Klappe, L = 16 mm, Steinkern, Oberer Wellenkalk, Neuenheerse/Egge.
2. *Myophoria vulgaris* (v. SCHLOTHEIM), linke Klappe, Länge der Arealkante 38 mm, stark deformiert, mittlere Cer.-Schichten, Hess.-Lichtenau.
3. *Myophoria vulgaris* (v. SCHLOTHEIM), rechte Klappe, L = 35 mm, Schalenexemplar, Astarte-Bank, Altenheerse/Egge.
4. *Myophoria pesansensis* (v. SCHLOTHEIM), linke Klappe, L = 45 mm, Steinkern, Obere Cer.-Schichten, Laudenbach/Meißen.
5. *Myophoria simplex* (v. SCHLOTHEIM), linke Klappe, L = 32 mm, Steinkern, Mittlere Cer.-Schichten, Walburg.
6. *Myophoria transversa* (BORNEMANN), linke Klappe, L = 20 mm, Steinkern, Basis des Oberen Muschelkalkes, Spangenberg.
7. *Myophoria goldfussi* v. ALBERTI, linke Klappe, L = 13 mm, Schalenexemplar, Lettenkohlenkeuper, Uengsterode.
8. *Myophoria struckmanni* v. STROMBECK, rechte Klappe, L = 32 mm, Schalenexemplar, Lettenkohlenkeuper, Großalmerode.
9. *Myophoria elegans* (DUNKER), linke Klappe, L = 20 mm, Schalenexemplar, Astarte-Bank, Willebadessen.
10. *Myophoria costata* (ZENKER), rechte Klappe, L = 8 mm, Steinkern, Röt, Kassel.

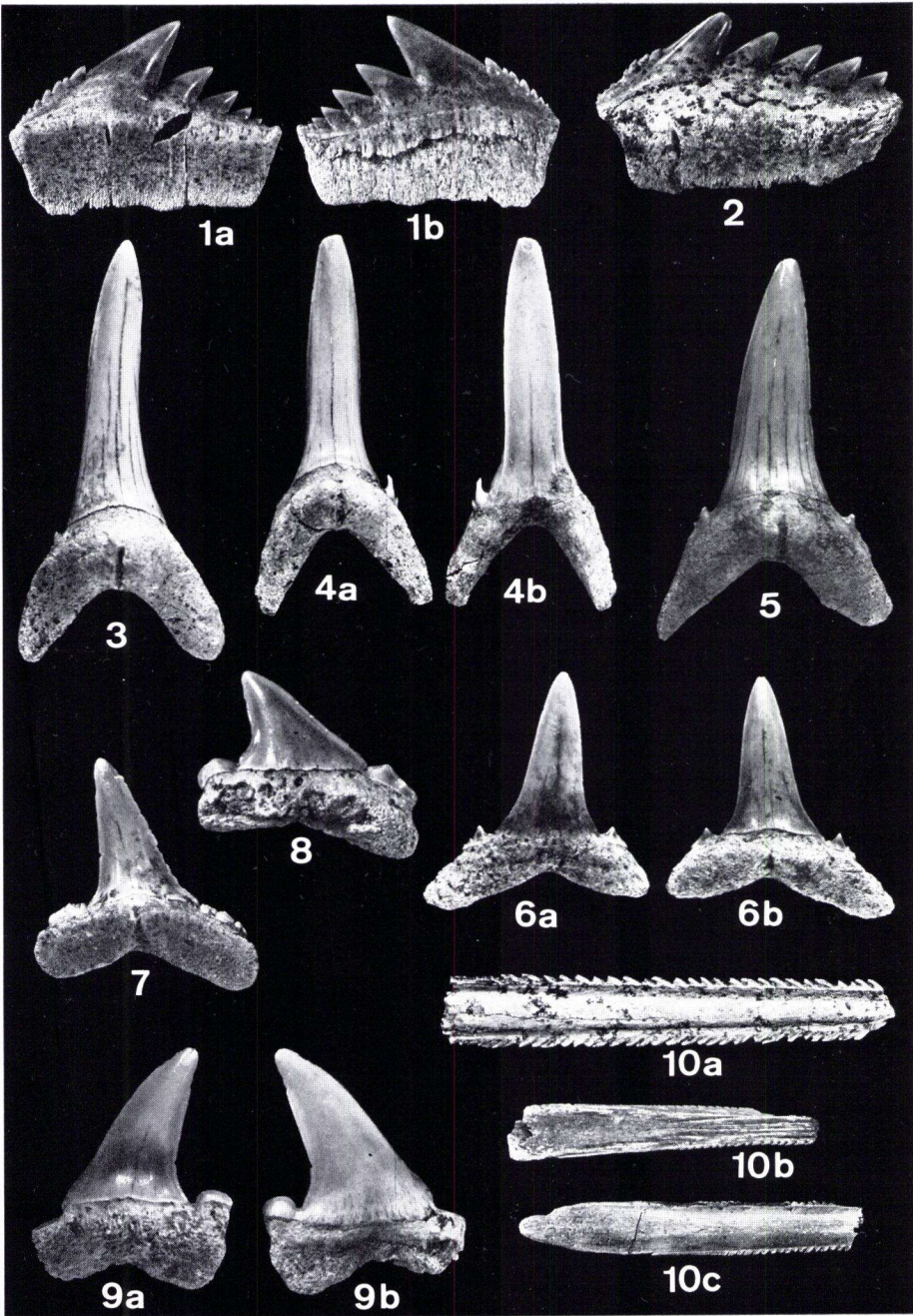
Aufbewahrungsort: 1, 3, 9 in Slg. BAUMGARTE

2, 4–8, 10 in Slg. BUSSE



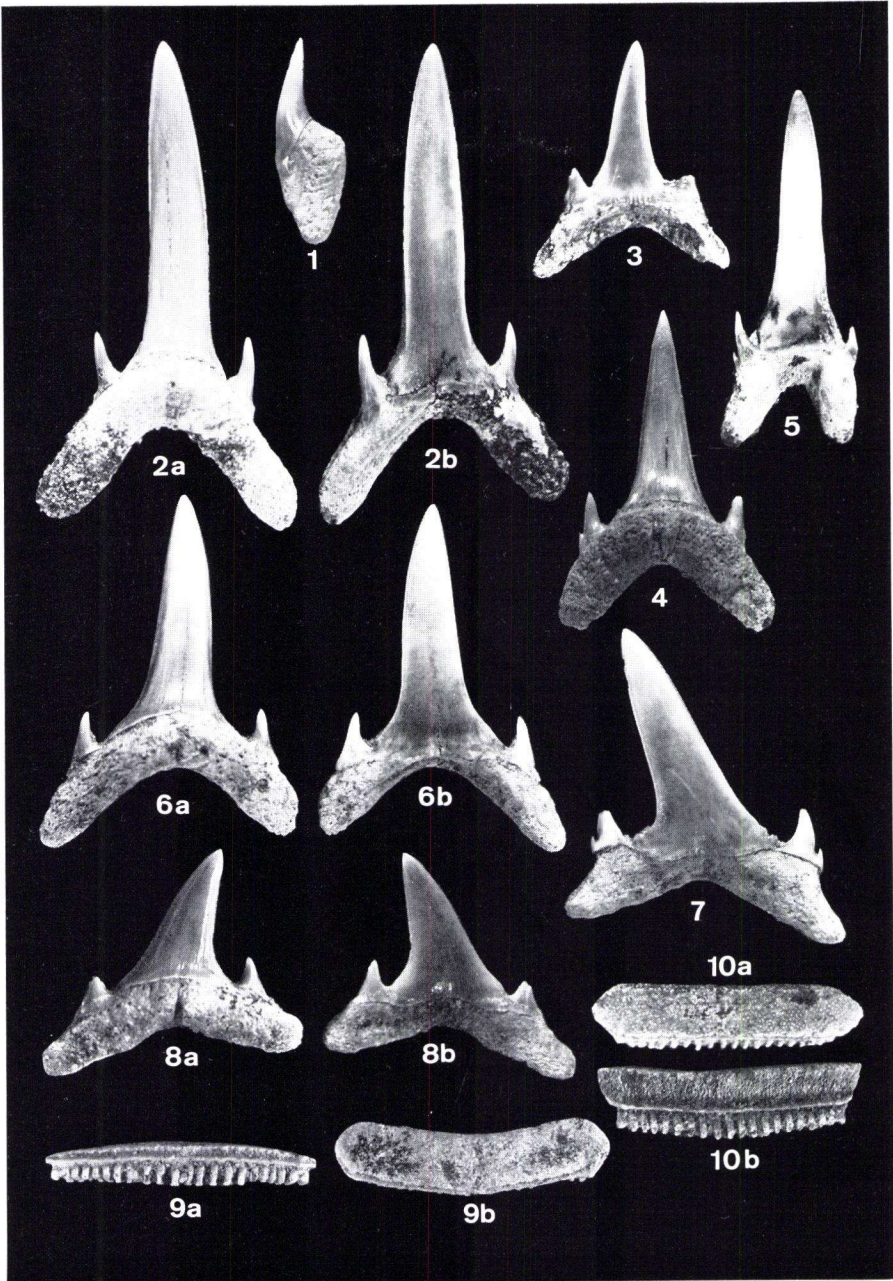
Tafel 11

- Fig. 1. *Hexanchus primigenius* (AGASSIZ). Zahn aus der linken mittleren Oberkieferhälfte. PIM-M 2184. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 1,7$.
- Fig. 2. *Hexanchus primigenius* (AGASSIZ). Zahn aus der rechten mittleren Unterkieferhälfte. PIM-M 2185. Innenseite. $\times 1,5$.
- Fig. 3. *Odontaspis cuspidata* (AGASSIZ). Erster Vorderzahn des linken Oberkiefers. PIM-M 2186. Innenseite. $\times 1,4$.
- Fig. 4. *Odontaspis cuspidata* (AGASSIZ). Erster Vorderzahn des rechten ?Unterkiefers. PIM-M 2187. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 1,4$.
- Fig. 5. *Odontaspis cuspidata* (AGASSIZ). Zweiter Vorderzahn des linken Oberkiefers. PIM-M 2188. Innenseite. $\times 1,4$.
- Fig. 6. *Odontaspis cuspidata* (AGASSIZ). Vorderster Lateralzahn des linken Unterkiefers. PIM-M 2189. — a) Außenseite; b) Innenseite. $\times 1,4$.
- Fig. 7. *Odontaspis cuspidata* (AGASSIZ). Vorderer Lateralzahn des rechten Oberkiefers. PIM-M 2190. Innenseite. $\times 1,5$.
- Fig. 8. *Odontaspis cuspidata* (AGASSIZ). Hinterer Lateralzahn des rechten Oberkiefers. PIM-M 2191. Innenseite. $\times 3,2$.
- Fig. 9. *Lamna rupeliensis* (LEHON). Hinterer Vorderzahn oder vorderer Lateralzahn des linken Oberkiefers. KGMBK. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 2,3$.
- Fig. 10. Schwanzstacheln von Rochen. KGMBK. — a) mittlerer Teil, Unterseite; b) basaler Teil, Oberseite; c) basaler Teil, Unterseite. $\times 1,3$.



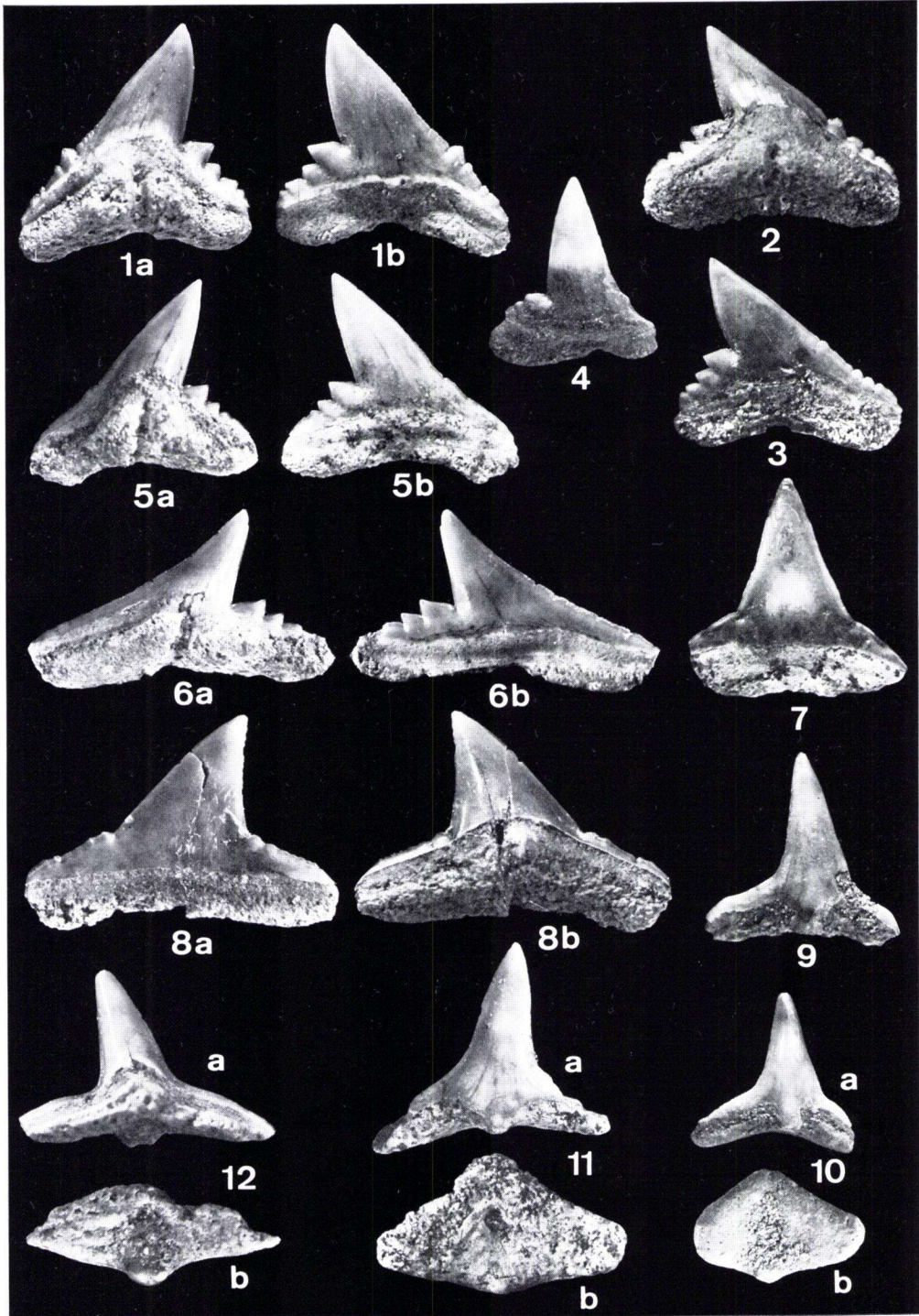
Tafel 12

- Fig. 1. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Parasympphysenzahn des Unterkiefers. PIM-M 2192. Seitenansicht. $\times 3,0$.
- Fig. 2. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Erster Vorderzahn des linken Unterkiefers. SGG. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 2,7$.
- Fig. 3. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Zahn aus der linken mittleren Unterkieferhälfte. PIM-M 2193. Außenseite. $\times 2,5$.
- Fig. 4. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Vorderer Lateralzahn des linken Unterkiefers. SGG. Innenseite. $\times 2,6$.
- Fig. 5. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Parasympphysenzahn des linken Oberkiefers. PIM-M 2194. $\times 2,8$.
- Fig. 6. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Zweiter Vorderzahn des linken Oberkiefers. PIM-M 2195. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 2,5$.
- Fig. 7. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Vorderer Lateralzahn des linken Oberkiefers. PIM-M 2196. Außenseite. $\times 2,7$.
- Fig. 8. *Odontaspis acutissima* (AGASSIZ). Zahn aus der linken mittleren Oberkieferhälfte. PIM-M 2197. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 2,7$.
- Fig. 9. *Myliobatis* sp. Oberkieferzahnleiste. KGMBK. — a) Vorderseite; b) Oberseite. $\times 1,7$.
- Fig. 10. *Myliobatis* sp. Unterkieferzahnleiste. KGMBK. — a) Vorderseite; b) Oberseite. $\times 1,7$.



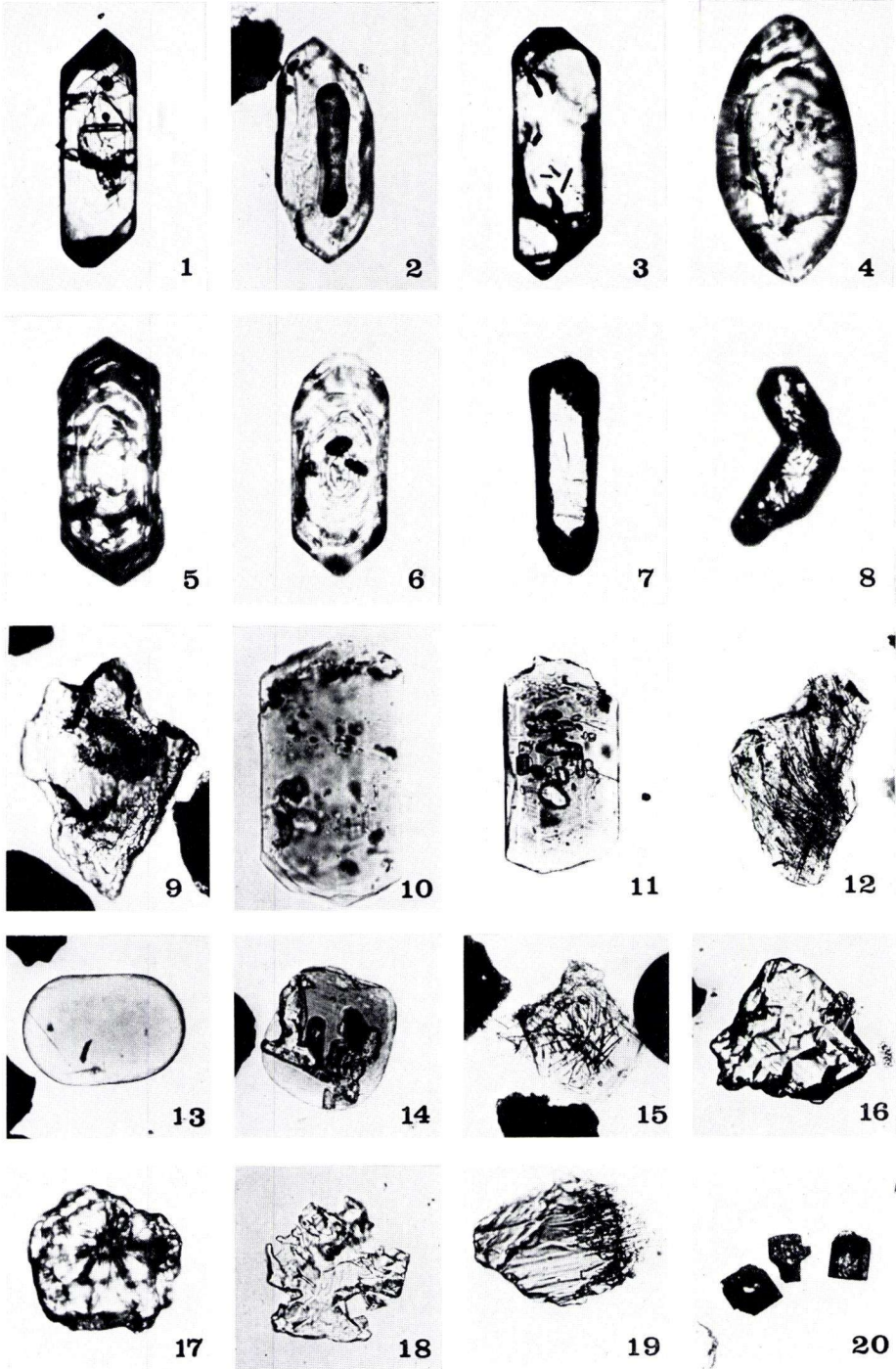
Tafel 13

- Fig. 1. *Galeorhinus latus* (STORMS). Linker vorderer Oberkieferzahn. SGG. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 3,7$.
- Fig. 2. *Galeorhinus latus* (STORMS). Rechter mittlerer Oberkieferzahn. PIM-M 2198. Innenseite. $\times 3,7$.
- Fig. 3. *Galeorhinus latus* (STORMS). Linker vorderer Oberkieferzahn. PIM-M 2199. Außenseite. $\times 3,7$.
- Fig. 4. *Galeorhinus latus* (STORMS). Erster rechter Unterkieferzahn. PIM-M 2200. Außenseite. $\times 4,0$.
- Fig. 5. *Galeorhinus latus* (STORMS). Rechter vorderer Unterkieferzahn. PIM-M 2201. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 3,5$.
- Fig. 6. *Galeorhinus latus* (STORMS). Rechter hinterer Unterkieferzahn. PIM-M 2202. — a) Innenseite; b) Außenseite. $\times 3,7$.
- Fig. 7. *Carcharhinus elongatus* (LERICHE). Linker vorderer Oberkieferzahn. PIM-M 2203. Außenseite. $\times 3,5$.
- Fig. 8. *Carcharhinus elongatus* (LERICHE). Rechter mittlerer Oberkieferzahn. PIM-M 2204. — a) Außenseite; b) Innenseite. $\times 3,7$.
- Fig. 9. *Squatina angeloides* v. BENEDEN. Hinterer Vorderzahn des ?Unterkiefers. PIM-M 2205. Außenseite. $\times 3,5$.
- Fig. 10. *Squatina angeloides* v. BENEDEN. Hinterer Vorderzahn des ?Oberkiefers. PIM-M 2206. — a) Außenseite; b) Unterseite. $\times 3,4$.
- Fig. 11. *Squatina angeloides* v. BENEDEN. Vorderer Lateralzahn. PIM-M 2207. — a) Außenseite; b) Unterseite. $\times 3,3$.
- Fig. 12. *Squatina angeloides* v. BENEDEN. Mittlerer Lateralzahn. PIM-M 2208. — a) Innenseite; b) Unterseite. $\times 3,9$.



Tafel 14

- Fig. 1. Klarer Zirkon mit Einschlüssen von gerundetem Rutil und nadelförmigem Zirkon, Hanseberg bei Lindheim (H 15), ca. 144fach.
- Fig. 2. Zirkon mit länglich abgerundetem Rutileinschluß, Bohrung Hesselühle (B 86) bei Leustadt (H 71), ca. 353fach.
- Fig. 3. Klarer Zirkon mit Einschlüssen von Rutil und nadelförmigem Zirkon, Weinberg bei Bad Vilbel (H 110), ca. 130fach.
- Fig. 4. Gerundeter Zirkon, Ameisengrund bei Diebach am Haag (H 109), ca. 393fach.
- Fig. 5. Zirkon mit deutlichem Zonarbau, Weinberg bei Bad Vilbel (H 110), ca. 153fach.
- Fig. 6. Zirkon mit Zonarbau und gerundeten Zirkoneinschlüssen, Weinberg bei Bad Vilbel (H 110), ca. 245fach.
- Fig. 7. Gelb gefärbter, quasi-idiomorpher Rutil, Bahnhof Mittelgründau (H 95), ca. 174fach.
- Fig. 8. Gelb gefärbter Rutil-Kniezwilling, Bohrung Hesselühle (B 86) bei Leustadt (H 71), ca. 207fach.
- Fig. 9. Staurolith mit angeätzter Kornoberfläche, Straße Altstadt-Rodenbach (H 20), ca. 115fach.
- Fig. 10. Idiomorpher Turmalin mit zahlreichen Einschlüssen, Ameisengrund bei Diebach am Haag (H 109), ca. 410fach.
- Fig. 11. Idiomorpher Turmalin mit zahlreichen großen Einschlüssen, Hanseberg bei Lindheim (H 1), ca. 86fach.
- Fig. 12. Turmalinbruchstück mit zahlreichen Einschlüssen von strahlig angeordneten Rutilnadeln, aufgelassener Steinbruch NE Erbstadt (H 91), ca. 86fach.
- Fig. 13. Gerundeter, blau gefärbter Turmalin, Straße Altstadt-Rodenbach (H 20), ca. 115fach.
- Fig. 14. Gerundeter Turmalin mit großen schlauchförmigen Einschlüssen (korrodierter Zirkon ?), aufgel. Steinbruch NE Erbstadt (H 91), ca. 89fach.
- Fig. 15. Turmalinbruchstück mit strahlig angeordneten Einschlüssen von Rutilnadeln, aufgel. Steinbruch NW Schloß Naumburg (H 53), ca. 83fach.
- Fig. 16. Granat mit facettenartig angeätzter Kornoberfläche, Sportplatz Kilianstädten (H 85), ca. 115fach.
- Fig. 17. Rosa gefärbter Granat mit „sphäroider“ Kornform, Bahnhof Heldenbergen-Windecken (H 41), ca. 147fach.
- Fig. 18. Intensiv „schneekristallartig“ korrodierter Granat, Haus Hubertus bei Altstadt (H 10), ca. 246fach.
- Fig. 19. Staurolith mit „ausgefranst“ Korngrenzen, Bahnhof Mittelgründau (H 92), ca. 158fach.
- Fig. 20. Idiomorphe authigene Anataskristalle, Sportplatz Kilianstädten (H 85), ca. 76fach.

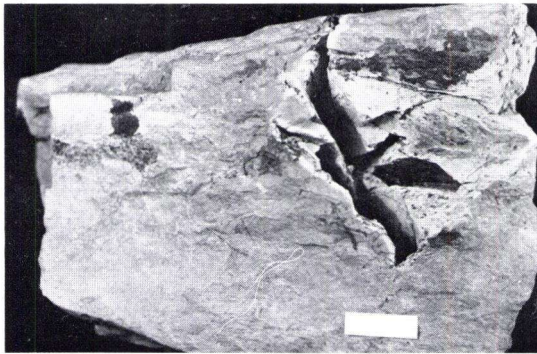
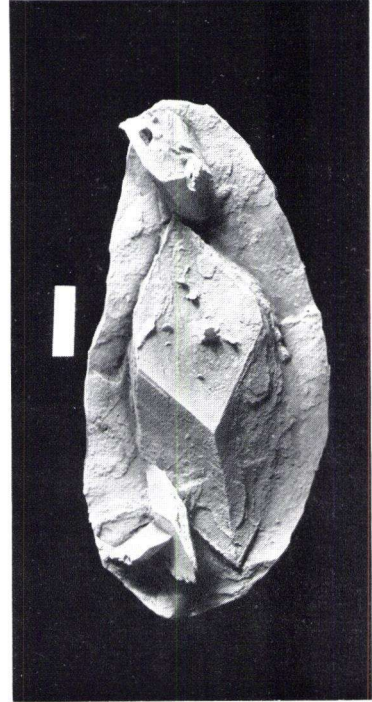


Tafel 15

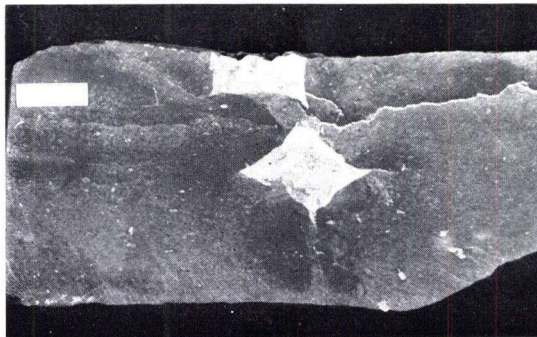
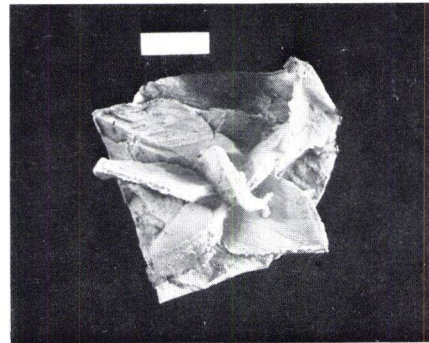
- Fig. 1, 2. Gipskristall-Abdrücke und Ausgüsse der Hohlräume. Fundort S Düdelsheim (s. BOENIGK 1967). Maßstab 1 cm.
- Fig. 3. Pseudomorphose von Kalzit nach Anhydrit, Bg. Bleichenbach (Bg. 80). Vergrößerung ca. 35fach, \times Nicols. Anhydrit (dunkel) ist randlich noch erhalten.
- Fig. 4. Unvollständig vergipster Anhydrit, Z4 der Bg. Treischfeld 5 (- 493 m). Maßstab 1 cm.



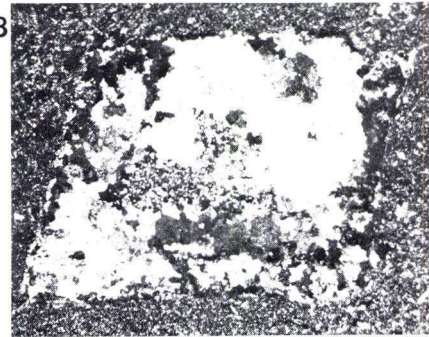
1



2



4

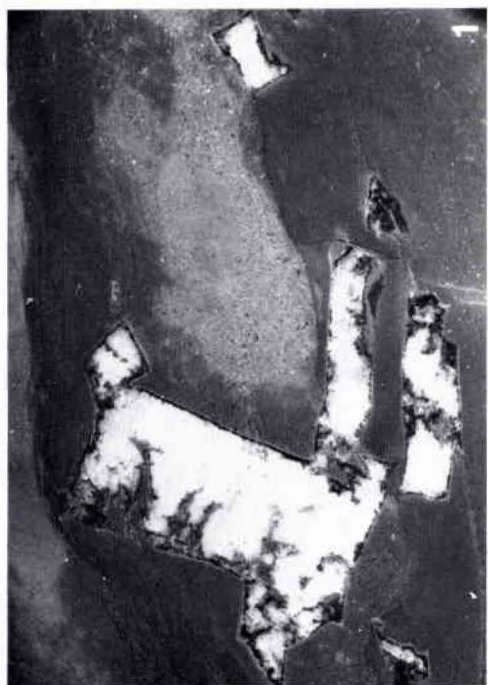
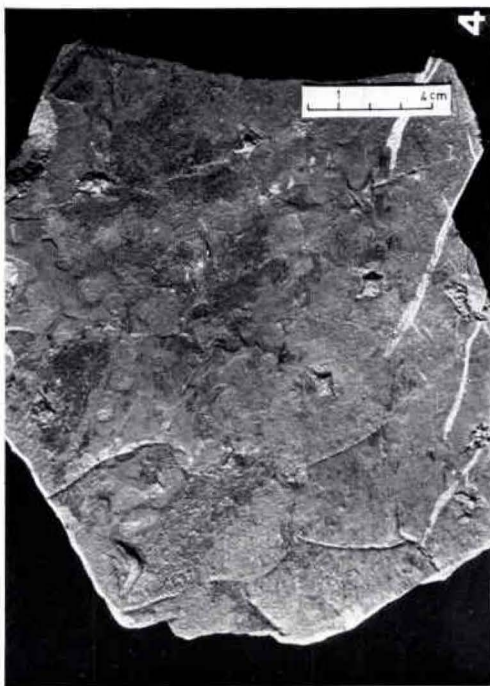


3

Tafel 16

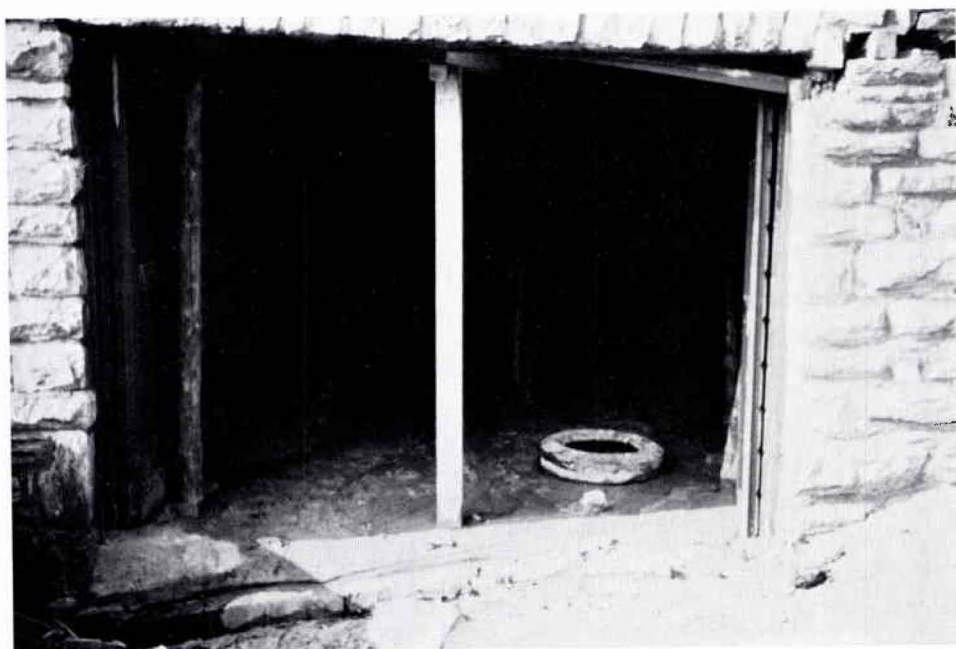
Fig. 1, 2, 3. Pseudomorphosen von Kalzit nach Anhydrit, Bg. Bleichenbach, Bg. 80, (246–250 m). Vergrößerung 5fach.

Fig. 4. Steinsalz-Pseudomorphosen vergesellschaftet mit Trockenrissen, Langenselbold.



Tafel 17

- Fig. 1. Stark beschädigte und abgestützte Garageneinfahrt. Abfluß des Quellaustritts aus der Garage. Auf dem Garagenboden sind deutlich die ausgespülten Schwebstoffe erkennbar.
- Fig. 2. Stark beschädigte und bereits geräumte Wohnhäuser Rossertstraße 1 und 3 mit Gipsmarken und provisorischer Seilsabspannung. Im Vordergrund Brunnenbohrung zur Druckspiegelentlastung.



1



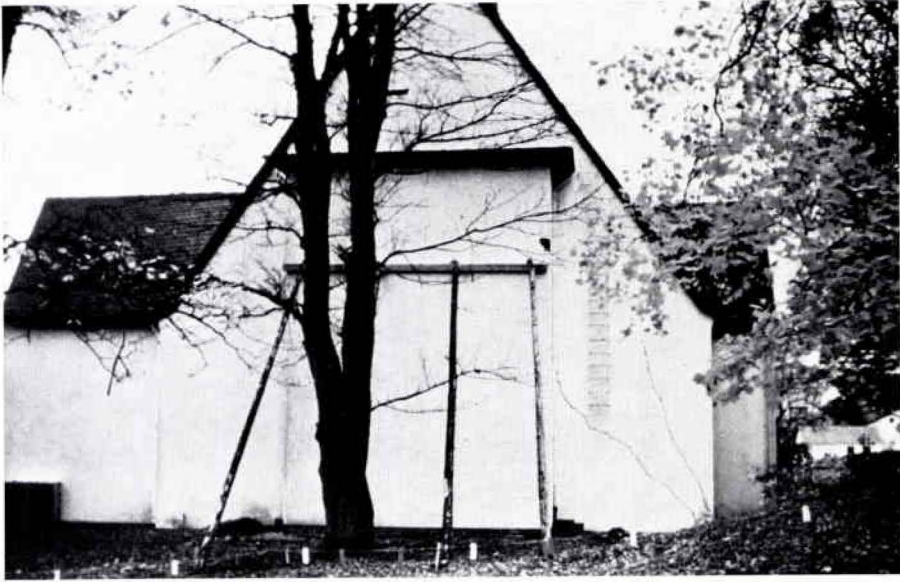
2

Tafel 18

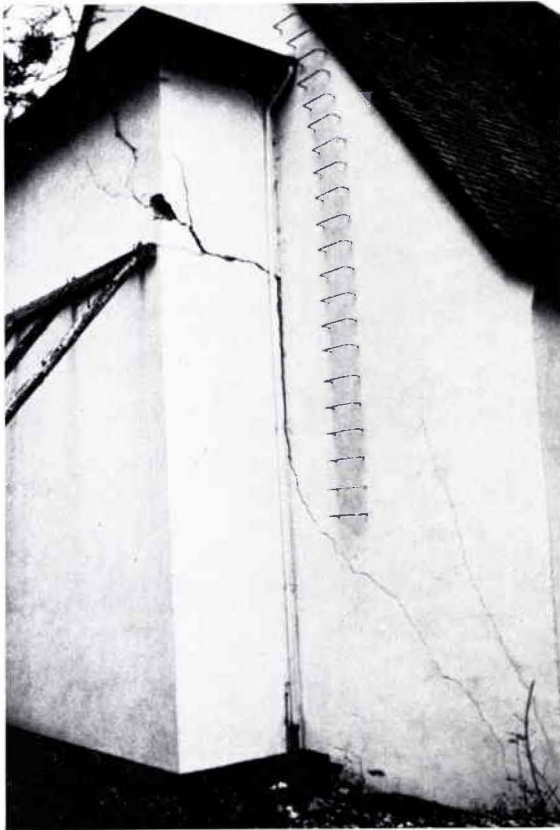
Risses Schäden an der Kirche in Gedern (Vogelsberg).

Fig. 1. Ansicht von Osten. Im Vordergrund der beschriebene Ahornbaum.

Fig. 2. Nordostecke der vom Kirchenschiff deutlich abgerissenen Apsis.



1



2

NOTIZBLATT DES HESSISCHEN LANDESAMTES
FÜR BODENFORSCHUNG ZU WIESBADEN

VI. Folge, Heft 1, 1950: 344 S., 35 Abb., 11 Taf.	17,50 DM
VI. Folge, Heft 2, 1951: 255 S., 18 Abb., 21 Taf.	16,— DM
VI. Folge, Heft 3, 1952: 476 S., 30 Abb., 24 Taf.	20,— DM
Band 81 (VI/4), 1953: 464 S., 66 Abb., 18 Taf.	20,— DM
Band 82, 1954: 411 S., 50 Abb., 10 Taf.	20,— DM
Band 83, 1955: 420 S., 58 Abb., 26 Taf.	20,— DM
Band 84, 1956: 492 S., 58 Abb., 24 Tab., 35 Taf.	20,— DM
Band 85, 1957: 555 S., 100 Abb., 55 Tab., 26 Taf., 2 Bilder.	25,— DM
Band 86, 1958: 444 S., 63 Abb., 23 Tab., 20 Taf.	25,— DM
Band 87, 1959: 462 S., 72 Abb., 14 Prof., 32 Tab., 23 Taf., 1 Bild.	25,— DM
Band 88, 1960: 430 S., 73 Abb., 25 Tab., 23 Taf.	25,— DM
Band 89, 1961: 504 S., 97 Abb., 16 Tab., 25 Taf.	25,— DM
Band 90, 1962: 558 S., 75 Abb., 31 Tab., 36, Taf., 1 Bild.	30,— DM
Band 91, 1963: 427 S., 104 Abb., 27 Tab., 27 Taf.	30,— DM
Band 92, 1964: 340 S., 63 Abb., 19 Tab., 15 Taf.	30,— DM
Band 93, 1965: 404 S., 88 Abb., 4 Diagr., 29 Tab., 21 Taf.	40,— DM
Band 94, 1966: 456 S., 86 Abb., 13 Tab., 22 Taf.	40,— DM
Band 95, 1967: 324 S., 44 Abb., 18 Diagr., 8 Tab., 11 Taf., 2 Bilder.	40,— DM
Band 96, 1968: 424 S., 61 Abb., 17 Tab., 15 Taf., 1 Bild.	40,— DM
Band 97, 1969: 468 S., 99 Abb., 20 Diagr., 32 Tab., 15 Taf.	40,— DM
Band 98, 1970: 348 S., 59 Abb., 18 Tab., 19 Taf., 2 Bilder.	40,— DM
Band 99, 1971: 444 S., 57 Abb., 34 Tab., 29 Taf.	40,— DM
Band 100, 1972: 332 S., 53 Abb., 38 Tab., 14 Taf.	40,— DM
Band 101, 1973: 426 S., 105 Abb., 29 Tab., 30 Taf.	40,— DM
Band 102, 1974: 355 S., 76 Abb., 14 Tab., 13 Taf.	74,— DM