

Geologisches Jahrbuch Hessen

Band 117

Mit 68 Abbildungen, 19 Tabellen, 16 Tafeln, 6 Profilen und 1 Bild

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1989

Geol. Jb. Hessen	117	315 S.	68 Abb.	19 Tab.	16 Taf.	6 Prof.	1 Bild	Wiesbaden 1989
------------------	-----	--------	---------	---------	---------	---------	--------	----------------

ISSN 0341-4027

Geologisches Jahrbuch Hessen

Band 117

Mit 68 Abbildungen, 19 Tabellen, 16 Tafeln, 6 Profilen und 1 Bild

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1989

Geol. Jb. Hessen	117	315 S.	68 Abb.	19 Tab.	16 Taf.	6 Prof.	1 Bild	Wiesbaden 1989
------------------	------------	--------	---------	---------	---------	---------	--------	----------------

ISSN 0341-4027

Schriftleitung

Dr. JOE-DIETRICH THEWS, HARTMUT POSCHWITZ

Hessisches Landesamt für Bodenforschung
Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Hinweis für Autoren

Manuskripte sind entsprechend den neu bearbeiteten „Bonner Anweisungen“ abzufassen: Richtlinien für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen. – Ausgearbeitet von H. D. LANG, A. RABIEN, W. STRUVE und E. WIEGEL, 36 S.; Hannover 1976.

[Zu beziehen durch E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller); Johannesstraße 3 A, D-7000 Stuttgart 1.]

Sonderdrucke der in diesem Jahrbuch (früher Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.) veröffentlichten Arbeiten können vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung bezogen werden.

© Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1989

Printed in Germany

Die in diesem Jahrbuch veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.

Herstellung: Hans Meister KG, Kassel

Inhaltsverzeichnis

BARGON, E.:	Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1988 (1. 1.–31. 12. 1988)	293
BECKER, G.:	<i>Rabienoscapha</i> n.g. – eine neue Bairdiacea (Ostracoda) aus dem Oberdevon von Hessen. Mit 1 Abbildung und 1 Tafel	5
BLUM, R.:	Das internationale geomagnetische Referenzfeld (IGRF 85) von 1989. 5 für Hessen in 300 m. ü. NN. Mit 1 Tafel.	251
DEHMER, J., HENTSCHEL, G., HORN, M., KUBANEK, F., NÖLTER, T., RIEKEN, R., WOLF, M., & ZIMMERLE, W.:	Die vulkanisch-kieselige Gesteinsassoziation am Beispiel der unterkarbonischen Kiesel-schiefer am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. Mit 20 Abbildungen, 10 Tabellen und 4 Tafeln.	79
DVOŘÁK, J.:	Beziehungen zwischen Tektonik und Paläogeographie im mährischen Karbon. Mit 6 Abbildungen, 1 Tabelle und 1 Tafel.	37
HAUSCHKE, N., & WILDE, V.:	Ein Limulide aus dem Zechstein (Oberes Perm) der Korbacher Bucht (Hessen, Bundesre-publik Deutschland). Mit 1 Tafel	17
HESS, J. C., & SCHMIDT, G.:	Zur Altersstellung der Kataklasite im Bereich der Otzberg-Zone, Odenwald. Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle	69
HORN, M.:	FRITZ KUTSCHER †. Mit 1 Bild	274
KIRNBAUER, T.:	Die Grube „Silberkaute“ NNW Michelbach bei Usingen/Ts. (Bl. 5617 Usingen). Mit 1 Abbildung.	207
KUHN, H., & ZIMMERLE, W.:	Helle Tufflagen mit Belastungsmarken (load casts) im Unterkarbon (Viséum) von Westharz und Kellerwald. Mit 4 Abbildungen und 3 Tafeln	139
PAPROTH, E.:	Die paläogeographische Entwicklung Mittel-Europas im Karbon. Mit 11 Abbildungen. . .	53
POSCHWITZ, H.:	Hessisches Geologisches Schrifttum 1987 mit Nachträgen aus den Jahren 1973–1986	255
REITZ, E.:	Devonische Sporen aus Phylliten vom Südrand des Rheinischen Schiefergebirges. Mit 4 Tafeln	23
RÖSING, F., & WENZEL, B.:	Der Bergrutsch am Nordhang der Hörne bei Bad Sooden-Allendorf (Nordhessen) am 21. 7. 1985. Mit 7 Abbildungen	237
SCHWARZ, H.-U.:	Vulkano-seismische Deformationen im Kieselschiefer – Befunde einer strukturellen Anschliff-Analyse. Mit 2 Abbildungen und 1 Tafel	155
THIEMEYER, H.:	Aufbau und Eigenschaften typischer Böden im Hessischen Ried. Mit 4 Abbildungen, 7 Tabellen und 6 Profilen	217
ZULAUF, G.:	Die Untersuchungsbohrungen der Kreismülldeponie „Bastwald“ (Vogelsbergkreis) und ihre Bedeutung für die nordöstliche Fortsetzung des Lauterbacher Grabens. Mit 9 Abbildungen	169
Bohrkernlager des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung		315

***Rabienoscapha* n.g. – eine neue Bairdiacea (Ostracoda) aus dem Oberdevon von Hessen**

(*costatus*-Zone; Rechtsrheinisches Schiefergebirge)

Von

GERHARD BECKER*

Kurzfassung: Aus dem hohen Oberdevon (*costatus*-Zone, obere Dasberg- bis Wocklum-Stufe) der Dill-Mulde (Rechtsrheinisches Schiefergebirge) wird die neue Ostracoden-Gattung *Rabienoscapha* n. g. (Beecherellidae, Bairdiacea, Podocopida) mit der Typus-Art *R. tergocornuta* n. sp. beschrieben. Außerdem wird für Beecherellidae aus dem Unterdevon (Siegenium-Emsium) der Zentralen Karnischen Alpen das neue Genus *Carentascapha* n. g. mit der Typus-Art *C. mentzeli* n. sp. vorgeschlagen. Die ausgeprägte Bestachelung der beiden n. g. wird als „biotop-indikativ“ angesehen, auf eine nektobenthonische Lebensweise der neuen Genera in niedrig-energetischen (marinen) Lebensräumen hinweisend. Die neuen Taxa gehören zu einem Formenkreis, der den „Thüringer Ökotyp“ von BECKER charakterisiert.

Abstract: The new ostracod genus *Rabienoscapha* n. g. (Beecherellidae, Bairdiacea, Podocopida) with the type species *R. tergocornuta* n. sp. is described from the Upper Devonian (*costatus* Zone, late Dasbergian and *Wocklumeria* Stage) of the Dill Syncline (Rechtsrheinisches Schiefergebirge). Moreover for Beecherellidae coming from the Lower Devonian (Siegenian and Emsian) of the Central Carnic Alps, the new genus *Carentascapha* n. g. with the type species *C. mentzeli* n. sp. is proposed. The conspicuous spines of the new genera are considered to be „biotope-indicative“ of a nektobenthic mode of life in (marine) low-energy environments. The new taxa belong to a group of forms characterizing BECKER'S „Thuringian Ecotype“.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung		6
2. Fundpunkt und Fundschicht		7
3. Material		8
4. Beschreibungen		9
Familie Beecherellidae ULRICH 1894.		9
Gattung <i>Rabienoscapha</i> n. g.		9

* Herrn Dr. ARNOLD RABIEN gewidmet.
 Prof. Dr. G. BECKER, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Senckenberg-Anlage 32–34, 6000 Frankfurt a. M.

<i>Rabienoscapha tergoornuta</i> n. sp.	10
Anhangsweise zu dieser Familie Gattung <i>Carentascapha</i> n. g.	12
<i>Carentascapha mentzeli</i> n. sp.	13
5. Paläökologie	14
6. Schriftenverzeichnis	14

1. Einführung

Ostracoden-Faunen des Thüringer Ökotyps BECKER (in BANDEL & BECKER 1975: 61) sind in marinen paläozoischen Beckensedimenten sehr verbreitet, im Oberdevon und Unterkarbon häufig vergesellschaftet mit Entomozoen („Cypridinen“ der älteren Literatur). Zunächst wurden solche Faunen aus E-Thüringen beschrieben (GRÜNDEL 1961, BLUMENSTENGEL 1965) und für endemisch gehalten. Danach gelangen immer wieder neue Funde in anderen Arealen in W-, Mittel-, E- und S-Europa, in N-Afrika und Asien sowie in N-Amerika (siehe BECKER 1982: 165, 1987: 98). Der Thüringer Ökotyp charakterisiert dabei jeweils Ablagerungen in marinen niedrig-energetischen Milieus, meist in tiefe(re)m und landferne(re)m Wasser, aber auch in Flachwasser-Nischen (siehe BECKER 1982: 163).

Der Thüringer Ökotyp wird dominiert von vergleichsweise dünn- und glattschaligen, aber häufig bizarr bestachelten Arten der Podocopida, meist Vertreter der Bythocytheracea und Bairdiacea; dazu können sich noch Myodocopida gesellen: die bereits erwähnten Entomozocopina und auch Cladocopina.

Aus dem „klassischen“ Gebiet der „Cypridinschiefer“-Fazies, dem Rechtsrheinischen Schiefergebirge, wurden Vertreter des Thüringer Ökotyps spärlich bzw. erst spät gemeldet. Zwar beschreibt RABIEN (1954:162) schon eine Bythocytheracea, nämlich *Tricornina gracilis* RABIEN 1954, aus auch Entomozoidae führenden Schiefen der Wocklum-Stufe. Aber erst kürzlich gelang ihm (RABIEN in BUGGISCH & al. 1986) der Fund einer reichen Fauna dieses Typus in zersetzten Kalken der oberen Dasberg- und der Wocklum-Stufe. Auch BECKER (1988) berichtet über eine schöne Fauna des Thüringer Ökotyps aus (von W. ZIEGLER, Frankfurt a. M., gesammelten) Knollenkalken der hohen Wocklum-Stufe.

In den von RABIEN (1986) aus dem Stbr. Beuerbach in der Dill-Mulde bekannt gemachten Ostracoden-Faunen fand sich auch eine bislang nicht beschriebene Bairdiacea mit auffälliger Bestachelung, von RABIEN wegen des Rückenstachels (unter offener Nomenklatur) in die Nähe von *Processobairdia* BLUMENSTENGEL 1965 gestellt – einer „Charakterform“ der Beckenfazies. Das Material hierzu hat der Verfasser jetzt in Händen, es soll in vorliegender Arbeit ausführlich beschrieben und auch benannt werden. Da in den Themenkreis sich einfügend, wird auch eine von BECKER in BANDEL & BECKER (1975:46) noch unter offener Nomenklatur dargestellte Bairdiacea-Art aus dem Unterdevon der Zentralen Karnischen Alpen anhangsweise behandelt.

Dank schulde ich Herrn Dr. A. RABIEN (Wiesbaden) für das mir liebenswürdigerweise zum Zwecke der Bearbeitung anvertraute Material sowie Herrn B. KAHL (Frankfurt a. M.) für die wiederum sorgfältige Erledigung der Dunkelkammer-Arbeiten.

2. Fundpunkt und Fundschicht

Lage: Aufgelassener Steinbruch Beuerbach, ca. 4 km ENE Dillenburg im Schelde-Tal N Oberscheld, am SW-Hang des Volpertseichen, ca. 200 m SW P. 379,8; Bl. 5216 Oberscheld, R 34 53 82, H 56 23 58, Lahn-Dill-Gebiet.

Literatur: BUGGISCH & al. (1986: 16–32, Abb. 1–2, 4–6, Tab. 1–4, Taf. 1) [dort weitere Lit.-Angaben]; BECKER (1988: 7–8, Abb. 1–2); cf. BECKER & BLESS (1987: Abb. 2).

Einstufung: Prof. 1, Scht. 15 (Fs. 34–39), Scht. 16 (Fs. 40–41) (nach BUGGISCH & al. 1986: 18, Abb. 2, Tab. 1 u. 3, Taf. 1); Oberdevon, Famennium, Dasberg-Wocklum-Stufe (Grenzbereich dd/dw), Untere–Mittlere (–? Obere) *costatus*-Zone (= Obere *hemisphaerica-dichotoma*-Zone).

Gesteinsausbildung: Kalkstein, dicht und grau, gelblich verwitternd (Einzelheiten siehe BUGGISCH & al. 1986:18).

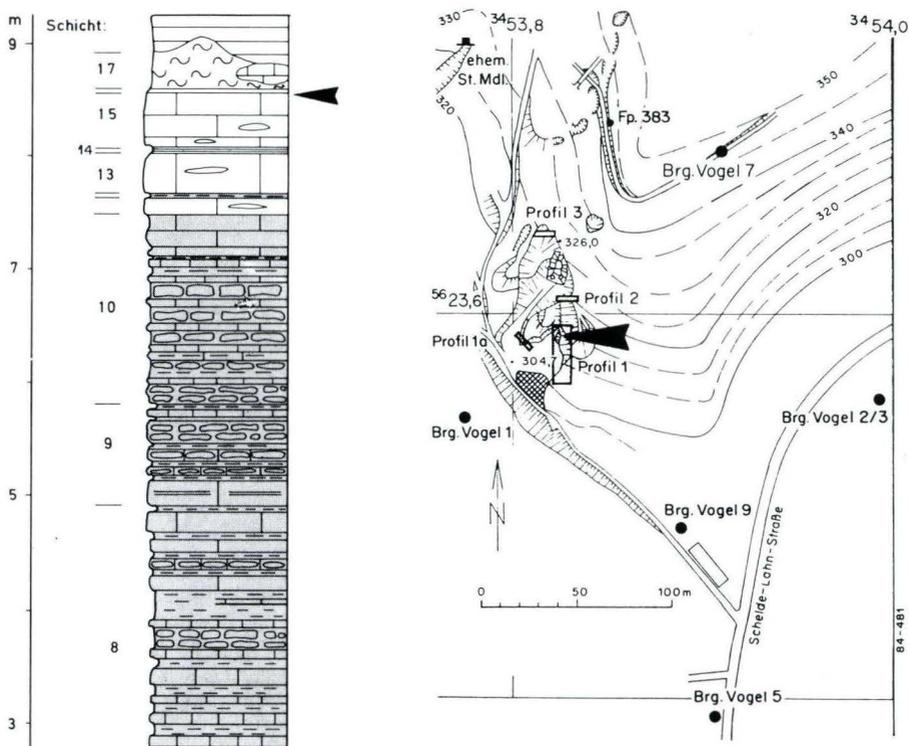


Abb. 1. Stbr. Beuerbach N Oberscheld, Bl. 5216 Oberscheld; Pfeile = locus typicus und stratum typicum von *Rabienoscapha tergoornuta* n. sp. (aus BUGGISCH & al. 1986: Abb. 2 u. 10).

Fauna:

Foraminiferen (siehe BUGGISCH & al. 1986: Tab. 4)

Brachiopoden (siehe BUGGISCH & al. 1986: Tab. 3)

Bivalven (siehe BUGGISCH & al. 1986:18)

Ostracoden (siehe BUGGISCH & al. 1986: Tab. 3)

darunter [v = vom Verf. gesehen, * = zusammen mit der n. sp. (!) in derselben Fs. vorkommend]:

- v * *Hollinella (Keslingella) goerkwitzii* BLUMENSTENGEL
- * *Amphissites parvulus* (PAECKELMANN)
- v *Neochilina binsenbachensis* MATERN
- v *Rectoplacera longicera* BLUMENSTENGEL ?
- Rectoplacera dorsocerata* BLUMENSTENGEL ?
- Tr. (Triplacera) triquetra* GRÜNDEL
- v * *Rectonaria muelleri* GRÜNDEL
- * *Rectonaria inclinata* GRÜNDEL ?
- Rectonaria varica* GRÜNDEL ?
- v * *Orthonaria rectagona* (GRÜNDEL)
- Processobairdia posterocerata* BLUMENSTENGEL ?
- v * *Processobairdia anterocerata* BLUMENSTENGEL ?
- v ! *Rabienoscapha tergoconuta* n. sp.
- T. (Tricornina) communis* BLUMENSTENGEL ?
- v * *T. (Bohemina) gracilis* RABIEN
- * *Maternella dichotoma* (PAECKELMANN)
- v * *R. (Richterina) striatula* (REINH. RICHTER)

Conodonten (siehe BUGGISCH & al. 1986: Tab. 1).

Bemerkungen: Unter den mir von diesem Fundpunkt aus Profil 1, Schichten 15–16 vorliegenden Materialien befinden sich auch Abdrücke und Steinkerne von *Rabienoscapha tergoconuta* n. sp.

3. Material

Die zu *Rabienoscapha tergoconuta* n. sp. gestellten Stücke stellen St und A dar, einem grünlich-gelblichen, auch braun gefleckten, entkalkten Mergelstein aufsitzend. Ihre Erhaltung ist infolge der Feinkörnigkeit und Homogenität des Sediments vergleichsweise sehr gut. Primär-karbonatisches Material ist nicht überliefert.

Die Oberdevon-Objekte wurde mit einem Wild-Makroskop M 400 im Auflicht fotografiert: Vario-Objektiv 16–32x + Vorsatzlinse 2x. Das Material wurde für die Aufnahmen in vorliegender Arbeit nicht (wie sonst üblich) mit MgO geweißt. Einmal, um die Markierungen an den Originalen zu RABIEN (1986) nicht abzudecken; zum anderen, um die Möglichkeit offenzulassen, später Stücke auch im REM abbilden zu können.

Das Original zu *Carentascapha mentzeli* n. sp. ist sekundär verkieselt. Es wurde ebenfalls oberflächlich nicht behandelt und im Auflicht fotografiert (Aufsatz Leitz Kava zur Leica, Objektiv Zeiss Luminar 25 mm + Großfeld-Okular 10x von Leitz)

Das Belegmaterial zu *Rabienoscapha tergoconuta* n. sp. ist hinterlegt im Hessischen Landesamt für Bodenforschung Wiesbaden (Katalog HLB), das Typus-Stück zu *Carentascapha mentzeli* n. sp. im Forschungs-Institut Senckenberg, Frankfurt a. M. (Katalog SMF).

4. Beschreibungen

Bei den Beschreibungen und in den Tafelerklärungen werden folgende Abkürzungen benutzt:

St	= Steinkern(e)	HR	= Hinterrand
A	= Abdruck (Abdrücke)	DE	= Dorsalecke(n)
L	= linke Klappe(n)	HE	= Hinterende
R	= rechte Klappe(n)	LF	= Lateralfäche
K	= Klappe(n)	FR	= freier Rand
G	= Gehäuse	RA	= Rippenabstand
DR	= Dorsalrand	SMA	= Schließmuskel-Fleck
VR	= Ventralrand	l	= größte Länge
VoR	= Vorderrand	h	= größte Höhe

Familie Beecherellidae ULRICH 1894

Diagnose: Eine Familie der Ostracoda mit ausgeprägter Duplikatur (Podocopida, Bairdiacea); G \pm gestreckt, größte Länge i.d.R. dorsal oder ventral, Seitenumriß variabel (rechteckig, trapezförmig, dreieckig, bairdiid, fusiform); G randlich abgeflacht oder ventral abgeplattet; Stacheln bzw. Dornen am HE und/oder am VoE bei einer oder beiden K möglich, desgleichen auch dorsal; L > R; Schloß adont (?); G-Oberfläche glatt oder fein ornamentiert.

Gattung *Rabienoscapha* n. g.

Typus-Art: *Rabienoscapha tergoconuta* n. sp.

Name: Eine mit *Acanthoscapha* ULRICH & BASSLER 1923 verwandte Ostracoden-Gattung, benannt zu Ehren von Herrn Dr. ARNOLD RABIEN (Wiesbaden), dem verdienstvollen Begründer der heute weltweit in Oberdevon und Unterkarbon gültigen Entomozoen-Stratigraphie.

Zeit: Oberdevon, obere Dasberg- bis Wocklum-Stufe (do V–VI), = Untere–Mittlere (–? Obere) *costatus*-Zone, = Obere *hemisphaerica-dichotoma*-Zone.

Raum: Mitteleuropa, Rechtsrheinisches Schiefergebirge.

Arten: Bis jetzt nur die Typus-Art.

Diagnose: Eine Gattung der Beecherellidae mit folgenden Besonderheiten: Seitenumriß bairdiid; Stacheln zumindest am VoE (bei)der K sowie (beiderseits) auf dem Rücken.

Anmerkung: Von der einzigen Spezies (= Typus-Art) liegen bislang nur (isolierte) L vor, das Bedornungsmuster der korrespondierenden R ist somit nicht bekannt. Diese K kann aber, zumindest am Rücken, ebenfalls bedornt sein. Auch eventuell später hinzukommende Arten können beiderseits Stacheln (dorsal und auch vorn) tragen. Dieser Möglichkeit ist in der Diagnose (implizit) Rechnung getragen.

Beschreibung: Siehe bei der Typus-Art.

Beziehungen: *Rabienoscapha* n. g. ist durch den bairdiiden Umriß und den (zwischen den DE) bestachelten DR gut von allen anderen Beecherellidae unterschieden. Am nächsten stehen *Acanthoscapha* ULRICH & BASSLER 1923 sowie auch *Processobairdia* BLUMENSTENGEL 1965. RABIEN (in BUGGISCH & al. 1986) hat das do V–VI-Material

vorläufig (und zunächst durchaus vertretbar wegen der langen Rückenstacheln) in die Nähe von *Processobairdia* gestellt (vgl. mit *P. posterocerata* BLUMENSTENGEL 1965 aus dem do III-V von E-Thüringen und N-Spanien; siehe BECKER 1982: Taf. 1, Fig. 13–20), aber bereits auch (1986:30) mit *Acanthoscapha* (speziell mit *A. volki* BLUMENSTENGEL 1965 auf dem do III von E-Thüringen) verglichen. Bei *Processobairdia* treten Stacheln am Rücken und (wenn zusätzlich überhaupt) nur am HE auf, bei *Acanthoscapha* stets nur an den G-Enden.

***Rabienoscapha tergoconuta* n. sp.**

Taf. 1 Fig. 1–8

v · 1986 *Processobairdia* ? sp. A. RABIEN in BUGGISCH & al.: 27–28, 54, Abb. 6, Tab. 3.

v · 1987 *Processobairdia* ? sp. A. – GROOS-UFFENORDE: 187.

Name: tergum (lat.) = der Rücken, cornutus (lat.) = hörnertragend; nach dem deutlichen Rückenstachel.

Holotypus: Der in vorliegender Arbeit auf Taf. 1 Fig. 6 abgebildete StL, HLB 5216/1918a + dazugehörigem AL, Taf. 1 Fig. 7, HLB 5216/1918b.

Locus typicus: Stbr. Beuerbach N Oberscheld, Prof. 1, E-Wand im S Stbr.-Teil; Bl. 5216 Oberscheld, R 34 53 82, H 56 23 58, Dill-Mulde.

Stratum typicum: Oberdevon, Mittlere (–? Obere) *costatus*-Zone, Wocklum-Stufe (Scht. 15, Fs. 39).

Paratypoide: StL, Taf. 1 Fig. 4 (= StL, Abb. 6a in BUGGISCH & al. 1986) u. AL, Taf. 1 Fig. 5, HLB 5216/1863; Stbr. Beuerbach, Prof. 1, Scht. 15, Fs. 38, Untere *costatus*-Zone, obere Dasberg-Stufe. StL, Taf. 1 Fig. 8 u. AL, Taf. 1 Fig. 3, HLB 5216/1893; Stbr. Beuerbach, Prof. 1, Scht. 15, Fs. 39, Mittlere (–? Obere) *costatus*-Zone; Wocklum-Stufe. StL, Taf. 1, Fig. 1 (= StL, Abb. 6b in BUGGISCH & al. 1986), HLB 5216/1938a + dazugehörigem AL, Taf. 1 Fig. 2, HLB 5216/1938b; Stbr. Beuerbach, Prof. 1, Scht. 16/15, Fs. 40, Mittlere (–? Obere) *costatus*-Zone, Wocklum-Stufe. – Nicht abgebildet: 1 StL, HLB 5216/1918a u. 1 AL, HLB 5216/1918c; Stbr. Beuerbach, Prof. 1, Scht. 15, Fs. 39, Mittlere (–? Obere) *costatus*-Zone, Wocklum-Stufe.

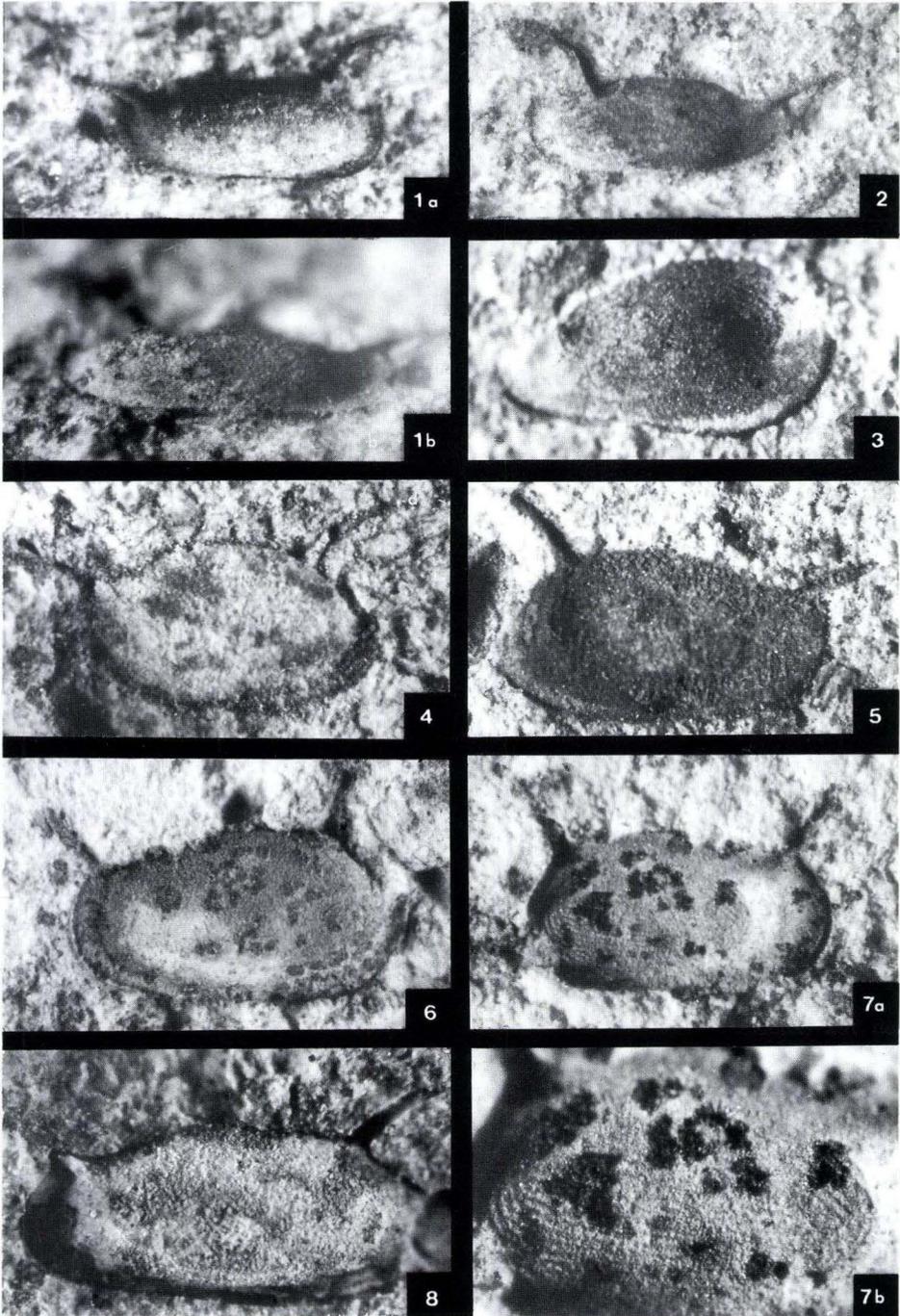
Maße der abgebildeten Stücke (beim Vorliegen von „Druck und Gegendruck“ nur St vermessen): StL, Taf. 1 Fig. 1, HLB 5216/1938a : l = 1,20 mm, h = 0,50 mm. AL, Taf. 1 Fig. 3, HLB 5216/1893 : l ≈ 1,50 mm, h ≈ 1,04 mm. StL, Taf. 1 Fig. 4, HLB 5216/1863 : l = 1,60 mm, h = 0,95 mm. StL, Taf. 1 Fig. 6, HLB 5216/1918a : l = 2,15 mm, h = 1,21 mm. StL, Taf. 1 Fig. 8, HLB 5216/1893 : l > 1,45 mm, h = 0,58 mm.

Tafel 1 

Steinbruch Beuerbach N Oberscheld, Dill-Mulde, Rechtsrheinisches Schiefergebirge; Oberdevon, *costatus*-Zone, do V–VI.

Fig. 1–8. *Rabienoscapha tergoconuta* n. sp.

1. StL, HLB 5216/1938a; a) lateral (ca. 31/1), b) lateral/ventral (ca. 39/1); Scht. 16/15, Fs. 40, do VI.
2. AL, HLB 5216/1938b; lateral (ca. 31/1); Scht. 16/15, Fs. 40, do VI.
3. AL, HLB 5216/1893; lateral (ca. 31/1); Scht. 15, Fs. 39, do VI.
4. StL, HLB 5216/1963; lateral (ca. 26/1); Scht. 15, Fs. 38, do V.
5. AL, HLB 5216/1963; lateral (ca. 26/1); Scht. 15, Fs. 38, do V.
6. StL, HLB 5216/1918a; lateral (ca. 22/1); Scht. 15, Fs. 39, do VI.
7. AL, HLB 5216/1918b; a) lateral (ca. 22/1), b) Detail (ca. 41/1); Scht. 15, Fs. 39, do VI.
8. StL, HLB 5216/1893; lateral (ca. 36/1); Scht. 15, Fs. 39, do VI.



Diagnose: Eine *Rabienoscapha*-Art mit folgenden Besonderheiten: G verhältnismäßig groß; ziemlich langer, \pm nach vorn gerichteter Stachel am VoE; etwas nach hinten gebogener Stachel ähnlicher Stärke auf dem hinteren Rücken; LF mit zarter konzentrischer Ornamentation; ? SMA rundlich, vergleichsweise sehr groß.

Beschreibung (der L): Seitenumriß \pm gestreckt bairdiid, größte Höhe etwa in der Mitte; DR mäßig konvex bis fast gerade; „dorsoanterior margin“ ebenfalls ziemlich gerade, mit kaum merkbarer Unstetigkeit am DR ansetzend und mäßig nach vorn abfallend; „dorsoposterior margin“ kräftiger konvex und steiler (als der „dorsoanterior margin“) zum \pm auf halber Höhe liegenden HE abfallend; VoR gut gerundet, weitestes Ausgreifen etwa in der Mitte; VR mäßig konvex, in der Mitte gerade oder ein wenig eingebuchtet, Übergang in die Endränder stetig; anterodorsal, wo der VoR in den „dorsoanterior margin“ übergeht (= „DE“), ein ziemlich kräftiger und langer, \pm nach vorn oben abgespreizter Stachel, hinten auf dem „dorsoposterior margin“ eine ähnliche, ein wenig kräftigere Struktur, ein nach hinten (konkav) gekrümmter Stachel; LF randlich abgeplattet; K-Oberfläche mit zartem konzentrischem Riefel-Ornament, aus ca. 10 randparallel umlaufenden Rippen bestehend (Entomozoen-Ornament !), RA \approx Rippenstärke. Peripher verkalkte innere Lamelle entwickelt, vorn sowie antero- und posteroventral auf den St die Abdrücke einer recht breiten Duplikatur erkennbar, beim Stück, Taf. 1 Fig. 1 (= Abb. 6b in BUGGISCH & al. 1986) radial gestreift. Auf dem StL, Taf. 1 Fig. 8 eine subzentrale rundliche und schildförmige Aufwölbung beobachtbar (= ? A des SMA).

Variationsbreite: Die Art variiert ziemlich im Umriß; neben sehr gestreckten Exemplaren liegen auch recht gedrungene Stücke vor (siehe RABIEN in BUGGISCH & al. 1986:30), Variabilität und/oder sekundäre Verzerrungen anzeigend. Oder sogar einen Geschlechtsdimorphismus, wobei die gedrungene Individuen die mutmaßlichen Weibchen wären, die schlanken Formen die Prä-Adulten und Männchen.

Ontogenie: Es liegen offensichtlich zwei Larvenstadien vor (Zuwachsfaktor \approx 1.33). Beim Stück, Taf. 1 Fig. 1–2 könnte es sich um einen Prä-Adulten A-2 handeln; seine sehr schlanke Gestalt würde sich gut in die oben diskutierten Vorstellungen vom Vorliegen eines Geschlechtsdimorphismus einpassen.

Beziehungen: Siehe bei der Gattung. – Die von GROOS-UFFENORDE (1987:187) mitgeteilte Interpretation der von RABIEN in BUGGISCH & al. (1986: Abb. 6) gegebenen Strichzeichnungen trifft nicht zu. Es handelt sich bei den von A. RABIEN gestrichelt wiedergegebenen Randpartien der Stücke zu Abb. 6a und 6b (sämtlich StL) nicht um einen „deutlichen Randsaum mit Porenkanälen“, sondern vielmehr um den stellenweise oberflächlich gerunzelten Abdruck der Duplikatur. Dabei bleibt die Ursache dieser Runzelung unbekannt. Der von der genannten Autorin angestellte Vergleich mit *Processobairdia dreeseni* BLESS 1985 aus dem tiefen Oberfamennium des E Belgien trifft somit nicht zu.

Vorkommen: Oberdevon, obere Dasberg- bis Wocklum-Stufe (do V–VI), Untere–Mittlere (–? Obere) *costatus*-Zone; Lahn-Mulde, Rechtsrheinisches Schiefergebirge.

Anhangsweise zu dieser Familie

Gattung *Carentascapha* n. g.

Typus-Art: *Carentascapha mentzeli* n. sp.

Name: Carenta = Karantanien, alter Name für Kärnten; eine mit *Acanthoscapha* ULRICH & BASSLER 1923 und *Rabienoscapha* n. g. verwandte Ostracoden-Gattung.

Zeit: Unterdevon, Siegenium–Emsium.

Raum: Mitteleuropa, Zentrale Karnische Alpen und E-Thüringen.

Arten: *Acanthoscapha* n. sp. 1 BECKER 1975

[= *Carentascapha mentzeli* n. sp.]

Acanthoscapha laterispina I. ZAGORA 1967.

Diagnose: Eine Gattung der Beecherellidae mit folgenden Besonderheiten: Seitenumriß bairdiid; Stacheln am HE und subzentral (auf beiden K).

Anmerkung: Siehe die entsprechende Stelle bei *Rabienoscapha* n. g.

Beschreibung: Siehe bei der Typus-Art.

Beziehungen: *Carentascapha* n. g. ist durch den bairdiiden Umriß und den lateralzentral gelegenen Stacheln gut von allen anderen Beecherellidae unterschieden. Siehe auch bei *Rabienoscapha* n. g.

***Carentascapha mentzeli* n. sp.**

v · 1975 *Acanthoscapha* n. sp. 1 BECKER in BANDEL & BECKER: 46, Taf. 7 Fig. 8.

Name: Zu Ehren von Dr. ROLF MENTZEL (Wiesbaden), der durch seine Studien im Unterdevon der Eifel die Devon-Stratigraphie gefördert hat.

Holotypus: Die durch BECKER in BANDEL & BECKER 1975 auf Taf. 7 Fig. 8 abgebildete R, SMF Xe 9545.

Locus typicus: Seekopfsockel W des Wolayer Sees, Zentrale Karnische Alpen, Italien (siehe BANDEL & BECKER 1975: 7, Abb. 2, 3, = Prof. A–B).

Stratum typicum: Kalkknollen-Schiefer, Siegenium, unteres Unterdevon (Probe Ba 102) (siehe BANDEL & BECKER 1975: 4, cf. Tab. 1).

Bemerkungen zum Material: Es liegt nur ein Exemplar zur Titellart in allerdings vergleichsweise guter Erhaltung vor, die bereits von BECKER in BANDEL & BECKER (1975:46) genannten bezeichnenden „taxonomisch wichtigen Merkmale“ hinlänglich zeigend. Die „Lücke“ zu benachbarten Taxa ist so groß, daß jetzt (vor dem Hintergrund vermehrter Kenntnisse, siehe oben) eine Benennung gewagt wird.

Maße des in BANDEL & BECKER (1975) abgebildeten Stücks: Taf. 7, Fig. 8 : l = 1,04 mm, h = 0,62 mm.

Diagnose: Eine *Carentascapha*-Art mit folgenden Besonderheiten: G verhältnismäßig groß, Seitenumriß gedrungen bairdiid; Lateralstachel lang und kräftig, nach hinten gebogen; HE-Stachel auf halber Höhe liegend, offensichtlich schwächer entwickelt.

Beschreibung (der R): Seitenumriß gedrungen bairdiid, größte Höhe vor der Mitte; DR fast gerade, von der höchsten Stelle etwas nach hinten geneigt, Übergang nach vorn und hinten stetig gerundet; „dorsoanterior margin“ schwach konkav, unter mittlerem Winkel nach vorn abfallend; „dorsoposterior margin“ ebenfalls ein wenig konkav eingezogen, steiler (als der „dorsoanterior margin“) zum etwa auf halber Höhe liegenden HE abfallend; VoR stumpf, oben (an der „DE“) ? mit einer kleinen „Nase“; VR gerade oder ein wenig konkav einbuchtet, ziemlich steil zum zugespitzten (in einen Stachel ausgezogenen) HE aufsteigend. Subzentral ein kräftiger, nach hinten gebogener Stachel auf nicht allzu breiter Basis entspringend; K randlich deutlich abgeplattet; G-Oberfläche offensichtlich glatt.

Beziehungen *Carentascapha mentzeli* n. sp. ist durch den gedrungenen Umriß und die sehr kräftigen Lateralstacheln von der schlankeren und eher zart bestachelten *C. laterispina*

(I. ZAGORA 1967: Taf. 4 Fig. 2, Taf. 6 Fig. 6) aus dem Prägium von E-Thüringen und dem Emsium der Zentralen Karnischen Alpen gut unterschieden.

Vorkommen: Unterdevon, Siegenium; Zentrale Karnischen Alpen.

5. Paläökologie

Die beiden in vorliegender Arbeit beschriebenen Bairdiacea sind zweifellos dem Thüringer Ökotyp von BECKER zuzurechnen, d. h. ihr Lebensraum war im ruhigen (bzw. kaum bewegten) Meer unterhalb der Wellenbasis. Bairdiacea sind in der Regel Benthonten, meist auf dem Substrat lebend, seltener auch in diesem. Die stark bestachelten Vertreter (*Processobairdia*, *Ceratacratia*, *Acanthoscapha* sowie die beiden n. g.) gehörten sicherlich nicht zum Endobenthos, sondern haben vielmehr epibiontisch gelebt. Dabei konnten die langen Rücken- bzw. Lateralstacheln als „Balancier-Stangen“ bei der Fortbewegung gedient haben. BECKER (1987:97) hat auch die Vorstellung, daß diese Strukturen Schwebeorgane waren, nützlich bei temporären Schwebe- oder Schwimmbewegungen. Solche sich (räumlich wie zeitlich) kurz und sich geringfügig oberhalb des Substrats (fort)bewegende Organismen bilden das Nektobenthos. BLESS & MICHEL (1967:269) nehmen für lang-bestachelte *Processobairdia*-Arten echtes Schwimmvermögen an (= Nektonten) und erklären so die weite, überregionale Verbreitung solcher Formen.

In all diesen Modellen betreffend Lebensweise und Ausbreitung paläozoischer Ostracoda spielen Pflanzen als Substrat oder Transportmittel keine Rolle, bedingt durch die für das Fossile fehlende Dokumentation. Trotzdem sollte, wie rezente Beispiele zeigen, die Bedeutung der Pflanzen für die Verbreitung zumindest bestimmter Ostracoden-Taxa nicht völlig außer acht gelassen werden.

6. Schriftenverzeichnis

- BANDEL, K., & BECKER, G. (1975): Ostracoden aus paläozoischen pelagischen Kalken der Karnischen Alpen (Silurium bis Unterkarbon). – Senckenbergiana lethaea, **56**: 1–283, 8 Abb., 2 Tab., Taf. 1–8; Frankfurt a. M.
- BECKER, G. (1982): Ostracoda aus cephalopoden-führendem Oberdevon im Kantabrischen Gebirge (N-Spanien). 2. Bairdiacea, Cytheracea und Entomozoacea. – Palaeontographica, A, **178**: 109–182, 6 Abb., 2 Tab., Taf. 1–10; Stuttgart.
- (1987): Ostracoda des Thüringer Ökotyps aus dem Grenzbereich Devon/Karbon N-Afrikas (Marokko, Algerien). – Palaeontographica, A, **200**: 45–104, 2 Abb., 1 Tab., Taf. 1–7; Stuttgart.
- (1988): Tricorninidae (Ostracoda) aus der Wocklum-Stufe (hohes Oberdevon; Rechtsrheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **116**: 5–18, 1 Abb., Taf. 1–2; Wiesbaden.
- & BLESS, M. J. M. (1987): Cypridinellidae (Ostracoda) aus dem Oberdevon Hessens (Unterer Kellwasser-Kalk; Lahn-Dill-Gebiet und östliches Sauerland, Rechtsrheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 29–56, 9 Abb., Taf. 1–3; Wiesbaden.
- BLESS, M. J. M., & MICHEL M. PH. (1967): An ostracode fauna from the Upper Devonian of the Gildar-Monto Region (NW Spain). – Leidse geol. Meded., **39**: 269–271, 10 Abb., Taf. 1; Leiden.
- BLUMENSTENGEL, H. (1965): Zur Taxonomie und Biostratigraphie verkieselter Ostracoden aus dem Thüringer Oberdevon. – Freiburger Forsch.-H., **C 183**: 11–127, 16 Abb., 9 Tab., Taf. 1–29; Leipzig.
- BUGGISCH, W., & RABIEN, A., & HÜHNER, G. (1986): Stratigraphie und Fazies von Oberdevon/Unterkarbon-Profilen im Steinbruch „Beuerbach“ bei Oberscheld (Conodonten- und Ostracoden-Biostratigraphie, Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge, Blatt 5216 Oberscheld). – Geol. Jb. Hessen, **114**: 5–60, 12 Abb., 11 Tab., Taf. 1; Wiesbaden.
- GROOS-UFFENORDE, H. (1987): Referat. – Zbl. Geol. Paläont., **1987**, II: 186–187; Stuttgart.

- GRÜNDEL, J. (1961): Zur Biostratigraphie und Fazies der *Gattendorfia*-Stufe in Mitteldeutschland unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden. – Freiburger Forsch.-H., **C 111**: 53–173, 17 Abb., 3 Tab., Taf. 1–14; Berlin.
- RABIEN, A. (1954): Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **9**: 1–268, 7 Abb., 4 Tab., Taf. 1–5; Wiesbaden.
- ZAGORA, I. (1967): Verkieselte Ostracoden aus dem Tentakuliten-Knollenkalk (Unterdevon) von Ostthüringen. – Geologie, **16**: 303–343, 1 Tab., Taf. 1–10; Berlin.

Manuskript eingegangen am 30. 3. 1988

Ein Limulide aus dem Zechstein (Oberes Perm) der Korbacher Bucht (Hessen, Bundesrepublik Deutschland)

Von

NORBERT HAUSCHKE & VOLKER WILDE*

Kurzfassung: Es wird erstmalig ein Limulide aus dem Zechstein des Germanischen Beckens beschrieben. Bedingt durch den Erhaltungszustand ist eine systematische Zuordnung über die Überfamilie Limulacea hinaus nicht möglich. Auffallend sind gewisse Ähnlichkeiten mit dem rezenten *Limulus polyphemus* L.

Abstract: For the first time a limulid is described from the marine Upper Permian (Zechstein) of the Northwest European Zechstein Basin. It can be assigned to the superfamily Limulacea with certainty, but further determination is not possible because of preservation. There are remarkable similarities with the modern *Limulus polyphemus* L.

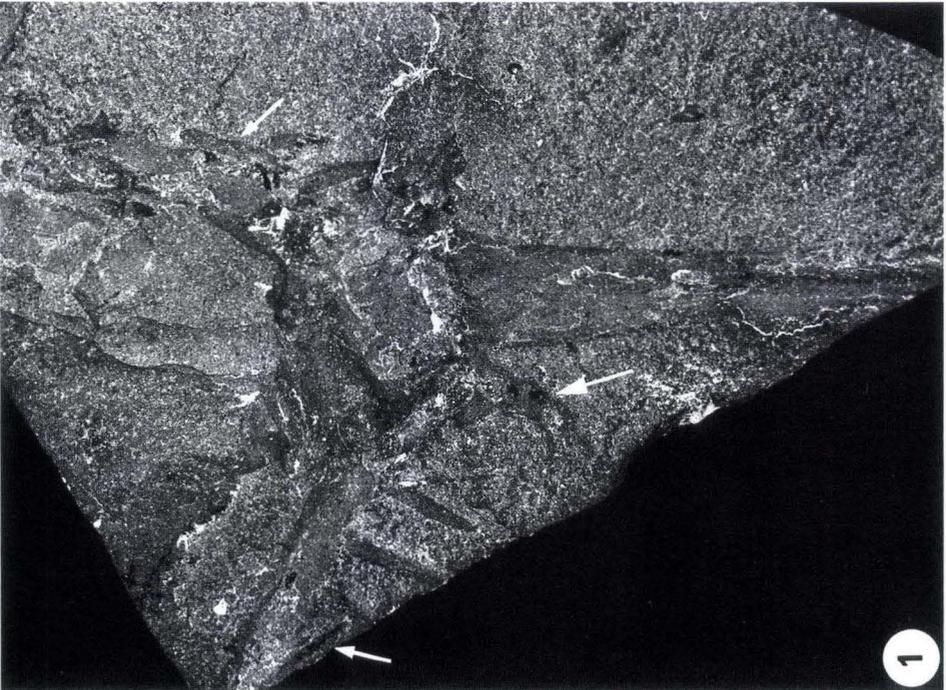
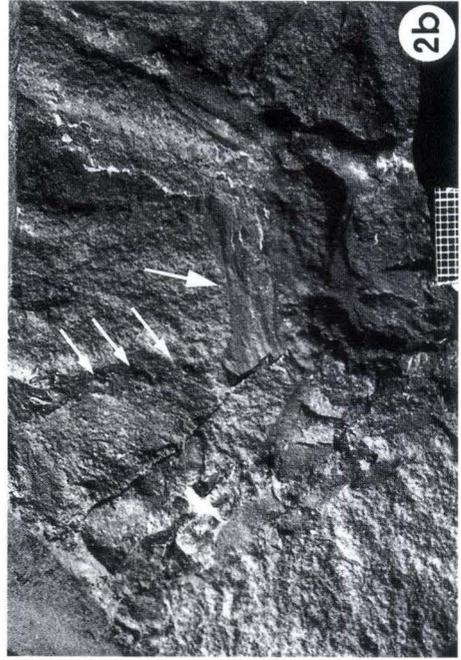
Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	17
2. Beschreibung	19
3. Deutung	20
4. Schriftenverzeichnis	21

1. Einleitung

Von WUNSTORF & FLIEGEL (1910: 38 f.) wurde der Fund eines Limuliden aus dem niederrheinischen Zechstein gemeldet, auf den LANGE (1923: 163, Fußnote 3) noch einmal hinwies. Von diesem interessanten Einzelfund existieren bisher offensichtlich weder eine Beschreibung noch Abbildungen (vgl. auch GLAESSNER & MALZAHN 1962: 245). In der vorliegenden Arbeit wird der Neufund eines Limulidenrestes aus dem Zechstein der Korbacher Bucht beschrieben. Weitere Vertreter dieser Tiergruppe sind aus dem Zechstein des Germanischen Beckens nicht bekannt.

* Dr. N. HAUSCHKE, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, Corrensstr. 24, 4400 Münster. Dr. V. WILDE, Institut und Museum für Geologie und Paläontologie, Goldschmidtstr. 3, 3400 Göttingen.



Das hier beschriebene Fossil entstammt der Stinkkalk-Fazies der Werra-Serie (Z 1) des Steinbruchs Bauch am Galgenberg bei Dorfitter S Korbach. Es wurde den Verfassern vom Finder, Herrn WOLFGANG MUNK aus Walzbachtal-Jöhlingen, freundlicherweise zum Zwecke der Bearbeitung zeitweilig zur Verfügung gestellt.

2. Beschreibung

Klasse: Merostomata DANA 1852

Unterklasse: Xiphosura LATREILLE 1802 (emend. BERGSTRÖM 1968)

Ordnung: Xiphosurida LATREILLE 1802

Unterordnung: Limulina RICHTER & RICHTER 1929 (emend. BERGSTRÖM 1975)

Überfamilie: Limulacea ZITTEL 1885 (nom. transl. RAYMOND 1944, ex Limulidae ZITTEL 1885)

Der Limulidenrest ist in einen dichten, feinkörnigen und grau gefärbten Kalkstein eingebettet. Beim Aufspalten des Gesteins wurde die Ventralseite des räumlich erhaltenen Panzers teilweise freigelegt. Erkennbar sind besonders die randlichen Bereiche des Opisthosoma und Teile des Telson, die sich noch im natürlichen Verband befinden. Die Länge des Restes beträgt 14 cm, wobei jeweils etwa die Hälfte auf Opisthosoma und Telson entfallen. Die folgende Beschreibung beruht auf beiden Spalthälften des Fossils, die hier mit „A“ und „B“ bezeichnet werden; dabei entspricht „A“ derjenigen Spalthälfte, die den Limulidenrest in seiner vollen Länge zeigt (Taf. 1, Fig. 1).

Die seitlichen Ränder des Opisthosoma verlaufen mehr oder weniger geradlinig. Bedingt durch den Erhaltungszustand ist aber nur einer dieser Ränder eindeutig zu verfolgen; er ist gezähnt. Der Abstand zwischen den Zähnen beträgt etwa 0,9 cm. Unmittelbar hinter den verhältnismäßig kurzen Zähnen setzt etwa rechtwinklig zum Seitenrand je ein dolchförmiger Stachel an. Auf der gegenüberliegenden Seite sind ebenfalls mehrere Stacheln erkennbar, die sich jedoch nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lage befinden. Dieser Befund weist darauf hin, daß es sich hierbei um frei bewegliche Stacheln handelte. Soweit diese Stacheln vollständig erhalten sind, beträgt ihre Länge 1,4 bis 1,7 cm. Hinter dem letzten frei beweglichen Stachel biegt der Seitenrand beidseitig leicht nach außen und geht in je einen kräftigen, zur Seite hin abknickenden und fest ansitzenden Stachel über. Dieser posterolaterale Stachel ist auf Spalthälfte „A“ linksseitig vollständig und rechtsseitig nur ansatzweise erkennbar (Taf. 1, Fig. 1). Zwischen den beiden posterolateralen Stacheln ist der



Tafel 1

Fig. 1. Limulidenrest (Spalthälfte „A“) mit Teilen von Opisthosoma und Telson. Markiert sind der linke posterolaterale Stachel (großer Pfeil) und zwei dislozierte, ursprünglich frei bewegliche Stacheln (kleine Pfeile). – 1:1; polarisiertes Licht, gekreuzte Polarisatoren.

Fig. 2. Limulidenrest (Spalthälfte „B“) mit Teilen des Opisthosoma. – 1:1. a. Die markierte Fläche (großer Pfeil) bezeichnet den hinteren Abfall der ventralen Seite des Panzers in den Kiemenraum. Die kurzen Zähne vor den frei beweglichen Stacheln sind mit kleinen Pfeilen markiert. – Polarisiertes Licht, gekreuzte Polarisatoren. b. Die mit dem großen Pfeil markierte Fläche bezeichnet auch hier den hinteren Abfall der ventralen Seite des Panzers in den Kiemenraum. Mit kleinen Pfeilen sind die als Apodemen gedeuteten Strukturen gekennzeichnet. – Normales Licht.

Hinterrand des Opisthosoma über dem Telsonansatz nach vorn hin eingezogen, wobei jedoch median eine kleine, nach hinten weisende Spitze ausgebildet ist.

An den Außenrand des Opisthosoma schließt sich nach innen der ventrale Umschlag an. Verhältnismäßig gut erkennbar ist er auf Spalzhälfte „B“ vor dem Telsonansatz und auf der rechten Seite des Panzers, während die Verhältnisse auf der linken Seite unklar bleiben (Taf. 1, Fig. 2). Im Bereich des Hinterrandes ist dem ventralen Umschlag eine abgegrenzte Fläche vorgelagert, die wahrscheinlich dem Abfall in den beim lebenden Tier von kiementragenden Extremitäten erfüllten Raum entspricht. Der zentrale Teil des Opisthosoma weist bei Spalzhälfte „B“ auf der linken Seite eine Reihe von 4 kleinen Erhebungen auf (Taf. 1, Fig. 2b). Nach Lage und Anordnung handelt es sich dabei möglicherweise um die Apodemen des dorsalen Panzers.

Das unvollständig erhaltene Telson ist im Bereich des Ansatzes etwa 1,5 cm breit. Es verschmälert sich kontinuierlich nach hinten.

3. Deutung

Die vorliegenden Teile von Opisthosoma und Telson erlauben bei dem beschriebenen Limulidenrest keine artliche Bestimmung, zumal lediglich Merkmale der Ventralseite des Panzers erkennbar sind. Trotzdem lassen sich einige interessante Aussagen machen.

Aus dem Jungpaläozoikum sind 3 Überfamilien der Xiphosura bekannt, die für eine systematische Zuordnung in Frage kommen: Belinuracea, Euproopacea und Limulacea (sensu BERGSTRÖM 1975). Die Belinuracea zeichnen sich u. a. dadurch aus, daß das Opisthosoma segmentiert und nicht verschmolzen ist. Sie kommen damit für einen Vergleich mit dem hier beschriebenen Fossil, bei dem das Opisthosoma vollständig verschmolzen ist, nicht in Frage. Den beiden verbleibenden Überfamilien ist ein verschmolzenes Opisthosoma gemeinsam, sie unterscheiden sich jedoch in dessen randlicher Bestachelung. Den Euproopacea fehlen frei bewegliche Randstacheln, während diese ein bei den Limulacea verbreitetes Merkmal sind (BRAUCKMANN 1982). Demnach läßt sich das hier beschriebene Opisthosoma auf Grund des Vorhandenseins frei beweglicher Randstacheln zweifelsfrei den Limulacea zuordnen. Diese Überfamilie umfaßt die Familien Austrolimulidae RIEK 1968, Heterolimulidae VIA BOADA & VILLALTA 1966, Limulidae ZITTEL 1885 und Paleolimulidae RAYMOND 1944. Das Fehlen der entsprechenden diagnostischen Merkmale macht aber eine weitere Einengung der systematischen Zugehörigkeit des Fossils nicht möglich. Bei einem Vergleich des Limulidenrestes mit dem rezenten *Limulus polyphemus* L. fällt jedoch eine große Ähnlichkeit in den erkennbaren Merkmalen auf; auch in der Größenordnung und den Proportionen besteht eine gewisse Übereinstimmung.

Beim Zechstein der Korbacher Bucht handelt es sich um eine in Küstennähe abgelagerte marine Schichtfolge (KULICK 1968). Der aus den Stinkkalken der Werra-Serie stammende Limulidenrest zeichnet sich dadurch aus, daß bei ihm die beweglichen Randstacheln zwar teilweise disloziert sind, sich aber noch im Zusammenhang mit dem Panzer befinden. Da sich diese Stacheln bei Leichen bzw. Exuvien des rezenten *Limulus polyphemus* L. erfahrungsgemäß leicht vom Panzer lösen, liegt die Vermutung nahe, daß der Panzer des hier beschriebenen Limuliden vor seiner Einbettung keinem wesentlichen Transport unterlag. Dieser Befund deutet darauf hin, daß der Limulide in seinem Lebensraum oder in

dessen unmittelbarer Nähe eingebettet wurde. Damit würde es sich, wie bei den rezenten Arten (vgl. HAUSCHKE & WILDE 1987: 100 ff.), um eine marine Form gehandelt haben (vgl. auch HAUSCHKE & WILDE, im Druck). Eine mögliche Verfrachtung aus dem festländischen, limnisch-fluviatilen Bereich erscheint hingegen unwahrscheinlich, läßt sich aber nicht ganz ausschließen.

4. Schriftenverzeichnis

- BERGSTRÖM, J. (1975): Functional morphology and evolution of xiphosurids. – In: MARTINSSON, A. (Hrsg.): Evolution and morphology of Trilobita, Trilobitoidea und Merostomata. – Fossils and Strata, **4**: 291–305, 3 Abb., Taf. 1; Oslo.
- BRAUCKMANN, C. (1982): Der Schwertschwanz *Euproops* (Xiphosurida, Limulina, Euproopacea) aus dem Ober-Karbon des Piesbergs bei Osnabrück. – Osnabrücker naturwiss. Mitt., **9**: 17–26, 2 Abb.; Osnabrück.
- GLAESSNER, M. F., & MALZAHN, E. (1962): Neue Crustaceen aus dem niederrheinischen Zechstein. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **6**: 245–264, 4 Abb., 4 Taf.; Krefeld.
- HAUSCHKE, N., & WILDE, V. (1987): *Paleolimulus fuchsbergensis* n. sp. (Xiphosura, Merostomata) aus der oberen Trias von Nordwestdeutschland, mit einer Übersicht zur Systematik und Verbreitung rezenter Limuliden. – Paläont. Z., **61**: 87–108, 10 Abb.; Stuttgart.
- – (im Druck): Zur Verbreitung und Ökologie mesozoischer Limuliden. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh.; Stuttgart.
- KULICK, J. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 4719 Korbach, 272 S., 32 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 8 Taf., 2 Beibl.; Wiesbaden.
- LANGE, W. (1923): Über neue Fossilfunde aus der Trias von Göttingen. – Z. dt. geol. Ges., **74** (für 1922): 162–168, Taf. 1; Berlin.
- WUNSTORF, W., & FLIEGEL, G. (1910): Der Zechstein. – In: WUNSTORF, W., & FLIEGEL, G. (Hrsg.): Die Geologie des Niederrheinischen Tieflandes. – Abh. preuß. geol. L.Anst., N. F., **67**: 32–47; Berlin.

Manuskript eingegangen am 9. 3. 1988

Devonische Sporen aus Phylliten vom Südrand des Rheinischen Schiefergebirges

Von

ERHARD REITZ*

Kurzfassung: Die Phyllit-Zone am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges hat man meist als vordevonisch angesehen. In den Phylliten von Lorsbach (Südtaunus) hat sich jetzt eine arten- und individuenreiche Mikroflora der Ems-Stufe gefunden. Pteridophyten-Sporen der Oberen Ems-Stufe haben die Phyllite vom Hahnenbachtal (Südhunsrück) und die Solmstaler „Phyllite“ von Niederquembach geliefert. Beide enthalten zusätzlich noch marines Plankton. Ein Sporenspektrum des höchsten Oberdevons konnte aus den phyllitischen Tonschiefern des Albunger Paläozoikums isoliert werden. Die Ergebnisse zeigen, daß mit neuen palynologischen Methoden biostratigraphische Altersbestimmungen in metamorphen Gesteinen möglich sind.

Abstract: A phyllite zone of greenschist facies metamorphism forms the southern margin of the „Rheinisches Schiefergebirge“. It has commonly been considered of pre-Devonian age. However no fossils had been found, and therefore the stratigraphic position had remained undetermined. Phyllites of the Taunus greenschist sequence contain a rich and diversified spore assemblage. The microflora is of typical Lower Devonian (Emsian) age. Phyllites of the Hahnenbach Valley (Hunsrück) at the Solmstal Beds of Niederquembach have yielded a similar spore flora and contain, in addition, elements of a marine plankton flora. Uppermost Devonian spore assemblages were detected in phyllitic slates of the „Albunger Paläozoikum“. The results show that palynology can be a useful tool in deciphering the stratigraphic ages of metamorphic rocks.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	24
2. Fossilführende Gesteinsserien	24
2.1. Die Metamorphe Zone am Taunus-Südrand	24
2.1.1. Fossilbefund	25
2.2. Die Metamorphe Zone des Soonwaldes (Hunsrück)	25
2.2.1. Fossilbefund	27
2.3. Die Solmstaler „Phyllite“ in der südöstlichen Lahnmulde	29
2.3.1. Fossilbefund	29
2.4. Die phyllitischen Tonschiefer des Albunger Paläozoikums (Werra-Grauwackengebirge)	33
2.4.1. Fossilbefund	33
3. Schlußfolgerungen	34
4. Schriftenverzeichnis	35

* Dr. E. Reitz, Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie Ludwig-Maximilians-Universität, Luisenstr. 37, 8000 München 2.

1. Einleitung

Grundsätzlich gilt die Palynologie in metamorphen Gesteinen als ein Problem. Unsere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß sich pflanzliche Mikrofossilien wie Sporen und Acritarchen auch aus metamorphen Gesteinen, selbst aus solchen der tiefen Amphibolith-Fazies gewinnen lassen, wenn man besondere Aufbereitungsverfahren anwendet. Solche Funde liegen durchweg in graphitisiertem und/oder pyritisiertem Zustand vor und erscheinen somit im Durchlicht als strukturlose schwarze Körper. Die Fossilstrukturen werden aber wieder sichtbar, wenn eine geeignete Auflicht-Dunkelfeld-Beleuchtung zum Durchlicht-Hellfeld addiert wird. In der Regel wird auf diese Weise die Bestimmung des Fundes möglich.

So ermöglicht diese Methode auch die Unterscheidung der opaken organischen Substanz von Pyrit und anderen opaken Mineralen. Denn diese heben sich deutlich durch ein höheres Reflexionsvermögen und durch Spaltrisse von der graphitisierten organischen Substanz ab.

Als hilfreich hat sich auch der Vergleich mit Vorkommen erwiesen, die nicht oder nur wenig metamorph verändert sind. Diese liefern vollständige und gut erhaltene Spektren und damit Zeitmarken, denen das palynostratigraphische Standardprofil zugrunde liegt. Wie sich bei den bisherigen Arbeiten gezeigt hat, bleiben bei den metamorph veränderten Mikrofossilien in der Regel nur die dickwandigen Ausbildungen erhalten, während dünnwandige meist durch die Metamorphose zerstört werden. Ein vollständiges Spektrum ist demnach bei metamorphen Gesteinen kaum zu erwarten.

2. Fossilführende Gesteinsserien

2.1. Die Metamorphe Zone am Taunus-Südrand

Die Metamorphe Zone des südlichen Taunus baut sich aus grünschieferfaziell überprägten tonig-sandigen Sedimenten und Magmatiten auf. Die Metasedimente werden nach STENGER (1961) in eine liegende, überwiegend grüngefärbte Eppsteiner Schiefer-Folge im N und eine hangende, vorherrschend dunkelgrau gefärbte Lorsbacher Schiefer-Folge im S untergliedert. Mangels Fossilfunden blieb das Alter der metamorphen Gesteine im Taunus bislang unsicher. Frühere Bearbeiter vermuteten überwiegend ein vordevonisches Alter.

Von den Metasedimenten des Südaunus wurden insgesamt 50 Proben untersucht. Fossilien haben allerdings nur die dunkelgrau gefärbten Lorsbacher Schiefer geliefert. Die grüngefärbten Eppsteiner Schiefer hingegen waren allesamt fossilfrei.

Dies steht möglicherweise mit einer primären Oxydation und der damit verbundenen Rotfärbung der Eppsteiner Schiefer in Zusammenhang. Bei der Mazeration der Proben im Labor konnte häufig beobachtet werden, daß sich grüngefärbte Schiefer nach der Behandlung mit Flußsäure rot verfärbten. Dies war bei den Eppsteiner Schiefen die Regel. Die vermutlich primär rotgefärbten Gesteine sind wahrscheinlich während der Metamorphose intensiv chloritisiert worden und haben dadurch sekundär eine grüne Überprägung erhalten. Häufig kann man auch noch in den Handstücken und in den anstehenden Eppsteiner Schiefen bei genauer Beobachtung einen rotvioletten Schimmer erkennen.

Die fossilführenden Proben stammen aus Lorsbacher Phylliten NW Lorsbach (TK 25, Bl. 5816, Königstein im Taunus: R 345823, H 555390; R 345620, H 555417; R 345707, H 555543).

2.1.1. Fossilbefund

Hochinkohlte Gewebereste von Landpflanzen bilden die Masse der organischen Substanz in den Präparaten. Verstreut finden sich auch Sporen früher Landpflanzen. Diese sind häufig an ihrer charakteristischen Y-Marke gut zu erkennen. Andere erhaltene Merkmale beziehen sich auf Körpergröße, Körperform, Konturform und die Gestaltung der Körperwand mit Skulpturelementen. Eine exakte Bestimmung der Genera und Spezies ist jedoch schwierig, da viele Sporen unter der Wirkung der Umkristallisation verändert worden sind. Alle sind hochgradig graphitisiert und teilweise pyritisiert. Es finden sich auch häufig Sporen, die am Rand angebrochen sind. Von größeren Exemplaren ($> 50 \mu\text{m}$) findet man meistens nur noch Bruchstücke (Tafel 1, Fig. 13).

Auch solche Bruchstücke sind zum Teil noch bestimmbar, wenn die Skulpturelemente gut erhalten sind und sich die Konturform erkennen läßt.

Charakteristisch sind die, an ihrer radial berippten Skulptur gut zu erkennenden Vertreter der Gattung *Emphanisporites*. Diese sind weit verbreitet in den Spektren der Lorsbacher Schiefer.

Die folgenden Genera und Spezies konnten aus den Lorsbacher Schiefen identifiziert werden:

Emphanisporites rotatus MCGREGOR 1961 (Tafel 1, Fig. 1, 2, 4, 7)

Emphanisporites schultzi MCGREGOR 1973 (Tafel 1, Fig. 3)

Dibolisporites wetteldorfensis LANNINGER 1968 (Tafel 1, Fig. 5)

Retusotriletes rotundus (STREEL) STREEL 1967 (Tafel 1, Fig. 6)

Brochotriletes robustus (SCOTT & ROUSE) MCGREGOR 1973 (Tafel 1, Fig. 8)

Dibolisporites sp. (Tafel 1, Fig. 9, 10)

Verruciretusispora sp. (Tafel 1, Fig. 11)

Verrucosisporites polygonalis LANNINGER 1968 (Tafel 1, Fig. 12)

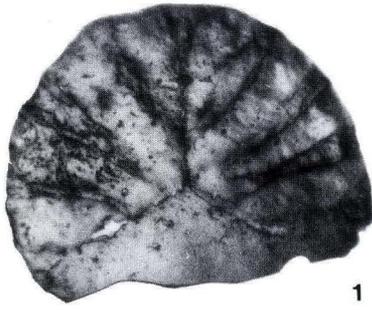
Verruciretusispora multituberculata (LANNINGER) MCGREGOR 1973 (Tafel 1, Fig. 13)

Stratigraphisch wichtige Vertreter, die nach MCGREGOR (1977) ausschließlich in der Ems-Stufe auftreten bzw. dort einsetzen, sind *Emphanisporites schultzi*, *Brochotriletes robustus*, *Dibolisporites wetteldorfensis* und *Verruciretusispora multituberculata*. *Verrucosisporites polygonalis* setzt in der Oberen Siegen-Stufe ein und erlöscht im Oberems.

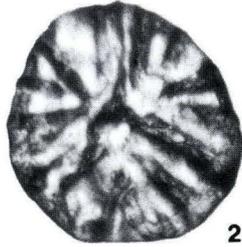
Mit diesem Befund gehören die Lorsbacher Schiefer in die *Emphanisporites annulatus* – *Camarozonosporites sextantii* – Zone nach RICHARDSON & MCGREGOR (1986). Diese reicht stratigraphisch vom Unterems (Basis der Singhofen-Gruppe) bis ins Oberems (obere Wetteldorf-Schichten).

2.2. Die Metamorphe Zone des Soonwaldes (Hunsrück)

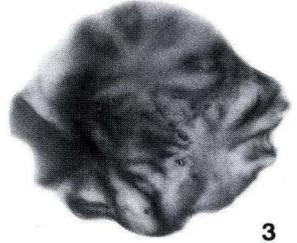
Die Metamorphe Zone des Soonwaldes am Südostrand des Rheinischen Schiefergebirges baut sich aus Serizitphylliten, Meta-Diabasen und untergeordnet Quarziten auf. Im Gegensatz zu den Metamorphiten im Südaunus, sprach einiges dafür, daß die Metasedimente im Südhunsrück devonisches Alter haben (MEISL et al., 1982). Aufgrund regionaler und lithologischer Vergleiche stellte WERNER (1952) für die Quarzite von Kallenfels Analogien mit dem Emsquarzit fest. Aus den phyllitischen Schiefen im Hangenden des



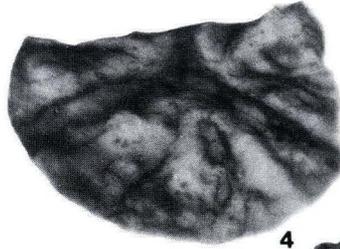
1



2



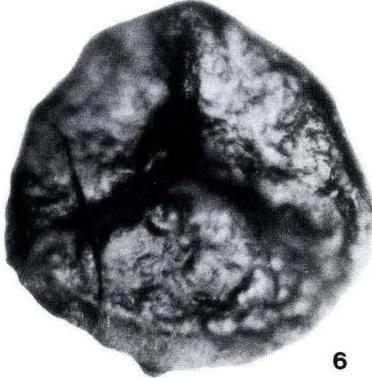
3



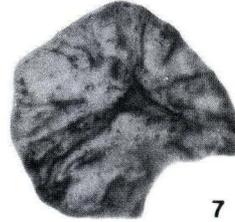
4



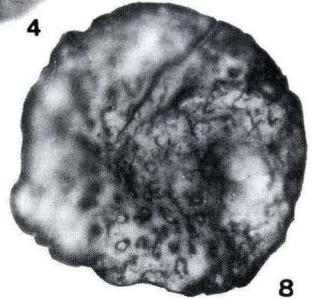
5



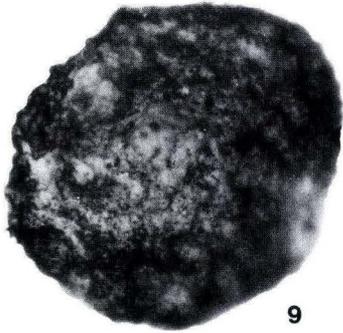
6



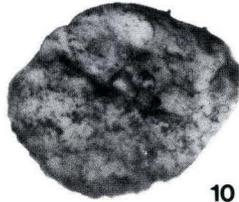
7



8



9



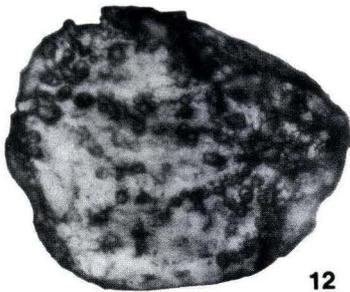
10



11



20 μm



12



13

Quarzites von Kallenfels beschrieb RIEGEL in HOFFMANN (1981) ein Acritarchen- und Sporenspektrum, das er mit gewissen Vorbehalten in die tieferen Teile der Oberen Ems-Stufe stellte. Eine ähnliche Einstufung erhielt er auch für die grauen Phyllite der Vorsoonwald-Serie. Auch der untersuchte Fossilfundpunkt befindet sich in der Vorsoonwald-Serie. Die Probe stammt von den Klippen an der Cramersmühle (TK 25, Bl. 6210, Kirn: R 260393, H 551841).

2.2.1. Fossilbefund

Im Spektrum dominieren die Pteridophytensporen. Acritarchen kommen nur untergeordnet vor. Die Erhaltungszustände der Sporen gleichen denen aus dem Taunusphyllit. Allerdings sind im Spektrum weniger hochinkohlte Fragmente von Landpflanzen zu beobachten. Die folgenden Formspezies konnten identifiziert werden:

- Retusotriletes actinomorphus* CHIBRIKOVA 1962 (Tafel 2, Fig. 2, 5)
Retusotriletes sp. (Tafel 2, Fig. 4)
Dibolisporites wetteldorfensis LANNINGER 1968 (Tafel 2, Fig. 9, 11, 13)
Dibolisporites eifelensis (LANNINGER) MCGREGOR 1973 (Tafel 2, Fig. 12)
Camptotriletes dubius MCGREGOR 1973 (Tafel 2, Fig. 8)
Dictyotriletes emsiensis (ALLEN) MCGREGOR 1973 (Tafel 2, Fig. 3)
Apiculiretusispora brandtii STREEL 1964 (Tafel 2, Fig. 1)
Apiculiretusispora arenorugosa MCGREGOR 1973 (Tafel 2, Fig. 6)
Verruciretusispora dubia (EISENACK) RICHARDSON & RASUL 1978 (Tafel 2, Fig. 14, 15)
 cf. *Grandispora* sp. (isolierter Zentralkörper) (Tafel 2, Fig. 7)
Michrystridium vignitispinum STAPLIN 1961 (Tafel 2, Fig. 16, 17)

Mit diesem Befund gehört das Vorkommen in die *annulatus-sextantii*-Zone.

Verruciretusispora dubia setzt nach RIEGEL & KARATHANASOPOULUS (1982) in den Klerfer Schichten ein. Allerdings finden sich im Spektrum häufig Gebilde, die sich als isolierte Zentralkörper von skulpturierten zonat-pseudosaccaten Sporen deuten lassen (cf. *Grandispora* sp.). Die äußere Umhüllung dieser zonaten Sporen ist höchstwahrscheinlich



Tafel 1

Sporen aus den Lorsbacher Phylliten nahe Lorsbach (Taunus-Südrand)

Fig. 1., 2., 4., 7. *Emphanisporites rotatus* MCGREGOR 1961

Fig. 3. *Emphanisporites schultzei* MCGREGOR 1973

Fig. 5. *Dibolisporites wetteldorfensis* LANNINGER 1968

Fig. 6. *Retustriletes rotundus* (STREEL) STREEL 1967

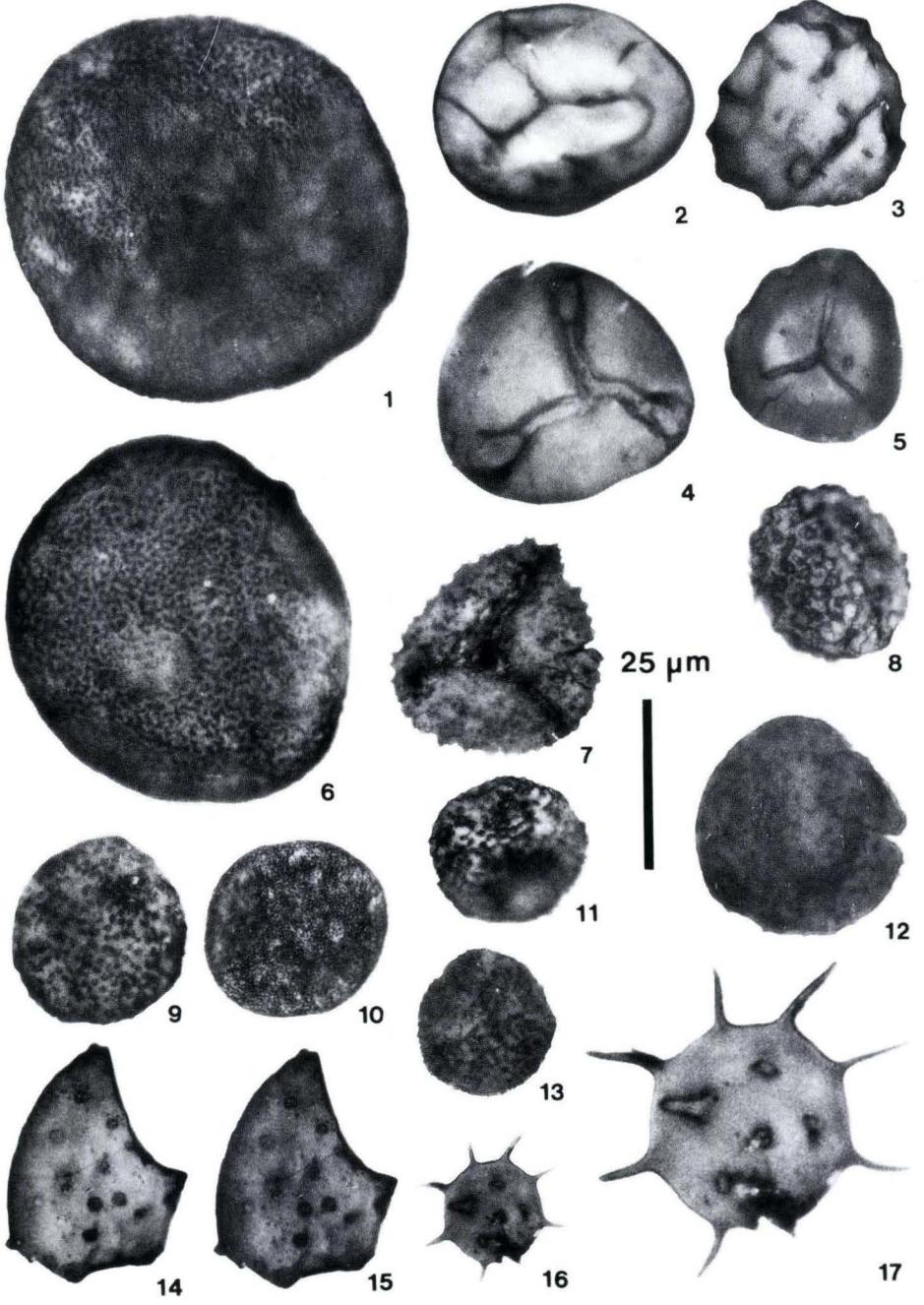
Fig. 8. *Brochotriletes robustus* (SCOTT & ROUSE) MCGREGOR 1973

Fig. 9., 10. *Dibolisporites* sp.

Fig. 11. *Verruciretusispora* sp.

Fig. 12. *Verrucosiporites polygonalis* LANNINGER 1968

Fig. 13. *Verruciretusispora multituberculata* (LANNINGER) MCGREGOR 1973



durch die Metamorphose zerstört worden, so daß nur der isolierte Zentralkörper übrigbleibt.

Diese zonat-pseudosaccaten Sporen setzen nach RICHARDSON & MCGREGOR (1986) erst im oberen Teil der *annulatus-sextantii*-Zone ein. Dementsprechend ist das Vorkommen in das Oberem zu stellen. Dieses Ergebnis bestätigen die Vermutungen von WERNER (1952) und die palynologischen Befunde von RIEGEL in HOFFMANN (1981).

2.3. Die Solmstaler „Phyllite“ in der südöstlichen Lahnmulde

Als Solmstaler „Phyllite“ bezeichnet man eine Serie von intensiv geschieferten, phyllitartigen Gesteinen am Südrand der Gießener Grauwacke. Die Solmstaler Schichten setzen sich vorherrschend aus Phylliten und phyllitischen Schiefern zusammen. Untergeordnet treten auch mylonitisierte Grauwacken und Linsen stark deformierter Spilite und Pyroklastika auf. AHLBURG (1918) stellte die Solmstaler Schichten ins Oberdevon, KEGEL (1929) ins Unter- bis Mitteldevon und FLICK (1970) ins Unterdevon. Fossilien wurden bisher noch nicht gefunden. Die fossilführende Probe stammt von der Straßerböschung gegenüber dem Gasthaus „Zur Bernstadt“ am westlichen Ortsausgang von Niederquembach (TK 25, Bl. 5516, Weilmünster: R 346132, H 559340). Hier stehen graugrüne, phyllitartige Tonschiefer an.

2.3.1. Fossilbefund

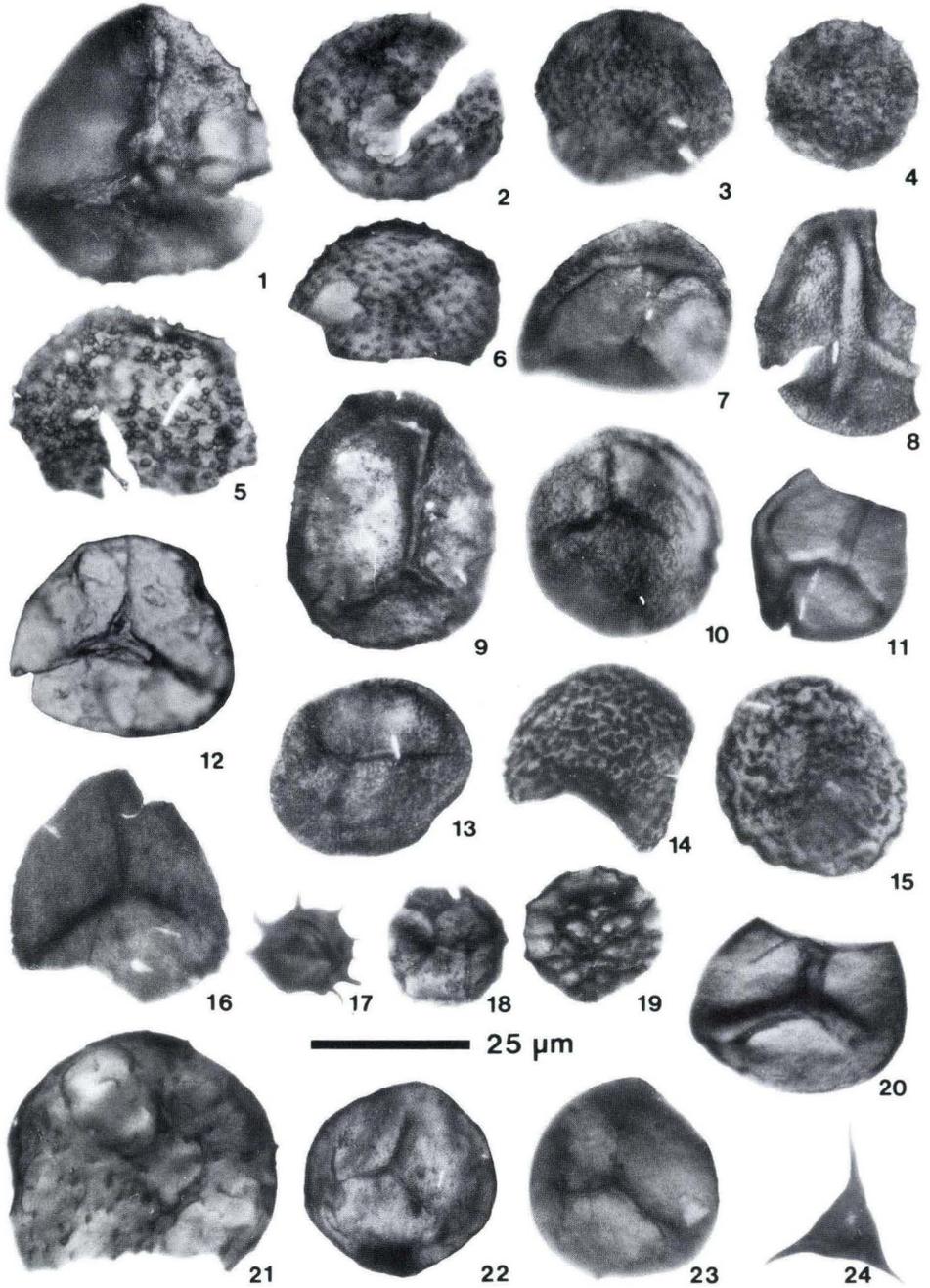
Das Mazerationspräparat enthält reichlich pflanzliche Mikrofossilien. Zahlenmäßig vorherrschend sind die Pteridophyten sporen. Phytoplankton, wie Acritarchen und Prasino-phyceen treten nur untergeordnet auf. Die folgenden Genera und Spezies konnten identifiziert werden:



Tafel 2

Sporen und Acritarchen aus dem Phyllit an der Cramersmühle (Südhunsrück)

- Fig. 1. *Apiculiretusispora brandtii* STREEL 1964
 Fig. 2., 5. *Retusotriletes actinomorphus* CHIBRIKOVA 1962
 Fig. 3. *Dictyotriletes emsiensis* (ALLEN) MCGREGOR 1973
 Fig. 4. *Retusotriletes* sp.
 Fig. 6. *Apiculiretusispora arenorugosa* MCGREGOR 1973
 Fig. 7. cf. *Grandispora* sp. (isolierter Zentralkörper)
 Fig. 8. *Camptotriletes dubius* MCGREGOR 1973
 Fig. 9., 11., 13. *Dibolisporites wetteldorfensis* LANNINGER 1968
 Fig. 10. *Apiculiretusispora* sp.
 Fig. 12. *Dibolisporites eifelensis* (LANNINGER) MCGREGOR 1973
 Fig. 14., 15. *Verruciretusispora dubia* (EISENACK) RICHARDSON & RASUL 1978
 Fig. 16. *Micrhystridium vignitispinum* STAPLIN 1961 (Vergr. 1000 x)
 Fig. 17. *Micrhystridium vignitispinum* STAPLIN 1961 (Vergr. 2000 x)



- Retusotriletes* cf. *actinomorphus* CHIBRIKOVA 1962 (Tafel 3, Fig. 22, 23)
Retusotriletes simplex NAUMOVA 1953 (Tafel 3, Fig. 11, 20)
Retusotriletes sp. (Tafel 3, Fig. 12)
Dibolisporites wetteldorfensis LANNINGER 1968 (Tafel 3, Fig. 2–4, 6)
Dibolisporites cf. *quebecensis* MCGREGOR 1973 (Tafel 3, Fig. 21)
Dibolisporites sp. (Tafel 3, Fig. 5)
Apiculiretusispora plicata (ALLEN) STREEL 1967 (Tafel 3, Fig. 7, 9)
Apiculiretusispora sp. (Tafel 3, Fig. 8, 10, 13, 16)
Dictyotriletes gorgoneus CRAMER 1966 (Tafel 3, Fig. 19)
Acinosporites obnubilus TURNAU 1986 (Tafel 3, Fig. 15)
Rugulatisporites sp. (Tafel 3, Fig. 14)
 cf. *Grandispora* sp. (isolierter Zentralkörper (Tafel 3, Fig. 1)
Cymatiosphaera cf. *wenlockia* DOWNIE 1959 (Tafel 3, Fig. 18)
Micrhystridium sp. (Tafel 3, Fig. 17)
Veryhachium sp. (Tafel 3, Fig. 24)

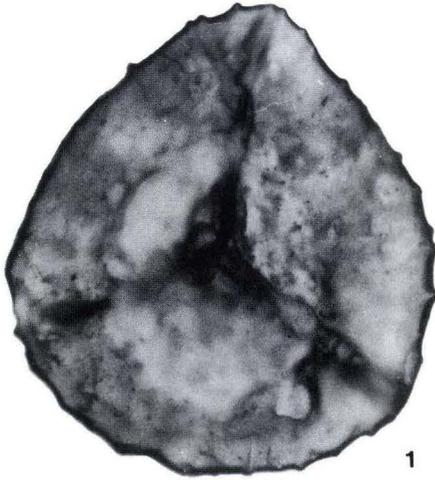
Dictyotriletes gorgoneus ist ein wichtiger Vertreter der *annulatus-sexantii*-Zone. Diese Pteridophyten-Spore setzt nach RICHARDSON & MCGREGOR (1986) in der Singhofen-Gruppe ein und erlöscht in den Wetteldorf-Schichten. Auch alle weiteren identifizierten Pteridophyten-Sporen sind typische Vertreter der Ems-Stufe. Da im Spektrum auch Überreste auftreten, die sich als isolierte Zentralkörper von skulpturierten zonat-pseudosaccaten Sporen deuten lassen (cf. *Grandispora* sp.), ist das Vorkommen von Niederquembach in die Obere Ems-Stufe zu stellen.



Tafel 3

Sporen und Acritarchen aus dem Solmstaler „Phyllit“ von Niederquembach

- Fig. 1. cf. *Grandispora* sp. (Zentralkörper)
 Fig. 2.–4., 6. *Dibolisporites wetteldorfensis* LANNINGER 1968
 Fig. 5. *Dibolisporites* sp.
 Fig. 7., 9. *Apiculiretusispora plicata* (ALLEN) STREEL 1967
 Fig. 8., 10., 13., 16. *Apiculiretusispora* sp.
 Fig. 11., 20. *Retusotriletes simplex* NAUMOVA 1953
 Fig. 12. *Retusotriletes* sp.
 Fig. 14. *Rugulatisporites* sp.
 Fig. 15. *Acinosporites obnubilus* TURNAU 1986
 Fig. 17. *Micrhystridium* sp.
 Fig. 18. *Cymatiosphaera* cf. *wenlockia* DOWNIE 1959
 Fig. 19. *Dictyotriletes gorgoneus* CRAMER 1966
 Fig. 21. *Dibolisporites* cf. *quebecensis* MCGREGOR 1973
 Fig. 22., 23. *Retusotriletes* cf. *actinomorphus* CHIBRIKOVA 1962
 Fig. 24. *Veryhachium* sp.



1



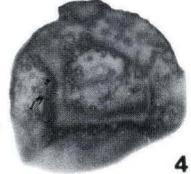
2



3



5



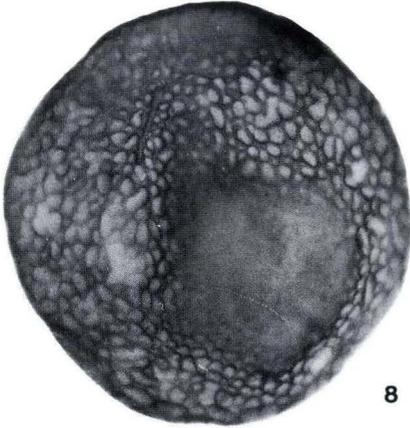
4



6



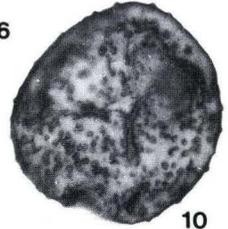
9



8



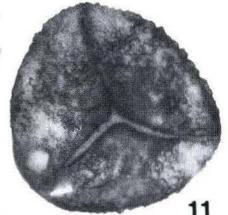
7



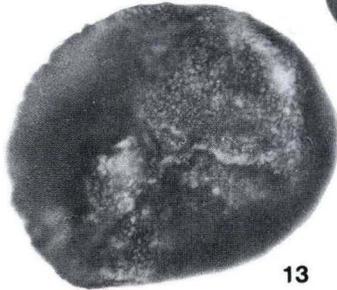
10



12



11



13



14

2.4. Die phyllitischen Tonschiefer des Albunger Paläozoikums (Werra-Grauackengebirge)

Zwischen Eschwege und Witzenhausen treten die gefalteten Schichten des Unterwerra-Sattels zutage. Die Werra-Grauacke baut den größten Teil des Unterwerra-Sattels auf. Im S grenzt die Werra-Grauacke an einer Verwerfung gegen das Albunger Paläozoikum. Im Gegensatz zu der eintönigen Abfolge von Grauacke mit Kieselschiefer- und Diabas-Einschaltungen baut sich das Albunger Paläozoikum aus intensiv tektonisch deformierten, phyllitischen Tonschiefern, geschieferten Kalken, Kieselschiefern und Diabasen auf. Das Albunger Paläozoikum ist am Ostufer der Werra unterhalb Burg Fürstenstein, an der B 27 bei Albungen und an den Straßen nach Wellingerode und Hitzerode aufgeschlossen.

Aus roten Kalken, die am Ostufer der Werra unterhalb Burg Fürstenstein anstehen, konnte bereits WITTIG (1968) Conodonten der Nehden- bis Hemberg-Stufe isolieren. Graugüne Tonschieferproben, die von diesem Profil an der Werra genommen wurden, waren allerdings fossilfrei. Reichlich Pteridophyten-Sporen haben zwei Tonschieferproben vom Straßenanschnitt an der B 27 bei Albungen geliefert (TK 25, Bl. 4725, Bad Sooden-Allendorf: R 356925, H 567740).

Aus hellgrauen geschieferten Kalken, die 300 m N meines Fundpunktes anstehen, hatte WITTIG (1968) Conodontenbruchstücke isoliert. Mit diesen stuft er das Kalkvorkommen in das Unterdevon ein. Allerdings waren WITTIGS Bemühungen, Conodonten aus den Schiefen zu gewinnen, ergebnislos. Im folgenden wird erstmals eine biostratigraphische Datierung aus den phyllitischen Tonschiefern des Albunger Paläozoikums vorgelegt.

2.4.1. Fossilbefund

Beide Proben enthalten reichlich relativ gut erhaltene Pteridophyten-Sporen. Im Vergleich zu den bisher beschriebenen unterdevonischen Sporen aus dem Taunus kann man deutliche Unterschiede erkennen. Auffallend sind Sporen mit einer foveoreticulaten



Tafel 4

Sporen aus den „phyllitischen“ Tonschiefern von Albungen (Werra-Grauackengebirge)

Fig. 1. *Hymenozonotrites explanatus* (LUBER) KEDO 1963

Fig. 2. *Aneurospora greggsii* (MCGREGOR) STREEL 1974

Fig. 3. *Pustulatisporites* sp.

Fig. 4. *Grandispora* cf. *tenuispina* (HACQUEBARD) PLAYFORD 1974

Fig. 5.-7. *Vallatisporites vallatus* HACQUEBARD 1957

Fig. 8. *Retispora lepidophyta* (KEDO) PLAYFORD 1976

Fig. 9. *Anapiculatisporites* sp.

Fig. 10. *Grandispora gracilis* (KEDO) STREEL 1974

Fig. 11. *Spelaeotrites* cf. *crustatus* HIGGS 1975

Fig. 12. *Retusotrites incohatus* SULLIVAN 1964

Fig. 13. *Apiculiretusispora granulata* OWENS 1971

Fig. 14. *Retusotrites* sp.

Maßstab = 20 µm

Exoexine (*Retispora lepidophyta*, Tafel 4, Fig. 8). Da solche Sporen erst ab der mittleren Eifel-Stufe (*Retispora archeolepidophyta*) auftreten, ist das Vorkommen von Albungen mit Sicherheit jünger als Unterdevon. Das Spektrum wird durch die folgenden Genera und Spezies gekennzeichnet:

Retusotriletes incohatus SULLIVAN 1964 (Tafel 4, Fig. 12)

Retusotriletes sp. (Tafel 4, Fig. 14)

Retispora lepidophyta (KEDO) PLAYFORD 1976 (Tafel 4, Fig. 8)

Hymenozonotriletes explanatus (LUBER) KEDO 1963 (Tafel 4, Fig. 1)

Vallatisporites vallatus HACQUEBARD 1957 (Tafel 4, Fig. 5–7)

Apiculiretusispora granulata OWENS 1971 (Tafel 4, Fig. 13)

Grandispora gracilis (KEDO) STREEL 1974 (Tafel 4, Fig. 10)

Grandispora cf. *tenuispina* (HACQUEBARD) PLAYFORD 1974 (Tafel 4, Fig. 4)

Aneurospora greggsii (MCGREGOR) STREEL 1974 (Tafel 4, Fig. 2)

Spelaeotriletes cf. *crustatus* HIGGS 1975 (Tafel 4, Fig. 11)

Anapiculatisporites sp. (Tafel 4, Fig. 9)

Pustulatisporites sp. (Tafel 4, Fig. 3)

Retispora lepidophyta, *Hymenozonotriletes explanatus*, *Vallatisporites vallatus* und *Retusotriletes incohatus* sind typische Vertreter des Devon/Karbon-Grenzbereiches.

Nach HIGGS & STREEL (1984) tritt *Retispora lepidophyta* nicht mehr im Karbon auf. *Retusotriletes incohatus* erreicht im höchsten Oberdevon schon Anteile von über 40 % im Spektrum. Auch *Vallatisporites vallatus* setzt nach HIGGS & STREEL (1984) im höchsten Oberdevon ein. Beide Sporenspezies erreichen aber erst im tiefen Unterkarbon ihre maximale Verbreitung und sind Zonenfossilien der *vallatus-incohatus*-Subzone an der Basis des Karbons.

Dementsprechend ist das Vorkommen von Albungen in das höchste Oberdevon zu stellen. Die phyllitischen Schiefer an der B 27 bei Albungen stellen somit Äquivalente der Hangenberg-Schiefer dar.

3. Schlußfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß die Palynologie mit Erfolg zur Datierung von Gesteinskomplexen der Grünschiefer-Fazies herangezogen werden kann. Die Methode ermöglicht allerdings nicht immer so detaillierte Alterseinstufungen wie die Conodonten-Stratigraphie. Denn in einer Sporenzone liegen häufig mehrere Conodontenzonen. Andererseits finden sich Conodonten in Metapelliten nur selten, dort kommen Sporen häufiger vor.

Wie die vorliegende Arbeit, haben auch einschlägige Untersuchungen in metamorphen Gesteinen Nordostbayerns und des Tauernfensters Erfolg gebracht (REITZ, 1987, REITZ & HÖLL, 1988). Solche schwierigen aber aussichtsreichen Untersuchungen sollen in naher Zukunft auf weitere Vorkommen der regionalen und überregionalen Geologie ausgedehnt werden.

Dank: Ich danke Herrn Prof. PFLUG für die kritische Durchsicht des Manuskriptes sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung der Arbeiten im Rahmen des Projektes Fr 668/1–2.

4. Schriftenverzeichnis

- AHLBURG, J. (1918): Geol. Kte. Preußen u. benachb. B. St., Lfg. **208**, Bl. Weilmünster u. Erl., 76 S., 12 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- FLICK, H. (1970): Zur Geologie der „Solmstaler Schichten“ (südöstliche Lahnmulde, Rheinisches Schiefergebirge). – Dipl. Arb., 70 S., Univ. Clausthal-Zellerfeld (unveröff.); Clausthal-Zellerfeld.
- HIGGS, K. (1975): Upper Devonian and Lower Carboniferous miospores from Hook Head, Co. Wexford, Ireland. – *Micropaleontology*, **21** (4): 393–419, 5 Abb., 7 Taf.; New York.
- & STREEL, M. (1984): Spore stratigraphy at the Devonian – Carboniferous boundary in the northern „Rheinisches Schiefergebirge“, Germany. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **67**: 157–179, 11 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; Frankfurt a. M.
- HOFFMANN, M. (1981): Geologische Untersuchungen im südlichen Hahnenbachtal zwischen Lützelsohn und Kirn (Hunsrück/Rheinisches Schiefergebirge). – Dipl. Arb., 156 S.; Univ. Göttingen (unveröff.).
- KEGEL, W. (1929): Geol. Kte. Preußen u. benachb. d. Lf., Lfg. **275**, Bl. Cleeberg-Kirchgöns u. Erl., 50 S., 5 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- MCGREGOR, D. C. (1973): Lower and Middle Devonian spores of eastern Gaspé, Canada. I. Systematics. – *Palaeontographica Abt. B*, **142**: 1–77, 38 Abb., 9 Taf.; Stuttgart.
- (1977): Lower and Middle Devonian spores of eastern Gaspé, Canada. II. Biostratigraphy. – *Palaeontographica Abt. B*, **163**: 111–142, 9 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.
- (1979): Devonian spores from the Barrandian region of Czechoslovakia and their significance for interfacies correlation. – *Geol. Surv. Pap. Can.*, **79-1B**, Current Research, Part B: 189–197, 1 Abb., 3 Taf.; Ottawa.
- McNESTRY, A. (1988): The palynostratigraphy of two uppermost Devonian – lower Carboniferous borehole sections in South Wales. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **56**: 69–87, 8 Abb., 5 Taf.; Amsterdam.
- MEISL, S., ANDERLE, H.-J., & STRECKER G.: Niedrigtemperierte Metamorphose im Taunus und Soonwald, – *Fortschr. Miner.* **60**, Beih. 2: 43–69, 4 Abb.; Stuttgart.
- REITZ, E. (1987): Silurische Sporen aus einem granatführenden Glimmerschiefer des Vor-Spessart, NW-Bayern. – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **11**: 699–704, 1 Abb.; Stuttgart.
- & HÖLL, R. (1988): Jungproterozoische Mikrofossilien aus der Habachformation in den mittleren hohen Tauern und dem nordostbayerischen Grundgebirge. – *Jahrb. Geol. B.-A.*, **131/2**: 329–340, 4 Abb., 2 Taf.; Wien.
- RICHARDSON, J. B., & MCGREGOR, D. C. (1986): Silurian and Devonian spore zones of the Old Red Sandstone Continent and adjacent regions. – *Geol. Surv. Can., Bull.* **364**: 1–80, 7 Abb., 3 Tab., 21 Taf.; Ottawa.
- RIEGEL, W., & KARATANASOPOULOS, S. (1982): Palynological criteria for the Siegenian/Emsian transition in the Rhineland. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **55**: 199–206, 1 Abb.; Frankfurt a. M.
- STENGER, B. (1961): Stratigraphische und gefügetektonische Untersuchungen in der Metamorphen Taunus-Südrand-Zone (Rheinisches Schiefergebirge). – *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **36**, 68 S., 20 Abb., 4 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- STREEL, M., HIGGS, K., LOBOZIAK, S., RIEGEL, W., & STEEMANS, P. (1987): Spore stratigraphy and correlation with faunas and floras in the type marine Devonian of the Ardenne-Rhenish regions. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **50**: 211–229, 14 Abb.; Amsterdam.
- TURNAU, E. (1986): Lower to Middle Devonian spores from the vicinity of Pionki (central Poland). – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **46**: 311–354, 4 Abb., 1 Tab., 9 Taf.; Amsterdam.
- WERNER, H. H. (1952): Geologie der Winterbacher Mulde im südöstlichen Hunsrück. – *Geol. Jahrb.*, **66**: 627–660, 4 Abb., 6 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- WITTIG, R. (1968): Stratigraphie und Tektonik des gefalteten Paläozoikums im Unterwerra-Sattel. – *Notizbl. hess. L.-Amt. Bodenforsch.*, **96**: 31–67, 6 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.

Beziehungen zwischen Tektonik und Paläogeographie im mährischen Karbon

Von

JAROSLAV DVOŘÁK*

Kurzfassung: Die Einflüsse der Tektonik auf die Sedimentation des Unterkarbons in Mähren werden beschrieben. Diese wurde nicht nur durch synsedimentäre vertikale Bewegungen der einzelnen Schollen gesteuert, sondern auch durch Wanderung der Zonen der maximalen Absenkung. Von Anfang an wurde der Geosynklinalraum komprimiert. Die Vorlandblöcke spielten dabei die aktive Rolle – sie wurden unter Geosynklinalen und Zwischengebirge untergeschoben. Bei steilen thermischen Paläogradienten schmolz die granitische Schicht der untergeschobenen Schollen. Die Schmelzen migrierten unter die Blöcke des Zwischengebirges, wo sie in Form von großen granitischen Plutonen intrudierten. Diese Blöcke wurden schnell gehoben. Auf den Gipfeln der entstandenen Gebirge wurden saure Vulkanite gefördert. Deren Tuffe wurden weit verbreitet und Vulkanit-Gerölle gelangten durch Flüsse in die Flyschsedimentationsräume. Die Granitintrusionen haben zusammen mit den subsequenten Vulkanismus die Flyschbildung begleitet. Die mit der K/Ar-Methode bestimmten Alter der Plutone zeigen nicht das Intrusionsalter an, sondern den Zeitpunkt der Abkühlung unter 300° C.

Abstract: The sedimentation during the Lower Carboniferous in Moravia was governed by tectonic processes. Besides vertical movements of particular blocks the migration of the area of maximum subsidence is important. The geosyncline has been compressed from its beginning. An active part is hereby played by the foreland blocks underthrusting the geosyncline and the median mass. Due to a strong geothermal paleogradient the granitic layer of those underthrust blocks melted. The melts migrated under the blocks of the median mass which thus were intruded by large granite plutons and rapidly elevated. Acid volcanics appeared on the peaks of the newly formed mountains. Their tuffs have been widely dispersed and clastic volcanic material also was transported to the flysch sedimentation areas by streams. The flysch formation was accompanied by granite intrusions and subsequent volcanism. Ages of the plutons determined by the K/Ar-method don't yield the time of intrusion but rather the date of cooling below 300° C.

* Dr. J. DVOŘÁK, Ústřední ústav geologický, Leitnerova 22, ČSSR – 602 00 Brno. Erweiterte Fassung eines Vortrags, gehalten am 3. März 1988 im Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	38
2. Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung des Rhenoherynikums und Sudetikums	39
3. Entwicklung in Mähren	40
3.1. Nížký Jeseník-Gebirge	40
3.2. Drahaner Höhe	47
4. Schriftenverzeichnis	50

1. Einleitung

Der etwa SSW–NNE verlaufende Sedimentationsraum des Mährischen Paläozoikums („Sudetikum“) wird durch eine aus Kristallin gebildete Hochscholle (die heutige Obermarch-Senke) in zwei Teile gegliedert. Den nördlichen bildet das Jeseník-Gebirge, den südlichen die Drahaner Höhe. Durch bereits proterozoisch angelegte und im Paläozoikum wiederbelebte NW–SE streichende Störungen wird das Gebiet in mehrere Querschollen aufgeteilt (Taf. 1).

Das Mährische Paläozoikum ist eine spiegelbildlich symmetrische Struktur zum Rhenoherynikum (DVOŘÁK & PAPROTH 1969). Da im proterozoischen Untergrund des Sudetikums viele große Granitmassive auftreten, war das „basement“ der Geosynklinale nur wenig mobil. Die paläozoischen Sedimente und Vulkanite haben deshalb im Vergleich zum Rhenoherynikum relativ kleinere Mächtigkeiten und flächenmäßig geringere Verbreitung. Die Entwicklungstendenzen sind aber bei den o.g. Geosynklinal-Strukturen (DVOŘÁK & PAPROTH 1988) analog und synchron. Sie zeigen eine ausgeprägte Polarität (AUBOUIN 1965).

Die europäischen Varisziden haben sich in der mobilen zirkumäquatorialen Zone in der Folge einer Kollision zwischen Gondwana und Laurasia entwickelt. Sie fand während der nach N gerichteten kontinuierlichen Kontinentaldrift statt, wie auch aus der Paläomagnetik hervorgeht.

Die variszischen Geosynklinalmeeresbecken lagen auf der granitischen Schicht der Erdkruste, nicht auf der ozeanischen. Im Bereich der damaligen Pangea (BOUCOT & GRAY 1983) kann man keinen Ozean nachweisen. Die Geosynklinale sind von Anfang an durch Kompression entstanden (DVOŘÁK 1973). Die schwächeren, weniger konsolidierten Teile der Erdkruste sind zerbrochen und wurden mobilisiert. Auf vielen Längs- und Querbrüchen zwischen synsedimentär bewegten Schollen und Blöcken kamen basische (weniger intermediäre oder saure) Initialvulkanite, sensu STILLE, empor. Das Maximum der vulkanischen Produktion lag im Mitteldevon. In Mähren dauerte der Initialvulkanismus wenigstens vom Oberem bis zum Mittelvisé (mehr als 45 Mio. Jahre) an. Die maximale Mächtigkeit der in dieser Zeit geförderten Vulkanite überschreitet kaum 1000 m. Der geochemische Charakter ändert sich mit der Zeit nicht und entspricht den Vulkaniten der Lahn- und Dill-Mulde des Rheinischen Schiefergebirges (PŘICHYSTAL 1985, WEDEPOHL et al. 1983). Die jüngsten vulkanischen Ausbrüche (mit Tuffen und Fe-Lagerstätten) wechsellagern mit Tonschiefern, Siltsteinen und Grauwacken des variszischen Flysch (Tournai und Untervisé). Der Vergleich mit rezenten Bedingungen zeigt, daß es sehr wenig vulkanisches Ergußmaterial im Verhältnis zur Zeit gibt (auch, wenn nur das Mitteldevon in Betracht gezogen wird – vgl.

WEDEPOHL et al. 1983). Es sind auch quarzreiche Sandsteine und Konglomerate im Liegenden und im Hangenden der Vulkanite in großen Mengen zu finden. Diese Beobachtungen lassen vermuten, daß die Geosynklinalen keine Rift- oder andere Dehnungs-Strukturen waren. Auch die eindeutigen Flachwasser-Sedimente, die sich mit den Vulkaniten verzahnen oder auf diesen liegen, zeigen, daß keine ozeanische Kruste mit Tiefsee-Sedimentation im Verbreitungsbereich dieser Vulkanite war.

2. Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung des Rhenoherynikums und Sudetikums

In der Entwicklung der „Geosynklinalen“ können vier Etappen unterschieden werden. Während der ersten Entwicklungsetappe im Unterdevon wurde chemisch verwittertes, klastisches Material aus den Vorländern geliefert (DVOŘÁK & PAPROTH 1988). In der Flysch-Etappe (höchstes Frasne bis tiefstes Namur A) wurde frisches, chemisch unverwittertes, klastisches Material aus den sich rasch hebenden Blöcken des Zwischengebirges geliefert. Die Flysch-Etappe war der Zeitraum verstärkter Kompression des ganzen Tektogens. Die Vorländer spielten dabei die aktive Rolle. Die Schollen der granitischen

Tab. 1. Stratigraphisches Schema des zeitlichen Ablaufs des Vulkanismus im Nížký Jeseník-Gebirge und Umgebung (zeitliche Überschneidung von initialem und subsequentem Vulkanismus!)

		Zwischengebirge	Šternberk - Horni Benešov - Zone
		Subsequenter Vulkanismus	Initialer Vulkanismus
KARBON	Westfal		
	Namur		
	Ober-Visé		
	Mittel-Visé		
	Unter-Visé		
	Tournai		
DEVON	Famenne		
	Frasne		
	Givet		
	Eifel		
	Ems		
	Prag		

Schicht der kontinentalen Kruste wurden mobilisiert und unter die Geosynklinalzonen untergeschoben („underthrusting“). Während des Devons und Karbons ist mit einem sehr steilen thermischen Paläogradienten zu rechnen (in den Vortiefen 60–90°C/km – BUNTEBARTH et al. 1982). In Richtung an das Zwischengebirge steigt er auf mehr als 200°C/km an. Die untergeschobenen Schollen der granitischen Schicht der Erdkruste schmolzen, die Schmelzen migrierten unter das Zwischengebirge, wo sie in Form von riesigen, „leichten“ Granitplutonen mit großen Wasserüberschuß intrudierten. Auf der Oberfläche wurden die Plutone von subsequentem saurem Vulkanismus begleitet (Tab. 1). Diese großen Vulkane haben seit dem höchsten Frasnem immer häufiger die Asche geliefert, die wir heute in den Sedimenten als Tuff- oder Tuffit-Einlagerungen finden (mit Biotit, Zirkon und Apatit). Im Oberdevon sind die Tuffe sehr selten, häufiger im Tournai, sehr häufig im Visé und mit Höhepunkt im unteren Namur A (bis 12 m mächtige Tuffite, „Wetzsteine“, in der kohlenführenden Molasse des Oberschlesischen Kohlenbeckens).

3. Entwicklung in Mähren

3.1. Nížký Jeseník-Gebirge

In den mobilen Querschollen (z. B. im nördlichen Teil des Sudetikums, dem Jeseník-Gebirge aber auch im Rhenoherynikum (DVOŘÁK 1973) ist die Flysch- und Molasse-Entwicklung ausgeprägt. Die Entwicklung der Tröge im Flyschstadium war ganz anders als im Präflysch. Es bildeten sich längsgerichtete, relativ schmale Zonen maximaler Subsidenz (Abb. 1). Am Fuß des sich heraushebenden Zwischengebirges wurde der älteste Flysch abgelagert. Das klastische Material wurde senkrecht zur Achse des Sedimentationstrogos transportiert. Am Rande des Beckens entstand ein Schüttungskegel. Von dort transportierte die Meeresströmung das klastische Material in Richtung der Zone der maximalen Subsidenz weiter. Die Strömungsmarken auf der Basis der gradierten Grauwackenbänke zeigen diesen weiteren Transport des klastischen Materials an, sie sagen aber nichts über die Position des Liefergebietes. In Mähren sind die Strömungen in den Flyschtrögen hauptsächlich von SSW nach NNO orientiert. Die klastische Flysch-Fazies ist im Prinzip auf dem Rand des Troges, der vom Zwischengebirge gebildet wurde, regressiv. Auf anderen dem Rand, am Vorland, sind sie transgressiv. In Richtung auf das Vorland (in Mähren von W nach E) hat die Flysch-Fazies schrittweise die anderen Faziesbereiche, wie die Kieselschiefer in der Mitte des Beckens und die Kalksteine, verdrängt (Abb. 2). Die Flyschsedimente, die die einzelnen Zonen der maximalen Subsidenz ausfüllen, sind 1500 bis 2000 m mächtig. Die ältesten Flyschablagerungen enthalten typische Grauwacken. In den jüngeren lithostratigraphischen Einheiten der Flyschentwicklung haben die Grauwacken zunehmend mehr Quarz und sind besser sortiert (KUKAL 1980). Mit dem Übergang in die paralische Molasse gehen sie in Grauwackensandsteine über. Diese Tendenz gilt auch für das Verhältnis Al_2O_3/Na_2O bei den Tonschiefern, (eine Reaktion auf die chemische Verwitterung im Liefergebiet), das von 7,5 im ältesten Flysch bis 15 in der Mitte der paralischen Molasse ansteigt. Diese Steigerung ist nur im frischen, unverwitterten Material zu beobachten. Sie ist sehr wahrscheinlich eine Funktion der Transportlänge des klastischen Materials. Die Gerölle der Konglomerateinlagerungen (MAŠTERA 1972, 1975; ZAPLETAL 1977, 1981, 1986) und die Schwerminerale der Grauwacken (OTAVA 1981) geben einen guten Überblick über die Entwicklung des

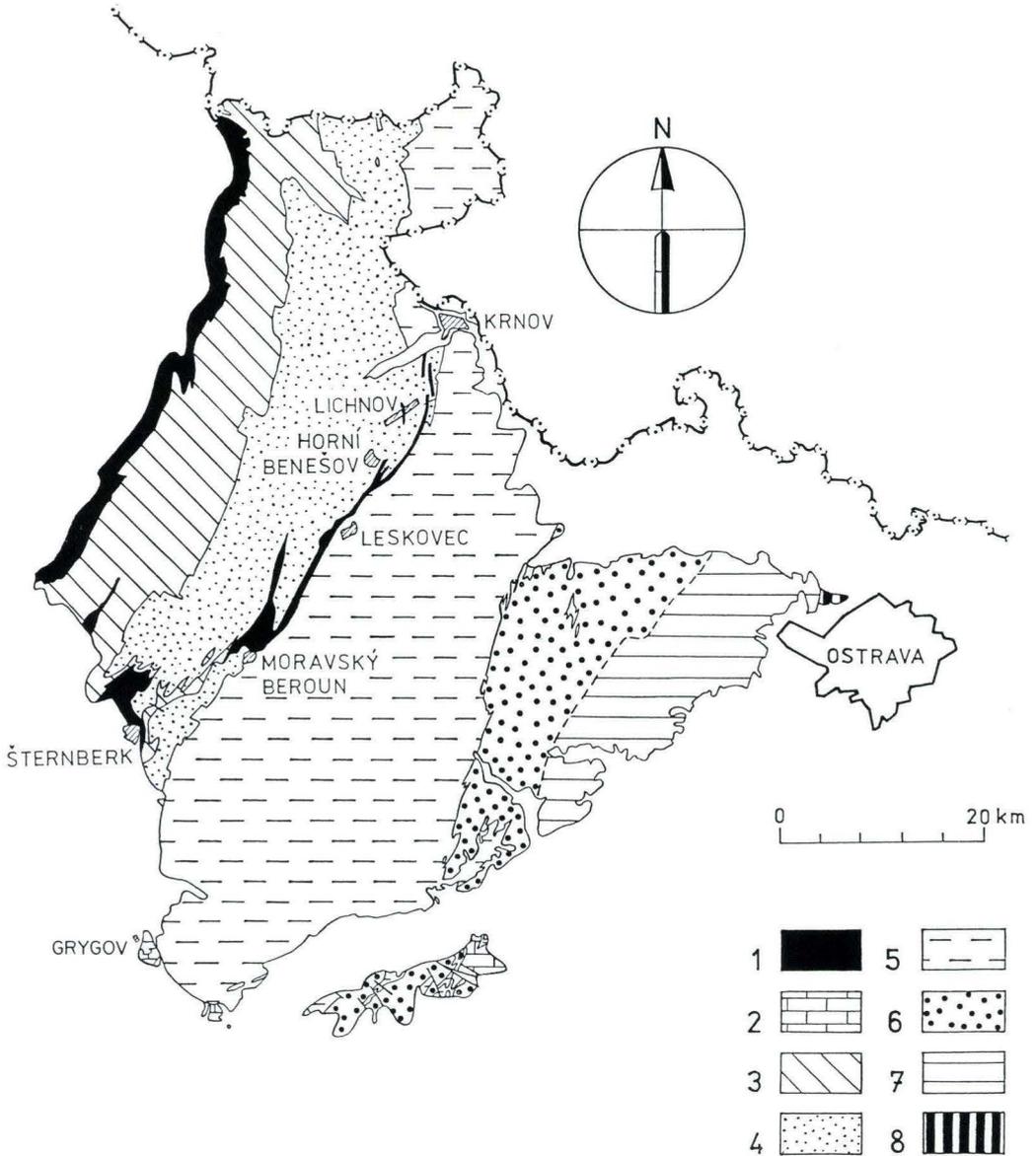


Abb. 1. Schematische geologische Karte des Devons und Karbons im Nizký-Jeseník-Gebirge. 1: Praeflysch: Sedimente und Spilit-Keratophyr-Vulkanite des Devon und Tournai in der Vrčno- und Sternberk-Horní Benešov-Zone; 2: Kalksteine (Mitteldevon-Obervisé) in der Umgebung von Hranice und Grygov; 3: Andělská Hora-Schichten (Famenne-Tournai); 4: Horní Benešov-Schichten (Unter- und Mittelvisé); 5: Moravice-Schichten (Obervisé Go α und Go β); 6: Grauwacken, 7: Tonschiefer und Siltsteine der Hradec-Kyjovice-Schichten (Obervisé, Go γ Zone). 3 bis 7: Variszischer Flysch; 8: Ostrava-Schichten (Unteres Namur A, paralische kohleführende Molasse).

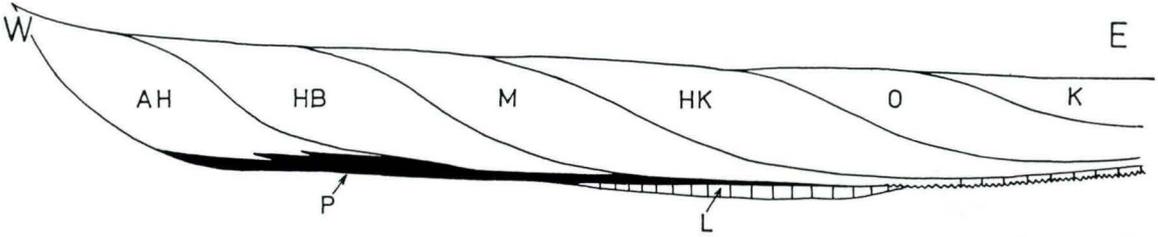


Abb. 2. Schematischer Fazieschnitt durch das Nížký Jeseník-Gebirge. AH: Andělská Hora-Schichten; HB: Horní Benešov-Sch.; M: Moravice-Sch., HK: Hradec-Kyjovice-Sch. (Flysch-Entwicklung); O: Ostrava Sch. (paralische kohleführende Molasse); K: Karviná-Sch. (terrestrische kohleführende Molasse); P: Ponikev Sch. (Kieselschiefer); L: Líšeň-Sch. (biodetritische Kalksteine). Allmähliches Auskeilen der mächtigen Flysch-Einheiten und Übergang in andere Fazies. Migration der maximalen Mächtigkeiten von W nach E. Ohne Maßstab!

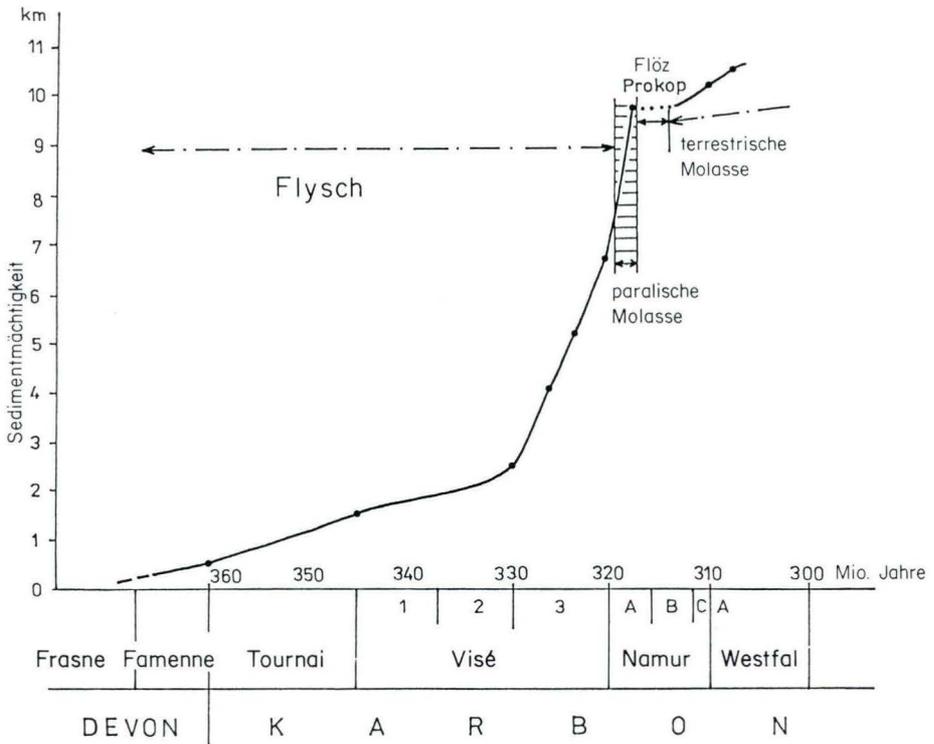


Abb. 3a. Sedimentationsraten in Flysch und Molasse im Nížký Jeseník-Gebirge.

Liefergebietes. Es gerieten immer höher metamorphe proterozoische Gesteinsserien ins Erosionsniveau. Die ältesten Flyscheinheiten enthalten Fragmente und Gerölle von Phylliten, proterozoischen Granitoiden und Effusiven, die jüngeren auch Glimmerschiefer und Gneise. Später, im Obervisé, wurden auch Gerölle der weniger metamorphen und gefalteten Sedimente und vulkanische Gesteine devonischen Alters aus dem Präflysch und dem ältesten Flysch abgetragen. Auch das für die ältesten Flyscheinheiten typische „graded bedding“ verschwindet allmählich in den jüngeren Einheiten. Bis zum Obervisé enthalten die Flyschsedimente keine typische Makrofauna. Erst im Obervisé treten Goniatiten und Muscheln häufig auf. Diese im Rhenohertzynikum und Sudetikum weit verbreitete Faunengemeinschaft hatte sich den Lebensbedingungen so gut angepaßt, daß sie eine eigene Provinz bildete. Speziell bei den Goniatiten ist eine rasche Diversifikation und Radiation zu beobachten. Das gilt auch für die Ichnofossilien. Die zunehmende Bildung weiter Flachländer begünstigte auch die Entwicklung der terrestrischen Flora. Für diese waren die Bedingungen in den feuchten Sümpfen an der Meeresküste durch den günstigen Einfluß von CO_2 aus der subaerischen vulkanischen Tätigkeit immer besser geworden.

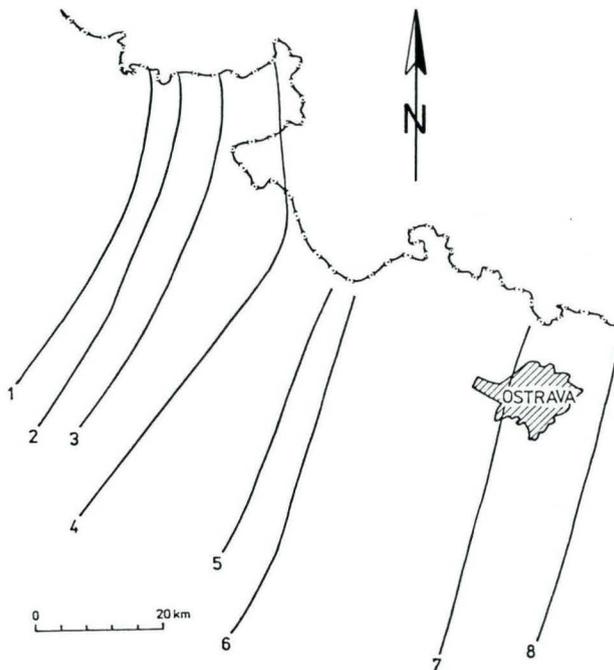


Abb. 3b. Die Achsen der Zonen maximaler Subsidenz während der Flysch- und Molasseentwicklung. 1: Famenne, 2: Tournai, 3: Unter- u. Mittelvisé, 4: Obervisé (Go α), 5: Obervisé (Go β), 6: Obervisé (Go γ) (1–6 Flyschentwicklung), 7: Untere Hälfte des Namur A, 8: Höheres Namur B bis Westfal (7 u. 8 Molasseentwicklung).

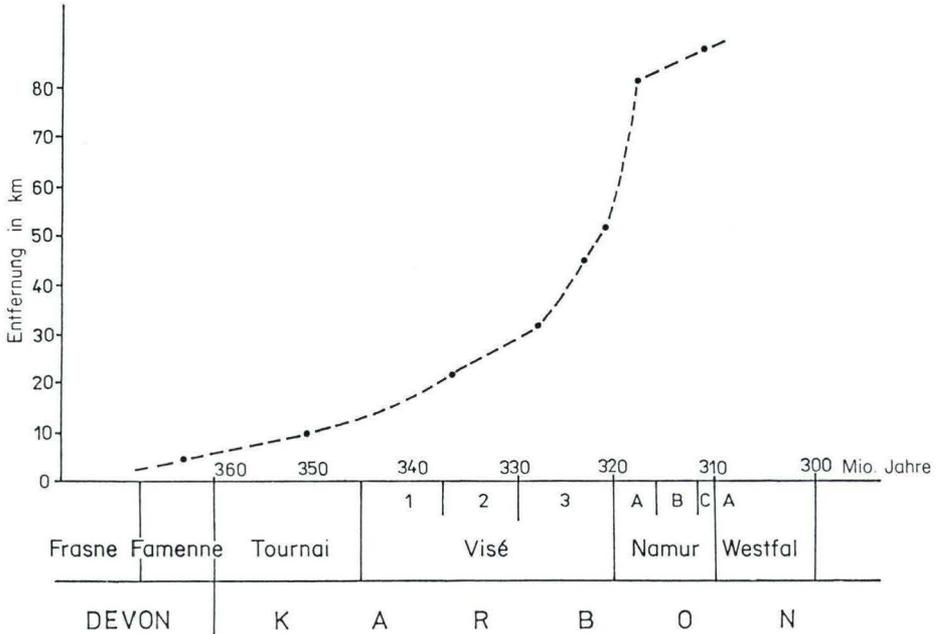


Abb. 3c. Migrationsgeschwindigkeit der Zonen maximaler Subsidenz.

Die Bereiche der maximalen Subsidenz wanderten immer schneller vom Zwischengebirge in Richtung zum Vorland (Abb. 3). Der älteste Bereich wurde während des Famenne und Tournai gefüllt (Andělská Hora-Schichten), die jüngeren während des Unteren und Mittleren Visé (Horní Benešov-Schichten), die weiteren im Obervisé während des Go α und β (Moravice-Schichten) und Go γ (Hradec-Kyjovice-Schichten) (Abb. 4 und 5).

Am Ende der variszischen Vortiefe, am Rande der Vorlandplattform, wurden über 1300 m mächtige schwarze Siltschiefer und Siltsteine abgelagert (Wende Visé/Namur A) und, in deren Hangenden, 3000 m kohleführende paralische Molasse in der unteren Hälfte des Namur A (Ostrava-Schichten). Dies ist der letzte Bereich der maximalen Absenkung mit der stärksten Subsidenz (es wurden durchschnittlich 120 cm während 10000 Jahren abgelagert). Der Übergang zwischen Flysch und Molasse hängt von dem Verhältnis zwischen der Subsidenzrate und der Zufuhr des klastischen Materials ins Becken (DVOŘÁK 1975) ab. War dieses Verhältnis < 1 , wurde Flysch oder eine andere marine Fazies abgelagert. War dieses Verhältnis aber > 1 , dann wurde Molasse sedimentiert (Abb. 3).

Mit der Migration der Sedimentationströge hat auch die Deformationsfront Schritt gehalten. Im Becken herrschten sehr steile thermische Paleogradienten! Wenige Meter unter der Sedimentationsoberfläche wurden die Sedimente thermisch metamorphisiert, gefaltet und geschiefert. Nach dieser Faltung mit starker Einengung wurde die ganze Zone gehoben und denudiert. Die Intensität der Deformation und Metamorphose nimmt vom Zwischengebirge im W zum Vorland im E ab. In der NW-Ecke des mährischen

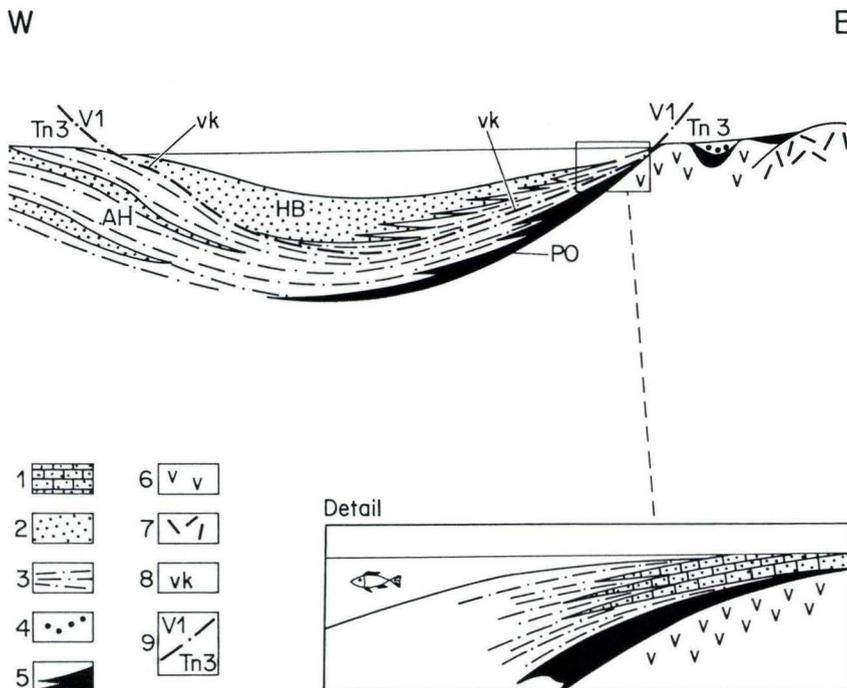


Abb. 4. Schematisches Faziesprofil durch den Westteil des Nizký Jeseník-Gebirges. 1: Kalkige Sandsteine; 2: Grauwacken; 3: Tonschiefer und Siltsteine; 4: Quarzkonglomerate; 5: Kieselschiefer; 6: Basische Vulkanite; 7: Proterozoisches Kristallin; 8: Vulkanischer Quarz; 9: Biostratigraphische Grenze Tournai/Visé. AH: Andělská Hora-Schichten; HB: Horní Benešov-Sch.; PO: Ponikev-Sch. Ohne Maßstab!

Paläozoikums, NW von Zlaté Hory, wurden die Unterdevonschichten mesozonal überprägt. E Ostrava – im Oberschlesischen Kohlebecken – sind die Molassesedimente des Oberkarbons dagegen nur diagenetisch verfestigt worden.

Die jüngsten gefalteten Schichten, die paralische Molasse der unteren Hälfte des Namur A, befinden sich am E-Rand, in der Vortiefe. Nach diesem letzten Faltungseignis wurde der Sedimentationsraum nach E ins Gebiet der Vorlandplattform verschoben. In der höheren Hälfte des Namur A und unteren Hälfte des Namur B wurde nur das 5 m mächtige Flöz Prokop gebildet. In diesem Flöz steckt ein längerer Zeitraum, als in den 3000 m mächtigen Ostrava-Schichten.

Diese Unterbrechung der Subsidenz und der klastischen Sedimentation war ein Wendepunkt zwischen der variszischen Tektogenese und einem Quasiplattformstadium in Mähren. Jüngere Schichten, die Karviná-Schichten [terrestrische kohleführende Molasse (höheres Namur B, Namur C und Westphal)], wurden nicht gefaltet. Sie enthalten Einlagerungen von hellgrauen Quarz- und Arkosensandsteinen.

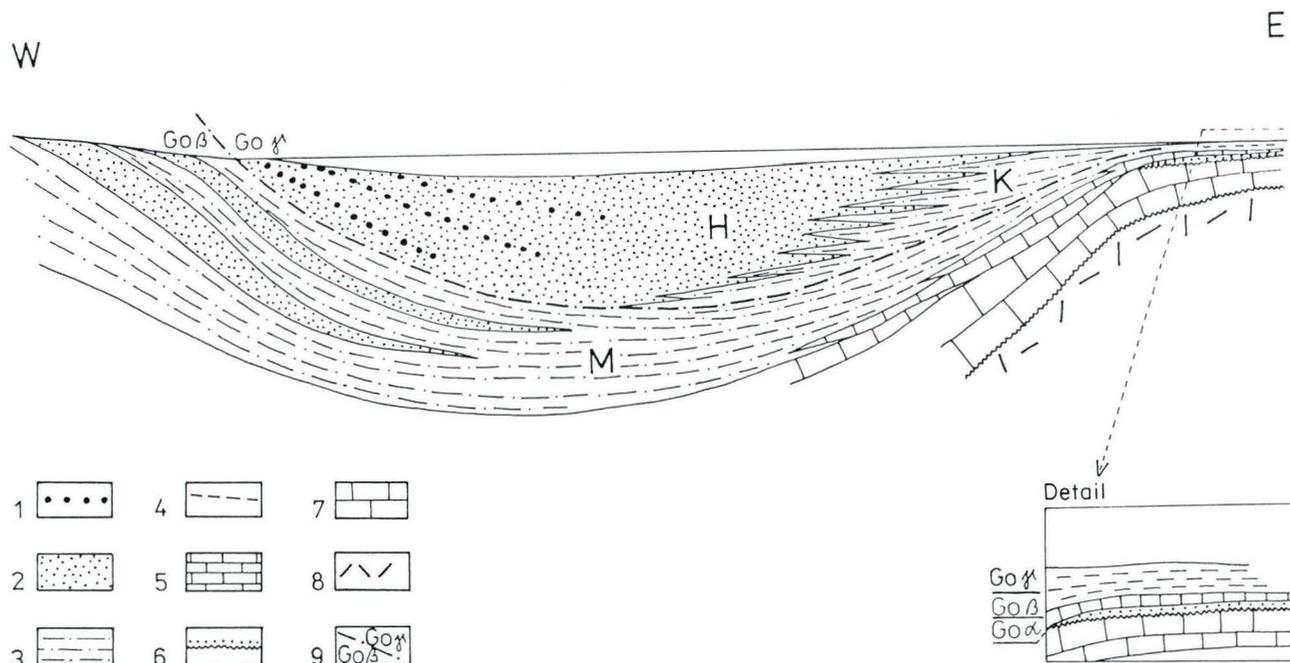
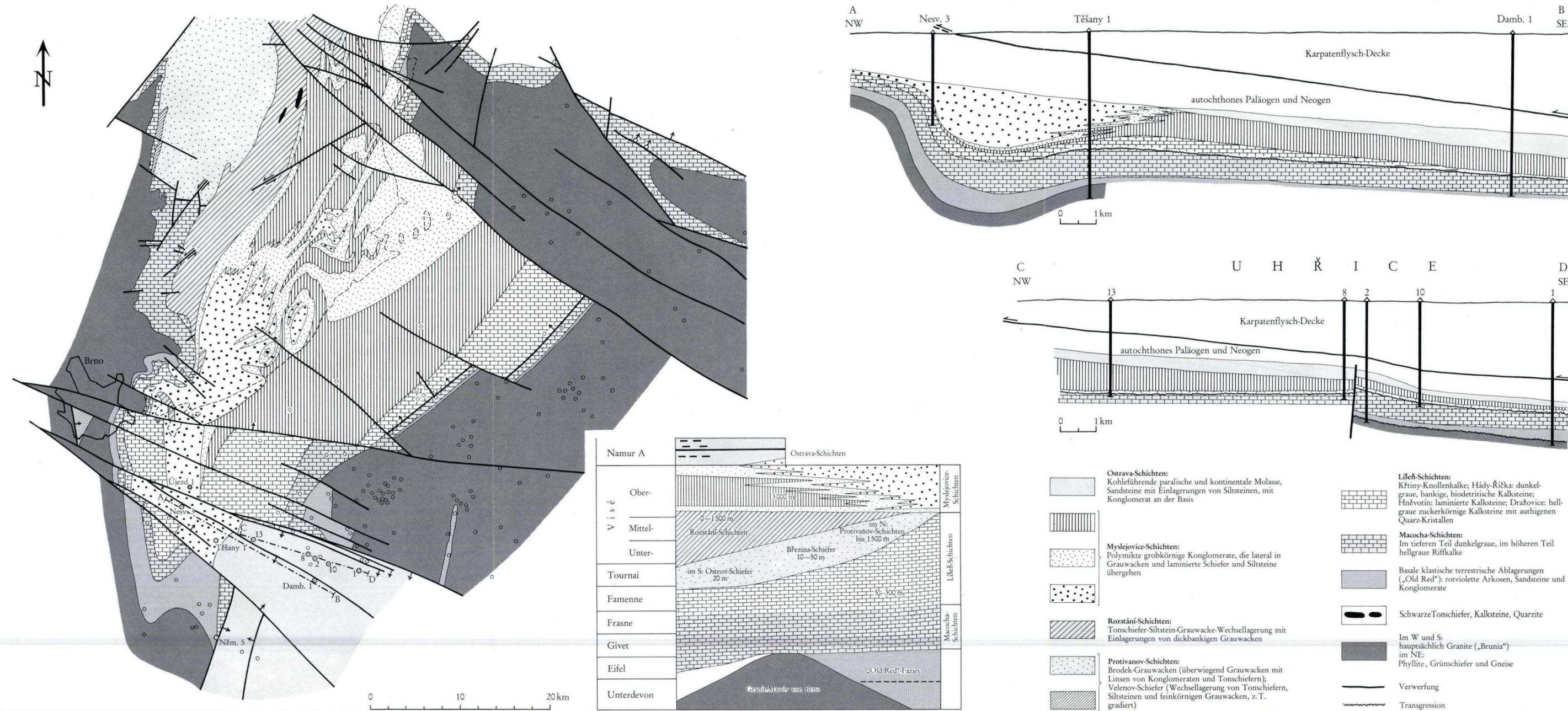


Abb. 5. Schematisches Faziesprofil durch den Ostteil des Nížký Jeseník-Gebirges. 1: Polymikte Konglomerate; 2: Grauwacken; 3: Siltsteine und Kulmtonschiefer; 4: Tonschiefer; 5: biotritische Kalksteine (Tournai und Visé); 6: Quarzsandsteine (Obervisé); die nach langer Unterbrechung der Sedimentation direkt auf Riffkalcken des Frasné liegen; 7: Riff-Kalke des Givet und Frasné; 8: Proterozoisches Basement (Gneise); 9: Biostratigraphische Grenze zwischen den Goniatiten-Zonen Goβ und Goγ; H: Hradec-Grauwacke; K: Kyjovice-Schiefer (Hradec-Kyjovice-Schichten); M: Moravice-Schichten. Ohne Maßstab!



Die mächtigeren Flöze in den Ostrava-Schichten, die man auf größere Entfernung verfolgen kann, dokumentieren eine relativ längere Unterbrechung der klastischen Sedimentation. Dieselbe Position wie die Flöze in der Molasse haben auch dünne Einlagerungen von feinen schwarzen tuffitischen Tonschiefern in der Flyschfazies (DVOŘÁK 1986). Sie werden als autochthones Beckensediment interpretiert. Die Flöze und die Schwarzschiefer zeigen, daß das geotektonische Geschehen nicht ununterbrochen weitergegangen ist. Es setzte sich aus vielen sehr kleinen oder größeren rhythmischen Bewegungen mit längeren Ruhepausen zusammen. Wahrscheinlich wurde eine Hebung des Liefergebietes im Sedimentationsbecken auch von erneuter Subsidenz begleitet.

3.2. Drahaner Höhe

Dieser südliche Teil des mährischen Paläozoikums zeigt eine deutliche Quergliederung in einzelne Blöcke (Taf. 1). Die Unterlage der Schichten vom Silur bis zum Karbon sitzt auf einem proterozoischen Granit-Massiv („Brunia“). Die Mobilität des Untergrundes war deshalb relativ gering, verglichen mit dem Nížký Jeseník-Gebirge im N. Die Mächtigkeiten der Sedimente, die Breite des Beckens, die Intensität der Verfaltung, der Schieferung und der Metamorphose werden nach S generell geringer. Das ganze Becken wurde hier brachysynklinal abgeschlossen (Taf. 1). In derselben Richtung verschwindet die Polarität (AUBOUIN 1965) und ändert sich auch die Fazies: Nach S keilen die Flyschsedimente aus, die Tonschieferfazies des Devons geht lateral in Kalksteinfazies und diese in terrestrische, in „Old Red“-Fazies über (DVOŘÁK 1973). Die Sedimentation in den südlichen Querblöcken hat Plattformcharakter. Die Sedimente wurden hier kaum gefaltet.

Die Flyschentwicklung beginnt in der Drahaner Höhe sehr wahrscheinlich später als im Nížký Jeseník-Gebirge im Bereich der Devon/Karbon-Grenze. In dieser Zeit wurde das klastische Material von einem Fluß in die NW-Ecke des Beckens transportiert. Hier wurde parallel zur tiefen Stínava-Nectava-Querstörung der älteste Sedimentationsfächer gebildet (I in Abb. 6). Die Gerölle der Konglomerateinlagerungen dokumentieren, daß das klastische Material während des Tournai und Untervisé von NW gekommen ist – von der Svratka-Antiklinale in der heutigen Böhmischemährischen Höhe.

Während des Mittelvisé wurde die Mündung des Flusses in eine (schon in dieser Zeit angelegte) Querachsendepression zwischen Křtiny und Vyškov nach S verlagert (II in Abb. 6). Im tiefsten Obervisé wurden hier mächtige Grauwacken abgelagert. Die größte und schnellste Schüttung erfolgt während des Go α : es wurden 3000 m mächtige, grobkörnige, polymikte Konglomerate abgelagert (ŠTELCL 1960), die einen großen Schüttungskegel bildeten. Die Konglomerate gehen lateral nach NNE in Grauwacken und diese in laminierte Tonschiefer und Siltsteine über. Das klastische Material wurde von W geliefert. Die älteren Konglomerate enthalten Gerölle aus dem Moravikum (Abb. 6: Dýje- und Svratka-Kuppel) zusammen mit solchen aus dem Moldanubikum, die jüngeren fast nur aus dem Moldanubikum. Hier wurden auch die größten Gerölle gefunden: Zwei gut gerundete Gerölle der moldanubischen Granulite von 2 m \varnothing . Die Gneisgerölle erreichen oft 1 m \varnothing . Während des Go β wurden nur 300 m Tonschiefer, Siltsteine und weniger feinkörnige Grauwacken mit reicher Fauna und Flora abgelagert. Außer der *striatus*-Subzone sind alle Subzonen der Zone Go β dokumentiert. Aus dem Go γ kennen wir heute nur ca. 400 m mächtige

Grauwacken und grobkörnige Konglomerate aus einer Brachysynklinale. Sie sind nur ein Denudationsrest der jüngsten Ablagerungen in diesem Teil des Beckens.

S davon E Brno liegt ein dritter Schüttungskegel (III in Abb. 6), wo hauptsächlich im Go α und β grobkörnige Konglomerate sedimentiert wurden. Die Mächtigkeit der Konglomerate steigt hier auf über 1600 m an (Bohrung Újezd 1).

Während des Go β und γ wurde der Schüttungskegel in dem Nesvačilka-Block aktiv (IV in Abb. 6). Nur an der Basis enthalten die Konglomerate auch die Gerölle aus dem Moravikum; der größte Teil enthält jedoch Gerölle aus Moldanubikum-Material. Die Konglomerate gehen nach SE lateral in Grauwacken und diese in Tonschiefer über (Taf. 1, Profil A–B). Ganz im E, auf der Vorlandtafel, gehen die Tonschiefer in dunkelgraue biodetritische Kalksteine über mit Foraminiferenfaunen des V3b und V3c in der Bohrung Uhřice 1 (Taf. 1, Profil C–D). In den Tonschiefern wurde eine Goniatitenfauna des Go γ gefunden.

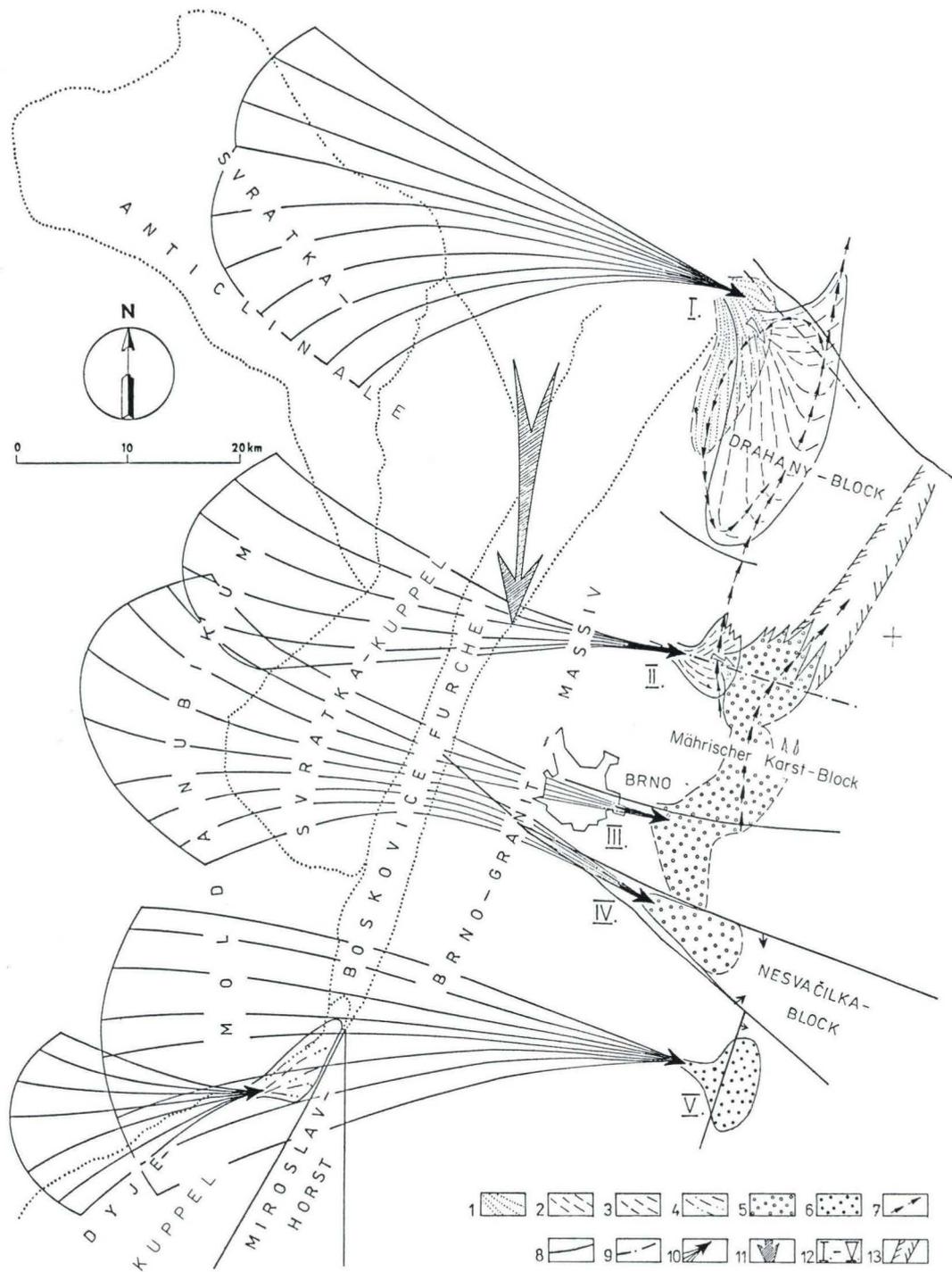
Der jüngste Schüttungskegel (V in Abb. 6) liegt ganz im SE-Teil des Beckens. Hier wurden grobkörnige, bis 700 m mächtige Konglomerate gebildet (Bohrung Němčičky 5). Sie liegen an der Basis und in der Mitte des Namur A, der kohleführenden paralischen und terrestrischen Molasse, die nur in einer Querdepression abgelagert wurde (Taf. 1 und Abb. 6). Die Gerölle bestehen fast ausschließlich aus Gneisen und Granuliten des Moldanubikums.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Schüttungskegel nicht nur von N nach S wanderten, sondern sich auch von W nach E relativ zur Längsachse des Sedimentationsraumes der Drahaner Höhe überlagerten. Es ist immer ein Zusammenhang zwischen Hebung im Liefergebiet, dem variszischen Zwischengebirge, und Subsidenz im Sedimentationsbecken zu beobachten.

Der Durchmesser der Gerölle wird zum Hangenden hin oft zunehmend größer. Die Gerölle sind von einem Gebirge mit starken Relief geliefert worden. Die schnelle Hebung wurde durch die Intrusion von variszischen Graniten verursacht. In den Konglomeraten wurden keine Gerölle der variszischen Granite gefunden. Sie enthalten aber Gerölle von sauren Effusivgesteinen (Porphyre), die heute im Liefergebiet nicht nachweisbar sind. Es ist jedoch folgende Deutung ihres Auftretens möglich: Wegen des steilen thermischen



Abb. 6. Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen den aufsteigenden Liefergebieten, dem Transport des klastischen Materials, der Transversalblöcke, der transversalen achsialen Depressionen und den Mündungen der Flüsse. Die Karte zeigt Migration der Bewegungen von N nach S, aber auch die Verlegung der Schüttungskegel im Verhältnis zur Längsachse des Beckens der Drahaner Höhe von NW nach SO. 1: Grauwacken und Tonschiefer (Tournai); 2: Grauwacken (Untervisé); 3: Grauwacken (unterster Teil des Obervisé); 4: Grauwacken mit Konglomerateinlagerungen (Obervisé Go α); 5: Konglomerate (Obervisé); 6: Konglomerate (Namur A); 7: Strömungsrichtung im Sedimentationsbecken; 8: Störungen, 9: transversale Achsendepressionen; 10: Hauptrichtung der Flüsse, die das klastische Material brachten; 11: generelle Richtung der regionalen Verlagerung der Bewegungen (Hebungen und Subsidenz); 12: Stadien der Entwicklung: I: Tournai und Untervisé, II: Mittel- und Obervisé (hauptsächlich Go α), III: Obervisé (Go α und β), IV: Obervisé (hauptsächlich Go β und γ), V: Namur A; 13: Zone der maximalen Subsidenz während der Ablagerung des höheren Teils der Myslejovice-Schichten (höherer Teil des Go α).



Paläogradienten wurden die unterschobenen Schollen in der Tiefe geschmolzen. Die Schmelzen migrierten unter Teile des Zwischengebirges und intrudierten dort als große granitische Plutone. Im Zusammenhang mit rascher Hebung zerbrachen Teile des Zwischengebirges. Teile der Schmelze konnten an diesen Brüchen aufsteigen und als saure vulkanische Gesteine die Gipfel des Gebirges bilden. Die sauren Effusivgesteine in den Geröllen der Flyschablagerungen stammen sehr wahrscheinlich von diesen vulkanischen Bildungen. Auch die biotitführenden sauren Tuffite, die vom höchsten Frasn bis zum Namur A in den Beckensedimenten nachweisbar sind, sind auf diesen Vulkanismus zurückzuführen.

Es ist heute klar, daß die Intrusionen der Plutone zusammen mit dem subsequenten Vulkanismus die Flyschbildung begleiteten und nicht nur die Molasse, wie bisher allgemein angenommen wurde.

Danksagung: Herrn Dr. HORN, Wiesbaden, danke ich für Durchsicht und sprachliche Korrektur des Manuskripts.

4. Schriftenverzeichnis

- AUBOUIN, J. (1965): Geosynclines. – Development in Geotectonics, **1**, 335 S.; Amsterdam–London–New York (Elsevier).
- BOUCOT, A. J., GRAY J. (1983): A Paleozoic Pangaea. – Science, **222**: 571–581.
- BUNTEBARTH, G., KOPPE, J., TEICHMÜLLER, M. (1982): Paleogeothermics in the Ruhr Basin. In: ČERMÁK V., HAENEL R. (edit.). – Geotherm. Energy, 45–55; Stuttgart.
- DVOŘÁK, J. (1973): Synsedimentary tectonics of the palaeozoic of the Drahany Upland (Sudeticum, Moravia, Czechoslovakia). – Tectonophysics, **17**: 359–391.
- (1975): Interrelationship between the sedimentation rate and the subsidence during the flysch and molasse stage of the Variscan geosyncline in Moravia (Sudeticum). – IV. Jb. Geol. Paläont. Mh., **6**: 339–342; Stuttgart.
- (1986): Autochthonous basinal sediments of the Variscan Flysch in the Nížký Jeseník Mountains (Moravia, ČSSR). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 80–84; Stuttgart.
- & MAŠTERA L. (1974): Qualitative differences in the composition of Upper Viséan clastic rocks of the Drahanská vrchovina Upland and the Nížký Jeseník Hills. – Věst. Ústř. Úst. geol., **49**: 67–74; Praha.
- & PAPROTH E. (1969): Über die Position und die Tektogenese des Rhenoherynikums und des Sudetikums in den mitteleuropäischen Varisciden. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 65–88; Stuttgart.
- – – (1988): Trends of the Variscan development near the SW border of the East – European Platform. – Z. Angewandte Geologie, **34**: 353–359, 4 Abb.; Berlin.
- KUKAL, Z. (1980): The sedimentology of Devonian and Lower Carboniferous deposits in the western part of the Nížký Jeseník Mountains, Czechoslovakia. – Sbor. geol. Věd, Geol., **34**: 131–207; Praha.
- MAŠTERA, L. (1972): Dva typy slepenců moravických vrstev v širším okolí Budišova. – Čas. Mineral. Geol., **17**: 403–411; Praha.
- (1975): Petrografie slepenců moravických vrstev a hradeckých drob v Nížkém Jeseníku. – Výz. Práce Ústř. Úst. geol.; Praha.
- OTAVA, J. (1981): Využití těžkých minerálů při litostratigrafickém členění kulmu severní Moravy. In. „Příspěvek ke geologii Jeseníků“. – Práce Odb. přír. Věd Vlastivěd. Úst. (Olomouc), **33**: 23–24; Olomouc.
- PŘICHYSTAL, A. (1985): Spilit – keratofyrový vulkanismus šternbersko-hornobenešovského pruhu v Nížkém Jeseníku. – Kandidátská disertační práce. Geofond Praha.

- ŠTELCL, J. (1960): Petrografie kulmských slepenců jižní části Drahanské vysočiny. – Folia Univ. Purkyn. brun., Geol., **1**: 104 str.; Brno.
- WEDEPOHL, K. H., MEYER, K., MUECKE, G. K. (1983): Chemical Composition and Genetic Relations of Meta-Volcanic Rocks from the Rhenohercynian Belt of Northwest Germany. In: MARTIN, H., EDER, F. W. (edit). – Intracontinental Fold Belts, 231–256; Berlin–Heidelberg (Springer).
- ZAPLETAL, J. (1977): Příspěvek k litologické korelaci kulmu na východním okraji šternbersko-hornobenešovského pruhu. – Sbor. Prací Univ. Palackého (Olomouc), Geogr. Geol., **54**: 193–217; Olomouc.
- (1981): Schüttungsentwicklung der Kulm – Grauwackenkonglomerate in Nízký Jeseníky-Gebirge. – Acta Univ. Paek. Olomouc, Fac. Rev. Nat., **70**: (Ge-Ge, 20, 127–141; Olomouc.
- (1986): Parakonglomeráty moravického souvrství od Bílčic u Dvorců. – Čas. Slez. Muz., Sér. A, **35**: 171–192; Opava.

Manuskript eingegangen am 29. 9. 1988

Die paläogeographische Entwicklung Mittel-Europas im Karbon.

Von

EVA PAPROTH*

Kurzfassung: Die paläogeographische Entwicklung war von der Endphase der Variscischen Tektonogenese geprägt. Ein E–W (vom Schwarzen Meer bis Irland) reichender Meeresarm wurde im Bereich des Tektogens zunehmend durch die Hebung des Gebirges behindert und wich zunächst nach N aus. Die Meeresverbindung im E wurde im älteren Namur unterbrochen, so daß marine Ingressionen nur noch von W in den paralischen Sedimentationsraum gelangten. Vom jüngeren Silesium an war die Entwicklung ausschließlich nicht-marin. Das Ende der Variscischen Entwicklung und der Anfang des Mesozoischen Zyklus wurden durch den Rotliegend-Vulkanismus gekennzeichnet.

Ausgedehnte Kohlenführung setzte im ältesten Namur zunächst im paralischen Raum ein, erreichte im älteren Westfal einen Höhepunkt und ging im jüngeren Westfal zurück. Größte Sedimentmächtigkeiten und Kohlenbildung zeigten sich von da an in intramontanen, grabenartig angelegten Becken innerhalb des Tektogens; ihre Bedeutung wuchs vom jüngeren Visé an und endete etwa mit dem Karbon. – Kohlenflöze kommen in Mittel-Europa nur über konsolidiertem Untergrund vor; eine spätere Beanspruchung schließt das nicht aus.

Abstract: The final stage of the Variscan orogeny strongly influenced the paleogeographic development of Central Europe during the Carboniferous. An area covered by a shallow sea and originally extending from the Black Sea to Ireland, was increasingly reduced by the uplift of the Variscan mountains, and consequently shifted northwards. During the early Namurian, the passage in the east was closed. Marine ingressions could reach the paralic depositional basin only from the west. Since the late Silesian the environment was exclusively non-marine. The end of the Variscan activity and the onset of the Mesozoic cycles were marked by the Rotliegend volcanism. Large scale coal formations started in the paralic environment in the earliest Namurian, reached its acme in the early Westphalian and decreased again during the late Westphalian. From that time on maximum sediment thicknesses and coal formation were concentrated in intermontane graben-like basins in the Tectogene. They became gradually more important during the late Visean and disappeared with about the end of the Carboniferous. In Central Europe, coalformation was restricted to areas with consolidated basements. However, this did not exclude subsequent tectonic deformation.

Résumé: La paléogéographie a été fortement influencée par le développement du tectogène varisque. Un courant marin traversait l'Europe centrale de la Mer Noire jusqu'à l'Irlande, à peu près parallèle au paléo-équateur. Le passage marin par la région des internides varisques a été fermé de plus en plus par la chaîne varisque montante. Il se plaçait donc vers le nord. Dès le Namurien ancien, ce

* Dr. E. PAPROTH, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, de-Greif-Str. 195, 4150 Krefeld.

passage est-ouest a été définitivement fermé et les incursions marines approchaient le décentre paraliq en Europe centrale par l'ouest. Dès le Silésien supérieur, le faciès a été non-marin. La fin du développement varisque et le commencement du cycle Mésozoïque sont marqués par le paroxysme volcanique du Rotliegend.

La formation étendue des charbons a commencé au Namurien inférieur en faciès paraliq, a atteint son apogée au Westphalien inférieur et a diminué au Westphalien supérieur. Dès ce moment, les plus grandes épaisseurs de siliciclastics et de charbons se trouvaient dans des bassins intramontagneux du tectogène, l'importance desquels s'est accrue à partir du Viséen supérieur pour terminer vers la fin du Carbonifère. – En Europe centrale, la formation des couches de charbons se bornait aux régions à socle consolidé, ce qui n'exclut pas des déformations tectoniques postérieures.

Keywords. Carboniferous, palaeogeography, central Europe, Tournai sian, Viséan Namurian, Westphalian, Stephanian, coalformation.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	54
2. Die Karten	55
3. Schluß	57
4. Schriftenverzeichnis	57

1. Einleitung

Im Karbon war die paläogeographische Entwicklung wesentlich von der tektonischen Position der Ablagerungsgebiete Mittel-Europas bestimmt (Abb. 1). Ältestes und vielleicht deswegen stabilstes Element war die (Ost-) Europäische Tafel. Ihre Deformationen, wie die Baltische Synklise, die Moskauer Depression und der Pripyat-Donbas-Graben beeinflussten die paläogeographische Gliederung. Weiter im W, in Richtung auf den Tafelrand, war das Basement zunächst an großen Lineamenten, wie der TORNUQUIST'schen Linie und dem Hamburg-Dobruja-Lineament, mit Annäherung an den Tafelrand dann in größere und kleinere Blöcke zerbrochen. Die (Differential-) Bewegungen dieser Blöcke und Schollen bestimmten in starkem Maße die Ausbildung und Mächtigkeit der Karbon-Sedimente; auf den Karten (Abb. 2–11) ist das wegen des kleinen Maßstabes nicht zu erkennen.

Die Vorlagen für die paläogeographischen Karten (Abb. 2–10) sind im Rahmen des I.G.C.P.-Projektes 86 „SE Border of the East European Platform“ entstanden und z.T. veröffentlicht (Zentrales Geologisches Institut 1985). Den zahlreichen beteiligten Kollegen schulde ich für die gute und lehrreiche Zusammenarbeit größten Dank.

Im Alt-Paläozoikum hatte sich die Kaledonische Orogenese auf den Tafelrand ausgewirkt. Im Jung-Paläozoikum hat die Variscische Orogenese den Tafelrand in Mitteleuropa angegriffen. Im späten Mesozoikum sollte die Alpidische Orogenese den Tafelrand und die südliche Flanke des mitteleuropäischen Variscikums ergreifen; Beobachtungen über die paläogeographische Entwicklung im Devon und Karbon sind deswegen in diesem Raum auf die Nordflanke des Variscischen Orogens konzentriert (Abb. 1).

In Mitteleuropa begann die Variscische Tektogenese im engsten Sinn etwa mit dem Devon und endete etwa mit dem Karbon. – Die Gleichzeitigkeit von Sedimentation und wesentlichen Abschnitten der Deformation ist im mitteleuropäischen Variscikum und auf seinen randlichen Vorländern zu beobachten (PAPROTH 1988). Sie ist vermutlich nicht auf

diesen Raum und diese Zeit beschränkt, denn Ablagerungen können nur durch die Deformation eines Sedimentationsgebietes und seines Rahmens entstehen und erhalten bleiben. Die äußeren Gürtel des Variscikums, deren Entwicklung hier dargestellt wird, sind allem Anschein nach zweimal deformiert worden: einmal synsedimentär bis postsedimentär, auch innerhalb der einzelnen Gürtel zu verschiedenen Zeiten; und ein zweites Mal in späten Stadien der variscischen Entwicklung. Aus der Deformation einzelner Gesteinskomplexe – einzelner Bereiche oder Massive mit gemeinsamer Tektogenese – kann also kaum auf ihre ursprüngliche, paläogeographisch wirksame Ausdehnung geschlossen werden. Das gilt erst recht für die ursprüngliche Ausdehnung einzelner Gürtel des Variscikums oder des ganzen Tektogens. Es wird vorausgesetzt, daß die gegenwärtige Konfiguration der geologischen Komplexe die variscische relativ wenig verzerrt vorstellt. So erklären sich auch die einfachen Kartenbilder, die eine gerichtete paläogeographische Entwicklung erkennen lassen. Aus dem Karbon sind genügend Tatsachen bekannt, so daß diese und nicht die Phantasie des Zeichners die Kartenbilder bestimmen können.

2. Die Karten

Abb. 2–11 zeigen, daß die paläogeographische Entwicklung Mitteleuropas im Karbon, wie schon im Devon, von der variscischen Tektogenese, dem Wachsen des variscischen Gebirges, geprägt war. Im Devon und Karbon lag Mitteleuropa am Rand des großen Old-Red-Kontinentes, der in diesem Raum von der (Ost-) Europäischen Tafel und den Kaledoniden gebildet wurde. Im Devon hatte ein flaches Meer von SE her über randliche Teile des Kontinentes gegriffen, begünstigt durch die südliche Passattrift – Mitteleuropa lag auf etwa 30° südlicher Breite –, die das Gebiet von SE nach NW passierte. Der Meeresstrom durchfloß anscheinend hauptsächlich das Gebiet der variscischen Interniden. Mit der Heraushebung dieses Gürtels im Laufe des Devons wurde er schwer passierbar, die Passattrift konnte im Karbon vor dem wachsenden variscischen Gebirge zunächst nach N ausweichen. Diese Bewegung wurde vermutlich durch eine weiträumige Senkung des Vorlandes begünstigt, die mit der nach S gerichteten Subfluenz in Verbindung stand.

Die nördliche Umleitung der Passattrift wurde etwa mit Beginn des Karbons (Abb. 2) zu einer breiten, flachen Merresstraße; eine marine Transgressionsbewegung drang auch von W, über Irland-Wales-England vor. Das offene Meer befand sich im S: das Schelfgebiet der Proto-Tethys ist in den südlichen Alpen (Karnische Alpen, Karawanken) zu beobachten. Im E und W kann man es etwa vom Schwarzen Meer bis nach Süd-Frankreich und bis zu den Pyrenäen verfolgen (OLIVEIRA & al. 1979 Fig. 4).

Schon zu Beginn des Karbons war deutlich, daß Mitteleuropa trocken fallen würde, weil das variscische Gebirge aufstieg. – In den anscheinend durchweg flachen Meeresgebieten über dem konsolidierten Untergrund der (Ost-) Europäischen Tafel und des Kaledonikums waren in den vorherrschenden Karbonaten Evaporite nicht selten. Sie treten im NW, im Lee morphologischer Hochs auf. Das ist ein Hinweis auf die vorherrschende Windrichtung aus SE. – Außerhalb des Karbonat-Gürtels, im Bereich der Kulm-Fazies, sind geringmächtige Tongesteine verbreitet. Sie können durch importiertes, gröber klastisches Material „verdünnt“ sein, z.B. durch Grauwacken-Material.

Flyschoides Grauwacken bezeichnen einen Höhepunkt in der Entwicklung des Tektogens: Die Hebung und Abtragung des Hinterlandes war so stark geworden, daß beträchtliche

Mengen unverwitterten, an Feldspat reichen Materials in die schnell sinkenden Becken geschüttet wurden. Mit der fortschreitenden Hebung der variscischen Interniden wurden die proximalen Teile der (ehemaligen) Sedimentationsgebiete dem von S nahenden Falten-gürtel angegliedert, und die Schuttfächer wanderten nordwärts auf das Vorland (vgl. die Lage von „B“ = Berlin, in Abb. 2–6 und den wandernden Grauwacken-Gürtel).

„Paralisch“ bedeutet „nahe dem Meer“ und bezeichnet in Abb. 2–10 alle Faziesbereiche von brackisch zu kontinental mit marinen Ingressionen. – Im Tournaisium trat noch keine limnische, kohlenführende Formation auf.

Das frühe Viséum (Abb. 3) war durch Regressionen auf der Russischen Tafel gekennzeichnet. Unter diesen Bedingungen sind die Kohlenflöze im Moskauer Becken entstanden. Die Hauptverbindung zum offenen Meer kam von SE.

Im mittleren Viséum (Abb. 4) wurde die fortschreitende Hebung der Varisciden besonders deutlich; sie war von einer weiteren Nord-Wanderung des Grauwacken-Schuttgürtels begleitet. In den Sudeten (etwa 250 km SE von „B“ = Berlin) zeigte das Auftreten paralischer Fazies mit Kohlenführung, daß ein gewisses Gleichgewicht zwischen Senkung und Füllung dieses Bereiches erreicht war. – Im E bedeckte das (flache) Meer wieder weite Räume. Die Bildung von Kohlenflözen wurde im Moskauer Becken fortgesetzt und begann im Lubliner Becken (dem NW–SE streichenden Gürtel, der den kontinentalen Bereich der Russischen Plattform begleitet).

Im Ober-Viséum (Abb. 5) setzte sich die paläogeographische Entwicklung in derselben Richtung fort. Die paralische Fazies breitete sich aus, besonders im Bereich der südlichen Nordsee. Ein möglicherweise limnisches Becken wird in diesem Raum, E von Schottland angenommen. – Zum letzten Mal kamen im variscischen Rahmen Evaporite vor (Irland, Belgien), wieder im Lee von Höhen. Die nächstjüngeren Evaporite kommen in diesem Raum erst im Perm vor, in einem grundlegend veränderten tektonischen und paläogeographischen Rahmen, und dann im N des Äquators.

Die fortschreitende Hebung des variscischen Tektogens dokumentierte sich deutlich im Erscheinen erster, intramontaner Kohlenbecken (Chemnitz, Karl-Marx-Stadt), die in grabenartigen Einbrüchen entstanden und beträchtliche Mengen groben Detritus' und mächtige, aber wenig verbreitete Kohlenflöze führen.

Etwa vom Beginn des Namurs an (Abb. 6) bildeten die mitteleuropäischen Varisciden einen zusammenhängenden Körper. Die großräumige Hebung dokumentierte sich auch in den Karnischen Alpen [Karawanken mit dem Einsatz weit verbreiteter siliciklastischer Sedimente (Hochwipfelflysch); die alte, seit dem Devon bestehende Meeresstraße von der Tethys über Osteuropa nach Mitteleuropa war nahezu unterbrochen]. Bis zum Namur waren die Gebiete größter Sedimentationsraten im Flysch-Gürtel konzentriert. Vom Namur an traten die mächtigsten Sedimente in der kohlenführenden Fazies auf (Oberschlesien).

Im mittleren und jüngeren Namur (Abb. 7) wurde auch die letzte Meeresverbindung nach E endgültig abgeschnitten. Marine Ingressionen, die in jüngeren Zeiten immer seltener wurden, kamen nur noch aus westlichen Richtungen. Sie hinterließen „marine Horizonte“ von wenigen Metern Mächtigkeit, aber weiter Verbreitung (bis zu etwa 2000 km). Das setzt im „Nordwesteuropäischen Kohlenbecken“ ein sehr einheitliches Ablage-rungsmilieu voraus. – Das Oberschlesische Kohlenbecken bewies seine besondere Stellung durch eine Fortsetzung seiner Kohlenführung im limnischen, intramontanen Milieu.

Das Westfal A + B (Abb. 8) war die Zeit stärkster Kohlenbildung im paralischen Becken Nordwesteuropas. Gleichzeitig wuchs jedoch die Zahl und die Bedeutung der intramontanen, grabenartigen Kohlenbecken.

Bisher nicht eindeutig zu erklären ist das Vorkommen von Fusulinen-Kalken im Oslo-Gebiet, wo geringe Erosionsreste von Ober-Bashkirium- und Moskovium-Alter bekannt sind. Es scheint wenig wahrscheinlich, daß die Oslo-Region eine Verbindung zum Meer über das paralische, also vorwiegend kontinentale nordwesteuropäische Kohlenbecken hatte, in dem der marine Einfluß äußerst schwach war. Spät-karbonische, marine Verbindungen der Oslo-Region mit dem Moskauer Becken und dem Nordmeer, wo Fusulinenkalk-Fazies verbreitet war, sind über Südschweden, die Baltische Syneklise, den Finnischen und Bottnischen Meerbusen als wahrscheinlicher anzusehen (BERGSTRÖM & al. 1985).

Vom Westfal C an (Abb. 9) waren die Sedimentmächtigkeiten innerhalb des variscischen Tektogens, in den intramontanen Becken, größer als auf den Vorländern im paralischen Fazies-Gebiet, das sich durch die zunehmende Hebung des variscischen Gebirges weiter verkleinerte und nach W zurückzog.

Die Westfal D-Karte (Abb. 10) zeigt zum letzten Mal einen kleinen Rest des paralischen Kohlenbeckens Nordwesteuropas.

Im Stefan (Abb. 11) schließlich endete die durch das Variscikum geprägte Entwicklung in Mitteleuropa. Flyschoide Grauwacken und paralische Fazies waren nicht mehr entwickelt. In den intramontanen Becken setzte sich die Senkung und die Füllung mit kohlenführenden Ablagerungen fort.

Die tiefgreifende Umstellung zu Beginn des mesozoischen Entwicklungszyklus' war durch den ausgedehnten und mächtigen Rotliegend-Vulkanismus gekennzeichnet (Plein 1978).

3. Schluß

Eine vielleicht allgemeiner gültige Tatsache fällt bei der Betrachtung der Karten (Abb. 1–11) auf: Kohlenflöze kommen nur über konsolidiertem Untergrund vor. In Mitteleuropa bildeten sich Kohlenflöze entweder auf der (Ost-) Europäischen Tafel und dem kaledonischen Untergrund, oder in den variscischen, intramontanen Becken, die als Gräben in den vorher gefalteten und konsolidierten Komplexen angelegt wurden. Natürlich schlossen auch diese Positionen spätere Deformationen nicht aus.

4. Schriftenverzeichnis

- OLIVEIRA, J. T., & HORN, M., & PAPROTH, E. (1979): Preliminary note of the stratigraphy of the Baixo Alentejo Flysch Group, Carboniferous of Southern Portugal and on the palaeogeographical development, compared to corresponding units in Northwest Germany. – *Communic. Serv. geol. Portugal*, **65**: 151–168; Lisboa.
- PAPROTH, E. (1988): The Variscan front north of the Ardenne-Rhenish massifs. – *Ann. Soc. géol. Belgique*, **110** (1987): 279–296; Liège.
- Plein, E. (1978): Rotliegend-Ablagerungen im Norddeutschen Becken. – *Z. dt. geol. Ges.*, **129**: 71–97; Hannover.

Zentrales Geologisches Institut Berlin (1985): Westphalian A/B. – in: South-West Border of the East European Platform – Lithologic-Palaeogeographical maps 1:1 500 000; Berlin.

– (im Druck): Upper Viséan. – in: South West Border of the East European Platform – Lithologic-Palaeogeographical maps 1:1 500 000, Berlin.

Ziegler, P.A. (1982): Geological Atlas of Western and Central Europe. Text and enclosures. – Shell Internat. Petroleum Maatsch. B.V.; s'Gravenhage.

Manuskript eingegangen am 25. 10. 1988

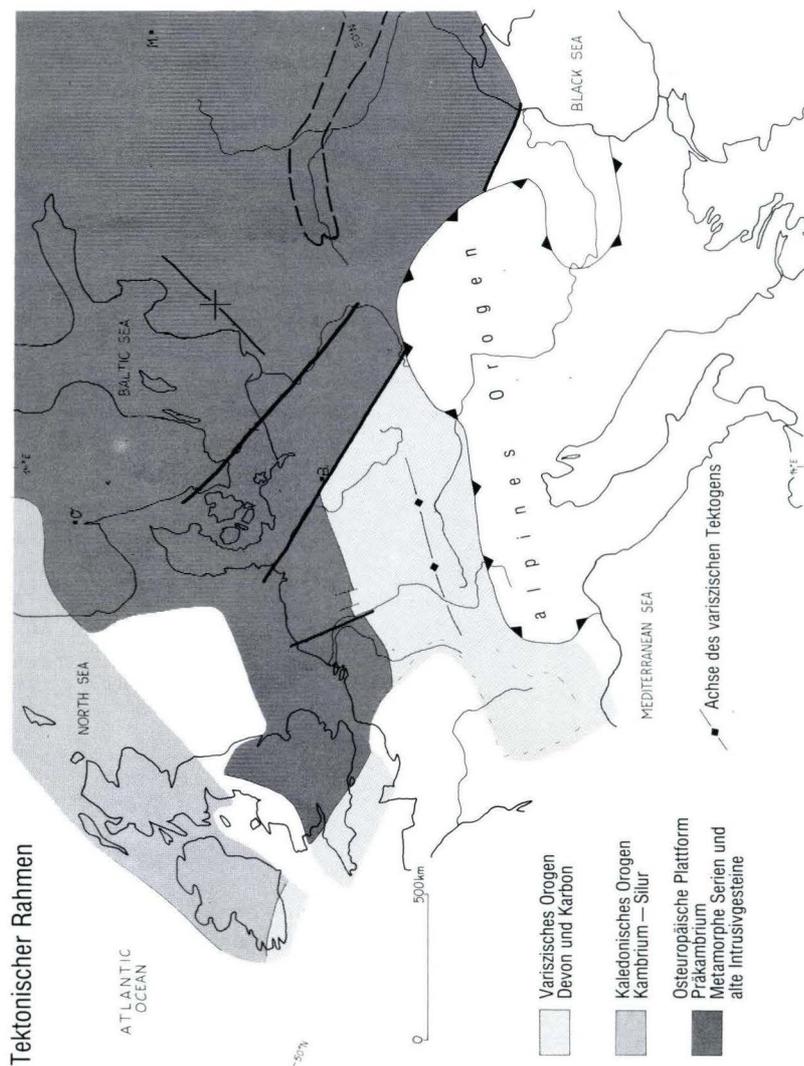


Abb. 1. Tektonetische Gliederung Mitteleuropas.
Tectogenetic subdivision of central Europe.

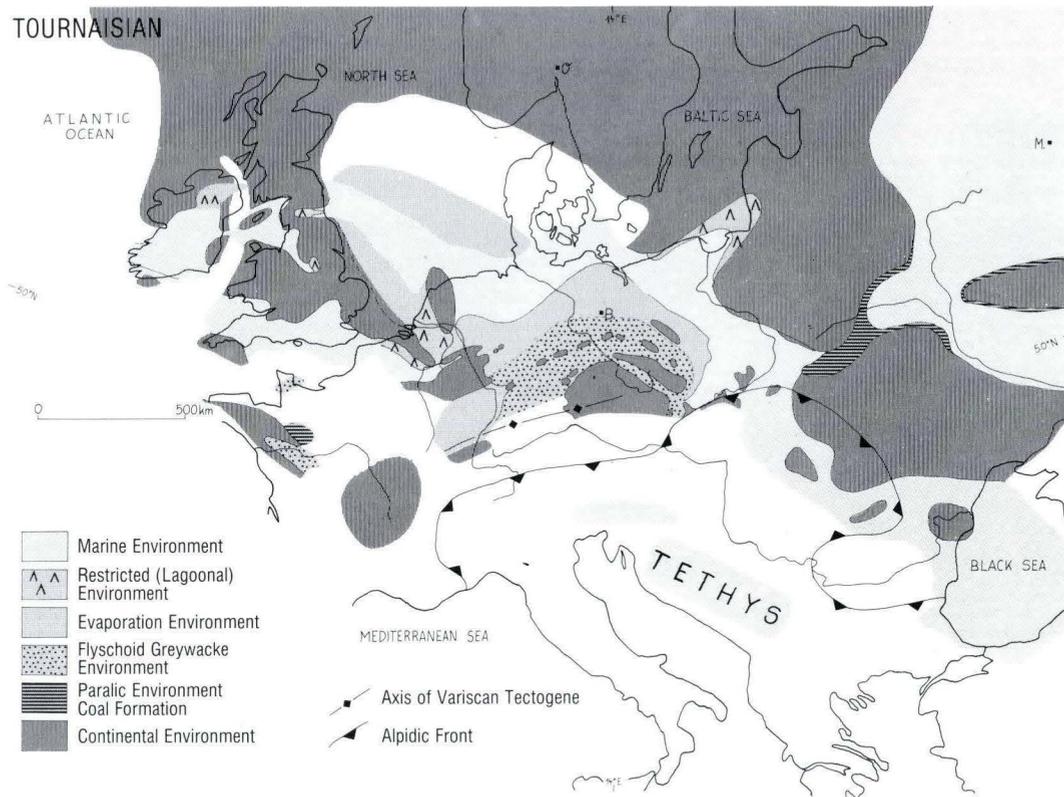


Abb. 2. Paläogeographische Skizze des Tournaisiums.
Palaeogeographic sketch map of the Tournaisian.

EARLY VISEAN

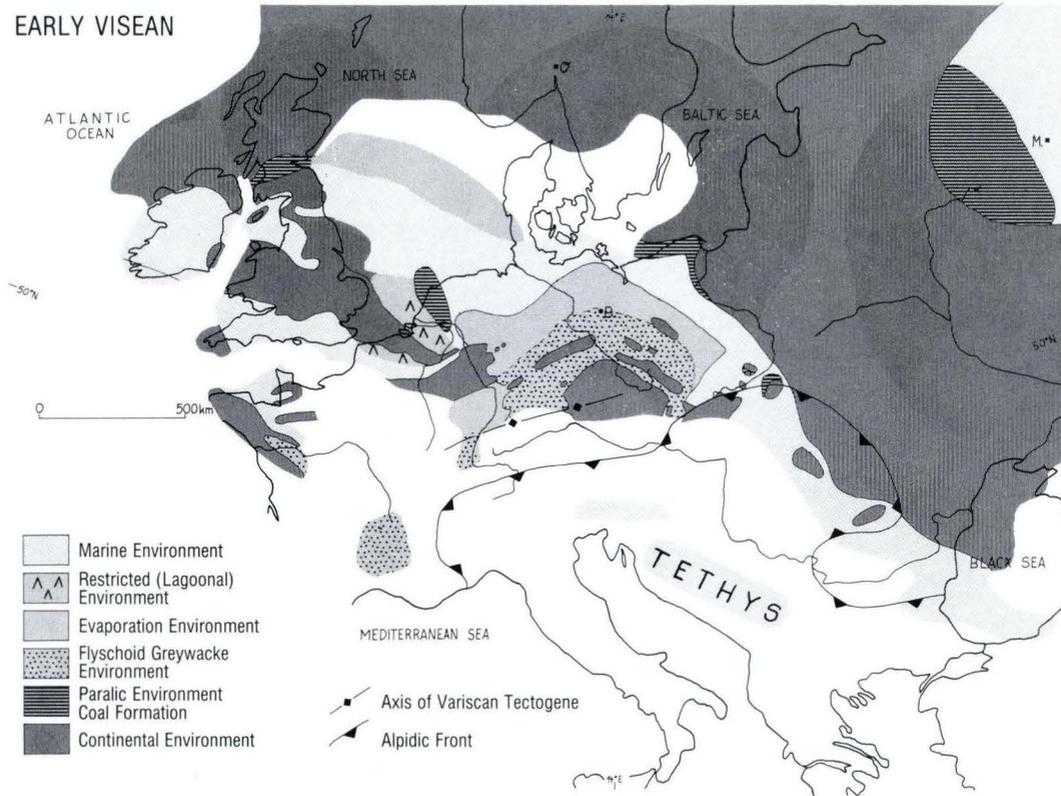


Abb. 3. Paläogeographische Skizze des Unter-Viséums.
Palaeogeographic sketch map of the early Viséan.

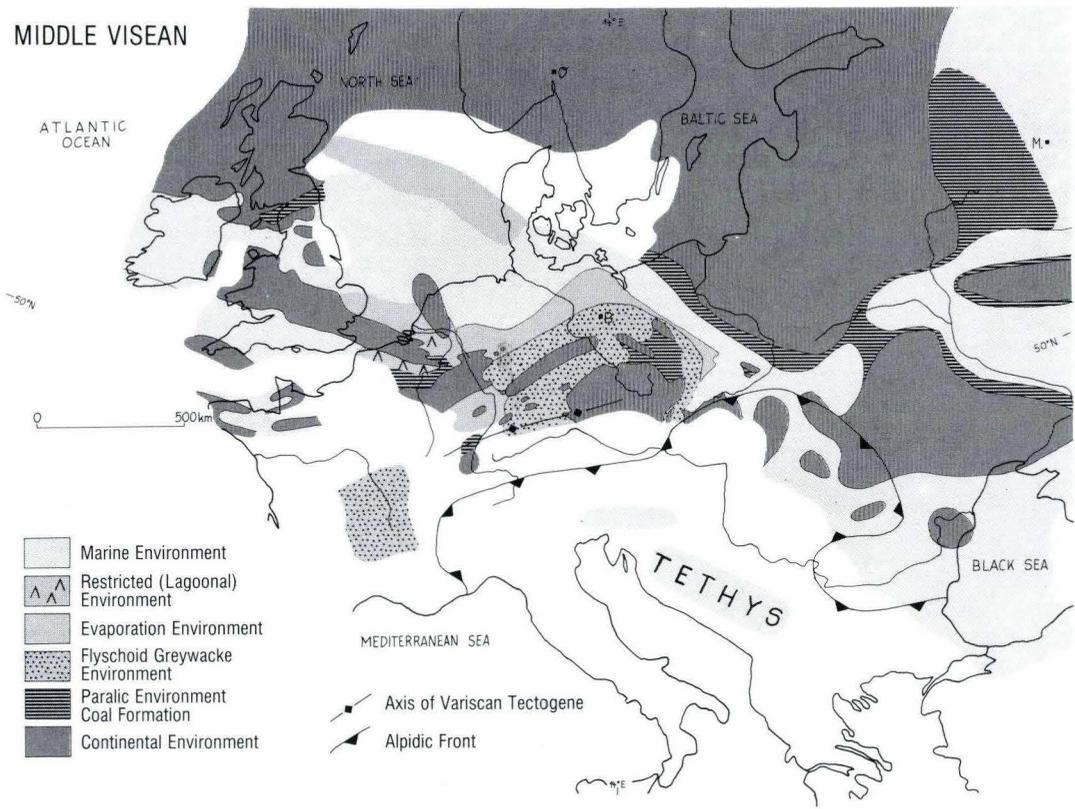


Abb. 4. Paläogeographische Skizze des Mittel-Viséums.
Palaeogeographic sketch map of the middle Viséan.

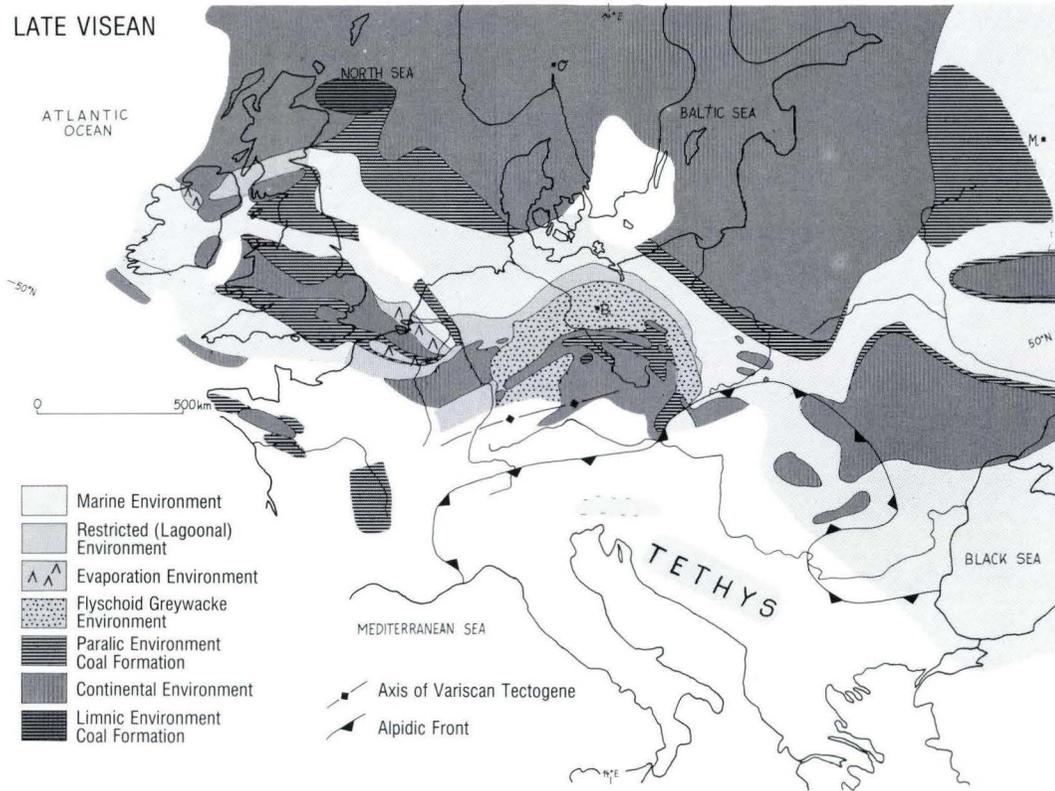


Abb. 5. Paläogeographische Skizze des Ober-Viséums.
Palaeogeographic sketch map of the late Viséan.

NAMURIAN A
PENDLEIAN-ALPORTIAN

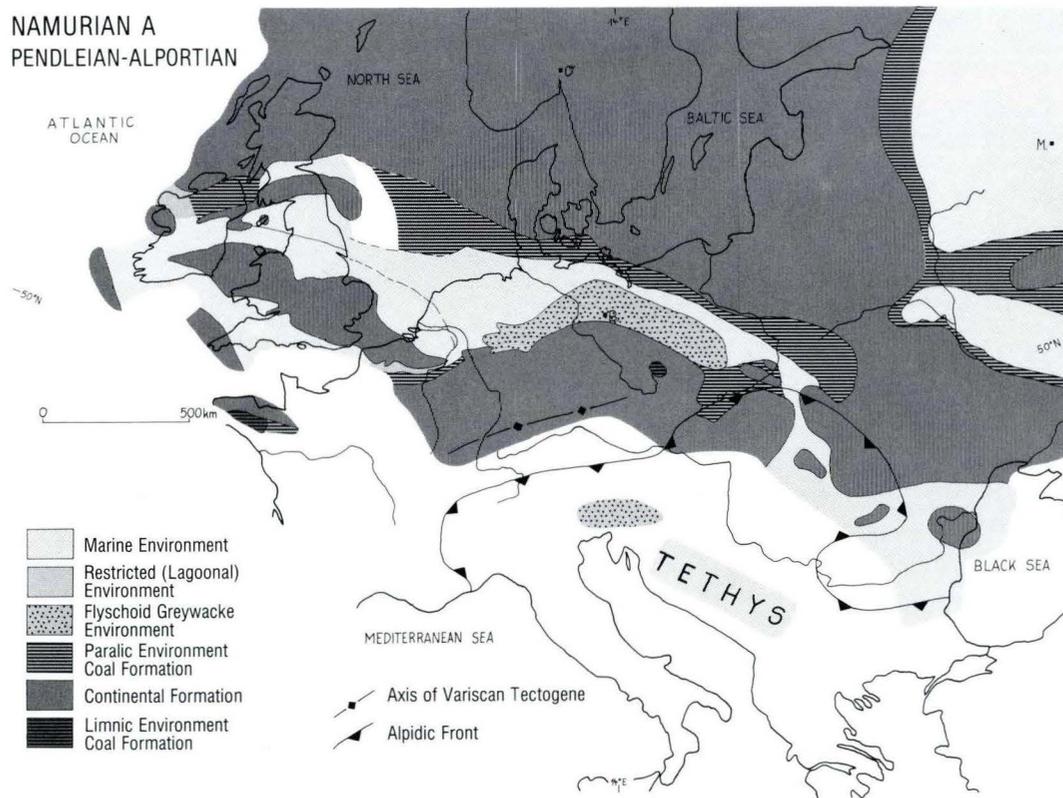


Abb. 6. Paläogeographische Skizze des Namur A.
Palaeogeographic sketch map of the Namurian A.

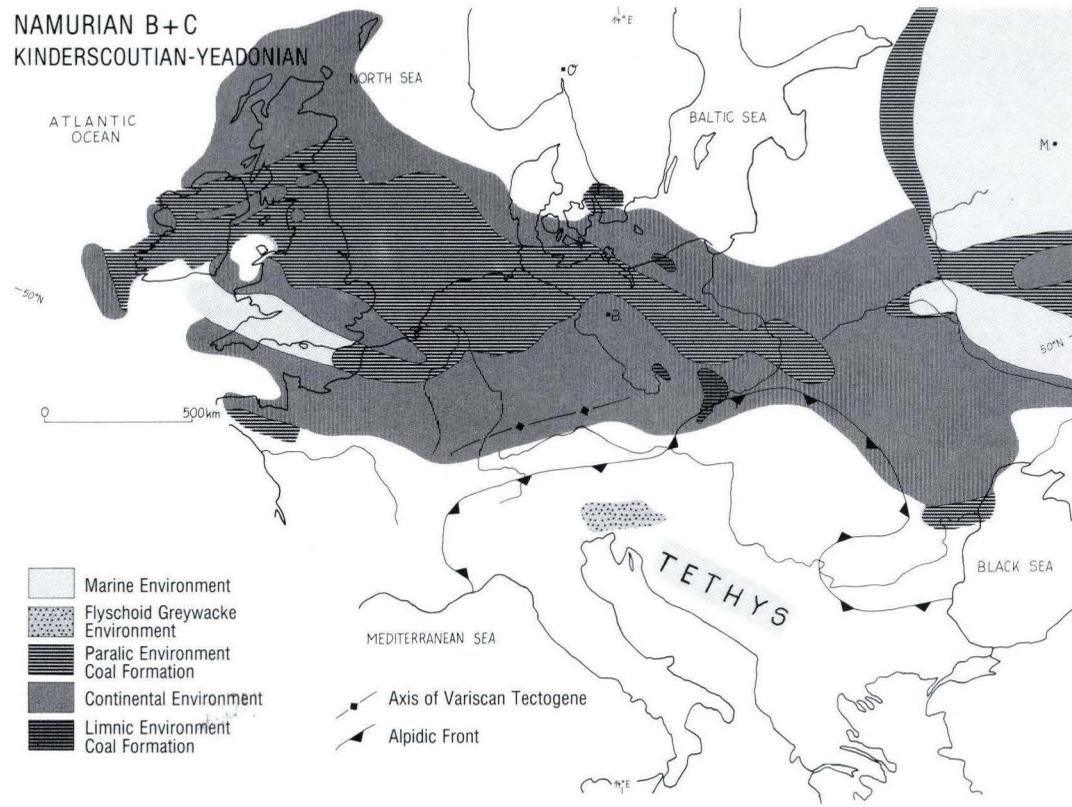


Abb. 7. Paläogeographische Skizze des Namurs B + C.
Palaeogeographic sketch map of the Namurs B + C.

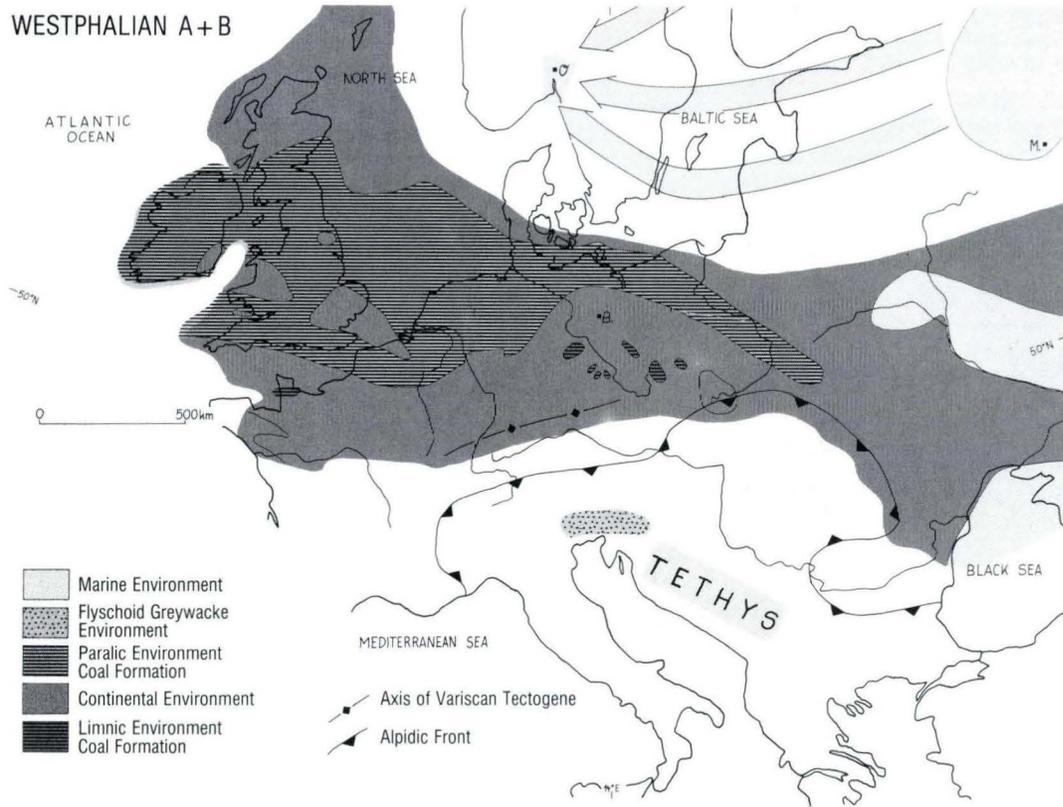


Abb. 8. Paläogeographische Skizze des Westfals A + B.
Palaeogeographic sketch map of the Westphalian A + B.

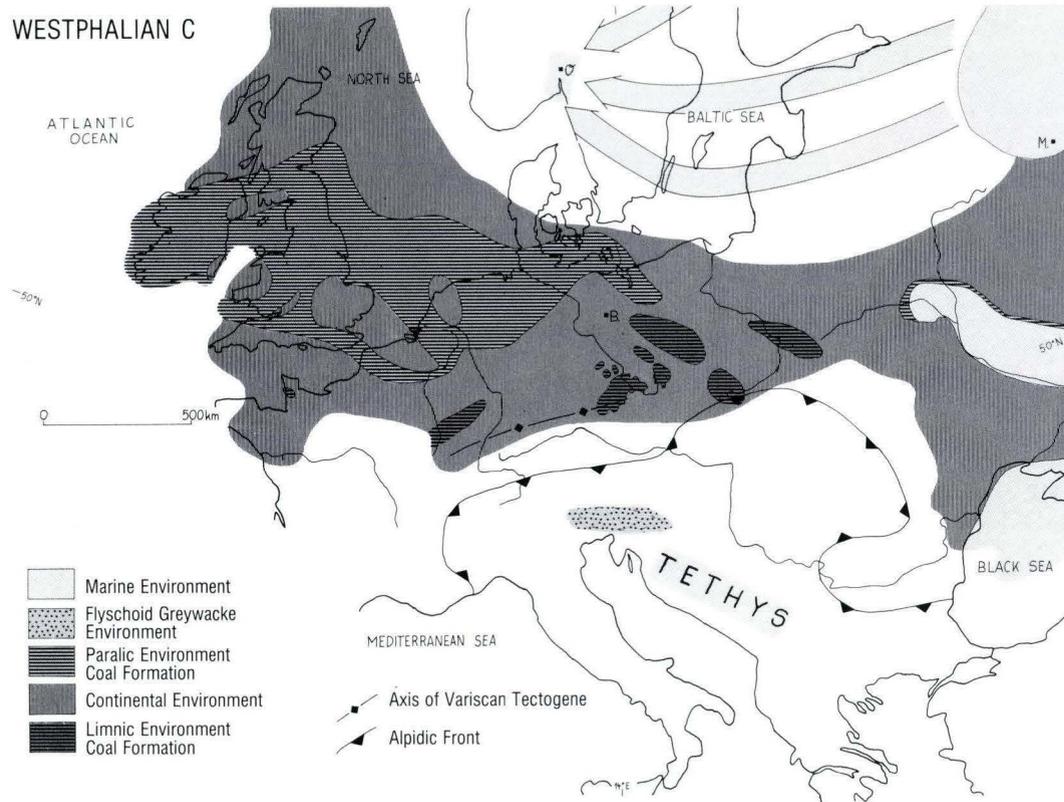


Abb. 9. Paläogeographische Skizze des Westfals C.
 Palaeogeographic sketch map of the Westphalian C.

WESTPHALIAN D

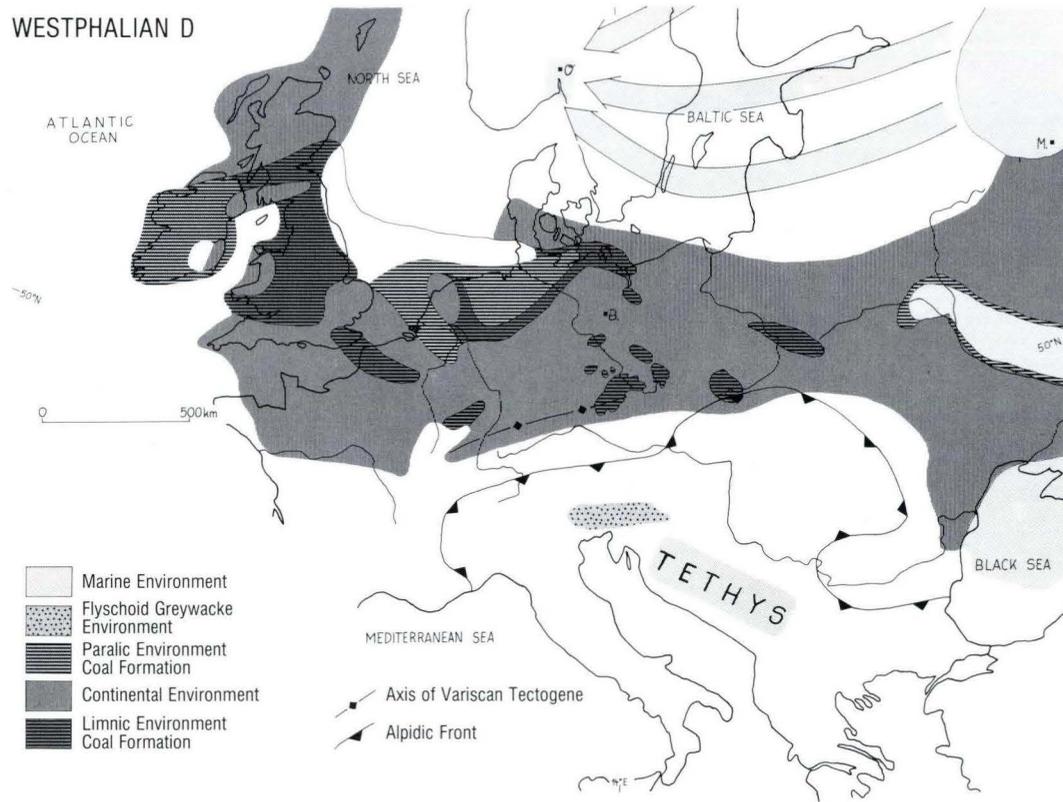


Abb. 10. Paläogeographische Skizze des Westfals D.
 Palaeogeographic sketch map of the Westphalian D.

STEPHANIAN / AUTUNIAN
 (p.p. after P.A. ZIEGLER 1982)

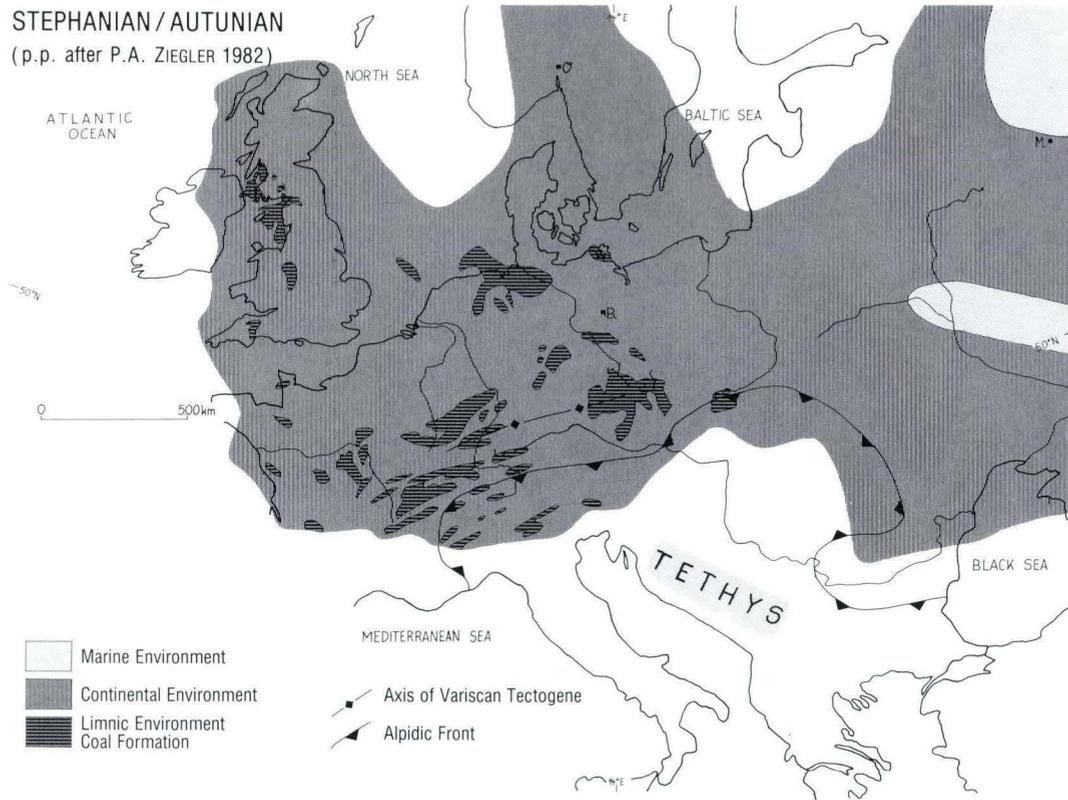


Abb. 11. Paläogeographische Skizze des Stefans/Autuns (nach ZIEGLER 1982, encl. 12).
 Palaeogeographic sketch map of the Stephanian/Autunian (after ZIEGLER 1982, encl. 12).

Zur Altersstellung der Kataklasite im Bereich der Otzberg-Zone, Odenwald

Von

JÜRGEN C. HESS und GERHARD SCHMIDT *

Kurzfassung: Für einen Teilbereich der Otzberg-Kataklasit-Zone NE Fürth im Odenwald konnte durch Geländebefunde, durch petrographische Beobachtungen und durch die Ergebnisse isotopischer Altersbestimmungen der Nachweis erbracht werden, daß die Bildung dieser kataklastischen Gesteine bei Temperaturen um 300°C vor mindestens 330 Ma stattfand. Jüngere (permische, mesozoische oder tertiäre) Scherbewegungen, die zur Bildung von Kataklasiten hätten führen können, sind zumindest für den untersuchten Teil der Otzberg-Zone auszuschließen.

Abstract: The Otzberg cataclasite zone as a major tectonic suture separates the two main units of the crystalline basement of the Odenwald (SW Germany). It could be proved on the basis of field observations, petrographic investigations and results of isotopic age measurements that the cataclastic rocks were formed about 330 Ma ago at temperatures of approximately 300°C. Younger (i.e. Permian, Mesozoic or Tertiary) tectonic movements entailing cataclasis can be excluded, at least in the investigated section of the Otzberg zone.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problemstellung	69
2. Geologie und Petrographie des Untersuchungsgebietes	72
3. Ergebnisse	74
4. Diskussion	75
5. Danksagung	76
6. Schriftenverzeichnis	77

1. Einleitung und Problemstellung

Das kristalline Grundgebirge des Odenwalds gliedert sich in drei Anteile unterschiedlicher Flächenausdehnung. Der Hauptteil ist der Bergsträßer Odenwald, in dem metamorphe Gesteine gegenüber magmatischen zurücktreten. Er wird durch den Nordast der Otzberg-Zone, einer tektonischen Schwächezone, vom Böllsteiner Odenwald im E getrennt. Der Böllsteiner Kristallinanteil ist durch eine kuppelförmige Anlage gekennzeichnet, während

* Dr. J. C. HESS, G. SCHMIDT, Laboratorium für Geochronologie der Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 234, 6900 Heidelberg.

die metamorphen Gesteine des Bergsträßer Odenwaldes durch magmatische Intrusiv-Komplexe in schmale, oft unzusammenhängende, kulissenartig steile Faltenzüge zerlegt werden, die ein generelles SW-NE-Streichen erkennen lassen (Von BUBNOFF 1926, OKRUSCH et al. 1975).

Zwischen dem Bergsträßer und dem Böllsteiner Kristallin erstreckt sich eine 1 bis 2 km breite Gneiszone, die sich auf etwa 15 km Länge in nord-südlicher Richtung verfolgen läßt und von NICKEL (1953) als „Zwischenzone“ definiert wurde.

Die Otzberg-Zone als Trennfuge der Kristallineinheiten des Bergsträßer und des Böllsteiner Odenwaldes ist gekennzeichnet durch Verwerfungen, Ruschelzonen und intensive Kataklyse mit Bildung von Myloniten (Abb. 1). Sie ist benannt nach einem ihr aufsitzendem miozänen Basaltberg im nordöstlichen Odenwald. Die in ihrem Nordost etwa NNE-streichende Otzberg-Zone ist Teil einer Strukturzone, die vom Otzberg im N, sich nach S verbreitend, bis nach Weinheim im SW bzw. Waldmichelbach und Heilkreuzsteinach im SE verläuft (SCHÄLIKE 1975). Nach CHELIUS (1897) soll das östliche Gebiet (= Böllsteiner Odenwald) an dem westlichen (= Bergsträßer Odenwald) abgesunken sein. VON BUBNOFF (1922, 1926) beschrieb große Horizontalverschiebungen, die an der Otzberg-Zone stattgefunden haben sollen, wobei die östliche Scholle nach N bewegt worden sei. CLOOS (1922) sah in der Otzberg-Zone die Fortsetzung der östlichen Oberrheingrabenstörung. ILLIES (1965) betrachtete die Otzberg-Zone als große, alt angelegte, rheinische Scherzone mit horizontalen Harnischen, die das Grundgebirge des Bergsträßer und des Böllsteiner Odenwaldes grabenparallel trennt.

Den genannten Bearbeitern zufolge kann angenommen werden, daß die Bewegungen an dieser Zone zu unterschiedlichen Zeiten aufgelebt sind, und daß im Tertiär im Zusammenhang mit dem Einbruch des Oberrheingrabens die Bewegungsbahnen und -flächen tektonisch reaktiviert wurden. Prinzipiell könnten somit für die Bildung der Kataklyse und der Mylonite der Otzberg-Zone tektonische Vorgänge sowohl im jüngeren Paläozoikum als auch im Mesozoikum und im Tertiär in Frage kommen, wenngleich andere Autoren (z.B. KLEMM 1924, RÜGER 1927) die Bildung insbesondere der Mylonite ausschließlich ins Paläozoikum stellen. So schrieb KLEMM (1924) den rheinisch streichenden Mylonitonen des Odenwaldes ein prä-triadisches Alter zu. RÜGER (1927) beschrieb Blastomylonite im Grundgebirge des Odenwaldes (Westabhang des Melibokusgebietes), die von kleinen pegmatitischen Gängen (Karbonatpegmatiten) durchzogen werden und selbst keine kataklastische Beanspruchung zeigen. Daraus folgert er, daß die Pegmatite jünger sein müssen als die durchschlagenen Mylonite. Ein tertiäres Alter schließt er aus. Die Mylonitbildung fällt nach RÜGER (1927) in eine Zeit, in der die „tiefen-vulkanische Tätigkeit im variskischen Orogen“ noch nicht abgeschlossen war. Die jüngsten Ereignisse im Zuge der variscischen Orogenese stellen nach RÜGER (1927) die Karbonatpegmatite dar. Er schrieb weiter, daß gemäß ihrem Charakter als Blastomylonite derartige Gesteine im Odenwälder Grundgebirge nur paläozoischen Alters sein können.

In Einzelfällen können nun im Odenwald, etwa im Bereich der Otzberg-Zone, auch andere, dem variscischen Orogenzyklus zuzurechnende Ganggesteine (Lamprophyre) beobachtet werden, die Kataklyse und Mylonite durchschlagen, selbst keine tektonische Beanspruchung zeigen und somit jünger sein müssen als die Kataklyse- und Mylonitbildungen. Diese Frage nach der relativen Altersstellung der Kataklyse im Odenwald sollte exemplarisch durch eine Spezialkartierung der Otzberg-Zone im Bereich des Weschnitz-

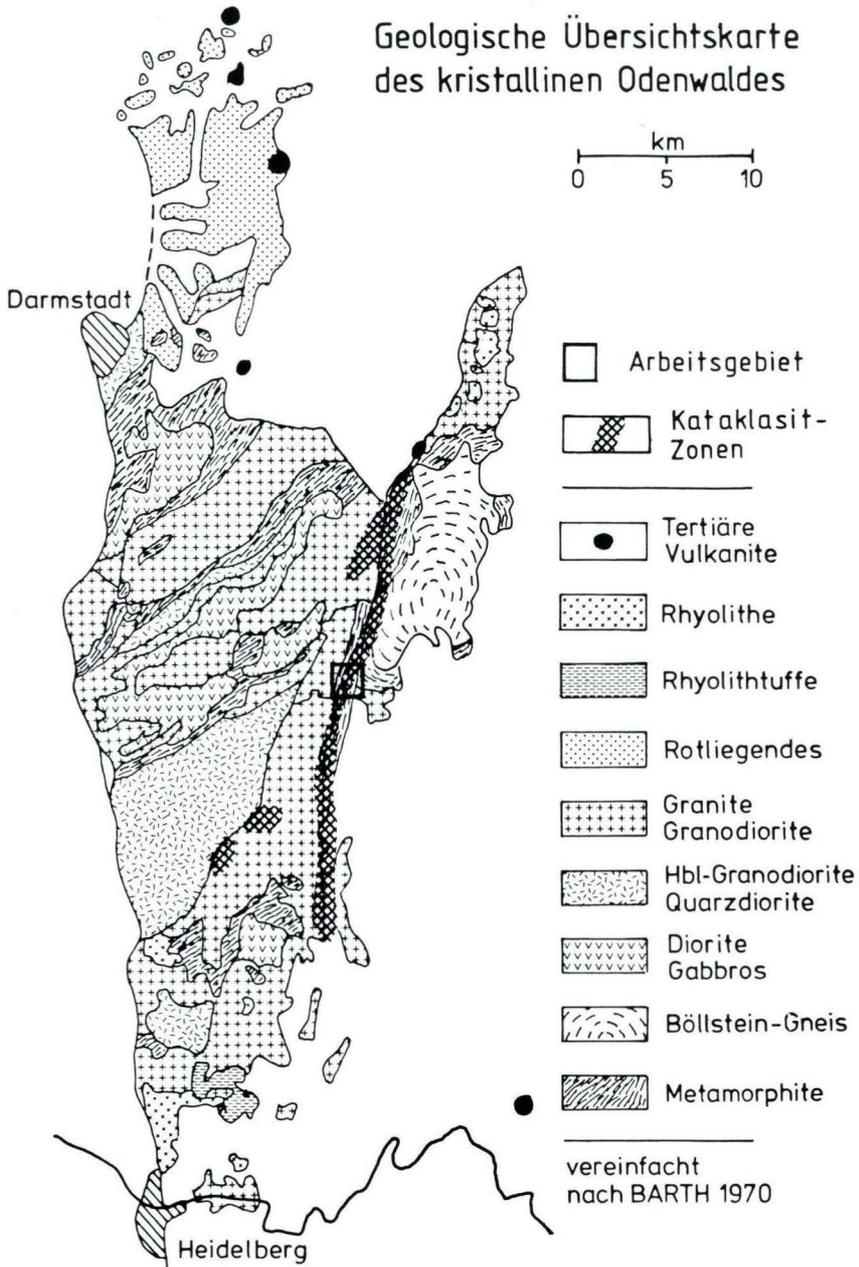


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte des kristallinen Odenwaldes (nach BARTH 1970). Das Rechteck kennzeichnet die Lage des Untersuchungsgebietes.

durchbruchs NE Fürth (siehe Abb. 1) überprüft werden. Darüberhinaus wurde versucht, anhand von Altersdaten von Ausgangsgesteinen der dortigen Kataklasite und Mylonite (i.w. Tromm-Granit und Weschnitz-Granodiorit; KREUZER & HARRE 1975) und von benachbarten Magmatiten (RTTMANN 1984) sowie durch neue isotopische Datierungen der lamprophyrischen Ganggesteine die Altersabfolge (Intrusion der Granitoide, Bildung der Kataklasite, Intrusion der Ganggesteine) zu quantifizieren.

2. Geologie und Petrographie des Untersuchungsgebietes

Den größten Teil des Untersuchungsgebietes (Abb. 2) nimmt der Granit des Typus „Tromm“ ein. Dieser leukokrate Biotitgranit zeigt ein durch Kalifeldspatgroßkristalle hervorgerufenes porphyrisches Gefüge. Neben Kalifeldspat, saurem Plagioklas und Quarz zu etwa gleichen Teilen führt er Biotit und akzessorisch Titanit, Apatit und Zirkon. An seinem Nordende verzahnt sich der Tromm-Granit durch Assimilationskontakt mit geflasertem Granodiorit des Weschnitzplutons. Dieses deutlich dunklere Gestein führt grüne Hornblende und Biotit neben intermediärem Plagioklas, Quarz und etwas Kalifeldspat. Akzessorisch treten Titanit und Apatit auf. Im E grenzen die Gneise der Zwischenzone an die Plutonite des Bergsträßer Odenwaldes. Den Hauptanteil der Gneise im Untersuchungsgebiet machen graue paragne Lagergneise aus, deren Mineralparagenese (Plagioklas, Quarz, Kalifeldspat, Hornblende, Biotit, \pm Granat) in ihrer Zusammensetzung dem Granodiorit des Weschnitzplutons entspricht. Gelegentlich treten in ihnen als kleinere Einschaltungen feinkörnige, massige, graue und rote Gneisvarietäten auf. Die Grenze zwischen den Granitoiden des Bergsträßer Odenwaldes und den Gneisen der Zwischenzone ist an keiner Stelle des Untersuchungsgebiets exakt zu erfassen, da im Grenzbereich beider Einheiten eine intensive Kataklaste die Ausgangsgesteine meist bis zur Unkenntlichkeit veränderte.

Im sogenannten Weschnitzdurchbruch zwischen den Orten Brombach und Weschnitz (Abb. 2) sind alle Übergänge hauptsächlich von unbeanspruchtem Tromm-Granit bis zu Myloniten und hornfelsartigen Ultramyloniten aufgeschlossen. Die Quarze dieser kataklastischen Gesteine sind linsenartig deformiert. Strähnige Aggregate zerkleinerter Quarze ziehen sich zwischen größeren Feldspat-Porphyrklasten hin oder umgeben größere erhaltene Quarzkörner (Mörtelstruktur). Die Rekristallisation solcher Aggregate erzeugt Pflaster- oder Mosaikstrukturen. Die serizitisierten, zerbrochenen Plagioklase werden von Karbonat-gefüllten Klüftchen durchzogen. Bei starker Kataklaste sind die Kristallumrisse abgerundet. Häufig zeigen die Plagioklase Deformationszwillinge und verborgene Zwillinglamellen und im Korninnern undulöse Auslöschung. Zahlreiche unregelmäßig angeordnete Risse leiten den weiteren Kornzerfall ein. Biotit ist bei beginnender Kataklaste verbogen und leicht zerschert, zerkleinert und in Strähnen zwischen den Quarz- und Feldspat-Porphyrklasten ausgeschmiert (Abb. 3). Ein großer Teil des Biotits ist in Chlorit umgewandelt, teilweise ist aber auch eine Biotitneubildung zu erkennen. Daneben sind häufig Pseudomorphosen von Karbonat nach Titanit zu beobachten.

An mehreren Stellen (Abb. 2) wird die bis zu 500 m breite Kataklastizone von Ganggesteinen der Lamprophyrfamilie durchschlagen, die sich im Gelände deutlich durch ihre parallelepipedische Klüftung von den grünlich oder rötlich bis dunkelbraun gefärbten

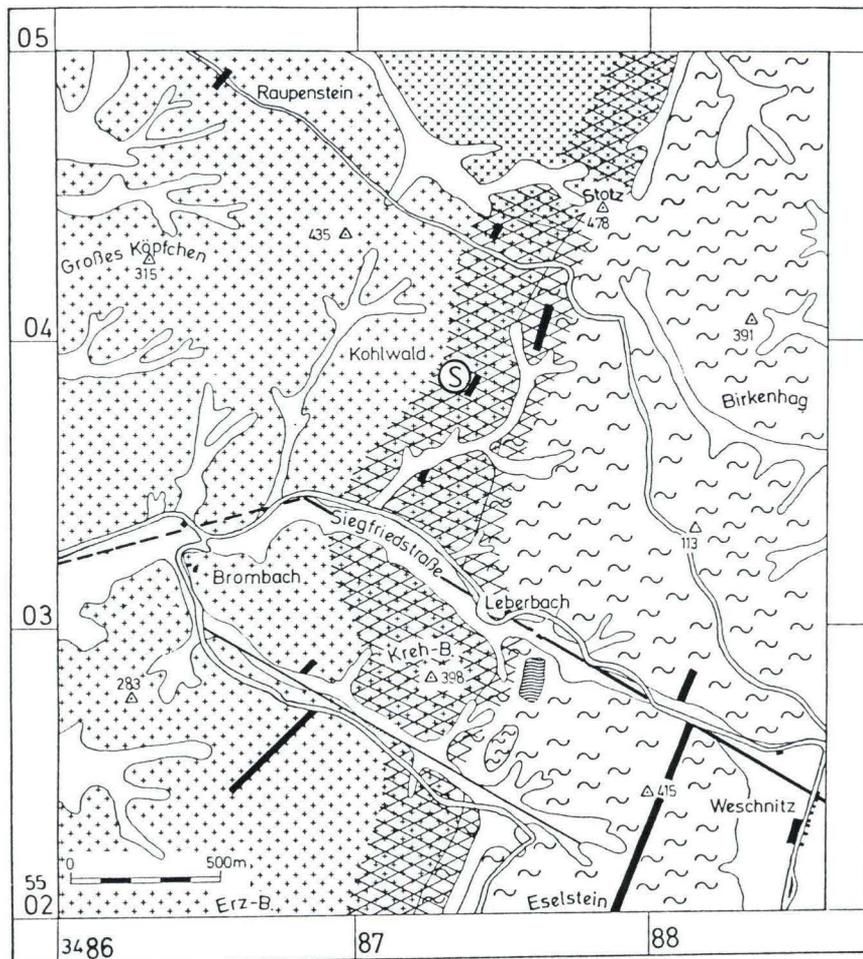


Abb. 2. Geologische Kartenskizze des Untersuchungsgebietes. Punkt (s) auf der Karte gibt die Herkunft der isotopisch datierten Lamprophyreprobe an.



Abb. 3. Dünnschliffaufnahme eines für das Untersuchungsgebiet typischen Kataklastits: Zerleinerte Quarzaggregate und ausgeschmierter Biotit umfließen Feldspatprophyroklasten.

Kataklastiten mit scherbigen Absonderungsflächen unterscheiden. Die Gänge streichen vorwiegend N-S bis NNE-SSW und erreichen Mächtigkeiten bis etwa 10 Meter. Die mesokraten, mittel bis dunkelgrauen, bisweilen auch rötlich oder grünlich gefärbten Gesteine führen Biotit und etwas Hornblende in einer Alkalifeldspat-reichen Grundmasse. Diopsidischer Pyroxen ist häufig in Chlorit und/oder Karbonat umgewandelt. Chlorit und Karbonat treten neben Quarz auch pseudomorph nach Olivin auf. Aufgrund ihres Mineralbestandes sind diese lamprophyrischen Ganggesteine nach WIMMENAUER (1973) als Minetten zu klassifizieren.

3. Ergebnisse

Zwar konnten im Gelände aufgrund der mäßigen Aufschlußverhältnisse nirgendwo direkte Kontakte zwischen Kataklastiten oder Myloniten und Lamprophyren beobachtet werden, aber dennoch läßt sich aus den Verbandsverhältnissen mit Sicherheit ableiten, daß die tektonischen Bewegungen, die zur Bildung der kataklastischen Gesteine führten, vor der Platznahme der Lamprophyre aktiv waren. Diese Feldbeobachtungen werden durch die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen gestützt. Bei keinem der untersuchten Lamprophyre konnten im Dünnschliff Hinweise auf kataklastische Deformationen oder

Beeinflussungen tektonischer Durchbewegung gefunden werden. Somit kann der Zeitraum der Kataklaste durch die Intrusion des Weschnitz-Granodiorits bzw. des Tromm-Granits einerseits und der Lamprophyre andererseits eingeschränkt werden. Ein variscisches Alter der Lamprophyre vorausgesetzt, muß die Entstehung der kataklastischen Gesteine im Untersuchungsgebiet ebenfalls im Variscikum stattgefunden haben.

Tab. 1 zeigt die Altersergebnisse einer konventionellen K-Ar- und einer $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Ar-Biotitdatierung an einem Lamprophyr des Untersuchungsgebietes¹ zusammen mit den Biotitaltersergebnissen des Tromm-Granits und des Weschnitz-Granodiorits (aus KREUZER & HARRE 1975, umgerechnet auf IUGS-Konstanten nach STEIGER & JÄGER (1977)) sowie des nahegelegenen Lindenfels-Gabbros (aus KREUZER & HARRE 1975 und RITTMANN 1984). Bei den $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Ar-Daten sind die konventionellen K-Ar-Altern entsprechenden integrierten Gesamtargonalter aufgeführt, da bei Biotiten evt. auftretende Plateaus in $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Altersspektren geologisch bedeutungslos sein können (HESS et al. 1987). Wie aus Tab. 1 zu ersehen ist, stimmen sowohl K-Ar- als auch $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Biotitalter des Lamprophyrs mit den Biotitaltern des Tromm-Granits und des Weschnitz-Granodiorits innerhalb der analytischen Unsicherheiten überein, obwohl geologisch eine deutliche Abfolge (Tiefengesteine, Kataklaste, lamprophyrische Ganggesteine) ausgegliedert werden kann. Sie sind darüberhinaus auch mit den am Lindenfels-Gabbro bestimmten Biotitaltern identisch. Alter um 330 Ma sind der Zeitskala für das Karbon (ODIN & GALE 1982, HESS & LIPPOLT 1986) zufolge unterkarbonisch und demnach eindeutig dem Variscikum zuzurechnen.

Tab. 1. K-Ar- und $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Biotitalter eines in der Kataklastizone auftretenden Lamprophyrs sowie einiger benachbarter Tiefengesteine

	K-Ar-Alter (Ma)	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Alter (Ma)
Lamprophyr	$328.1 \pm 6.7^*$	327.2 ± 2.5
Tromm-Granit	325***	
Weschnitz-Granodiorit	329***	
	329***	
Lindenfels-Gabbro	329***	$334.0 \pm 2.9^{**}$
		$331.4 \pm 2.8^{**}$

* K = 6.83 %, $^{40}\text{Ar}^{**} = 95.42 \text{ nl/g}$

** RITTMANN 1984

*** KREUZER & HARRE 1975, mit IUGS-Konstanten neu berechnet ($\pm 2 \text{ Ma}$, 1-sigma)

4. Diskussion

Zwei Modelle bieten sich als plausible Erklärung für die gemessene Altersübereinstimmung der Tiefen- und Ganggesteine und damit als Interpretationsmöglichkeit für den Bildungszeitpunkt der Kataklastite und Mylonite an. So könnten die Entstehung der Tiefengesteine, die folgende Kataklastitbildung und die Intrusionen der Ganggesteine,

¹ Die Herkunft der datierten Probe ist in Abb. 2 mit (s) gekennzeichnet.

geologisch gesehen in einem solch kurzen Zeitintervall erfolgt sein, daß die zur Verfügung stehenden isotopischen Altersbestimmungsmethoden die einzelnen Ereignisse nicht mehr auflösen vermögen. Damit würden aber die Alter der Plutonite und der Ganggesteine von etwa 330 Ma auch gleichzeitig die Ausbildung der betreffenden kataklastischen Gesteine datieren. Gegen ein Bildungsalter der Plutonite von 330 Ma sprechen allerdings die K-Ar-Hornblendealter beispielsweise des Weschnitz-Granodiorits, die etwa 8 Ma höher sind als dessen Biotitalter (KREUZER & HARRE 1975).

Die andere Deutungsmöglichkeit, welcher aus diesem Grunde der Vorzug eingeräumt werden soll, ist die Interpretation der Biotit-Altersdaten als Abkühlungsalter in einer langsamen regionalen Abkühlung (vgl. KREUZER & HARRE 1975). Demnach müßte die Intrusion der Lamprophyre und folglich auch die Kataklastitbildung älter als etwa 330 Ma sein und bei Temperaturen $> 300^{\circ}\text{C}$, dem Schließtemperaturbereich von Biotit für das K-Ar-System, stattgefunden haben.

Dieses zweite Modell stimmt auch mit den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchungen besser überein als das erste. So deuten einige petrologische Merkmale, wie beispielsweise die Neubildung von Biotit, Rekristallisation von Quarz oder das Verschwinden von Knickbänderung bei Biotit bei den Kataklastiten darauf hin, daß sie bei oder nach ihrer Entstehung Temperaturen im Bereich von etwa 300°C ausgesetzt waren. Wenngleich auch WAGNER & STORZER (1975) für den Odenwald während des Mesozoikums Temperaturen von mindestens 130°C postulieren, sind Temperaturen um 300°C im heute angeschnittenen Krustenstockwerk des Odenwalds jedoch letztmals während des jüngeren Paläozoikums erreicht worden (vgl. MAGETTI 1975).

Gleichgültig, ob die in Tab. 1 zusammengestellten Altersdaten als Bildungs- oder als Abkühlungsalter interpretiert werden, können die erhaltenen Biotitalter des Lamprophyrs als untere Altersschränke für die Bildung der kataklastischen und mylonitischen Gesteine des untersuchten Gebietes und darüberhinaus möglicherweise für die gesamte Otzberg-Zone angesehen werden.

Beanspruchungen durch jüngere tektonische Bewegungen, beispielsweise im Zusammenhang mit dem permischen Rhyolithvulkanismus des nördlichen Odenwaldes (vgl. HESS et al. 1990) oder dem Einbruch des Oberrheingrabens im Tertiär bzw. dem alttertiären Vulkanismus (LIPPOLT et al. 1975) können, obwohl sich hierfür keine Hinweise finden, zwar nicht ausgeschlossen werden, jedoch haben tiefgreifende Scherbewegungen mit Sicherheit nicht mehr stattgefunden. Zu ähnlichen Aussagen über die Altersstellung der Kataklasten in Beziehung zu granitischen und lamprophyrischen Ganggesteinen im Schwarzwald kamen FLÖTTMANN et al. (1986) aufgrund strukturgeologischer Untersuchungen. Sie konnten zeigen, daß die Kataklastite im mittleren Schwarzwald ebenfalls variscische Bildungen sind.

5. Danksagung

Die Autoren danken Prof. Dr. H. J. LIPPOLT für die fruchtbaren Diskussionen, die wesentliche Impulse bei der Durchführung dieser Studie gaben, sowie für seine kritischen Anmerkungen bei der Durchsicht des Manuskripts.

6. Schriftenverzeichnis

- BARTH, H. (1970): Quarzdiorit und Granodiorit des Felsberg-Zuges im Bergsträßer Odenwald. – Inaug. Diss. Univ. Heidelberg (unpubl.), 144 S., 123Abb., 50 Tab.; Heidelberg.
- V. BUBNOFF, S. (1922): Tektonik und Intrusionsmechanismus im kristallinen Odenwald. – Abh. Preuß. Geol. Landesanst., N.F., **89**: 19–38, 6 Abb.; Berlin.
- (1926): Studien im Südwestdeutschen Grundgebirge – II. Die tektonische Stellung des Böllsteiner Odenwaldes und des Vorspessarts. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläontol. B., Beil. **55**: 468–496, 8 Abb.; Stuttgart.
- CHELIUS, C. (1897): Erl. geol. Karte Großherzogtum Hessen. Bl. Brensbach-Böllstein. – 76 S.; Darmstadt.
- CLOOS, H. (1922): Tektonik und Magma – I. Einleitung: Über Ausbau und Anwendung der granit-tektonischen Methode. – Abh. Preuß. Geol. Landesanst., N.F., **89**: 1–18, 4 Abb.; Berlin.
- FLÖTTMANN, Th., GALLUS, B., & KLEINSCHMIDT, G. (1986): Variskische Kataklaste im Mittleren Schwarzwald. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1986** (8): 459–466, 3 Abb.; Stuttgart.
- HESS, J. C., KIRSCH, H., & LIPPOLT, H. J. (1990): Isotopische Alter permokarbonischer Vulkanite Zentraleuropas. Teil III. Odenwald. – (i. Vorb.).
- & LIPPOLT, H. J. (1986): $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of tonstein and tuff sanidines: New calibration points for the improvement of the Upper Carboniferous time-scale. – Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.), **59**: 143–154, 4 Abb., 5 Tab.; Amsterdam.
- & WIRTH, R. (1987): Interpretation of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ spectra of biotites. Evidence from hydrothermal degassing experiments and TEM studies. – Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.), **66**: 137–149, 12 Abb.; Amsterdam.
- ILLIES, H. (1965): Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. Ein Beitrag zum „Upper Mantle Project“. – Oberrhein. geol. Abh., **14**: 1–55, 26 Abb.; Karlsruhe.
- KLEMM, G. (1924): Bemerkungen über die Tektonik des Odenwaldes. – Notzbl. Ver. f. Erdkunde u. d. Hess. Geol. Landesanst., 5. Folge, H. **7**: 8–22; Darmstadt.
- KREUZER, H., & HARRE (1975): K/Ar-Altersbestimmungen an Hornblenden und Biotiten des Kristallinen Odenwaldes. – Aufschluß, Sdbd. **27**: 71–77, 2 Abb.; Heidelberg.
- LIPPOLT, H. J., BARANYI, I., & TODT, W. (1975): Die Kalium-Argon-Alter der postpermischen Vulkanite des nord-östlichen Oberrheingrabens. – Aufschluß, Sdbd. **27**: 205–212, 2 Abb.; Heidelberg.
- MAGETTI, M. (1975): Die Tiefensteine des Bergsträßer Odenwaldes. – Aufschluß, Sdbd. **27**: 87–107, 11 Abb., 2 Tab.; Heidelberg.
- NICKEL, E. (1953): Die petrogenetische Stellung der Tromm zwischen Bergsträßer und Böllsteiner Odenwald. – Sitzungsber. Heidelberger Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. 3 (1952): 1–120, 33 Abb.; Heidelberg.
- ODIN, G. S., & GALE, N. H. (1982): Numerical dating of Hercynian times (Devonian to Permian). In: Odin, G. S. (Hrsg.): Numerical dating in stratigraphy. – 487 – 500, 4 Abb., Chichester.
- OKRUSCH, M., RAUMER, J. von, MATTHES, S., & SCHUBERT, W. (1975): Mineralfazies und Stellung der Metamorphite im kristallinen Odenwald. – Aufschluß, Sdbd. **27**: 109–134, 2Abb., 1 Tab.; Heidelberg.
- RITTMANN, K. L. (1984): Argon in Hornblende, Biotit und Muskovit bei der geologischen Abkühlung. – Inaug. Diss. Univ. Heidelberg (unpubl.), 278 S., 48Abb., 15 Tab.; Heidelberg.
- RÜGER, L. (1927): Über Blastomylonite im Grundgebirge des Odenwaldes. – Notzbl. Ver. f. Erdkunde u. d. Hess. Geol. Landesanst., 5. Folge, H. **10**: 219–231, 6 Abb.; Darmstadt.
- SCHÄLIKE, W. (1975): Die Otzberg-Zone. – Aufschluß, Sdbd. **27**: 47 – 57, 5 Abb.; Heidelberg.
- STEIGER, R. H., & JÄGER, E. (1977): Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. – Earth Planet. Sci. Letters, **36**: 359–363, 2 Abb., 1 Tab.; Amsterdam.
- WAGNER, G. A., & STORZER, D. (1975): Spaltspuren und ihre Bedeutung für die thermische Geschichte des Odenwaldes. – Aufschluß, Sdbd. **27**: 79–85, 2 Abb., 1 Tab.; Heidelberg.
- WIMMENAUER, W. (1973): Lamprophyre, Semilamprophyre und anchibasaltische Ganggesteine. – Fortschr. Miner., **51**: 3–67, 12 Abb., 19 Tab.; Stuttgart.

Die vulkanisch-kieselige Gesteinsassoziation am Beispiel der unterkarbonischen Kieseliefer am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. Geologie – Petrographie – Geochemie

Von

JANET DEHMER, GERHARD HENTSCHEL, MANFRED HORN,
FLORIAN KUBANEK, THOMAS NÖLTNER, RALF RIEKEN, MONIKA WOLF
und WINFRIED ZIMMERLE*

Kurzfassung: Ein ca. 2 m mächtiger Profilabschnitt in unterkarbonischen Kieseliefen des nördlichen Kellerwaldes (bei Bad Wildungen) wurde in Fortführung früherer Untersuchungen petrographisch und geochemisch untersucht mit dem Ziel, einen Beitrag zur Genese der unterkarbonischen Kieseliefer zu leisten.

Folgende Methoden wurden angewandt: Makroskopische Aufnahme, Dünnschliffuntersuchungen, Röntgendiffraktometrie, Mikroskopie der organischen Substanz, Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersiver Spektralanalyse, Mikrothermometrie von Flüssigkeitseinschlüssen sowie anorganisch-geochemische Analytik.

Das untersuchte Profil baut sich aus einer charakteristischen Wechselfolge von gebankten, harten Kieseliefen (Lyditen) und weichen Tuff-Zwischenmitteln auf. Die Schichtenfolge ist diagenetisch überprägt zu einer Hart-Weich-Folge; ursprünglich wurde eine feinflaminierte Serie von Tonen, siltigen Pyroklastika und Tuffen sedimentiert, mit Radiolarien, deren Grad der diagenetischen Ausmerzung von Lage zu Lage wechselt. Die Sedimentationseinheiten sind Bruchteile eines Millimeters bis wenige Zentimeter dünn. Untersuchungen mit dem REM zeigten uniforme Korngrößen (ca. 1–2 μm) und xenomorphe bis hypidiomorphe Partikelformen der kleinsten Bausteine der kieseligen Matrix. Dieser Befund weist, wie auch die schwache und teilweise fehlende Kompaktion, auf eine synsedimentäre bis frühdigenetische Einkieselung hin. Reine Kiesellagen wurden nicht beobachtet. Die Kieselsubstanz, die in Form von Quarz, untergeordnet auch von Chaledon vorliegt, ist im wesentlichen aus dem halmyrolytischen bis frühdigenetischen Abbau von instabilen Vulkanoklasten abzuleiten. Organischer Detritus (R_{max} 2.55%) ist vorwiegend terrestrischer Herkunft.

Röntgendiffraktometrie sowie Haupt- und Spurenelementanalyse charakterisieren die beiden wesentlichen Gesteinstypen: Kieseliefer und Tuffe. Die Spurenelementverteilung, im Zr/TiO_2 versus Nb/Y -Diagramm dargestellt, weist vornehmlich auf saure bis intermediäre Vulkanite als Herkunftsgesteine für Tuffe und kieselige Sedimente hin.

* Dr. J. DEHMER, Prof. Dr. M. WOLF, Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle, Lochnerstraße 4–20, 5100 Aachen. Dr. G. HENTSCHEL, Dr. M. HORN, Hess. Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden. Dr. F. KUBANEK, Arbeitsgruppe Geochemie, Bereich Kernchemie und Reaktor, Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung, Glienicke Straße 100, 1000 Berlin 39. Dr. T. NÖLTNER Mineralogisches Institut der Universität, Kaiserstr. 12, 7500 Karlsruhe. Dr. R. RIEKEN, Institut für Geologie und Dynamik der Lithosphäre, Goldschmidtstraße 3, 3400 Göttingen. Dr. W. ZIMMERLE, Prinzengarten 6, 3100 Celle.

Abstract: A 2 m section of Lower Carboniferous bedded cherts has been investigated petrographically and geochemically in order to elucidate their genesis. The investigation was based on macroscopic inspection, thin-section analysis, X-ray diffractometry, organic-matter petrography, scanning electron microscopy, energydispersive X-ray fluorescence, liquid inclusion thermometry and inorganic geochemical analysis.

The section examined is composed of an alternating sequence of hard bedded cherts (Lydites) and soft tuff intercalations. The sedimentary sequence, originally a laminated sequence of clays, silt-size pyroclastics and tuffs, has been diagenetically transformed into a hard-soft sequence. The sedimentation units are very thin (0,1 mm to a few centimeters). SEM showed uniform particle size (approx. 1–2 μm) and xenotopic to hypidiotopic shape of the smallest building units of the siliceous matrix. Particle size and shape as well as absence of marked compaction indicate a syndepositional to early diagenetic silicification. Pure silica layers have not been observed. Silica is present as quartz and subordinately as chalcedony, essentially derived from halmyrolytic to early diagenetic decay of unstable volcanoclasts. The organic debris (R_{max} 2.55%) is mainly of terrigenous origin.

X-ray diffractometry as well as major and trace elements characterize the two main rock types: cherts and tuffs. The trace element distribution in a Zr/TiO₂ versus Nb/Y plot points to acid to intermediate volcanic rocks as source of the tuffs and the siliceous sediments.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung (M. HORN & W. ZIMMERLE)	80
2. Geologische und stratigraphische Beschreibung des Kieselschieferprofils (M. HORN)	82
3. Petrographie und Geochemie der Kieselschiefer und Tuffe	90
3.1. Dünnschliff-Untersuchungen (W. ZIMMERLE)	91
3.1.1. Kieselschiefer	91
3.1.1.1. Gesteinsmatrix	92
3.1.1.2. Glimmer, Feldspäte, Quarz und Schwerminerale	95
3.1.1.3. Größere detritische Tonaggregate unbestimmter Identität	96
3.1.1.4. Radiolarien, Kieselschwammreste und Conodonten	96
3.1.1.5. Diagenetische Neubildungen, Gesteinslösung und -zerbrechung	98
3.1.2. Tuffitische Kieselschiefer	99
3.1.3. Tuffe	99
3.2. Organisch-petrographische Untersuchungen der Kieselschiefer (J. DEHMER & M. WOLF)	100
3.2.1. Methodisches	100
3.2.2. Ergebnisse	100
3.3. Spurenelementanalysen und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (T. NÖLTNER)	103
3.4. Röntgendiffraktometrische Untersuchungen (G. HENTSCHEL)	116
3.5. Anorganische Geochemie (F. KUBANEK)	119
3.6. Mikrothermometrische Untersuchungen an Fluid-Einschlüssen (R. RIEKEN)	123
4. Ergebnisse und Folgerungen (G. HENTSCHEL, M. HORN, T. NÖLTNER & W. ZIMMERLE)	127
5. Zur Genese der Kieselschiefer (W. ZIMMERLE)	128
6. Schriftenverzeichnis	135

1. Einleitung (M. HORN & W. ZIMMERLE)

Im Verlauf der Erdgeschichte treten zu verschiedenen Zeiten kieselige Gesteine (Kieselschiefer, Radiolarite, Lydite) zusammen mit vulkanischen Gesteinen (Keratophyren, Diabasen, Basalten und deren Tuffen) auf. Im Rheinischen Schiefergebirge (Abb. 1) und im Harz sind die Kieselschiefer des Unterkarbons die am weitesten verbreitete und bekannteste dieser Gesteinsassoziationen, die auf den geologischen Karten in die Folge der Lydite und

die der Kieselchiefer bzw. Kieselkalke unterteilt werden. Mit der Bezeichnung Kieselchiefer werden einerseits stratigraphische Einheiten, also ganze Serien benannt, andererseits eine Anzahl kieseliger Gesteine bis hin zu „reinem“ Kieselchiefer mit einem SiO_2 -Gehalt von $> 90\%$ (HAAGE 1966). Auch als Lydit wird einerseits eine stratigraphische Einheit bezeichnet, andererseits auch schwarze, sehr SiO_2 -reiche Kieselchiefer. Im deutschen Sprachgebrauch gibt es bisher keine klare Nomenklatur für die Kieselgesteine des Paläozoikums.

Einige Autoren haben versucht, mit dem englischen Ausdruck „chert“ (PFEFFERKORN 1968) eine brauchbare Bezeichnung zu finden.

Detailliertere Fragen der vielfältigen Kieselchiefer-Nomenklatur werden hier nicht behandelt. Bei der makroskopischen Beschreibung wurden nur die Begriffe Kieselchiefer (Gesteine mit rauhem Bruch) und Lydit (glasige Gesteine mit glattem Bruch) verwandt. In streng geochemischem Sinn ist Kieselchiefer nach HAAGE (1966) ein Kieselgestein mit einem SiO_2 -Gehalt von $> 90\%$. Die Bezeichnung Lydit ist in ihrer etymologischen Bedeutung am besten bei HINTZE (1915) und, als „touchstone“, bei BATES & JACKSON (1980: 372) erläutert.

Die Bezeichnung „vulkanisch-kieselige Gesteinsassoziation“ (volcanic sedimentary rock association) betont vor allem die räumlich enge Verbindung vulkanischer Ablagerungen (Tuffe, Vulkanoklastika, vulkanische Lagergänge und Effusiva) und kieseliger Sedimente und Sedimentgesteine, die meist als Wechselfolgen auftreten. Sie geht zurück vornehmlich auf die Beobachtungen und Klassifizierungen russischer Bearbeiter wie STRAKHOV (1960, 1963), KHVOROVA (1968, 1978) und BURLIN et al. (1976).

Die unterkarbonischen Kieselchiefer können nach der Klassifikation TUCKERS (1981: 211) in die Untergruppe der „bedded cherts“, der gebankten Kieselchiefer, eingeordnet werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war:

1. Aufbau und Zusammensetzung einer auf ein Profilstück begrenzten Kieselchieferabfolge zu untersuchen.
2. Fragen der Kieselchiefergenese nachzugehen, insbesondere der Herkunft der Kieselensäure.
3. Die praktische Bedeutung dieser Gesteinsassoziation aufzuzeigen.

Mit der Genese der Kieselchiefer im Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges haben sich vor allem CORRENS (1926), SCHWARZ (1928) und HOSS (1957, 1959) eingehend beschäftigt.

CORRENS plädierte für eine Entstehung der Lydite in ungenügend durchlüfteten Meeresteilen mit überwiegendem Kieselplankton, dessen Schalen bzw. Gerüste durch verwesende organische Substanz in Kieselgallerte überführt worden sein sollen. Die Verwitterung von Tuffen, submarin oder subaerisch, die den Kieselorganismen besonders günstige Lebensumstände bot, hielt CORRENS als SiO_2 -Lieferant für möglich. Auch nach SCHWARZ ist die gesamte Kieselensäure organischer Herkunft. Organische SiO_2 stammt aus den Skeletten von Radiolarien; der strukturlose Anteil soll aus umgewandelter und umgelagerter Skelett-Kieselensäure bestehen. HOSS (1957) dagegen tendierte zur These einer vulkanischen Herkunft der Kieselensäure. Auch bei ihr sind Kieselorganismen ein sicher nachweisbarer Faktor. Wie intensiv, direkt oder indirekt, vulkanische Ereignisse mitwirkten, konnte sie anhand ihrer Ergebnisse nicht entscheiden. In einem späteren Nachtrag (HOSS 1959) neigte sie, nach weiteren Untersuchungen, zu einer organischen Herkunft der Kieselensäure. Es blieb allerdings die Frage offen, ob vulkanische Ereignisse das Massenaufreten von Kieselorganismen begünstigt hatten.

RÖSSLER (1960) nahm eine anorganische Herkunft der Kieselsäure an, die aus Zersetzung glasig erstarrter magmatischer Produkte stammen soll.

Auch SCHWAN (1952) kam in einer zusammenfassenden Betrachtung der in Verbindung mit vulkanischen Gesteinen vorkommenden Kieselschiefer zu der Annahme, daß die Grundmasse-Kieselsäure der Lydite hauptsächlich anorganischer Natur ist. Die vermehrte Radiolarien-Entwicklung solle nicht Ursache, sondern Folge des SiO_2 -Reichtums im Meerwasser sein.

Außer HOSS (1957) ist keiner der genannten Autoren näher auf die engständige Wechselschichtung und sonstige Heterogenität der einzelnen Kieselschieferbänke und die auffällig gleichmäßige Bankung vieler Profile eingegangen. Die Bankung wurde vermutlich unausgesprochen für ein primäres Phänomen gehalten.

Für zyklische Wechselfolgen anderer Lithologien wie z.B. Kalk-Mergel-Folgen (EDER 1982, RICKEN 1985) und für Schichtung und Lamination (BEIERSDORF & KNITTER 1986, RICKEN 1986) wird neuerdings eine diagenetische Entstehung postuliert.

Gedankt sei den Kollegen, die unsere Untersuchungen mit Rat und Tat unterstützt haben: Prof. Dr. O. W. FLÖRKE und Dr. H. GRAETSCH, Mineralogisches Institut der Universität Bochum, für die Diskussion des Kieselsäureproblems und zusätzliche röntgendiffraktometrische Analysen besonders ausgewählter Kieselschieferproben; Prof. Dr. J. SCHNEIDER, Institut für Geologie und Dynamik der Lithosphäre, Göttingen, und Dipl. Phys. K. FECHER, Institut für Geologie und Paläontologie, Marburg, für rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Kieselschiefer-Bruchflächen; Dr. D. STOPPEL, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, für die Bestimmung der Conodonten aus dem höheren Teil der Kieselschiefer; H. KUHN, Hamburg, und Frau L. LORENZ und der RUDOLF-LORENZ-Stiftung, Bad Wildungen, für Unterstützung bei der Probenahme.

2. Geologische und stratigraphische Beschreibung des Kieselschieferprofils (M. HORN)

In die Untersuchungen wurden zunächst 4 Kieselschieferaufschlüsse einbezogen, die am NW-Rand des Kellerwaldes auf den Blättern 4819 Fürstenberg, 4820 Bad Wildungen und 4920 Armsfeld liegen und die alle drei einen charakteristischen Tuffhorizont mit Conodonten der *anchoralis*-Zone enthalten:

Steinbruch ca. 500 m NNW Frebershausen, Bl. 4819 Fürstenberg, R 34 98 67 H 56 64 20

Steinbruch am Eschenköppel NW Frebershausen, Bl. 4819 Fürstenberg R 34 98 50 H 56 63 97

Steinbruch am Mittelsten Hammer, SW Bergfreiheit, Bl. 4920 Armsfeld, R 35 06 40 H 56 56 57

Steinbruch am Café Waldhaus bei Bad Wildungen, Bl. 4820 Bad Wildungen, R 35 07 07 H 56 73 70.

Aus den Aufnahmen dieser Steinbrüche resultiert das Standardprofil des Kulmkieselschiefers in diesem Gebiet, das von der tieferen *anchoralis*-Zone bis in die *bilineatus*-Zone der Conodonten-Stratigraphie reicht. Die traditionelle Gliederung der geologischen Karten (schwarze Lydite – bunte Lydite + Kieselkalke) ist im Profil erkennbar, eine scharfe Grenzziehung zwischen beiden Bereichen ist jedoch nicht möglich.

Die Kulmkieselschiefer – sie sind im nordwestlichen Kellerwald nahezu kalkfrei, Kieselkalke fehlen – bestehen aus einer Abfolge von bankigen Kieselgesteinen, die von kieseligen Schiefen bis zu Lyditen reichen, und dazwischengelagerten tonigen Lagen oder Bänken, die z. T. bereits makroskopisch als Tuffite oder Tuffe erkennbar sind. Die Bankung der Lydite ist vor allem im unteren Teil der Serie erstaunlich regelmäßig, wenn sie nicht durch synsedimentäre Rutschungen gestört ist.

Im tieferen Teil des Profils (der Serie der Lydite) sind sie wesentlich gleichmäßiger gebankt als im höheren Teil, der den Kieselkalcken in den im NW anschließenden Nachbargebieten entspricht.

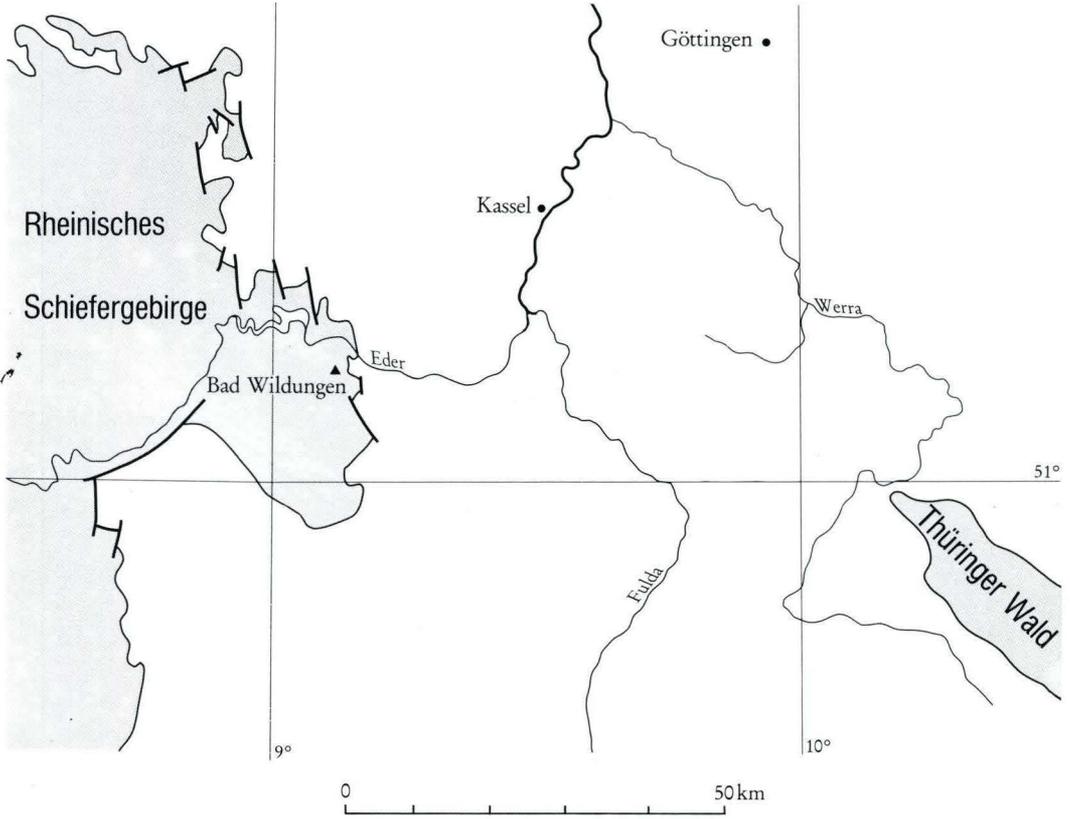


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes am NE-Rand des Kellerwaldes bei Bad Wildungen.
▲: Profil Stbr. am Café Waldhaus.

Das Profil im Stbr. am Café Waldhaus bei Bad Wildungen schließt nahezu die gesamte Folge der Kulmkieselschiefer in einer Mächtigkeit von ca. 30 m auf (Abb. 2). Es beginnt im unteren Teil mit dunklen Lyditen, die durch eine Schichtlücke von wenigen Metern von einem unterlagernden Diabas mit pillow-Oberfläche getrennt sind. Der Tuff nahe der Basis des Profils (Abb. 2) enthält *Sc. anchoralis* neben zahlreichen anderen Conodontenbruchstücken. Er entspricht sehr wahrscheinlich dem Tuffhorizont T 2 WITTENS (1979), den dieser in Profilen der Wittgensteiner und der Waldecker Mulde aus der oberen *anchoralis*-Zone beschrieben hat. In den obersten Metern des Wildunger Profils wurden in einer kieselkalkähnlichen Bank einige Conodonten gefunden, die von STOPPEL als *Gnathodus bilineatus* und *Paragnathodus commutatus* bestimmt wurden. Außerdem erwähnt JACKSON (1985) aus dem obersten Meter des Profils einen schlecht erhaltenen Goniatiten, den er mit Vorbehalt als *Entogonites grimmeri* bestimmt. Danach kann angenommen werden, daß die obersten Bänke im Stbr. Café Waldhaus bereits an die *Goniatites*-Stufe heranreichen.

Im unteren Teil des Profils, in den Lyditen, fehlen makroskopisch erkennbare Kalkanteile. Erst in den höheren Partien macht sich in einzelnen, geringmächtigen, wahrscheinlich allodapischen Karbonateinlagerungen, ähnlich wie bei den Kieselkalken des Sauerlandes, ein Einfluß bemerkbar, der von außen Sedimente in den Bereich stark reduzierter Sedimentation brachte, der das Ablagerungsgebiet der Kieselschiefer bildete.

Mit einem völlig lebensfeindlichen Milieu ist nicht zu rechnen. Abgesehen von Conodonten, die in den Tuffen z. T. massenhaft, in den Lyditen häufig als Einzelexemplare vorkommen, wurden in den Kieselschiefern und im *anchoralis*-Tuff vereinzelt kleine Brachiopoden gefunden.

Auch Bioturbation ist in einzelnen Kieselschieferbänken nachweisbar (JACKSON 1985). Lebensspuren auf einzelnen Schichtflächen sind häufig. Unter ihnen ist besonders *Spirodesmos archimedeus* HUCKRIEDE zu nennen (HORN, im Druck).

Sedimentstrukturen und bankinterne Verformungen sind in den Kieselschiefern vorhanden und besonders gut im höheren, „bunten“ Teil des Profils zu erkennen. H.-U. SCHWARZ (1989) beschreibt vulkano-seismische Deformationen aus einer höheren Kieselschieferbank dieses Profils.

Die Tonstein- oder Tuffzwischenlagen sind teilweise nur mm-dick und machen sich dann als dünne Beläge auf Schichtfugen bemerkbar. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde zunächst ein 2 m mächtiger Abschnitt aus dem obersten Teil der Lyditserie feinstratigraphisch untersucht (Abb. 2). Hierbei wurden die einzelnen Bänke unter dem Binokular millimeterweise aufgenommen.

Profilstück im obersten Teil des Lydithorizontes (Stbr. am Café Waldhaus, Bad Wildungen)

Liegendes: mm-dicker Tonstein (Tuff) und 2,5 cm Lyditbank

501	0,10 m	Kieselschiefer, grau, rau auf angewitterten Flächen, laminiert
502	0,025 m	Tonstein, helloliv
	0,25 m	Tonstein, dunkelrötlichgrau
503	0,04 m	Kieselschiefer, dunkelgrau
504	0,08 m	Kieselschiefer, grau
505	0,015 m	Tonstein, hell- bis mittelgrau, feingeschichtet, plattig absondernd
506	0,06 m	Lydit, dunkelgrau, rau anwitternd
507	Schichtfuge:	2–3 mm weicher Belag, bräunlich
508	0,065 m	Kieselschiefer, deutlich geschichtet; Radiolarien

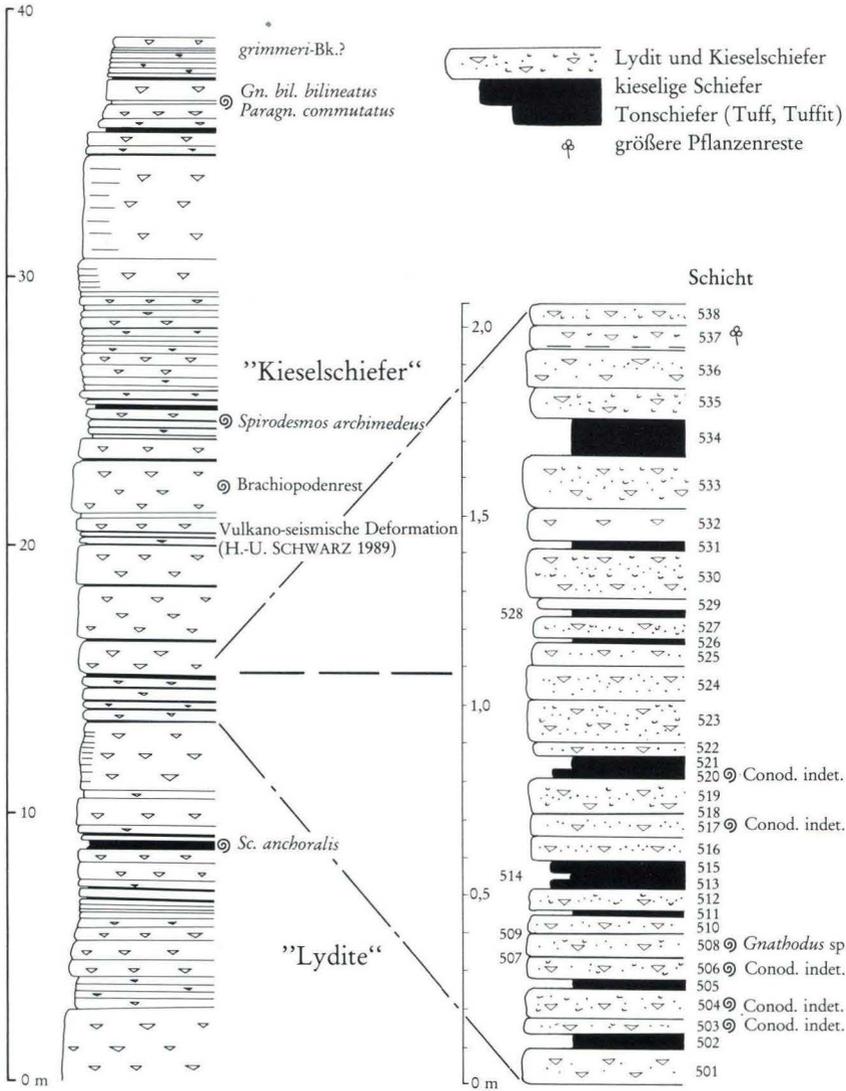


Abb. 2. Schematisches Profil der Lydit- und der Kieselschieferserie im Str. am Café Waldhaus bei Bad Wildungen (links) und vergrößerte Darstellung des untersuchten Profilabschnitts (rechts).

509	Schichtfuge	wie oben
510	0,05 m	Lydit, grau
511	0,01 m	Tonstein, hellolivgrau, stark kieselig; Radiolarien?
512	0,06 m	Kieselschiefer, laminiert
513	0,02 m	Tonstein, hell grünlichgrau, kieselig
514	0,02 m	Tuff, ocker bis oliv, bräunlich angewittert, unregelmäßig feinplattig; scharfer Kontakt an der Basis, geht allmählich in die hangende Bank über
515	0,035– 0,04 m	Tonstein, dunkelgrüngrau, kieselig
	Schichtfuge	
516	0,06 m	Lydit, dunkelgrau, rau
517	0,06 m	Lydit, wie 516
518	0,003 m	Tonstein, dunkelgrau, kieselig
519	0,09 m	Lydit, rau, keine deutliche Laminierung
520	0,015– 0,02 m	Tonstein, dunkelgrüngrau, kieselig, plattig
521	0,04 m	Tonstein, gelbgrau, ocker und oliv, bröckelig zerfallend; oberste Partie dunkler werdend; keine sichtbare Gradierung
522	0,04 m	Kieselschiefer dunkelgrau, plattig
523	0,11 m	Lydit, dunkelgrau, Radiolarien als dunkle Punkte
524	0,09 m	Lydit, grau, mm-dicke dunkle Bänder, dunkle Radiolarien (522–524 bilden eine Bank, Schichtfugen örtlich 1–2 mm)
525	0,06 m	Lydit, grünlichgrau, grau
526	0,005– 0,01 m	Tonstein, schwarz, plattig, kieselig, rostig anwitternd
527	0,06 m	Lydit, dunkelgrau, mittlerer Teil grau, unten und oben plattig, dunkelgrau, im hellgrauen Teil viele Radiolarien (sehr typische Lyditbank)
528	0,055 m	Lydit, z. T. in zwei Bänken, unten 2, oben 3,5 cm: 528=A 0,02 m Lydit, schwarz, graue Streifung (Schichtung) 529=B 0,035 m Lydit, grau, oberste 8 mm dunkelgrau, Radiolarien dunkel; Trennschicht zwischen A + B: 1 mm Ton, gelb, schmierig
530	0,13 m	Kieselschiefer, hellgrau bis olivgrau, rau, unten und oben 1 cm dunkelgrau, plattig, Radiolarien
531	0,02– 0,03 m	Tonstein, hellgrünlichgrau, scherbzig brechend
532	0,09 m	Lydit, teilweise in mehreren Bänken, dunkelgrau, hellgestreift, Radiolarien dunkel
533	0,14 m	Lydit, grau, schwarze linsige Bänder im oberen Teil (Anmerkung: 527–530 und 532–533 bilden jeweils 1 Bank)
534	0,10 m	Tonstein (Tuff), hellgelblichgrau, scherbiger Bruch, unterste 2 cm grobkörnig
535	0,075 m	Lydit, dunkelgrau, hellgrau-gebändert (Radiolarienlagen), unterste 1,5 cm Kieselschiefer, plattig
536	0,08 m	z. T. in 3 Bänken, Lydit, grau
537	0,05 m	Lydit, grau, dunkel gebändert, unten und oben 1 cm dunkelgrau, plattig (Kieselschiefer)
538	0,06 m	Lydit, dunkelgrau, linsige Bänderung, Radiolarien

Die Farbe der Lydite ist im frischen Zustand grau, die der Tonsteine (Tuffe) grüngrau. Die Schichtgrenzen sind scharf. Nur selten ist ein allmählicher Übergang durch Veränderung des SiO₂-Gehaltes zu beobachten. In den Tuffen sind z. T. Belastungsmarken nachweisbar (z. B. Bank 530). Die harten Lyditbänke sind 5–15 cm dick und durch mm-dünne, selten bis 5 cm starke Lagen von hellem Ton oder Tonstein getrennt. Bei den Lyditen sind mehrere unterschiedliche Banktypen zu erkennen (Abb. 4 und 5):



Abb. 3. Der untersuchte Profilabschnitt an der W-Wand des Stbr. am Café Waldhaus. Die Grenze Lydit-/Kieselschieferserie wurde an die Oberkante der dickeren Tufflage gelegt. Länge des Zollstocks: 2 m.

1. ± homogen aufgebaute, helle, glasige Lydite mit diffuser Hell/Dunkel-Schichtung. Sie treten überwiegend im unteren Meter des Profils auf und sind relativ selten.
2. Häufiger sind Lyditbänke, die unten und oben dunkel, im mittleren Teil dagegen heller sind.
3. Selten tritt auch die Kombination hell/dunkel/hell auf.
4. Im oberen Meter des Profils sind fast alle Bänke fein bis feinst laminiert. Die einzelnen Laminae sind z. T. scharf begrenzt, z. T. haben sie diffuse Unter- oder Obergrenzen. Teilweise ist in den Laminae Gradierung erkennbar.

Die einzelnen Lyditbänke haben einen fein lagenförmigen Aufbau mit Lagen (Laminae) von 1–50 mm Dicke. Die Lagen unterscheiden sich voneinander durch ihre unterschiedliche

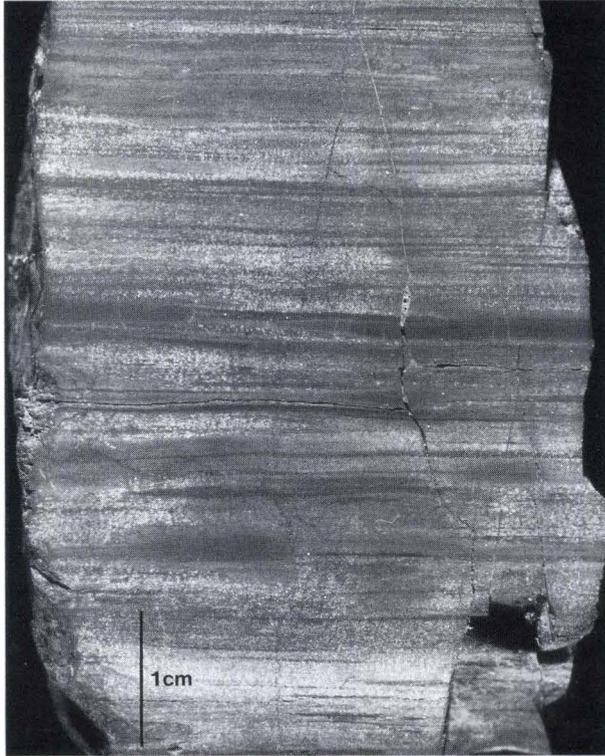


Abb. 4. Radiolarienführender Kieselschiefer (Bank 535).

Hell- oder Dunkelfärbung, ihre Struktur und ihren Gehalt an teilweise gut erhaltenen Radiolarien. Sehr häufig ist eine körnige („Grieß“-) Struktur erkennbar, die ebenso wie die als „Flocken“ beschriebene, wahrscheinlich auf dichter und weniger dicht gelagerte oder auf einzeln verteilte Radiolarien zurückzuführen ist. Bis cm-dicke Lagen innerhalb der Bänke scheinen radiolarienfrei zu sein. Auch nach Anätzung mit Flußsäure sind hier keine Radiolarien zu beobachten (Bank 506).

Als Beispiele für den inneren Bau der Lyditbänke werden nachfolgend Detailprofile der Bänke 504 und 536–537 aufgeführt:

Bank 504

5 (Top)	6 mm	Lydit wie 2 mit vielen gelben Einschlüssen (Beginn neuer Zyklus?)
4	5 mm	Lydit wie 3; oben zunehmend dunkelgraue Lagen, linsig; am Top drei dunkelgraue Lagen, deren oberste z. T. aufgeflasert (Schichtfuge); einzelne eckige weiße Einschlüsse um 0,1 mm; einzelne glasige „Radiolarien“ < 0,1 mm
3	53 mm	Lydit, hellgrau; in den obersten 20 mm allmählich zunehmende unscharfe Hell-/kaum Dunkler-Bänderung, linsig; 10 mm über Basis dunkelgraue Linse, ca. 0,5 mm dick, 23 mm lang;

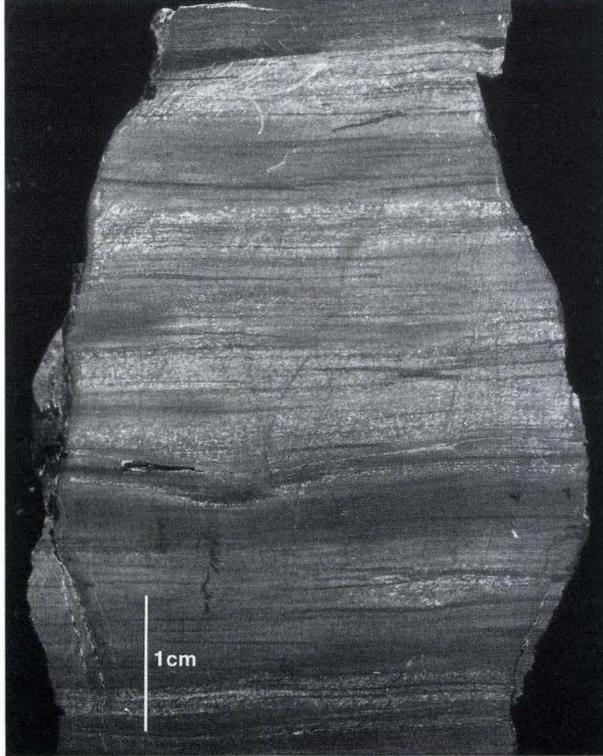


Abb. 5. Feingeschichteter Kieselschiefer aus dem untersten Teil der Kieselschieferserie mit flacher Erosionsrinne (Bank 538).

- viele glasige „Radiolarien“ um 0,1 mm und kleiner;
unterste 15 mm mit weißen Einschlüssen, rund und eckig, viele schwarze Flitter \ll 0,1 mm
 - 2 18 mm Lydit, grau, körnige Grießstruktur; gleichmäßig verteilt viele gelbe, oben weiße Einschlüsse, max. um 0,1 mm \varnothing , meist schichtparallel „gelängt“ und ausgefrant bzw. ausspitzend, z. T. ähnlich Flocken zusammenhängend, auch Lagen bildend
 - 1 2 mm Kieselschiefer, plattig, braun, grau, körnige Struktur
- Bank 536
- 6 (Top) 13,5 mm Lydit wie 1; keine „Radiolarien“, viele schwarze Flitter, wenig Pyrit; vertikale Quarzklüfte
 - 5 5 mm Lydit, wie 3, mit dunkelgrauen Lagen um 0,1 mm, z. T. linsig verdickt bis 0,5 mm; wellige Schichtung; kein Pyrit; bei 2,5 mm unter Top Lage von kleinen (< 0,1 mm) „Radiolarien“;
 - 4 20 mm Lydit wie 2, oberer Teil, aber ohne „Radiolarien“; Pyrit in Kristallen und derben Aggregaten; schwarze Flitter
 - 3 4,5–5 mm Lydit, grau; mit dunkelgrauen Lagen, 0,1–0,5 mm, z. T. mit scharfer Untergrenze und allmählichem Übergang nach oben; keine deutlichen erosiven Kontakte; linsig; keine „Radiolarien“; schwarze Flitter; wellige Untergrenze

2	19 mm	Lydit, hellgrau, unterste 10 mm etwas dunkler; dort einzelne wolkig-linsige dunklere Lagen; im oberen Teil Lagen scharf begrenzt, flachlinsig, nach oben zunehmend; Pyrit in kleinen Kristallen, als Kluffüllung und linsige Lage < 0,1 mm; schwarze Flitter; Klüfte z. T. dunkel gefärbt; „Radiolarien“ erstmals bei 9 mm über Basis; darüber dann massenhaft, wolkig verteilt; weiße und gelblichgraue flache Flecken, z. T. seitlich ausgefranst, alle < 0,1 mm. Einzelne große „Radiolarien“ 0,1–0,2 mm Ø, eine mit Pyrit
1	20 mm	Lydit, grau, dunkelgrau, fein laminiert durch dunklere, in den unteren 6 mm durchgehende und scharf begrenzte, darüber weniger deutlich begrenzte und z. T. linsige Lagen, unten < 0,1 mm, oben bis 0,5 mm dick; bei 0,5 mm über Basis Schichtfuge mit Pyrit und Quarz-Tapeten; am Top 0,1 mm Pyritlage; im Gestein einzelne Pyritkristalle; einzelne schwarze Flitter; keine „Radiolarien“ erkennbar; Obergrenze scharf
Bank 537		
5 (Top)	8,5 mm	Lydit, dunkelgrau; fein laminierte Wechsellagerung mit ganz wenigen hellen Lagen; undeutliche körnige Grießstruktur wie in allen Schichten (1–5); ganz wenige weiße Einschlüsse (Radiolarien?)
4	21 mm	Lydit, hellgrau, mit wenigen dunklen Lagen wie in 2, hier heller und weniger scharf begrenzt mit z. T. deutlicher Ober-, z. T. deutlicher Untergrenze; gelbe und weiße Einschlüsse (Radiolarien?) und schwarze Flitter wie in 2; 1 mm unter Top dunkelgraue Lage
3	1 mm	Lydit, dunkelgrau,
2	10,5 mm	Lydit hellgrau, mit scharf begrenzten dunkelgrauen Lagen < 0,1 mm, die z. T. dunklere Lagen eingrenzen; undeutliche, körnige Grießstruktur; kleine weiße und gelbe, unregelmäßige Einschlüsse < 0,1 mm; viele schwarze Flitter und ?Pflanzengewebereste; einzelne weiße, unscharf begrenzte rundliche Einschlüsse (Radiolarien?)
1	10 mm	Lydit, grau, dunkelgraue Lagen und flache Linsen 0,1–0,5 mm; undeutliche, körnige Grießstruktur; sehr viele schwarze Flitter < 0,1 mm

Pflanzenreste treten als feine dunkelbraune bis schwarze „Flitter“ in vielen Lagen gehäuft auf. Manchmal scheinen sie dicht nebeneinander gelagert in einer Lage („Ein-Korn-Lage“) an der Basis dunkler Laminae (Bank 533). Selten sind zusammenhängende Pflanzengewebereste zu erkennen.

Pyrit ist in einzelnen Bänken (536) nachweisbar.

3. Petrographie und Geochemie der Kieselschiefer und Tuffe

Petrographie und Geochemie der Kieselschiefer und Tuffe, beides vornehmlich pelitische Gesteine, müßten sich durch eine integrierte Untersuchung unter Anwendung modernster Methoden erhellen lassen. Die Dünnschliffuntersuchungen sollten vor allem die textuellen und strukturellen Aspekte dieser mutmaßlich stark umgewandelten, extrem SiO₂-reichen Gesteine klären. Der Beitrag der organischen Petrographie sollte durch Inkohlungsmessungen Auskunft über Art und Diagenese der organischen Substanz geben. Vor allem war auch die Frage zu klären, ob die organische Substanz im Kieselschiefer durch Besonderheiten ausgezeichnet ist. Eine submikroskopische Analyse der pelitischen Gesteine mit Hilfe des

Rasterelektronenmikroskops (REM) und der Mikrosonde sollte Einblick in den Bau der feinsten Mineralkomponenten gewähren, die von diagenetischen Umwandlungsprozessen besonders betroffen sind. Die röntgendiffraktometrischen Analysen sollten prüfen, ob auch im Quarz andere Relikte instabiler Kieselsäure-Modifikationen in nachweisbaren Mengen vorhanden sind und welche Tonminerale die untersuchte Kieselschiefer-Tuff-Assoziation charakterisieren. Anorganisch-geochemische Analysen sollten die mikroskopische Dünnschliff-Analyse durch quantitative Daten stützen sowie die Gesteine in ihrer Haupt- und Spurenelement-Verteilung charakterisieren. Ferner sind Daten zur Spurenelement-Verteilung, speziell wenn mit neuen Analyseverfahren wie dem ICP-MS gemessen, von allgemeinem geologischen Interesse. Die Untersuchung der Flüssigkeitseinschlüsse sollte Hinweise auf den Ablauf der Frühdiagenese ergeben und zeigen, ob sich die Kieselschiefer hinsichtlich der Flüssigkeitseinschlüsse anders verhalten als Sandsteine und Karbonate. Die beabsichtigte Untersuchung der Aminosäure- und Zuckergehalte in den Kieselschiefern konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden. Sie soll nachgeholt und die Ergebnisse in einem späteren Band des Geol. Jb. Hessen veröffentlicht werden.

3.1. Dünnschliff-Untersuchungen (W. ZIMMERLE)

Insgesamt wurden 40 Dünnschliffe untersucht, vor allem von Kieselschiefern, nur untergeordnet auch von Tuffen. Sie wurden senkrecht zur Schichtung orientiert entnommen. Der Kürze halber werden die Beobachtungen kumulativ zusammengefaßt.

Der Anwendung von Dünnschliffpetrographie bei der Untersuchung von pelitischen Gesteinen wie Kieselschiefern und Tuffen ist zwangsläufig eine Grenze gesetzt durch die extreme Feinkörnigkeit dieser Gesteine. Dies ist bei den nachfolgenden Untersuchungen zu beachten.

3.1.1. Kieselschiefer

Die harten Bänke der Kieselschiefer s. l., die 10–50 cm mächtig sind, bestehen im wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Gesteinsmatrix
- Spuren von eckigen Körnern von Glimmer, Feldspäten, Quarz und Schwermineralen
- Größere, detritische Tonaggregate unbestimmter Identität
- Radiolarien
- Kieselschwammreste
- Conodonten
- Dunkelbraune organische Flitter pflanzlicher Herkunft
- Frühdiagenetischer Pyrit und Phosphat.

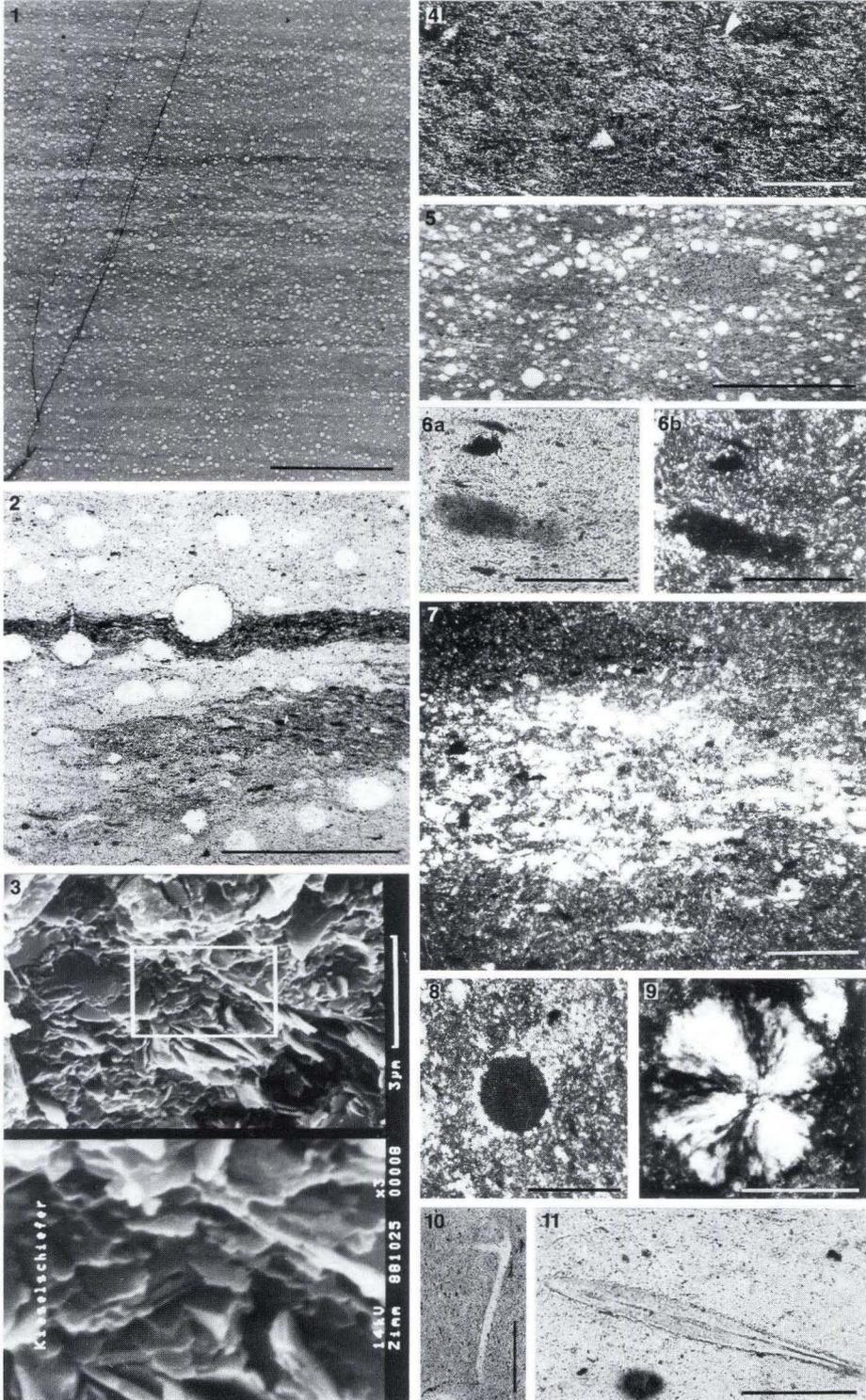
Bemerkenswert ist, daß weder Relikte von calcitischen Mikrofossilien noch anderes Karbonat zu beobachten sind mit Ausnahme von dem, das mit Haarrissen assoziiert auftritt. Außerdem ist es gerade im Falle der Kieselschiefer wichtig, sich zu vergegenwärtigen, daß das heute vorliegende Gestein nicht notwendigerweise dem ursprünglichen Sediment (= Protosediment) entsprechen muß: weder in der mineralischen Zusammensetzung noch in der Partikelgröße.

3.1.1.1. Gesteinsmatrix

Die kryptokristalline Gesteinsmatrix der Kieselchiefer ist in ihrer stofflich-chemischen Zusammensetzung vor allem diagenetisch geprägt; die primär-mineralische Zusammensetzung ist durch fröhdiagenetische Einkieselung verdrängt worden. Das ursprüngliche, sedimentäre Korngefüge erscheint unter dem Mikroskop bei parallelen Nicols noch weitgehend erhalten, unter + Nicols aber fast vollständig ausgelöscht. Es lag in folgendem Korngrößenbereich: Mittelsilt-Feinsand (6,3–200 µm). Die Sortierung war mäßig, vor allem hinsichtlich der verschiedenen biogenen Komponenten. Das diagenetisch-kieselige Gefüge dagegen, das durch Überprägung entstanden ist, liegt unterhalb 5 µm im Feinsilt-Ton Korngrößenbereich. Die Matrix besteht, wie die chemischen Pauschalanalysen der Hauptelemente ausweisen (Tab. 9), vornehmlich aus SiO₂ (70–90%). Die mikroskopische Dünnschliffanalyse läßt allerdings den ursprünglich tonigen Anteil der Kieselchiefer höher erscheinen. Diese scheinbare Diskrepanz ist bedingt durch kryptokristalline Einkieselung, die alle ursprünglichen Einzelheiten des sedimentären Korngefüges erhalten hat. Eine

**Tafel 1**

- Fig. 1. Schlieriger bis laminiertes radiolarienführender Kieselchiefer mit subvertikalen schwarzen Rissen. Bank 504; Maßstab: 5 mm.
- Fig. 2. Schlieriger und laminiertes Kieselchiefer mit rundlichen und schwach deformierten Radiolarien (Detail). Bank 508; parallele Nicols. Maßstab: 500 µm.
- Fig. 3. Bruchfläche eines Kieselchiefers unter dem Rasterelektronenmikroskop. Beachte die winzigen Bausteine aus Kieselsäure (< 3 µm). Bank 530; Aufnahme: K. Fecher.
- Fig. 4. Einkieselte Tonmatrix (SiO₂ frei 51,60%) von einheitlicher Auslöschung mit einigen winzigen eckigen Quarz- und Feldspatsplittern. Bank 515; + Nicols. Maßstab: 100 µm.
- Fig. 5. Größere, linsenförmig deformierte Tonaggregate unbestimmter Identität, wahrscheinlich instabile Tuff-Fragmente (Übersicht). Bank 504; parallele Nicols. Maßstab: 400 µm.
- Fig. 6. Rundlich-längliches Korn von bräunlichem Phosphat in Kieselchiefer-Matrix. Bank 508: a = parallele Nicols, b = + Nicols. Maßstab: 50 µm.
- Fig. 7. „Flocken“ von mechanisch zerdrückten und diagenetisch abgelösten Radiolarien-Relikten. Bank 533; + Nicols. Maßstab: 10 µm.
- Fig. 8. Radiolarie mit Hohlraumfüllung von kryptokristalliner Kieselsäure. Bank 504; + Nicols. Maßstab: 100 µm.
- Fig. 9. Radiolarie mit Hohlraumfüllung von radialstrahligem Chalcidon. Bank 517; + Nicols. Maßstab: 50 µm.
- Fig. 10. Bruchstück einer Schwammnadel. Bank 504; parallele Nicols. Maßstab: 200 µm.
- Fig. 11. Linsenförmiger Conodont in Kieselchiefer mit diagenetisch korrodiertes Oberfläche. Bank 506; parallele Nicols. Maßstab: 50 µm.



stofflich ähnliche diagenetische Überprägung des ursprünglichen sedimentären Gefüges wurde von RIBBERT & ZIMMERLE (1988) aus vulkanoklastischen Grauwacken des Unterkarbons beschrieben.

Die Größe der ursprünglichen Bausteine des Kieselschiefers wird durch die Größe folgender Komponenten angezeigt und durch folgende Strukturelikte angedeutet:

- Größe der kieseligen Biogene (Radiolarien und Schwammnadeln)
- Größe der Conodonten
- Größe zusammengehöriger Aggregate von pflanzlichen Partikeln
- Korngröße der eckig-splittrigen Quarz- und Feldspatkörner
- Korngröße der Schwerminerale wie Apatit und Zirkon
- Durch Pigmentierung gekennzeichnete ehemalige detritische Körner oder ihre Umriss
- Andersgeartete Schemen umgewandelter Körner.

Das makroskopisch zu beobachtende Kieselschiefer-Gefüge reflektiert das primäre Sedimentationsgeschehen (Taf. 1, Fig. 1), wie schon die makroskopische Schichtenbeschreibung (Kap. 2) zeigt. Farben, Strukturen und Texturen dieser sedimentären Abfolge sind überaus mannigfaltig. Dunkelgrau-braune, braungraue, hellbraune und graue Farbtönungen herrschen vor, oft mit ausgeprägtem Hell-/Dunkel-Wechsel. Dunkelbraune Zwischenlagen, die etwas reicher an organischer Substanz sind (vgl. Kap 3.2), sind zwischen 50 und 150 μm dünn. Die Kieselschiefer sind feinlaminiert bis feinlinsig und von ebener Begrenzung, seltener kommen 1–2 mm dünne Mikrorinnen vor. Die helleren Lagen, die bis zu 0,4 mm dick werden, sind reicher an Radiolarien. Die vorherrschend tonigen Bereiche sind feinstglimmerig und sericitisch. 1–5 μm winzige Rutilmikrolithen oder Leukoxenpigment sind fein verteilt. Zuweilen sind auch einzelne Lagen mit dunkelbraunen, durch Kompaktion deformierten Schlammkügelchen eingeschaltet. Je toniger das ursprüngliche Sediment war, desto stärker ist die Kompaktion und die damit verbundene Zerdrückung der Radiolarien. Dunkelbraune bis schwarze pflanzliche Flitter (ca. 20–80 μm lang) sind in wechselnden Mengen eingestreut. Auf einen Zentimeter Schichtmächtigkeit kommen im Kieselschiefer zahlreiche Einzellagen [= Sedimentationseinheiten nach OTTO (1938: 574)].

Eine primäre Tonmatrix bildet mutmaßlich nur untergeordnet die „Hintergrund-Sedimentation“ des Kieselschiefers. Sie ist schwer zu identifizieren aufgrund ihrer krypto- bis mikrokristallinen Beschaffenheit. Feinschuppige Tonpartikel, vornehmlich 1–5 μm lang, sind in der Schichtung eingeregelt. Die schichtparallele Anordnung der winzigen Tonminerale führt zum charakteristischen Phänomen vieler solcher pelitischer Gesteinsfolgen, der einheitlichen Auslöschung unter + Nicols. Mikroskopisch ist die Identität der Tonpartikel in der Matrix nicht zu bestimmen; röntgendiffraktometrisch wurden vor allem Illit/Muskowit und untergeordnet Wechsellagerungs-Minerale (ML) nachgewiesen (Tab. 8). Beigemengt sind zu wechselnden Anteilen, aber stets in Spuren: dunkelbraune organische Substanz; winzige (1–40 μm), vielfach idiomorphe Schwerminerale (Apatit und Zirkon); feinstflockiges Leukoxenpigment, eckig-splittrige Quarz- und Feldspatkörner (Taf. 1, Fig. 4) sowie biogene Komponenten unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Erhaltungszustandes. Gelegentlich sind auch markant grüne Körner eines detritischen Glimmerminerals beigemengt oder winzige Drusen in der Matrix eingewachsen.

Die diagenetische Kiesel-Matrix ist vom mikroskopischen Erscheinungsbild nur zu vermuten, ihre Gegenwart aber nicht schlüssig zu beweisen. Erst die submikroskopische

Analyse von Dünnschliffen und angebrochenen Gesteinsoberflächen (Taf. 1, Fig. 3) mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops zeigt Art und Intensität der sekundären Einkieselung (vgl. auch LASCHET 1984; LANDMESSER 1984, 1986, 1988a+b), die aber für das heutige Erscheinungsbild des Gesteins, seine Härte und Scharfkantigkeit sowie eine ausgeprägte Bankung bestimmend ist. Die Füllung der Radiolarien mit Kieselsäure und die Mineralisation der Haarrisie sind die einzigen mikroskopisch gut erkennbaren Prozesse der Einkieselung. Außerdem sind nierige Kornoberflächen und sphärolithische Kornaggregate von Kieselsäure in den Radiolarien häufig, die eine weite Verbreitung gelartiger Ausscheidungsmechanismen vermuten lassen (STORZ 1929, 1931; LANDMESSER 1987). Möglicherweise hängt auch die einheitliche Auslöschung der tonigen Matrix mit der versteckten Einkieselung zusammen. Die Kieselsäure ist vornehmlich ein Abbau-Produkt detritischer vulkanischer Gesteinsfragmente und vulkanischer Gläser, eine genetische Deutung, die selbst LASCHET (1984) für die unterkarbonischen Kieselchiefer gelten läßt.

Die submikroskopische Kiesel-Matrix ist vorwiegend aus runden Kieselsäure-Klümpchen von uniformer Partikelgröße (ca. 1 µm) aufgebaut (Taf. 2, Fig. 1). Vielfach ist sie durchsetzt von winzigen Schwermineralen, meist 2 µm groß (Taf. 2, Fig. 1). Apatit und Zirkon herrschen vor, andere Schwerminerale wurden nicht beobachtet. Nicht selten zeigen die kleinsten Bausteine der kieseligen Matrix auch gerade Kristallkanten. Mikroporosität im Bereich 1–5 µm, die nur unter dem Rasterelektronenmikroskop (Taf. 2, Fig. 4) erkennbar ist, ist unterschiedlich verteilt (siehe auch Kap. 3.3). Diese submikroskopischen Eigenheiten der Kieselchiefer-Matrix wurden auch aus unterkarbonischen Kieselchiefern des West-Harz beschrieben und abgebildet (KUBANEK & ZIMMERLE 1986, NÖLTNER 1986, ZIMMERLE 1986).

3.1.1.2. Glimmer, Feldspäte, Quarz und Schwerminerale

In ihrer Herkunft rekonstruierbare detritische Komponenten von Mittelsilt- bis Feinsandgröße (20–200 µm) und eckig-splittriger Kornform sind in den Kieselchiefern spärlich (< 1%) eingestreut oder sie fehlen vollständig. Es handelt sich um abgebaute Dunkelglimmer, frische Feldspäte (z. T. Schachbrett-Albit und ockerfarbener Kalifeldspat) und Quarz in wechselnder Verteilung. Albit überwiegt oft Quarz. Verrundete siliziklastische Sandkörner fehlen. Manchmal ist die liegende Schicht durch einzelne größere Körner deformiert. Diese Körner sind mitunter in Lagen stärker konzentriert (< 5%).

Glimmer sind relativ selten, verglichen mit ihrer Anreicherung in manchen Tuffen. Meist handelt es sich um umgewandelten Biotit mit Einlagerungen von karbonatischen und Titan-reichen Abbauprodukten. Frischer rotbrauner Biotit ist selten. Die Glimmerschuppen sind maximal 170 µm lang; kurze Glimmerscheite (< 30 µm) sind selten. Charakteristisch sind winzige dornförmige Quarze vulkanischen Ursprungs, z. T. mit einspringendem Winkel.

An Schwermineralen wurde in den Dünnschliffen als Einzelkörner xenomorpher oder idiomorpher farbloser Apatit beobachtet (10–50 µm) – vielfach korrodiert, gelegentlich mit Anwachs. Rutil und Zirkon sind winzig und seltener als Apatit.

Gesteinsfragmente mit eindeutigen vulkanischen Reliktgefüge fehlen, sowohl unter den Silt- und Sandkörnern als auch unter den größeren Körnern. Einzelne leukoxenreiche

Körner ($< 200 \mu\text{m}$), die meist stark ausgeschwänzt sind, lassen porphyrische Struktur ahnen.

3.1.1.3. Größere detritische Tonaggregate unbestimmter Identität

Siltige bis feinkörnige, selten auch mittelkörnige Tonaggregate (bis zu $700 \mu\text{m}$) von uniformer kryptokristalliner Beschaffenheit (Taf. 1, Fig. 5), aber von unterschiedlicher Zusammensetzung und unterschiedlicher Farbe (getrübt oder bräunlich) weisen deutlich auf die Beteiligung ursprünglich größerer Komponenten beim Aufbau der Kieselschiefer hin. Vereinzelt sind solche Tonaggregate von Leukoxen oder Karbonat umkrustet. Ferner deuten sich schemenhaft Kornumrisse von Fein- bis Mittelsandstein-Größe an, die durch Kompaktion in der Schichtung nachträglich ausgelängt worden sind.

Diese Anzeichen einer ehemals gröberen Körnung einerseits und das Fehlen stabiler siliziklastischer Komponenten andererseits machen wahrscheinlich, daß die heute vorliegende Gesteinsmatrix aus einem beachtlichen Anteil ursprünglich vulkanoklastischer Partikel, u. a. vulkanische Gesteinsfragmente und Glaspartikel bestand, die halmyrolytisch vollständig zu Ton und Kieselsäure abgebaut wurden. Die submikroskopischen Befunde (vgl. Kap. 3.3.) stützen diese Vermutung.

Zu den detritischen Tonaggregaten unbestimmter Identität zählen auch rundliche, fein- bis mittelkörnige Aggregate, die schwach grau getönt sind, sowie – relativ selten, aber dann in Lagen – ovale bis rundliche feinsandgroße Körner ($80\text{--}120 \mu\text{m}$) von graubraun getöntem kryptokristallinem Phosphat (Taf. 1, Fig. 6). Ferner ist auch ein ursprüngliches Vorhandensein von Kot- und Schlampillen nicht auszuschließen.

3.1.1.4. Radiolarien, Kieselschwammreste und Conodonten

Vorherrschende biogene Komponenten sind Radiolarien (Taf. 1, Fig. 1) unterschiedlicher Größe und Form. Die kugeligen Radiolarien (Taf. 1, Fig. 2) sind $150\text{--}200 \mu\text{m}$ im Durchmesser; die propellerförmigen $20\text{--}50 \mu\text{m}$ groß. Die propellerförmigen Radiolarien, nur ein Bruchteil der kugeligen Formen groß, sind weniger auffällig. Die Radiolarien sind im Gestein unregelmäßig, z. T. lagig, z. T. linsig verteilt. Sortierung und Gradierung der Radiolarien, wie vielfach von anderen Fundorten beschrieben, fehlen. Meist bilden sich Lagen, Linsen und „Fahnen“, die zwischen $0,5 \text{ mm}$ und 10 mm mächtig sind. In den höheren Schichten treten häufig Lagen von zerdrückten und angelösten Radiolarien („Radiolarien-Haschee“) auf (Taf. 1, Fig. 7). In intensiv eingekieselten Kieselschieferlagen ist die kugelige Form der Radiolarien erhalten, in den weniger eingekieselten Gesteinspartien ist die Mehrzahl der Radiolarien durch Kompaktion deformiert, mit ovalen Querschnitten, vielfach zerdrückt, verdrängt und/oder zu bizarren Relikten korrodiert. Die diagenetische Umwandlung der Radiolarien und ihr Erhaltungszustand sind vielfältig (vgl. GURSKI 1984, Abb. 79).

So sind die meisten undeformierten Radiolarien mit klarem, pigmentfreiem Chalcedon ausgefüllt, der radialstrahlig (Taf. 1, Fig. 9) und konzentrisch-schalig gebaut ist. Der konzentrisch-schalige Zonarbau, meist von einem Kristallisationszentrum, seltener von zwei oder drei Zentren ausgehend, ist Ausdruck langsamen Wachstums der Kieselsäure. Die

ursprünglichen perforierten Schalen der Radiolarien sind teilweise noch erhalten. Untergeordnet sind die Hohlkammern der Radiolarien auch gleichmäßig mit bräunlicher, kryptokristalliner Kieselsäure ausgefüllt, die unter + Nicols isotrop bis fast isotrop erscheint (Taf. 1, Fig. 8). In deutlichem Kontrast zur parallel-strukturierten glimmerigen Matrix der Umgebung muß es sich um eine synsedimentäre bis frühdiagenetische Bildung in der Radiolarienkammer handeln. Auch finden sich Übergänge zwischen der frühen kryptokristallinen Füllung mit Kieselsäure und der späteren Verdrängung durch Chalcedon. Nur sehr selten sind die hohlen Kammern der Radiolarien mit einheitlich auslöschendem Quarz ausgefüllt. Stellenweise ist die diagenetische Ausfüllung der hohlen Radiolarien-Kammern sehr komplex. Folgende, z. T. drusenförmige oder in sich verschränkte Mineralabfolgen haben sich gebildet:

Apatit – Quarz – Albit

Albit – Chlorit

Chlorit – Quarz

Albit – Chalcedon – Ton

Deformierte und zerdrückte Radiolarien sind zugleich auch stärker korrodiert. Die Grenzen zwischen Radiolarien-Oberflächen und der tonigen Kieselschiefermatrix sind vielfach diffus, z. T. zahnradförmig. Stellenweise sind die kieseligen Schalen nicht mehr erkennbar. Sie sind durch Lösung schon entfernt, vor allem in der mehr tonigen Matrix. Die Auflösung der Radiolarianschalen und somit die Angleichung des Gefüges an das der Matrix war ein fortschreitender Prozeß. „Flocken-Lagen“, wie die in den Schichten 503, 506, 527 und 528 beobachteten (Kap. 2.3.), sind tonreiche Radiolarien-Lagen, die durch Kompaktion sowie diagenetische Umwandlung und Lösung bedingt vornehmlich eckig-diffus begrenzte, abgebaute Radiolarien führen (Taf. 1, Fig. 7).

Auffällig ist in diesem Vorkommen, daß einzelne Radiolarien noch ihre Stacheln aus Kieselsäure an den Schalen anhaftend führen und daß in der unmittelbaren Umgebung zahlreiche Stacheln lose angereichert im pelitischen Sediment liegen. Die im Querschnitt kreisrunden Stacheln zeigen einen zentralen Kanal. Die Art des Vorkommens der Radiolarien mit ihrer schlechten Sortierung einerseits und der Beimengung an feinstem Detritus von Radiolarienstacheln andererseits weist auf ruhige Sedimentation durch „planktonischen Regen“ hin und nicht auf einen lateralen Transport der Radiolarianschalen im Zuge turbiditischer Sedimentation.

Untergeordnet sind Fragmente von Schwammnadeln von rundlichem Durchmesser von 5–20 µm, die den radiolarienreichen Partien beigemischt sind (Taf. 1, Fig. 10).

Bräunliche Conodonten mit Hohlkanal, die wechselnd gut erhalten, aber klein sind (40–200 µm), sind spärlich in den Kieselschiefern eingestreut (Taf. 1, Fig. 11). Selten erreichen sie 450 µm. Vielfach sind sie an den Enden, ringsherum oder einseitig korrodiert. Rauhe Oberflächen verdeutlichen die Korrosion der Conodonten. Gelegentlich sind an Vertikalstyolithen dünnste Korrosionsrelikte von Conodonten erhalten. Apatitische Anwachs säume an Conodonten dagegen sind selten. Wolken von neugebildetem Apatit, wie sie in den Kieselschiefern des West-Harz beobachtet worden sind (ZIMMERLE 1986, Taf. 7), wurden im vorliegenden Vorkommen nicht gefunden.

Braune organische Substanz pflanzlicher Herkunft, meist in Form zerbrechlicher, körperlich erhaltener Gebilde, ist gleichmäßig im Kieselschiefer eingestreut. Vereinzelt

treten auch reusenförmige Aggregate auf. Die körperliche Erhaltung weist auf frühe Einkieselung hin (Kap. 3.2.).

3.1.1.5. Diagenetische Neubildungen, Gesteinslösung und -zerbrechung

Frühdiaenetischer framboidaler Pyrit oder idiomorphe Pyritwürfel sind selten; Sulfide von komplexer Zusammensetzung wie Kupferkies können nur mit dem REM nachgewiesen werden. Neben der in 3.1.1.1. schon diskutierten, durchgreifenden Einkieselung und den in den Radiolarien-Hohlräumen beobachteten diagenetischen Mineralphasen wie Kieselsäure, Albit und Chlorit, treten Neubildungen von winzigen Mineralen, z. T. unbestimmter Zuordnung, auf (siehe Kap. 3.3.). Die Schritte der diagenetischen Kieselsäure-Transformation (TUCKER 1981: 241 ff.) können aber nicht mehr rekonstruiert werden.

Ferner ist diagenetische Anlösung und Neubildung von biogenem Phosphat in den Kieselschiefern – vor allem im submikroskopischen Bereich – zu beobachten, ebenso Umwandlung und Abbau von Titanoxiden. Alle diagenetischen Phänomene lassen sich unter dem Ausdruck Resorptionsdiagenese zusammenfassen. Beginnende phosphoritische Konkretionsbildung ist am Beispiel einer einzelnen phosphatisierten Radiolarie gut zu beobachten.

Die schichtparallele Mikroflaserung der Kieselschiefer geht vielfach in schichtparallele Styloolithen geringer Amplitude über, die sich zugleich als dünne, aber bedeutende Lösungsfugen erweisen. Solche schichtparallelen Lösungsfugen mit Styloolithen sind entweder eben oder gewellt, und in seitlicher Richtung kürzer oder länger aushaltend. Ihre Anreicherung führt lagenweise zu einer beträchtlichen Reduktion der Schicht-Mächtigkeiten. Solche tonig-porösen Lösungsfugen, die vielfach dunkelbraun sind und zerbrochene und stark angelöste Relikte von Radiolarien führen, täuschen bei makroskopischer Betrachtung normale Schichtung vor, sind aber in Wirklichkeit Pseudoschichten. Stellenweise sind diese Fugen linsenförmig mit Kieselsäure ausgefüllt. Es gibt auch subvertikale bis vertikale Styloolithen mit Lösungserscheinungen an detritischen Körnern einerseits und Neumineralisationen andererseits. Sie grenzen stellenweise reliktsche Aggregate vom Radiolarien-Haschee ab.

Die Kieselschiefer sind gelegentlich auch von Haarrissen durchzogen, die senkrecht und parallel zur Schichtung verlaufen; z. T. sind sie fein gebündelt. Die vertikalen Haarrisse sind mit Kieselsäure und/oder Karbonat, seltener auch mit relativ grobkristallinem Chlorit ausgekleidet. Die Kieselsäure ist älter als das Karbonat. Stellenweise sind von Haarrissen ausgehend auch größere Gesteinsbereiche von der Einkieselung erfaßt, wie dann die einheitliche Auslöschung des kieseligen Untergrundes zeigt, oder von Karbonatisierung. Da die Karbonatisierung von der Bildung von Mikroporen begleitet ist, läßt sich die Karbonatverteilung durch die stärkere Fluoreszenz des in die Mikroporen eingedrungenen Imprägnationsmittels fluoreszenzmikroskopisch besonders deutlich machen. Auch das übrige Karbonat, das stellenweise in der Matrix beobachtet wird, ist vermutlich über die Haarrisse eingewandert. Die Abbildungskristallisation durch Karbonat führt stellenweise zur Nachzeichnung der Umrisse von Radiolarien. Das Alter dieser Haarrisse und ihrer Mineralfüllung ist bedeutend jünger als die frühdiaenetische Einkieselung und der damit verbundene Abbau von instabilen Mineralen und Gesteinsfragmenten. Die Haarrisse sind

Zufuhrkanäle für spätdiagenetische Lösungen. Die Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen in Quarz aus einem dieser Haarrisse (Kap. 3.6.) hat gezeigt, daß zur Zeit der Mineralisation der Haarrisse kein vulkanischer Einfluß mehr vorhanden war, der sich durch hohe CO_2 -Gehalte in den Flüssigkeitseinschlüssen hätte dokumentieren müssen (RIEKEN 1988). Vermutlich sind die Haarrisse erst in einer Tiefe von 2,5–3,5 km mit Kieselsäure ausgefüllt worden.

3.1.2. Tuffitische Kieseliefer

Die tuffitischen Kieseliefer bilden den Übergang zwischen den eigentlichen Kieseliefen und den mehr oder weniger reinen Tufflagen. Die chemische Analyse ermöglicht hierbei am besten eine sinnvolle Zuordnung und Unterscheidung der Zwischenglieder: Tuffe (SiO_2 frei < 30%), tuffitische Kieseliefer (30–50% SiO_2 frei) und Kieseliefer (SiO_2 frei > 50%). Danach werden nur die Schichten 505 und 511 als tuffitische Kieseliefer bezeichnet. Der untere Teil des Profils scheint stärker tuffitisch ausgebildet zu sein. Im mikroskopischen Erscheinungsbild gleichen sie weitgehend den eigentlichen Kieseliefen.

3.1.3. Tuffe

Die relativ dickeren reinen Tuffe, die individuelle, weiche Lagen von mm- bis cm-Dicke bilden, wurden aufgrund der tonig-weichen Beschaffenheit und ihrer starken Umwandlung nicht zu Dünnschliffen verarbeitet, sondern vornehmlich röntgendiffraktometrisch (Kap. 3.4.) und geochemisch (Kap. 3.3., 3.5.) analysiert. So gründet sich die Ansprache als Tuff auf makroskopische, röntgendiffraktometrische und geochemische Kriterien: 502 unten und oben, 514, 521, 531 und 534.

U. d. M. sind die gut sortierten Tuffe von siltiger Korngröße aber weitgehend vertont. Die vertonte Tuffmatrix zeigt unter + Nicols einheitliche Auslöschung der durch Kompaktion parallel gestellten Tonminerale, zuweilen auch maschige Struktur. Die Teilbeweglichkeit der mit Leukoxen- und Rutilpigment durchstäubten Tonmatrix ist hoch. Vereinzelt nur finden sich dunkelbraune, optisch fast isotrope phosphatische Bereiche, die bis zu 150 μm lang sind. Die Kristallkomponenten der Tuffe sind eckig-splittrige Mineralpartikel von Silt- bis Feinsandgröße; sie umfassen Dunkelglimmer, Feldspäte und Quarz, sehr selten auch Apatit. Die rotbraunen oder grünen Biotite sind maximal 250 μm groß und meist umgewandelt. Feldspäte, z. T. verzwillingt sowie eindeutige Pseudomorphosen nach Feldspat und Quarz, gelegentlich von Dornenform, sind spärlich vertreten (< 5%).

Farbloser Apatit ist selten. Rundliche bis ovale, bis zu 250 μm große, vollständig vertonte Körner, die die lithische Komponente repräsentieren, sind nur noch stellenweise durch pigmentierten Umriß oder unterschiedliche Textur in der vertonten Matrix zu erkennen. Es handelt sich um vollständig umgewandelte Pyroklaste. Ebenso treten grünliche Mineralflecken auf. Übergänge zu tuffitischen Kieseliefen sind durch niedrigen Gehalt an Radiolarien (< 1%), einzelne Fragmente von biogenem Phosphat und opak/dunkelbraune organische Partikel gekennzeichnet.

Geochemisch (Kap. 3.5.) sind die Tuffe eindeutig durch höhere Al_2O_3 -Gehalte (Tab. 9) und in einzelnen Proben durch beachtlich hohe Zr- und Nb-Gehalte (Tab. 10) charakterisiert, ähnlich wie entsprechende Tuffe im West-Harz (KUBANEK & ZIMMERLE 1986). Die REM-Photographien auf Taf. 4 stammen aus dem *anchoralis*-Tuff des Wildunger Profils.

Die engständige und zyklische Wiederholung von dünnen Tufflagen sauren bis intermediären Chemismus' (Kap. 3.5.), das Fehlen größerer Ejecta sowie die Zerspratzung der Lava und feinste Fragmentierung in mittelsiltige bis feinkörnige Partikel lassen einen bestimmten Förder- und wasserreichen Eruptionsmechanismus vermuten. FRANCIS (1985) postulierte anhand ähnlicher Kriterien wie den obigen für die oberkarbonischen Tonsteine NW-Europas einen extrem explosiven plinischen Eruptionsmechanismus, vermutlich aus polygenetischen Vulkanen. Plinische Eruptionscharakteristika wurden im einzelnen von CAS & WRIGHT (1987, 140–151) und „submarine fallout tephra from subaerial eruptions, bentonites and tonsteins“ von FISHER & SCHMINCKE (1984, 163–185, 336–340) beschrieben. Eine Gradierung der Tuffe konnte in dem untersuchten Profilstück nicht nachgewiesen werden.

3.2. Organisch-petrographische Untersuchungen der Kieselschiefer (J. DEHMER & M. WOLF)

3.2.1. Methodisches

Mit Hilfe organisch-petrographischer Methoden ist die in den Kieselschiefern fein verteilte organische Substanz (sog. Organoklasten) untersucht worden. Aus den Ergebnissen dieser Arbeiten können Rückschlüsse auf die Fazies und den Diageneseegrad der Kieselschiefer gezogen werden.

Art und Menge des organischen Materials wurden an polierten Stückschliffen unter Verwendung eines geeichten Okularmikrometers und eines Flözprofilisches im Auflicht-Hellfeld untersucht. Jeder der senkrecht zur Schichtung geschnittenen Anschliffe wurde entlang von drei parallelen Linien vom Hangenden zum Liegenden abgefahren und dabei die im Sediment eingeschlossenen Organoklasten petrographisch klassifiziert und vermessen. Aus den drei Schliffdurchgängen wurde der mittlere Gehalt an organischem Material pro mm Gestein berechnet.

Die Häufigkeitsverteilung in der Partikelgröße beruht auf der Vermessung von 100 zufällig angetroffenen und vermessenen Organoklasten. Um die Inkohlung des organischen Materials und damit den Diageneseegrad des Gesteins zu bestimmen, sind an den vitrinitischen Organoklasten Reflexionsmessungen erfolgt. Gemessen wurde mit einem ZEISS-Universal-Mikroskop bei 400-facher Vergrößerung. Obwohl die einzelnen vitrinitischen Reste häufig sehr klein waren, ist der maximale Reflexionsgrad (R_{max} , %) bestimmt worden.

Zusätzlich ist die Bestimmung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff an einzelnen Kieselschieferlagen vorgenommen worden. Das Gestein wurde fein aufgemahlen und mit Salzsäure versetzt, um mögliche Karbonate zu entfernen. Die dreifachen Kohlenstoffbestimmungen erfolgten anschließend mit einem LECO-Kohlenstoffanalysator.

3.2.2. Ergebnisse

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff ist mit weniger als 0.06% äußerst gering und liegt im Bereich der Nachweisgrenze des eingesetzten Gerätes. Trotz dieses ungünstigen Verhältnisses haben die mikropetrographischen Untersuchungen zu einigem Erfolg geführt.

Das partikuläre organische Material in den Kieselschiefern der Lokalität Café Waldhaus wurde mikroskopisch im Durchschnitt zu 0.6 Vol.-% bestimmt; in zum Vergleich untersuchten Kieselschiefern des Stbr. am Mittelsten Hammer SW Bergfreiheit macht es nur 0.3 Vol.-%

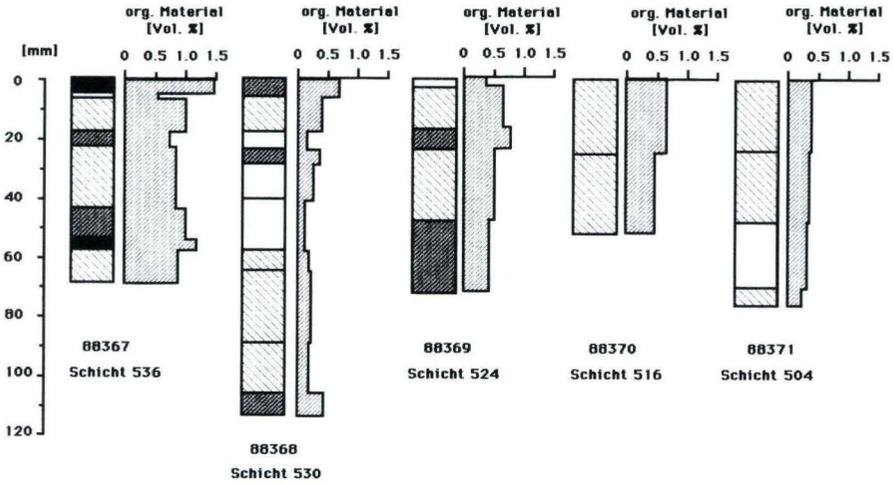


Abb. 6a. Verteilung des organischen Materials im Kieseliefer unterschiedlicher Helligkeit (Profil Café Waldhaus).

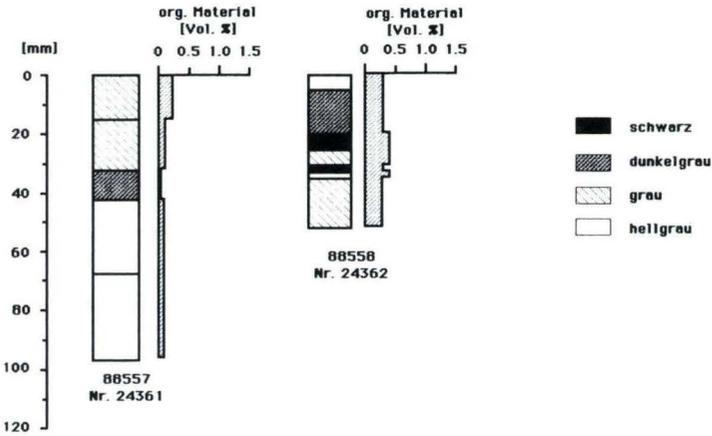


Abb. 6b. Verteilung des organischen Materials im Kieseliefer unterschiedlicher Helligkeit (Profil „Mittelster Hammer“).

% aus. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den niedrigen C_{org} -Werten. Die Organoklasten sind jedoch nicht gleichmäßig im Sediment verteilt. Die schon im Handstück durch unterschiedliche Helligkeit gekennzeichneten Kieselieferlagen sind im Mikrobild durch wechselnde Anteile an organischen Einlagerungen charakterisiert. Obwohl es Überschneidungen gibt, enthalten im Trend die dunklen Lagen mehr organische Reste als die hellen. Das Ergebnis der statistischen Auswertung zeigt Tabelle 1.

Tab. 1. Anteil an organischem Material in den verschiedenen farbigen Lagen des Kieselschiefers

Lage	Anzahl	Organoklaste (Vol.-%)
schwarz	5	0.77 ± 0.51
dunkelgrau	9	0.52 ± 0.29
grau	18	0.44 ± 0.26
hellgrau	9	0.25 ± 0.15

Die Abbildungen 6 a und 6 b zeigen die Verteilung der Organoklasten (in Vol.-%) innerhalb der einzelnen Kieselschieferhorizonte in Abhängigkeit von den Helligkeitsunterschieden in den einzelnen Lagen. Es ist deutlich zu erkennen, daß einzelne Horizonte generell sehr arm an organischen Resten sind (Bank 530 und Bank 504, Profil Café Waldhaus) dagegen sind andere (wie Bank 536 der gleichen Lokalität) relativ reich. Innerhalb der Bänke zeichnen sich die schwarzen Lagen immer, die dunkelgrauen meistens durch erhöhte Gehalte an Organoklasten aus. Im Profil „Mittelster Hammer“ sind die Kieselschiefer generell ärmer an organischen Resten als im erstgenannten Profil, die Gesetzmäßigkeiten sind hier nicht so deutlich ausgeprägt.

Die Verteilung der Partikelgrößen des organischen Materials im Kieselschiefer ist Abb. 7 zu entnehmen (dargestellt ist der größte Durchmesser der Teilchen). Es gibt nur wenige große organische Einschlüsse im Sediment, mehr als $2/3$ der Organoklasten sind $< 10 \mu\text{m}$. Die Objekte $> 50 \mu\text{m}$ sind dünn und lang, es handelt sich vermutlich um ehemalige pflanzliche Fasern. Der größte Teil der Organoklasten ist oxidiert, es handelt sich um Inertodetrinit. Gut erhaltener Vitrinit ist selten. Außerdem treten noch in ihrer ursprünglichen Form erhaltene – also nicht zusammengepreßte – Algen und Acritarchen auf. Daraus ist zu schließen, daß die Verkieselung des Sediments früh erfolgte, bevor die Fossilien unter dem Druck überlagernder Schichten zusammengepreßt werden konnten.

Der heutige Inkohlungsgrad der organischen Substanz in den Kieselschiefern vom Profil Café Waldhaus liegt mit $2.55\% R_{\text{max}}$ im Magerkohlenstadium. Der Wert beruht nur auf 36

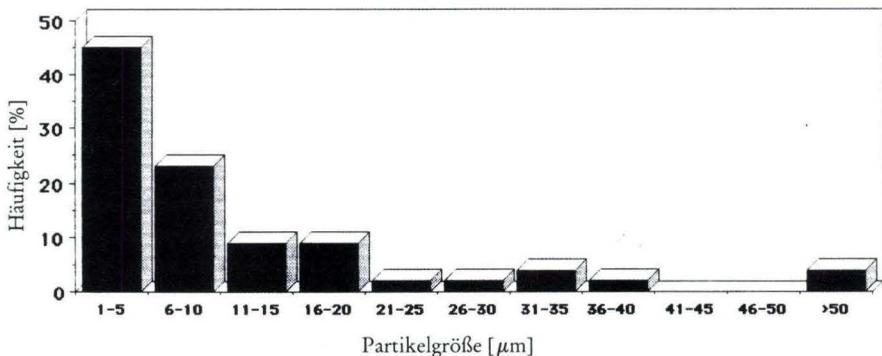


Abb. 7. Korngrößenverteilung der Organoklasten.

Messungen, ist aber bei einer Standardabweichung von 0.148 als zuverlässig anzusehen. Das zeigt auch das relativ eng ausgebildete Histogramm (Abb. 8). Die Bireflexion ($R_{max.}-R_{min.}$) ist sehr gering (ca. 0.3%), sie sollte im vorliegenden Inkohlungsgrad bei 0.4 bis 0.6% liegen (s. STACHS Textbook, 1982, Fig. 19 B und 19 C). Diese schwache Bireflexion weist zusätzlich auf geringe Druckbeanspruchung des organischen Materials hin, es wurde durch die einhüllende Verkieselung geschützt.

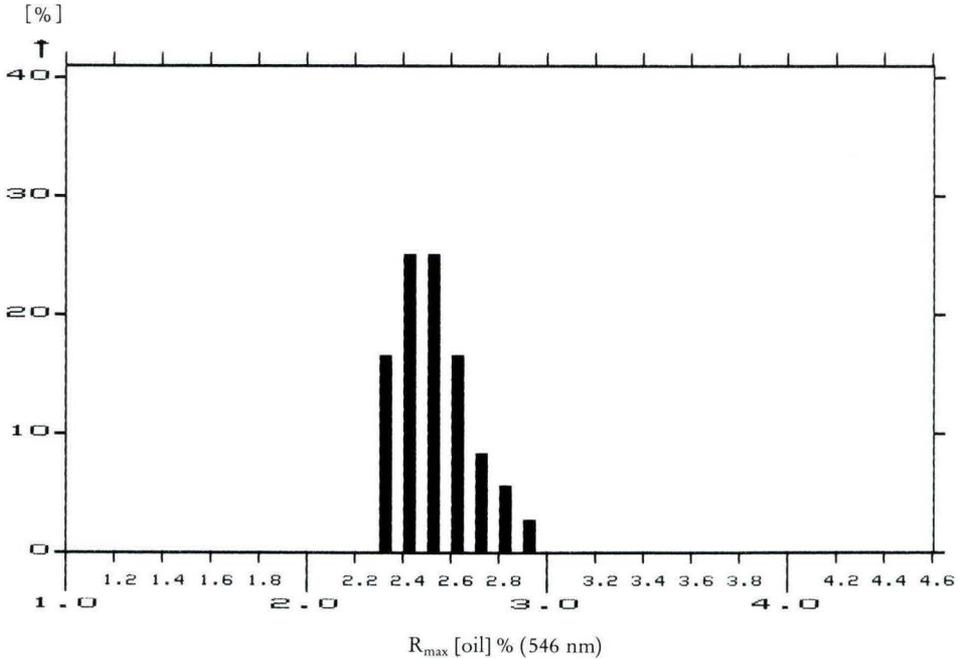


Abb. 8. Reflexionshistogramm (Profil Café Waldhaus).

3.3. Spurenelementanalysen und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (T. NÖLTNER)

Fünf Proben (Bank 504, 530, 536 = Kieselschiefer, Bank 521, 534 = Tuff, vgl. Kap. 2.3) wurden mit ICP-MS (Massenspektrometrie mit einem induktiv gekoppelten Plasma) auf ihre Spurenelement-Gehalte analysiert. Eine Probe (Bank 530), sowie eine Probe des *anchoralis*-Tuffs wurden zusätzlich unter dem Rasterelektronenmikroskop mit gekoppelter energiedispersiver Elementanalyse auf Zusammensetzung ihrer kleinsten Bausteine und deren Mikrot Texturen untersucht. Eine röntgendiffraktometrische Untersuchung dieser Proben (bei Bank 536 wurde zwischen hellgrauen, Radiolarien-reichen und schwarzgrauen,

feinlamierten, kohligh pigmentierten Lagen unterschieden) ergab folgende Hauptmineral-Zusammensetzung (Tab. 2):

Tab. 2. Semiquantitative Hauptmineral-Zusammensetzung der untersuchten Proben

Bank	504	521	530	534	536 dkl.	536 hell	<i>anch.-</i> Tuff
Quarz %	80–90	30–35	70–80	40–50	70–80	80–90	50–60
Albit %	2–3	35–40	7–9	20–25	8–10	3–5	10–12
Ill./Musk. %	4–6	25–30	6–8	20–25	6–8	6–8	20–25
Chlorit %	2–3	4–5	3–4	3–4	2–3	1–2	8–10

Alle Proben zeigen einen relativ uniformen Mineralbestand, bei dem lediglich die Mengenverhältnisse schwanken. Opaline Kieselsäure-Phasen (Opal A, Opal CT) konnten röntgenographisch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Eine sehr geringfügige Basisverbreiterung des 100-Reflexes von Quarz ($2\theta = 20.85^\circ$) in der hellen Lage der Bank 536 könnte jedoch hier auf das Vorliegen von etwas Opal CT hinweisen. Scharfe Illit/Muskovit-Reflexe in den Tuffit-Proben lassen auf das Vorliegen von gut kristallisiertem Material schließen. Karbonat-Mineralen konnten röntgenographisch (und mit dem REM) nicht nachgewiesen werden.

Aus Tabelle 3 geht hervor, daß nahezu alle analysierten Spurenelemente in den Tuffen gegenüber den Kieselchiefern angereichert sind. Auffällig sind jedoch die etwas erhöhten Gehalte an Li, Cr, Co und Mo sowie die deutliche Anreicherung an Seltenen Erden Elementen (La, Ce, Nd) in den Kieselchiefern. Y zeigt dagegen umgekehrtes Verhalten.

Für die spurenanalytischen Untersuchungen wurden jeweils 500 mg der Proben nach Oxidation der organischen Substanz in HF/HClO₄ aufgeschlossen. Die Analyseergebnisse sind in Tab. 3 zusammengefaßt. Zur Überprüfung der Richtigkeit der Messungen wurde eine Probe des USGS-SDO 1 (Devonian Ohio Shale) zusammen mit den Proben aufgeschlossen und analysiert.

Der höhere Tongehalt der Tuffe gegenüber den Kieselchiefern (Tab. 2) spiegelt sich in den ebenfalls erhöhten Gehalten an Rb, Cs und Ga wider, da diese Elemente vorwiegend im Illit fixiert sind. Demgegenüber fällt die Verarmung der Tuffe an Li auf, das normalerweise ebenfalls im Illit vorliegt. Die Li-Gehalte der 3 Kieselchieferproben entsprechen recht genau dem Durchschnittsgehalt von Sandsteinen (38 ± 4 ppm, OHRDORF 1968) und liegen somit deutlich über dem Durchschnitt von chemischen Kieselsteinen (Chert: 11 ppm Li, MAXWELL 1963). Die Rb-, Cs- und Ga-Werte der Kieselchiefer liegen ebenfalls im Bereich klastisch-sandiger Sedimente, die der Tuffe entsprechen den mittleren Gehalten toniger mariner Sedimente (WEDEPOHL et al. 1978). Die starke Verarmung der Tuffe an Li ist vermutlich auf niedrige Gehalte des Ausgangsmaterials und/oder auf halmyrolytische Prozesse zurückzuführen.

Atomabsorptionsspektrometrisch (AAS) wurden die K-Gehalte der fünf Proben ermittelt. Daraus lassen sich für die Kieselchiefer und die Tuffite sehr unterschiedliche K/Rb-Verhältnisse ableiten (Tab. 4), wobei die Werte für die beiden Sediment-Typen untereinander gut übereinstimmen.

Tab. 3. Spurenelementkonzentrationen in mg/kg (ppm) der untersuchten Proben

	504 Kieselsch.	521 Tuff	530 Kieselsch.	534 Tuff	536 Kieselsch.
Li	49.2	24.8	36.7	17.1	33.0
Be	2.1	4.8	2.9	6.0	2.2
Sc	8.5	11.7	9.9	9.6	8.6
V	65.1	136	79.9	206	57.8
Cr	32.9	24.5	42.1	22.6	38.1
Co	41.4	17.6	37.2	9.6	56.8
Ni	113	140	108	46.0	73.8
Cu	132	179	177	542	184
Zn	45.4	48.8	60.1	33.1	31.2
Ga	16.0	32.6	18.3	33.8	14.2
Se	1.2	2.9	0.8	11.2	1.9
Rb	73.2	159	98.3	188	85.6
Sr	24.4	77.7	30.3	55.7	32.2
Y	11.9	18.9	17.4	21.6	20.3
Zr	62.0	192	107	204	64.6
Nb	12.9	22.2	14.1	30.4	11.5
Mo	0.28	0.05	0.22	0.02	0.42
Cd	0.16	0.53	0.26	0.43	0.36
Sn	0.89	9.21	1.65	9.37	0.99
Sb	0.61	0.64	0.76	0.63	0.56
Cs	4.8	14.3	6.35	14.2	5.11
Ba	207	370	233	482	232
La	25.2	8.8	26.6	23.8	30.9
Ce	65.5	28.6	65.3	71.4	76.3
Nd	20.8	12.0	22.5	24.6	25.0
Hf	1.3	6.8	2.0	6.4	1.4
Ta	0.55	1.74	0.44	3.67	0.65
Tl	0.23	0.94	0.30	0.98	0.35
Pb	2.44	5.0	9.1	3.8	3.1
Bi	0.24	0.27	0.23	0.34	0.39
Th	3.8	36.1	4.6	35.7	5.4
U	0.94	11.5	1.6	10.2	1.9

Tab. 4. K-Gehalte und K/Rb-Verhältnisse der untersuchten Proben

	Kalium (%)	K/Rb
536 (Kieselsch.)	1,27	148
534 (Tuff)	5,2	277
530 (Kieselsch.)	1,37	139
521 (Tuff)	4,8	302
504 (Kieselsch.)	1,05	143

Somit liegen die K/Rb-Verhältnisse der Tuffe in der Größenordnung von Trachyten, Andesiten und Daciten, wie auch die geochemischen Untersuchungen von KUBANEK (Kap. 3.5) für einige Spurenelementverhältnisse gezeigt haben; die der Kieselschiefer liegen im Bereich mariner Tone (CAMPBELL & WILLIAMS 1965). Die unerwartet hohen K- und Rb-Gehalte der Kieselschiefer sowie die erwähnten scharfen Röntgenreflexe der Tonminerale lassen auf das Vorliegen von K-reichem Muskovit/Sericit schließen. Die Alkalimetall-Gehalte liegen nur wenig unter denen von eigentlichen Schwarzschiefern (Devonian Epsaw Formation: 130 ppm Rb, LANDIS 1962; Chattanooga Shale: 6–12% K, HARVARD 1967). Die sehr hohen K-Gehalte in den relativ weichen Tuffen (K-Metabentonite) sprechen gegen eine Wegfuhr signifikanter K-Mengen durch Oberflächenverwitterung.

In eigentlichen Schwarzschiefern wurde auch gelegentlich die Anreicherung von Cr gegenüber anderen Sedimentgesteinen festgestellt (WEDEPOHL 1964, VINE & TOURTELOT 1970) und mit den Gehalten an bituminösen Substanzen korreliert, die bei einem erhöhtem



Tafel 2

Bank 530, dunkle Gesteinspartie

Fig. 1. Übersichtsaufnahme der kieseligen Matrix, die vornehmlich aus mikro- bis kryptokristallinem Quarz (dunkelgrau) besteht. Darin erscheinen lokal kompakte Bereiche aus größeren, detritischen Quarzen und Albiten (glatte Schnittflächen). Die kieselige Matrix ist durchsetzt von feinsten Schwermineralen < 2 μm (helle Punkte, meist Ti-Oxide und Apatit). Balken = 10 μm .

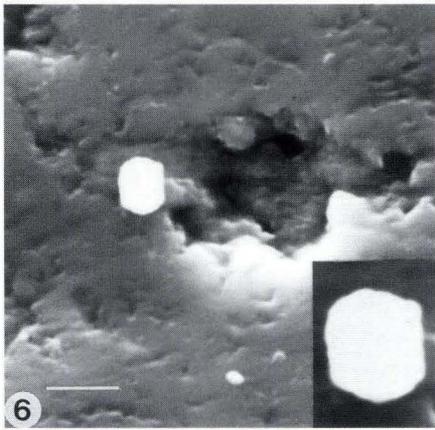
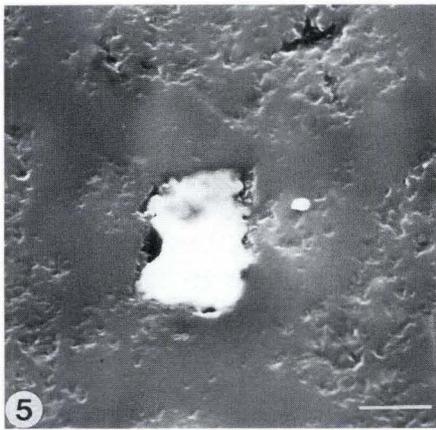
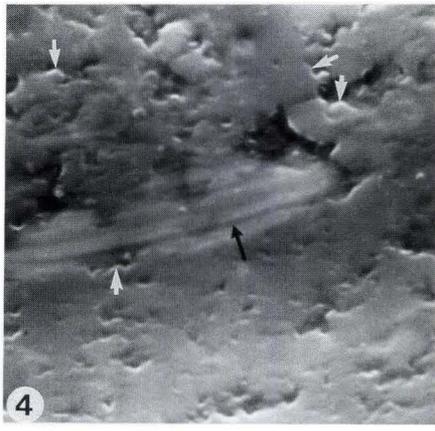
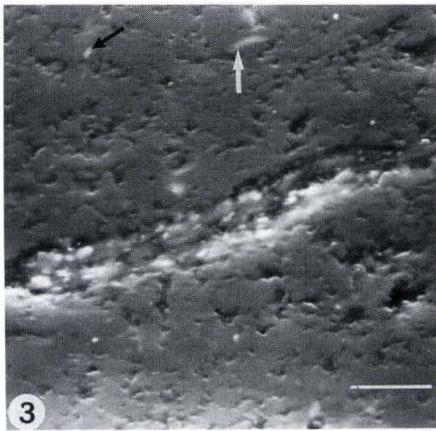
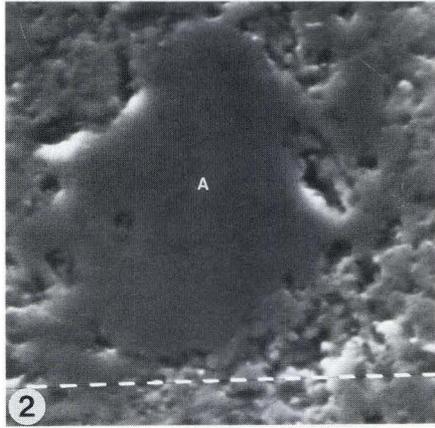
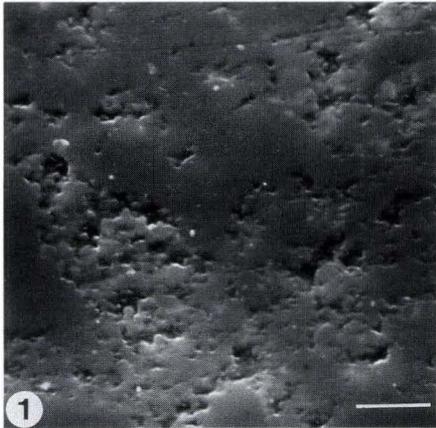
Fig. 2. In einer Ausschnittvergrößerung wird erkennbar, daß die kompakten Schnittflächen klastische Körner (im Bild Albit = A) darstellen, die in der hier extrem korrodiert erscheinenden Kieselmatrix schwimmen (vgl. auch Text-Abbildung 11). Die Albitkörner sind dagegen nur randlich etwas korrodiert. Die Partikelgröße der Matrixbausteine ist meist < 1 μm . 1 Skalenteil = 1 μm .

Fig. 3. Zersetzter Klast eines Mg-Fe-reichen Glimmers (Biotit, Chlorit) in der Matrix, die hier ausschließlich aus kryptokristallinem Quarz besteht. Die winzigen hellen Partikel in dem Glimmer-Bruchstück und oben links (schwarzer Pfeil) bestehen aus TiO_2 . Einzelne Schüppchen in der kieseligen Matrix (oben Mitte, weißer Pfeil) stellen Relikte von Hellglimmern (vermutlich Muskovit) dar. Balken = 10 μm .

Fig. 4. Abgebauter Hellglimmer in mikroporöser Matrix aus innig miteinander verbackenen kryptokristallinen Quarzen. Die durch eingedrungene Kieselsäure (schwarzer Pfeil) aufgeblättern Schuppen des Glimmers sind zu erkennen. Die kleinsten Bausteine der kieseligen Matrix sind hier z. T. von gerade Kristallkanten begrenzt (weiße Pfeile). 1 Skalenteil = 1 μm .

Fig. 5. Xenomorphes, vermutlich korrodiertes Kupferkieskorn (Mitte, sehr hell) in kompakter Quarzmatrix mit wenig Poren. Die Zunahme von Mikroporen gegen die Bildränder könnte auf eine stärker resorbierte Kieselschale hinweisen. Balken = 10 μm .

Fig. 6. Hypidiomorpher bis idiomorpher Kupferkies-Kristall (weiß) neben von Ton (Illit/Chlorit) ausgefüllter Pore. Das Korn zeigt auffällige wulstartige Ränder (vergrößerter Ausschnitt, unten rechts), die auf authigene Entstehung hinweisen. Balken = 4 μm .



Cr-Angebot (z. B. aus basaltischem Vulkanismus) als reduzierende und adsorbierende Agenzien wirken. Gesteine, die vorwiegend kohliges Material enthalten, und Kohlen selbst sind gewöhnlich an Cr verarmt. Trotz der geringfügig erhöhten Werte in den Kieselchiefern sind auch hier die gemessenen Cr-Gehalte verhältnismäßig niedrig. Die noch geringeren Gehalte in den Tuffen liegen in der Größenordnung kalkalkalischer Gesteine. Die Elemente Co, Ni, und Cu liegen sowohl in den Kieselchiefern als auch in den Tuffen über den von WEDEPOHL (1964) und VINE & TOURTELOT (1970) für Schwarzschiefer angegebenen Werten. Sie sind, ebenso wie Se, meist an Sulfidvererzungen gebunden. Die Zn- und Pb-Gehalte der Proben sind dagegen niedrig. Analysen des Gesamtschwefels (Tab. 5) deuten nur in den Kieselchiefern auf Gegenwart erhaltener Sulfidminerale.

Tab. 5. Gesamt-Kohlenstoff- (Karbonat + C_{org.}) und Gesamt-Schwefel- (Sulfid + Sulfat) Bestimmungen der untersuchten Proben

	CO ₂ (%)	SO ₂ (%)
536 (Kieselch., dunkel)	0,904	0,026
536 (Kieselch., hell)	0,314	0,018
534 (Tuff)	<0,01	<0,01
530 (Kieselch.)	0,414	0,030
521 (Tuff)	0,108	<0,01
504 (Kieselch.)	0,176	0,012

Die Gesamtkohlenstoff-Analysen ergaben bei insgesamt sehr geringen Gehalten relativ erhöhte Werte für die Kieselchiefer, wobei die dunkleren Lagen (Tab. 1) die höchsten Gehalte zeigen, in Übereinstimmung mit den Untersuchungen der organischen Substanz von DEHMER & WOLF (Kap. 3.2). Wegen der in diesen Proben fehlenden Karbonate und Sulfate kann näherungsweise für Gesamt-Kohlenstoff \approx C_{org.} und für Gesamt-Schwefel \approx Sulfid + organisch gebundener Schwefel angenommen werden.

Die erhöhten Gehalte an Seltenen Erden Elementen (Tab. 3) in den Kieselchiefern im Vergleich zu den Tuffen weisen auf verstärktes Auftreten SEE-haltiger Minerale (z. B. Monazit, vgl. Abb. 12). Yttrium scheint dagegen an andere Mineralphasen (z. B. an die in den Tuffen häufigen Zirkone) gebunden zu sein.

Auffällig sind die Anreicherungen der Elemente V, Zr, Nb, Sn, Hf, Ta, Th und U in den Tuffen. Die Verhältnisse von Nb/Zr liegen jedoch in allen Proben (auch in den Kieselchiefern) ungewöhnlich hoch und streuen nur wenig (Durchschnitt: 0,16). Da solche Verhältnisse in Zirkonen gewöhnlich nicht angetroffen werden, deutet dies auf die Existenz eines eigenen Nb-haltigen Schwerminerals. Die hohen Ta-Werte insbesondere in den Tuffen und die niedrigen Nb/Ta-Verhältnisse machen dies hier besonders wahrscheinlich. Ähnliche Verhältnisse fanden KUBANEK & ZIMMERLE (1986: 234) in unterkarbonischen Kieselchiefern des Oberharzes. Die relative Anreicherung von Hf in den Tuffen könnte hier auf Zirkone mit metasomatisch erniedrigten Zr/Hf-Verhältnissen hinweisen (vgl. Taf. 4, Fig. 5).

JENSEN, KORSBECH & MADSEN (1984) haben erstmals versucht, pelitische Sedimentgesteine, vor allem Tongesteine, anhand der Elementverhältnisse von U/K, Th/K und U/Th zu untergliedern. Die graphische Darstellung ermöglicht den Vergleich von Gesteinen mit

ähnlichen Element-Verhältnissen. In den Abb. 9 a–c sind die entsprechenden Werte der Kieselschiefer und der Tuffe aufgetragen.

In diesen Darstellungen sind die beiden Gesteinstypen anhand ihrer Gehalte an radioaktiven Elementen deutlich unterscheidbar. Die Einzelproben der Kieselschiefer und Tuffe liegen jeweils eng beieinander, wobei die Tuffe in unmittelbarer Nachbarschaft stark alkalischer Vulkanaschen zu liegen kommen (JENSEN et al. 1984). Die Kieselschiefer entsprechen hinsichtlich ihrer K-, Th- u. U-Gehalte tonigen Sedimenten und liegen in den Diagrammen wesentlich höher als reine Kieselsedimente.

Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM):

a) Kieselschiefer

Von der Probe 530 (schwarzgrauer Kieselschiefer) wurde ein polierter Dünnschliff angefertigt und unter dem REM untersucht. Der Kieselschiefer erscheint in der Übersicht vorwiegend als homogene, mikroporöse Substanz, mit dispers verteilten, vorwiegend gut erhaltenen, meist 100–200 µm großen Kieselorganismen (Radiolarien, Schwammnadeln,

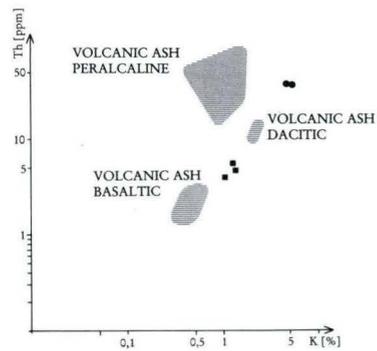
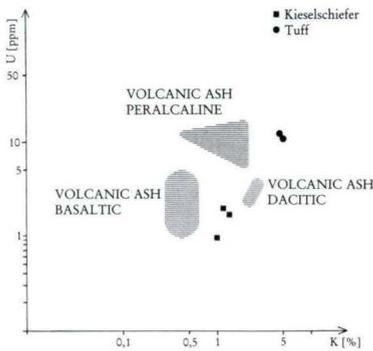


Abb. 9a. U/K-Plot für Kieselschiefer und Tuffe. Abb. 9b. Th/K-Plot für Kieselschiefer und Tuffe.

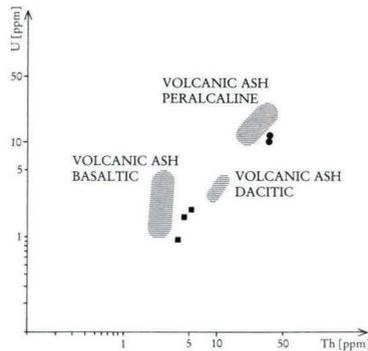


Abb. 9c. U/Th-Plot für Kieselschiefer und Tuffe.

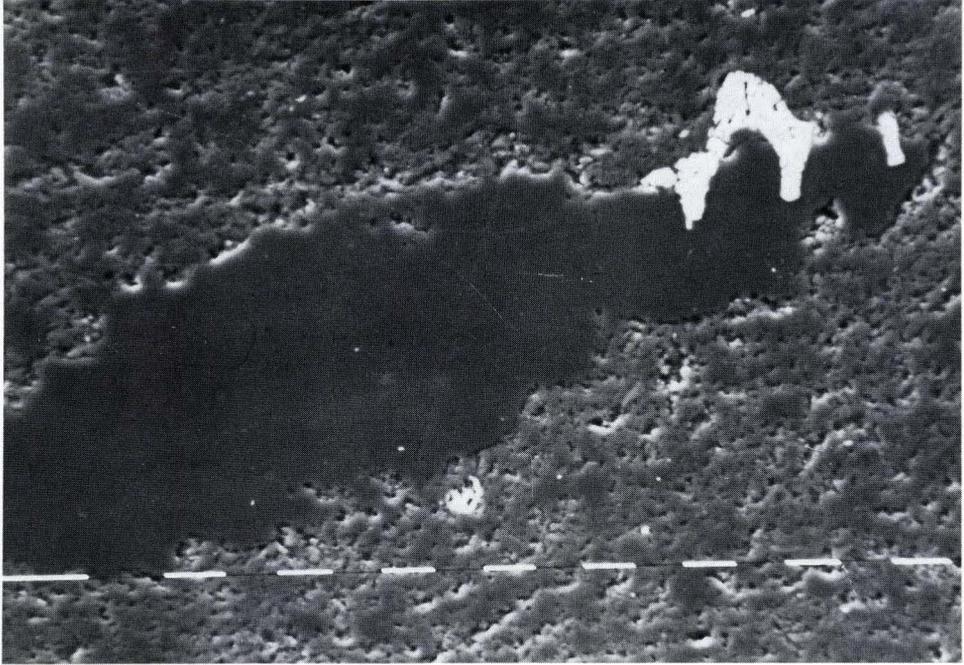


Abb. 10. Längliche Kieselschale mit Kupferkies (weiß) in kryptokristalliner Quarzmatrix.
1 Skalenteil = 10 μm .

Abb. 10). Die kleinsten Partikel der kieseligen Grundmasse sind im Durchschnitt etwa 1 μm groß, ihre Formen sind meist rundlich, tröpfchenförmig oder hypidiomorph. Diese Bausteine sind innig miteinander verschweißt und lassen selten Korrosionsspuren erkennen. Gelegentlich sind an Mikroporen auch gerade Kristallkanten und die typischen Dachflächenwinkel von Quarz zu erkennen. Diese Poren sind vielfach von feinblättrigem Illit/Sericit (Al, K) ausgefüllt. Die Matrix unterscheidet sich hier kaum von der anderer Kieselschiefer (NÖLTNER 1986, ZIMMERLE 1986, RIBBERT & ZIMMERLE 1988).

In der energiedispersiven Röntgenfluoreszenzanalyse erweist sich die feinporöse Grundmasse durchweg als Quarz. Lokal treten in dieser Grundmasse kompaktere Bereiche mit Durchmessern von bis zu ca. 300 μm auf, die aus sehr reinem Albit bestehen (Tab. 6) und nur wenige heterogen verteilte Mikroporen aufweisen (Taf. 2, Fig. 4). Solche Bereiche sind nur lokal in der Probe erkennbar. Sie scheinen aus mehreren, von Kieselmatrix verschweißten Albitkörnern zu bestehen, deren ursprüngliche Kornformen durch Matrixkorrosion weitgehend verwischt sind (Abb. 11 und Taf. 2, Fig. 2). Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, daß ursprünglich relativ große, im Zuge der Kompaktion zerbrochene und durch diagenetische Korrosion verkleinerte Einzelkörner von Albit vorlagen. In den albitischen Bereichen erscheint die kieselige Grundmasse extrem, z. T. schwammartig korrodiert (Abb. 11, 12) und zeigt damit eine gänzlich andere Struktur als in den kieseligen Bereichen. Mikroporen sind hier mit Chloritschuppen (Mg, Fe), die etwas größer sind als der Illit im

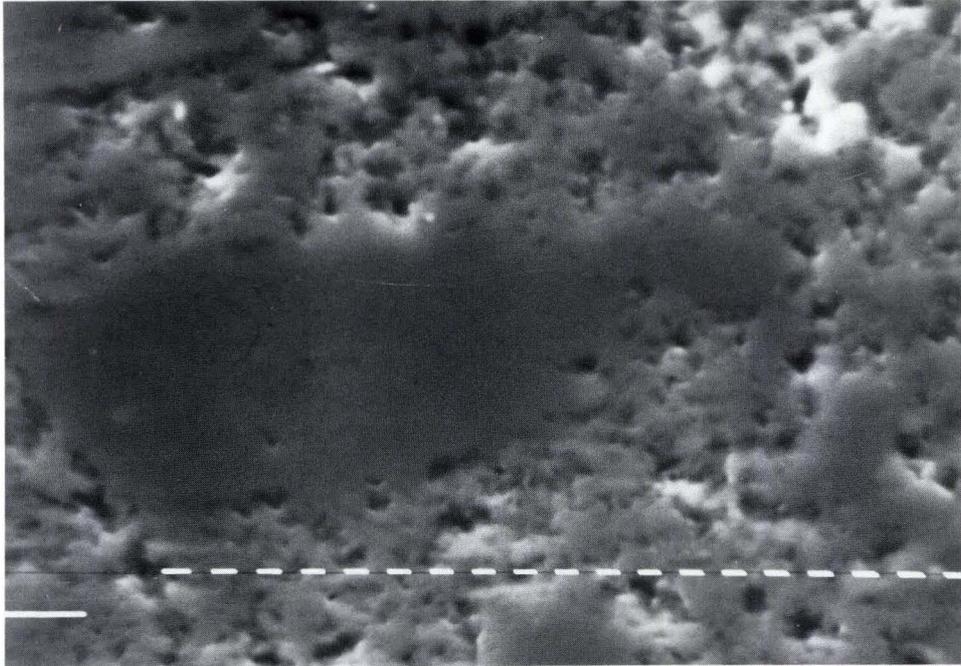


Abb. 11. Eckiges Albitkorn (glatte Schnittfläche) in angelöster Quarzmatrix. 1 Skalenteil = 1 µm.

kieseligen Bereich, ausgefüllt. Kalifeldspatkörner ähnlicher Größe wie die Albite sind extrem selten und stets stärker als diese korrodiert. In der kryptokristallinen Quarzmatrix sind auch Quarzkörner ähnlicher Größe wie die der Albite zu erkennen. Sie sind stets stark verrundet und könnten detritischer Herkunft sein. Im Falle eines Korns wurde eine Verwachsung von Kalifeldspat mit Albit (Gesteinsbruchstück) festgestellt.

Tab. 6: Semiquantitative energiedispersive Elementanalysen an drei extrem reinen Albitkörnern. Angabe in Gew.-%; die Ergebnisse sind auf 100 normiert

SiO ₂	68.52	66.66	67.43
TiO ₂	0.63	0.00	0.33
Al ₂ O ₃	17.44	19.65	18.48
FeO	0.30	0.27	0.45
MnO	0.00	0.00	0.00
MgO	0.43	0.66	0.75
CaO	0.28	0.17	0.21
BaO	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	12.20	12.60	12.21
K ₂ O	0.20	0.02	0.14

In der Kieselschiefergrundmasse können nicht selten Glimmerschuppen unterschiedlicher Größen lokalisiert werden. Größere Klaster sind 20–30 μm lang, häufiger sind nur wenige μm kleine Bruchstücke (Taf. 2, Fig. 3, 4). Dabei herrscht Muskovit deutlich vor, Mg- und Fe-reiche Glimmer (Biotit, Chlorit) sind selten. Generell fällt die unregelmäßige Anordnung der Glimmerschuppen im Gestein auf, die keinerlei schichtparallele Einregelung erkennen läßt. Muskovit-Bruchstückchen kommen sowohl zusammen mit Albit als auch in der reinen Quarzmatrix vor.

Die kieselige Matrix ist stellenweise durchsetzt von winzigen Schwermineralen ($< 2 \mu\text{m}$), wobei Ti-Oxide vorherrschen. Andere Stellen in der Probe zeigen dagegen kaum oder keine Schwerminerale. Titan-Minerale sind im Sekundärelektronenbild meist an eckigen, länglich-schmalen, seltener auch verrundeten bis ovalen Kornformen (Taf. 3, Fig. 1, 5) zu erkennen. Diese Kornformen lassen in vielen Fällen authigene Bildung der Ti-Oxide vermuten. Weniger häufig als Ti-Oxide sind feine, ca. 2–6 μm und mehr isometrische



Tafel 3

Bank 530, dunkle Gesteinspartie

Fig. 1. Conodontenfragment (hell) aus Ca-Phosphat in kieseliger Matrix, das unten im Bild stärker umkristallisiert ist als oben, wo nach ein zentraler Hohlkanal erhalten ist (schwarzer Pfeil). Oben rechts sind feindisperse Apatitkristalle erkennbar (kurze weiße Pfeile), die vermutlich durch Lösung und erneute Ausfällung des biogenen Ca-Phosphats entstanden sind. Am linken Bildrand ein längliches TiO_2 -Korn (langer weißer Pfeil). 1 Skalenteil = 10 μm .

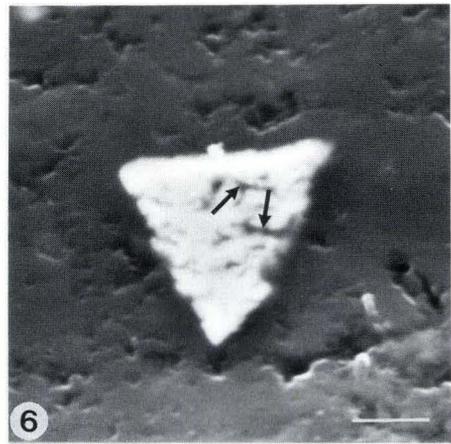
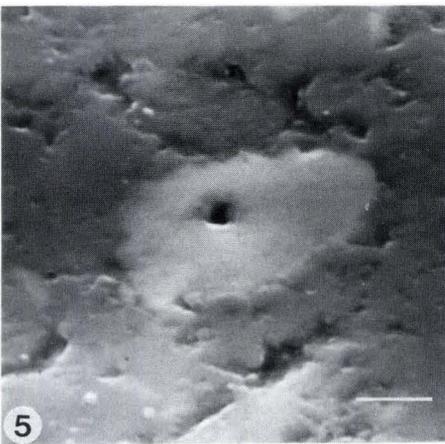
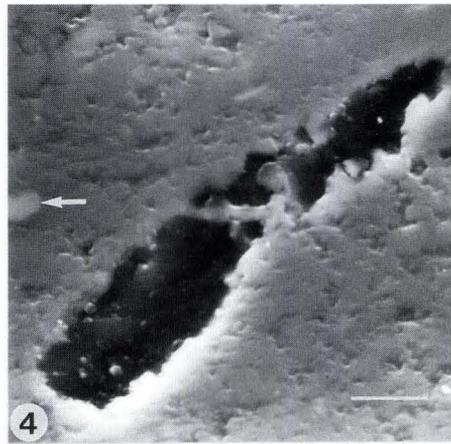
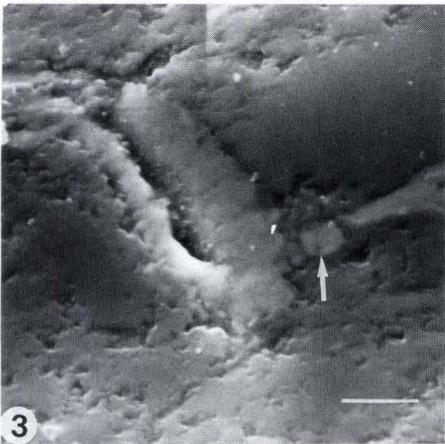
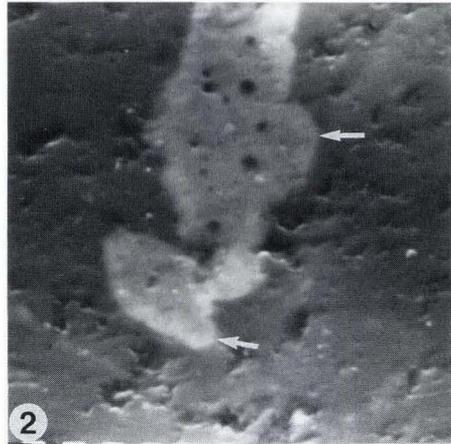
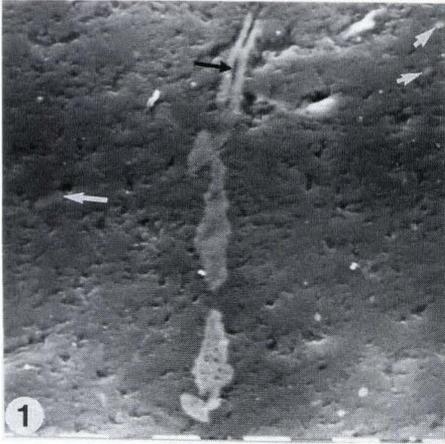
Fig. 2. Vergrößerter Ausschnitt aus Fig. 1, unten Mitte. Die zu idiomorphem Apatit rekristallisierten Bereiche des Fossilbruchstücks sind zu erkennen. Im Bild sind zwei Phasen von Ca-Phosphat zu unterscheiden: die mittelgraue, von zahlreichen rundlichen Poren (schwarz, z. T. von Harz ausgefüllt) durchsetzte Substanz besteht aus schlecht kristallisiertem Skelett-Apatit. Gegen die Ränder und die umgebende Quarzmatrix ist diese von etwas hellerem, gut kristallisiertem Apatit saumartig umgeben, der nach außen idiomorphe Kristallkanten ausgebildet hat (Pfeile). 1 Skalenteil = 1 μm .

Fig. 3. Conodontenbruchstück mit einem offenen Hohlkanal, der nicht von der umgebenden Quarzmatrix ausgefüllt wurde. Rechts ist biogenes Ca-Phosphat zu idiomorphem Apatit rekristallisiert (Pfeil). Balken = 10 μm .

Fig. 4. Größerer Hohlraum (schwarz, ausgefüllt von Gießharz) in der kieseligen Matrix. Am linken Bildrand findet sich ein dicht mit der Grundmasse verschweißter Apatitkristall (Pfeil). Die Form des Hohlraumes läßt eine Entstehung durch vollständige Lösung eines Conodontenfragments vermuten. Frühere Rißfüllungen von Quarzmatrix sind als kleine „Brücken“ erhalten. Balken = 10 μm .

Fig. 5. Ovale TiO_2 -Korn mit kleinem zentralen Hohlraum. Die Matrix besteht aus mikro- bis kryptokristallinem Quarz. Die teilweise von Ton ausgefüllten Poren sind sowohl von rundlichen als auch von eckigen Kristallkanten begrenzt. Balken = 4 μm .

Fig. 6. Schnitt durch einen idiomorphen, dicht in die kieselige Matrix eingeschweißten Pyritkristall, der Rissen folgend von Quarz verdrängt wird (Pfeile). Balken = 4 μm .



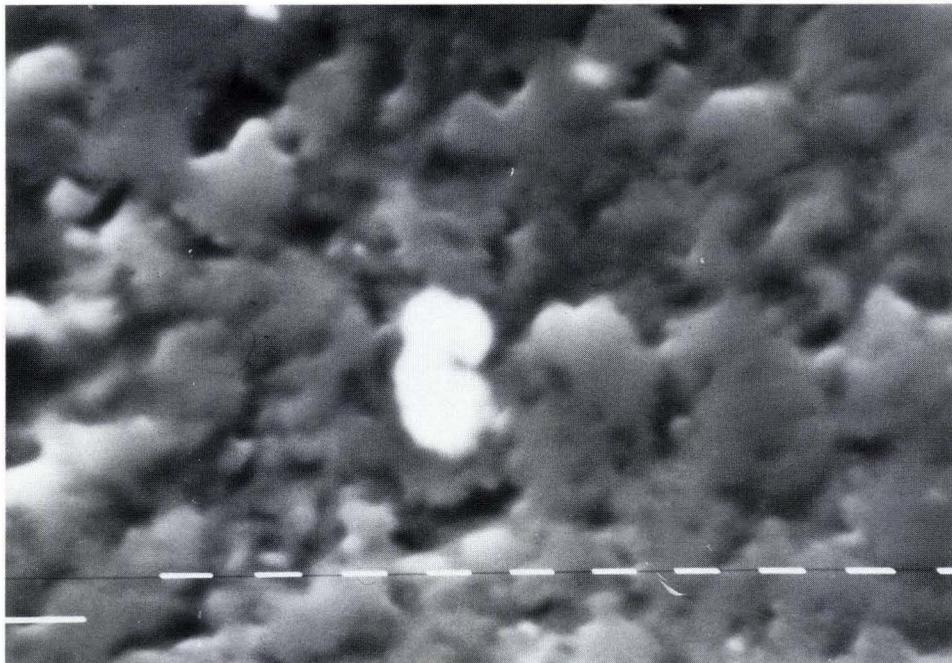


Abb. 12. Monazit (weiß) in schwammartig korrodierter Quarzmatrix. 1 Skalenteil = 1 μm .

Apatitkristalle (Taf. 3, Fig. 3, 4). Sie sind besonders in der Nachbarschaft Ca-phosphatischer, teilweise rekristallisierter Fossilbruchstücke und -relikte (Conodonten, Taf. 3, Fig. 1, 2, 3) zu finden und wurden in solchen Fällen durch Lösungs- und Ausfällungsprozesse gebildet. Biogenes Ca-Phosphat findet sich unregelmäßig in der Probe verteilt in meist schlechtem Erhaltungsgrad. Gelegentlich erscheinen größere Hohlräume in dem Gestein, deren länglich-schmale Formen die vollständige Lösung von Conodonten andeuten (Taf. 3, Fig. 4). Besonders auffällige und intensive Neubildungen von Apatit aus Conodontensubstanz wie von ZIMMERLE (1986) in unterkarbonischen Kieselchiefern des Oberharzes gezeigt, wurden in der Probe nicht festgestellt. Weitere Schwerminerale sind in dem Kieselchiefer sehr selten: 2–4 μm kleine, z. T. zerfallene Monazitkörner (Abb. 12), die sich in der energiedispersiven Elementanalyse als Th-reich erweisen und ebenso kleine, idiomorphe Zirkone sind nur in Bereichen mit extrem angelöster, Albit-führender Quarzmatrix zu finden. Die winzigen Monazite erklären die erhöhten Gehalte an SE-Elementen in den Kieselchiefern. Vererzungen sind in dieser Probe häufig: es treten vorwiegend große Kristalle und unregelmäßig geformte Aggregate von Kupferkies auf, die z. T. in auffälliger Weise an Kieselorganismen gebunden sind (Abb. 10, Taf. 2, Fig. 5). Gelegentlich erscheinen größere und sehr kleine Körner, deren wulstartige Kornränder auf authigene Entstehung hinweisen (Taf. 2, Fig. 6), auch in der Matrix. Stellenweise liegt Covellin vor, vermutlich als Abbauprodukt von Kupferkies. Pyrit ist etwas weniger häufig

als Cu-Sulfide und bildet meist kleine, dispers in der kieseligen Grundmasse verteilte, idiomorphe Kristalle (Taf. 3, Fig. 6). Die Pyritbildung erfolgte offensichtlich vor der durchgreifenden Einkieselung des Gesteins. Weder im Kupferkies noch im Pyrit wurden ungewöhnliche Fremdmittelgehalte festgestellt.

Fein-disperse SEE-Minerale sind in den Tuffproben möglicherweise aufgrund schlechter Konservierung durch schwächere Einkieselung weniger häufig.

b) *anchoralis*-Tuff

Auffallend im *anchoralis*-Tuff ist der Gegensatz von Einsprenglingen und Matrix. Kantenrunde Quarzkörner unsicherer Herkunft zeigen starke Korrosion (Taf. 4, Fig. 1). Eckige Feldspäte, vermutlich Einsprenglinge, sind durch meist albitische Zusammensetzung (Taf. 4, Fig. 2) gekennzeichnet. Abgebaute Glimmer, die heute als Mg- und K-arme Hellglimmer vorliegen, sind durch hohe Ti-Gehalte charakterisiert, die auf ursprünglich biotitischen Chemismus hinweisen.

Tab. 7. Na-, Fe- und Spurenelement-Gehalte des *anchoralis*-Tuffs
(nach Neutronen-Aktivierungsanalyse – Angaben in ppm)

Na	2800.00
Sc	18.75
Cr	68.83
Fe	20100.00
Co	4.61
Ni	54.51
Zn	79.33
As	1.64
Se	1.15
Br	0.61
Rb	199.20
Sr	< 125
Mo	5.85
Sb	2.62
Cs	18.53
Ba	216.40
La	47.35
Ce	98.89
Nd	41.91
Sm	9.47
Eu	1.44
Gd	7.53
Tb	1.13
Ho	1.33
Tm	0.74
Yb	5.17
Lu	0.78
Hf	4.82
Ta	1.77
Th	11.39
U	2.74

Die Tuffmatrix (Taf. 4, Fig. 3) besteht aus einem extrem feinkörnigen Gemenge von illitischem Ton und winzigem, eckig-splittrigem Quarz von 1–2 μm Partikelgröße. Radiolarien, die diagenetisch überprägt sind, sind gelegentlich eingestreut (Taf. 4, Fig. 4). Häufigstes Schwermineral ist großer (80 μm), idiomorpher Zirkon, der teilweise magmatisch korrodiert ist (Taf. 4, Fig. 5). Primäre und sekundäre Titanoxide sind gleichfalls in der Matrix eingestreut (Taf. 4, Fig. 6).

Tab. 7 zeigt die Spurenelementzusammensetzung einer Probe dieses Tuffs.

In der *anchoralis*-Tuffprobe fallen, ebenso wie in den mit Kieselschiefern und Lyditen wechsellagernden Tuffen, die stark erhöhten Gehalte einiger charakteristischer Spurenelemente auf (Nb, Zr, Th, U, etc.), die gewöhnlich an akzessorische Schwerminerale wie Zirkon und Rutil gebunden sind.

3.4. Röntgendiffraktometrische Untersuchungen (G. HENTSCHEL)

Methodik: Für die röntgenographische Phasenanalyse standen 34 Proben zur Verfügung. Untersucht wurden sowohl die gepulverten Gesamtproben als auch die abgeschlamm-

Tafel 4

anchoralis -Tuff

Fig. 1. Verrundetes, isoliert in der mikro- bis kryptokristallinen tonig-kieseligen Grundmasse schwimmendes Quarzkorn mit für Quarz ungewöhnlichen und intensiven Lösungserscheinungen.

1 Skalenteil = 10 μm .

Fig. 2. Eckiger Albit in der feinkörnigen Tuffmatrix. Schwarze Bereiche sind bei der Probenvorbereitung ausgerissen und von Gießharz durchtränkt. Balken = 10 μm .

Fig. 3. Detailaufnahme der Tuffmatrix aus einem Gemenge von Ton und kryptokristallinen Quarzen. Die extreme Feinheit der klastischen Partikel sowie die Häufigkeit eckig-splittriger Kornformen sind hier besonders auffällig. Größere Quarz-Partikel zeigen angedeuteten feinen Anwachs (Pfeile).

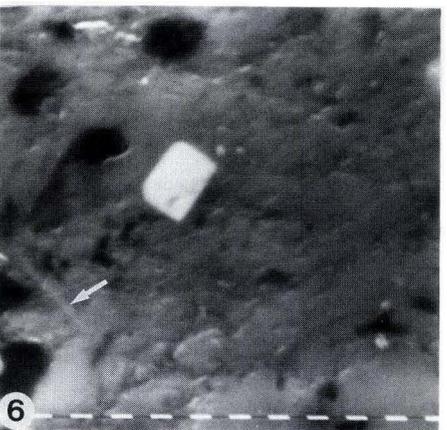
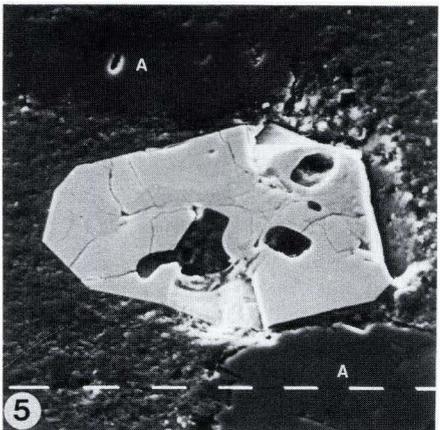
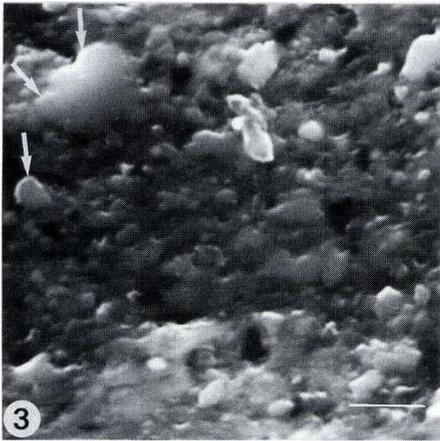
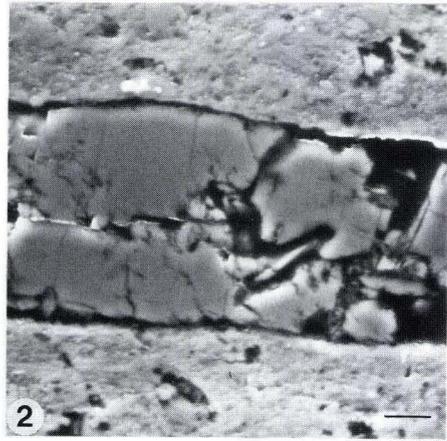
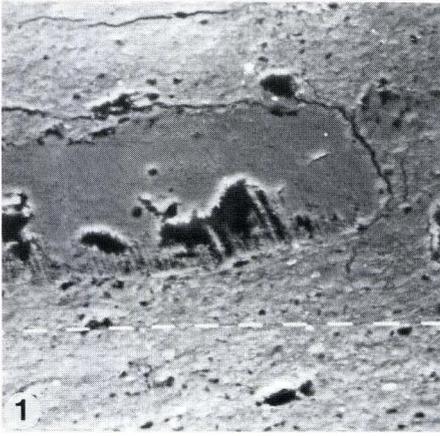
Balken = 4 μm .

Fig. 4. Rundliches Gebilde aus kompakter Kieselsäure. Der zentrale Hohlraum ist von Ton (Illit/Chorit, weiches Relief) und kryptokristallinem Quarz ausgefüllt. Möglicherweise handelt es sich um ein Radiolariengehäuse, dessen ehemalige „Speichen“ noch relictisch in Form der winzigen verbackenen Kieselklumpchen vorliegen. Die hellen länglichen Partikel in der äußeren Hülle (weiße Pfeile) bestehen aus Chlorit und wurden vermutlich diagenetisch umwachsen. Oben Mitte zwei eingeschlossene Monazit-Körner (schwarze Pfeile). Balken = 4 μm .

Fig. 5. Großer, idiomorpher, magmatisch korrodiertes Zirkon (weiß) in feinkörniger Tuffmatrix (lichtgrau). Oben links und unten rechts sind klastische Albite (dunkelgrau, glatte Flächen, A).

1 Skalenteil = 10 μm .

Fig. 6. Kleines idiomorphes Titanoxid-Korn (vermutlich Anatas) in der Tuffmatrix. Unten links eine winzige Muskovitschuppe (Pfeil). Schwarz ist Gießharz. 1 Skalenteil = 1 μm .



ten feinsten Kornfraktionen (Ton/Feinschluff). Von letzteren wurden durch Absaugen auf poröse Keramikplättchen Texturpräparate hergestellt; die vom Diffraktometer aufgezeichneten Basisreflexe der Schichtsilikate wurden planimetriert und ihre Anteile am Gesamtgehalt der Tonminerale berechnet (halbquantitative Tonmineralbestimmung).

Ergebnisse (Tab. 8): Mit der Diffraktometrie ließen sich insgesamt nur wenige Bestandteile nachweisen: Quarz, Feldspat (Albit), Chlorit, Glimmer (Illit), Smektit (Montmorillonit) und nicht genauer definierbare Wechsellagerungsminerale.

Um erkennbare Unterschiede der Mengenverhältnisse in den nur qualitativen Diffraktogrammen der Gesamtproben ausdrücken zu können, wurden die stärksten K_{α} -Reflexe von Feldspat und Glimmer mit den K_{β} -Reflexen von Quarz₍₁₀₁₎ (bei $2\theta \approx 24,1^{\circ}$, Cu-Strahlung, Ni-Filter; K_{β} -Intensität $\approx 1\%$ des K_{α} -Reflexes) verglichen.

In den meisten Proben herrscht Quarz so stark vor, daß sowohl der stärkste Feldspat- als auch der stärkste Glimmer-Reflex kleiner sind als der K_{β} -Reflex von Quarz₍₁₀₁₎.

Tab. 8. Ergebnisse röntgendiffraktometrischer Untersuchungen: Links: Qualitative Feldspat- und Glimmergehalte der Gesamtproben; rechts: Halbqualitative Tonmineralgehalte der Ton/Schluff-Fractionen

Bank	Feldspat-Gehalt (Gesamtprobe)			Glimmer-Gehalt (Gesamtprobe)			Tonmineral-Verteilung [%]		
	gering a)	mittel c)	hoch d)	gering a)	mittel b)	höher c)	Chlorit	Glimmer	Wechsellagerungsminerale
537							50	50	—
536							20	80	—
535							40	60	—
534							—	90	10 ^{e)}
533							60	40	—
532							50	50	—
531							10	80	10
530							40	50	10
529							50	50	—
528							70	30	—
527							60	40	—
525							20	80	—
524							50	50	—
523							70	30	—
522							10	90	—
521							< 10	80	20 ^{e)}
520							10	90	—
519							30	70	—
518							10	90	—
517							50	50	—
516							20	80	—
515							10	90	—
514							< 10	80	20
513							30	70	—
512							50	50	—
511							20	80	—
510							50	50	—
508							40	60	—
506							40	60	—
505							10	90	—
504							60	40	—
503							50	50	—
502							< 10	100	< 10
501							60	40	—

a) stärkster Peak <
b) stärkster Peak = K_{β} -Reflex von Quarz₍₁₀₁₎
c) stärkster Peak >

d) stärkster Peak > K_{α} -Reflex von Quarz₍₁₀₀₎
e) incl. etwas Smektit

Das Chlorit/Glimmer-Verhältnis variiert dabei meistens zwischen 0,5 und 2. Diese 1. Gruppe umfaßt die eigentlichen Kieseliefer. Am deutlichsten unterscheiden sich davon die Proben 502, 521, 531 und 534, die schon makroskopisch als Tufflagen angesprochen wurden (Tab. 8). Bei diesen sind die stärksten Glimmer-Peaks größer als die K_{β} -Reflexe von Quarz_{101}, und die stärksten Feldspat-Peaks sind sogar größer als die K_{α} -Reflexe von Quarz_{100}. Die Chlorit-Anteile in den Tonfraktionen gehen auf $\leq 20\%$ zurück. Außerdem ist zu beobachten, daß die $d_{\{001\}}$ -Werte der Glimmer-Basisreflexe mit 10,3–10,5 Å deutlich erhöht sind; nach Glycerin-Behandlung nehmen sie ihre normale Lage bei 9,9–10,0 Å ein, sind schlanker geworden und auch die Peakflächen haben sich um 10–20% verkleinert, ohne daß im Bereich höherer d-Werte neue Peaks zu erkennen wären. Diese Befunde deuten die Anwesenheit von Wechsellagerungsmineralen an, die jedoch nicht näher zu definieren sind.

In 2 Proben (521 und 534) sind außerdem kleine Peaks (< 10%) von Smektit (Montmorillonit) zu erkennen.

Die Mineralverteilung der restlichen Proben liegt im Bereich zwischen den beiden beschriebenen Gruppen, d. h. sie weisen gegenüber der ersten Gruppe etwas erhöhte Feldspat- und meistens auch etwas erhöhte Glimmer-Gehalte auf, und die Chlorit/Glimmer-Verhältnisse variieren um 1:4 (1:9 bis 3:7). Es könnten Kieseliefer mit mehr oder weniger hohen Anteilen von vulkanischem Material sein.

3.5. Anorganische Geochemie (F. KUBANEK)

Die in den Tabellen 9 und 10 aufgelisteten Haupt- und Spurenelemente wurden röntgenspektrometrisch bestimmt. Die Probenvorbereitung, Messung und Auswertung erfolgte nach den in KUBANEK & ZIMMERLE (1986) beschriebenen Verfahren, ebenso die Berechnung der freien Kieselsäure SiO_2 -frei (Tab. 9). Der über eine lineare Regression SiO_2 vs. Al_2O_3 ermittelte Korrelationskoeffizient $r = 0,966$ belegt die Güte des Verfahrens.

In Anlehnung an WILLIAMS et al. (1954, Abb. 91) erscheint eine grobe petrologische Klassifikation der vorliegenden Sedimentserie nach Anteilen an SiO_2 -frei am ehesten geeignet (Tab. 9): Tuffe (SiO_2 -frei < 30%), tuffitische Kieseliefer (30–50% SiO_2 -frei) und Kieseliefer (SiO_2 -frei > 50%). Mögliche Anteile von klastischem Quarz neben der chemisch eingebrachten Kieselsäure werden dabei nicht berücksichtigt.

In Tab. 9 heben sich die reinen Kieseliefer durch ihre hohen Gehalte an SiO_2 ges. (>75%, $\bar{x} = 82,3\% \pm 5,7$) und SiO_2 -frei (>60%, $\bar{x} = 71,8\% \pm 6,6$) hervor. Die reinen Tuffe (Bank 502 unten, 514, 521, 531 und 534) haben dagegen ein $\bar{x}_{\text{SiO}_2 \text{ ges.}} = 58,4\% \pm 2,8$ und ein $\bar{x}_{\text{SiO}_2 \text{ frei}} = 19\% \pm 6$ und sind durch K-Vormacht (K-Bentonite, $\bar{x}_{\text{K}_2\text{O}} = 6,2\% \pm 5$), höheres Al_2O_3 (>19%, $\bar{x}_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 21,7\% \pm 1,7$), höheres MgO (>2%, $\bar{x}_{\text{MgO}} = 2,4\% \pm 0,4$), höheres TiO_2 (max. 1,21%, $\bar{x}_{\text{TiO}_2} = 0,61\% \pm 4$) und höheres P_2O_5 (max. 0,16%) charakterisiert. Der P_2O_5 -Gehalt ist aber sowohl im Kieseliefer ($\bar{x}_{\text{P}_2\text{O}_5} = 0,05\% \pm 0,01$) als auch im Tuff ($\bar{x}_{\text{P}_2\text{O}_5} = 0,11\% \pm 0,05$) relativ niedrig, obwohl in den meisten untersuchten Proben Conodonten und auch pyroklastische Apatite auftreten.

In ihrem Spurenelementgehalt sind die Kieseliefer wie folgt gekennzeichnet (Tab. 10): TiO_2 ist mit $\bar{x}_{\text{TiO}_2} = 0,26\% \pm 0,11$ niedriger als in den Tuffen; der Mittelwert $\bar{x}_{\text{Ce}} = 103 \text{ ppm} \pm 25$ liegt unter den Extremwerten einzelner Tuffe (Bank 502, 531); auch U ist im Mittel ($\bar{x}_{\text{U}} = 11 \text{ ppm} \pm 8$) niedriger als in den Tuffen ($\bar{x}_{\text{U}} = 26 \text{ ppm} \pm 14$). Der

Mittelwert von Th ($\bar{x}_{\text{Th}} = 28 \text{ ppm} \pm 16$) ist ebenfalls niedriger als der den Tuffe ($\bar{x}_{\text{Th}} = 61 \text{ ppm} \pm 41$). Y streut in den Kieselschiefern zwischen 10 und 114 ppm, in den Tuffen zwischen 43 und 433 ppm. Nb liegt nur in zwei Tuffbänken (502 unten, 531) mit 382 und 257 ppm weit über dem Mittelwert der Kieselschiefer ($\bar{x}_{\text{Nb}} = 17 \text{ ppm} \pm 10$).

Die geringmächtigen Tuffe (Bank 502 unten, 531) zeichnen sich durch hohe Gehalte an Zr, Nb, Ce, Th aus. Besonders hohe Spurenelementgehalte in Tuffen, wie z. B. in Bank 531, setzen sich auch im hangenden Kieselschiefer fort.

Unterschiedliche Ergebnisse bei einigen Spurenelementbestimmungen mittels ICP-MS (Kap. 3.3) und RFA (Tab. 10) sind in erster Linie auf nicht exakt identische Proben aus den untersuchten Bänken zurückzuführen. Dies fällt besonders bei Spurenelementen auf, die in

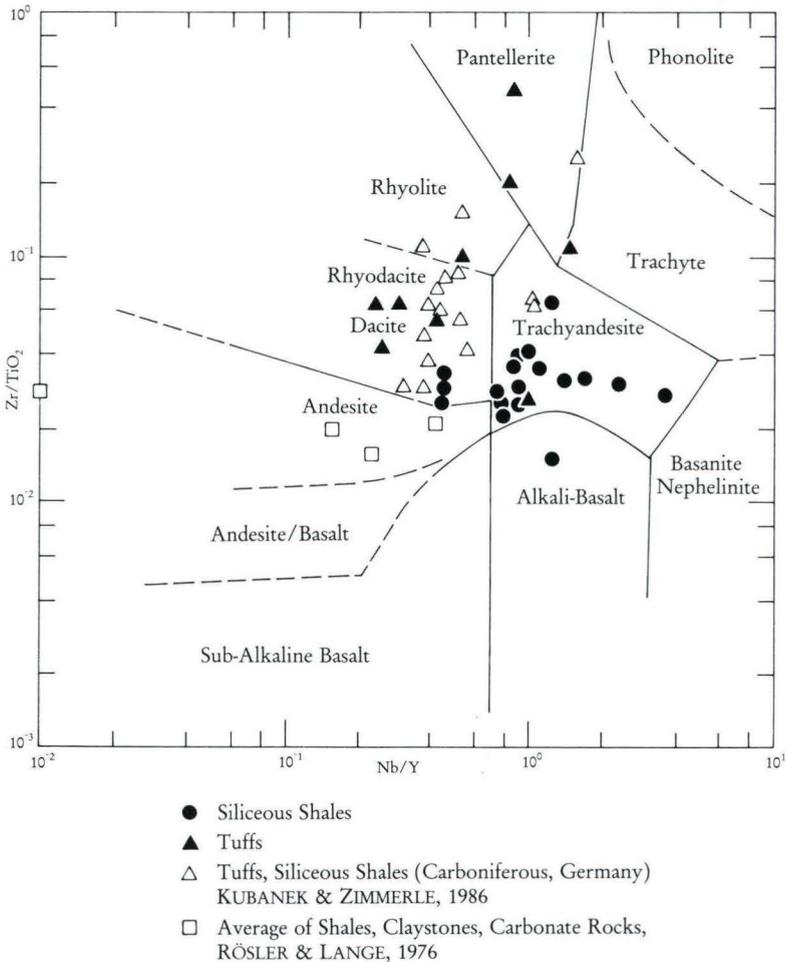


Abb. 13. Zr/TiO_2 vs. Nb/Y -Verhältnisse der Kieselschiefer und Tuffe des Profils Café Waldhaus (gefüllte Kreise und Dreiecke) in einer Diagrammdarstellung nach WINCHESTER & FLOYD (1977).

Tab. 9. Geochemische Charakteristik der Kieselschiefer und Tuffe. Hauptelemente (Angaben in Masse-%).
Profil Café Waldhaus. Lithologie wie Abb. 2

Bank	SiO ² ges.	SiO ₂ geb.	SiO ₂ frei	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	GV	
538	86,49	10,53	75,96	5,81	2,51	0,77	0,123	0,535	1,179	0,187	0,05	0,071	2,27	99,996
537	85,92	11,31	74,61	6,24	2,42	1,15	0,107	0,373	1,354	0,177	0,041	0,061	2,16	99,999
536	88,40	9,08	79,32	5,01	1,99	0,79	0,108	0,396	1,149	0,174	0,036	0,035	1,87	100,005
535	84,98	13,41	71,57	7,40	1,80	0,71	0,188	0,345	1,596	0,196	0,048	0,036	2,71	100,01
534	57,50	40,71	16,78	22,46	2,80	2,76	0,54	1,48	6,59	0,356	0,142	0,035	5,34	100,003
533	85,50	11,44	74,06	6,31	2,79	0,70	0,126	0,566	1,386	0,201	0,041	0,052	2,32	99,994
532	84,08	13,58	70,50	7,49	2,20	0,91	0,098	0,49	1,732	0,234	0,051	0,077	2,64	99,995
531	58,61	39,21	19,40	21,63	3,04	2,56	0,278	1,19	6,37	1,21	0,144	0,045	4,93	100,007
530	83,50	14,07	69,43	7,76	3,03	1,31	0,101	0,376	0,869	0,235	0,045	0,077	2,64	100,003
529	83,22	13,41	69,81	7,40	3,18	1,28	0,140	0,471	1,587	0,228	0,051	0,084	2,36	100,004
528	85,44	10,73	74,71	5,92	3,30	1,10	0,121	0,373	1,25	0,182	0,039	0,082	2,19	99,997
527	84,22	13,09	71,13	7,22	2,47	1,002	0,129	0,722	1,63	0,237	0,046	0,04	2,29	100,004
526	71,46	10,89	60,57	6,01	11,12	1,57	0,316	0,39	1,17	0,323	0,074	3,45	4,12	100,003
525	81,49	16,60	64,89	9,16	1,91	1,46	0,123	0,302	2,24	0,26	0,05	0,083	2,92	99,998
524	82,14	14,56	67,58	8,03	2,37	1,78	0,118	0,30	1,979	0,231	0,042	0,073	2,93	99,994
523	84,99	12,83	72,16	7,08	2,25	0,69	0,136	0,424	1,53	0,225	0,051	0,027	2,6	99,998
522	76,10	20,37	55,73	11,24	3,99	1,34	0,194	0,811	2,757	0,285	0,063	0,063	3,17	100,02
521	55,48	43,47	12,01	23,98	3,24	2,69	0,487	2,28	6,20	0,446	0,160	0,035	5,01	100,01
520	79,19	19,29	59,90	10,64	2,28	1,15	0,110	0,462	2,698	0,271	0,051	0,048	3,10	100,002
519	90,28	8,01	82,27	4,42	1,43	0,54	0,088	0,265	1,07	0,17	0,042	0,071	1,62	99,994
518	70,68	19,36	51,32	10,89	8,46	1,23	0,153	0,64	2,65	0,379	0,073	0,39	4,45	99,995
517	88,63	10,20	78,43	5,63	1,36	0,76	0,083	0,299	1,26	0,18	0,033	0,026	1,74	100,00
516	82,21	14,81	67,40	8,17	3,05	0,99	0,163	0,419	1,93	0,245	0,047	0,155	2,63	100,01
515	73,44	21,84	51,60	12,05	5,04	1,32	0,123	0,663	3,20	0,336	0,057	0,126	3,65	100,01
514	63,07	34,84	28,23	19,22	3,45	2,13	0,246	1,308	5,33	0,324	0,05	0,027	4,85	100,01
513	76,15	21,99	54,16	12,13	3,14	1,21	0,129	0,45	3,075	0,304	0,052	0,044	3,32	100,01
512	88,33	9,30	79,03	5,13	1,86	0,67	0,097	0,458	1,086	0,170	0,048	0,076	2,09	100,02
511	70,91	26,57	44,34	14,66	2,77	1,52	0,173	1,153	3,969	0,632	0,067	0,054	4,09	99,994
510	89,99	8,36	81,63	4,61	1,38	0,53	0,111	0,446	0,897	0,144	0,042	0,043	1,8	99,993
508	80,81	16,68	64,13	9,20	2,54	0,97	0,138	0,808	2,16	0,33	0,063	0,069	2,92	100,01
506	78,21	18,67	59,54	10,30	3,59	1,13	0,142	0,77	2,48	0,36	0,067	0,054	2,89	99,993
505	71,09	23,71	47,38	13,08	5,88	1,25	0,111	0,69	3,31	0,516	0,08	0,066	3,93	100,003
504	79,42	13,67	65,75	7,54	5,07	0,75	0,101	0,385	3,37	0,234	0,056	0,04	3,04	100,00
503	82,36	13,98	68,38	7,71	3,46	0,95	0,099	0,49	1,996	0,256	0,05	0,066	2,56	100,00
502	68,37	39,86	28,84	15,73	3,16	1,89	0,146	0,908	4,56	0,481	0,069	0,032	4,65	99,996
oben														
502	57,35	38,63	18,72	21,31	4,03	2,37	0,249	2,42	6,37	0,97	0,084	0,033	4,81	99,996
unten														
501	89,82	8,08	81,74	4,46	1,877	0,573	0,096	0,277	0,846	0,136	0,037	0,04	1,84	99,991

Tab. 10. Geochemische Charakteristik der Kieselschiefer und Tuffe. Spurenelemente (Angaben in ppm).
Profil Café Waldhaus. Lithologie wie Abb. 2

Bank	Rb	Sr	Ba	Zr	Nb	Ce	U	Th	Y
538	57	25	132	57	8	85	11	23	11
537	66	24	136	50	9	119	<5	36	10
536	53	25	142	61	12	91	10	36	11
535	70	25	151	71	14	93	16	36	16
534	214	61	439	228	15	117	13	77	50
533	68	28	159	82	13	86	<5	16	13
532	80	26	171	153	26	144	7	27	21
531	231	50	434	2448	257	892	21	55	306
530	81	29	200	71	21	83	12	33	9
529	77	25	164	60	10	80	7	22	13
528	61	26	126	48	9	106	9	47	9
527	75	26	132	60	14	115	15	22	15
526	52	51	732	207	13	37	49	41	55
525	101	28	217	82	14	121	9	42	23
524	86	27	204	65	10	102	11	13	17
523	70	25	135	57	8	81	19	5	18
522	109	38	268	96	13	131	15	31	28
521	189	82	401	190	12	65	23	57	48
520	111	33	229	87	17	172	29	19	28
519	40	24	143	39	8	54	11	<5	10
518	121	32	642	119	14	102	31	13	40
517	57	28	117	52	9	75	<5	34	10
516	88	32	266	71	9	92	<5	17	20
515	137	33	375	111	20	98	34	24	33
514	202	54	394	176	18	53	<5	8	43
513	131	33	288	105	21	139	<5	16	32
512	43	24	167	68	15	117	<5	13	16
511	157	38	527	629	62	165	35	56	114
510	42	29	131	46	12	89	8	20	7
508	90	32	268	96	17	105	<5	20	23
506	107	35	254	124	17	115	<5	51	27
505	139	32	315	180	22	138	<5	30	38
504	67	25	186	104	21	86	<5	15	17
503	80	24	232	117	30	111	<5	23	21
oben									
502	188	37	386	524	38	276	15	37	67
unten									
502	231	57	389	4619	382	359	25	130	433
501	36	21	120	37	18	70	<5	82	5

dispers im Gestein verteilte Akzessorien eingebaut werden. Elemente wie z. B. Rb, die vorwiegend an Tonminerale gebunden sind, stimmen im Methodenvergleich besser überein. Dies unterstreicht die außerordentliche Heterogenität dieser Gesteine in feinsten Bereichen und weist insbesondere auf vermutlich in extrem dünnen Lagen auftretende Anreicherungen akzessorischer Schwerminerale hin. Der Aufbau dieser Proben aus dünnsten Sedimentationseinheiten deutet sich somit auch in den geochemischen Analysen an.

In einem Zr/TiO₂ vs. Nb/Y Diagramm (Abb. 13) nach WINCHESTER & FLOYD (1977), das der Klassifikation vulkanischer Gesteine dient, streuen die Werte vorliegender Proben vorwiegend zwischen den Feldern des Trachyandesits und des Dazits bzw. Rhyodazits. Als deutliche Ausreißer erweisen sich die Proben 502 unten und 531 mit Zr-Gehalten von 4619 ppm und 2448 ppm. Die Annahme liegt nahe, daß die Streuung der Werte eher durch sedimentäre Prozesse (z. B. Klassierung auf dem Transportweg) bedingt ist als durch eine primäre chemische Veränderung der Magmen.

Somit hat sich die anorganisch-geochemische Analytik (Kap. 3.3 u. 3.5) als zuverlässige Methode erwiesen, auch Oberflächenproben, die z. T. der Verwitterung ausgesetzt waren, zu analysieren und den lithologischen Wechsel durch Haupt- und Spurenelemente trotz der diagenetischen Überprägung der Kieseliefer zu dokumentieren.

3.6. Mikrothermometrische Untersuchungen an Fluid-Einschlüssen (R. RIEKEN)

Die mikrothermometrische Untersuchung sollte die Frage beantworten, ob Kieseliefer, für die allgemein eine frühe Einkieselung angenommen wird, sich hinsichtlich ihres Fluid-Einschlußinventars von anderen Sedimentgesteinen unterscheiden. Des weiteren sollten die Ergebnisse Aufschluß darüber geben, ob die Kluffüllung der Kieseliefer im Anschluß an eine Zerbrechung ein von der mutmaßlich frühdiagenetischen Einkieselung völlig losgelöster, späterer diagenetischer Akt ist.

Von 6 untersuchten Kieseliefer-Proben konnten nur in Bank 530 mikrothermometrische Untersuchungen an Fluid-Einschlüssen durchgeführt werden, weil nur dort Klufformationen mit Fluid-Einschlüssen auftreten. Die Kieseliefer selbst sind für Einschlußuntersuchungen zu feinkörnig.

Die in der Probe 530 auftretende Kluft enthält fein- bis grobkristalline authigene Quarze, in denen meßbare primäre und sekundäre Fluid-Einschlüsse zu beobachten sind.

Insgesamt können nach Habitus, Inhalt und Bildungsbedingungen 4 Einschlußgenerationen unterschieden werden (Abb. 14–16):

- (1) Prim. 1–2-phasige, wässrige Fluid-Einschlüsse
- (2) Prim. 1–2-phasige, wässrige Fluid-Einschlüsse
- (3) Sek. 1–2-phasige, wässrige Fluid-Einschlüsse
- (4) Sek. 1-phasige, CH₄-reiche Fluid-Einschlüsse

Generation (1) und (2) weisen Unterschiede in ihrer Lösungsaktivität auf.

Während die Einschlußform der primären Einschlüsse unregelmäßig bis oval ist, treten die sekundären Einschlüsse nur in ovaler Form auf. Im Durchschnitt erreichen primäre Fluid-Einschlüsse Durchmesser von 10 bis 15 µm, sekundäre Fluid-Einschlüsse nur 5 bis 8 µm. Die Meßergebnisse können als korrekt bezeichnet werden, da weder Dekreparationen von Einschlüssen noch „necking down“-Effekte vorkommen.

Die Grundlagen der Mikrothermometrie in Sedimentgesteinen, speziell in Sandsteinen und Karbonaten des NW-deutschen Untergrunds, sind eingehend bei RIEKEN (1988) beschrieben.

Die eutektischen Temperaturen (T_e), d. h. die Temperatur des ersten sichtbaren Schmelzens von Eis, geben qualitative Hinweise auf die Lösungszusammensetzung an. In den Primären Einschlüssen sind Schwankungen der T_e-Werte zu verzeichnen, die auf pulsierende Lösungsschübe hindeuten.

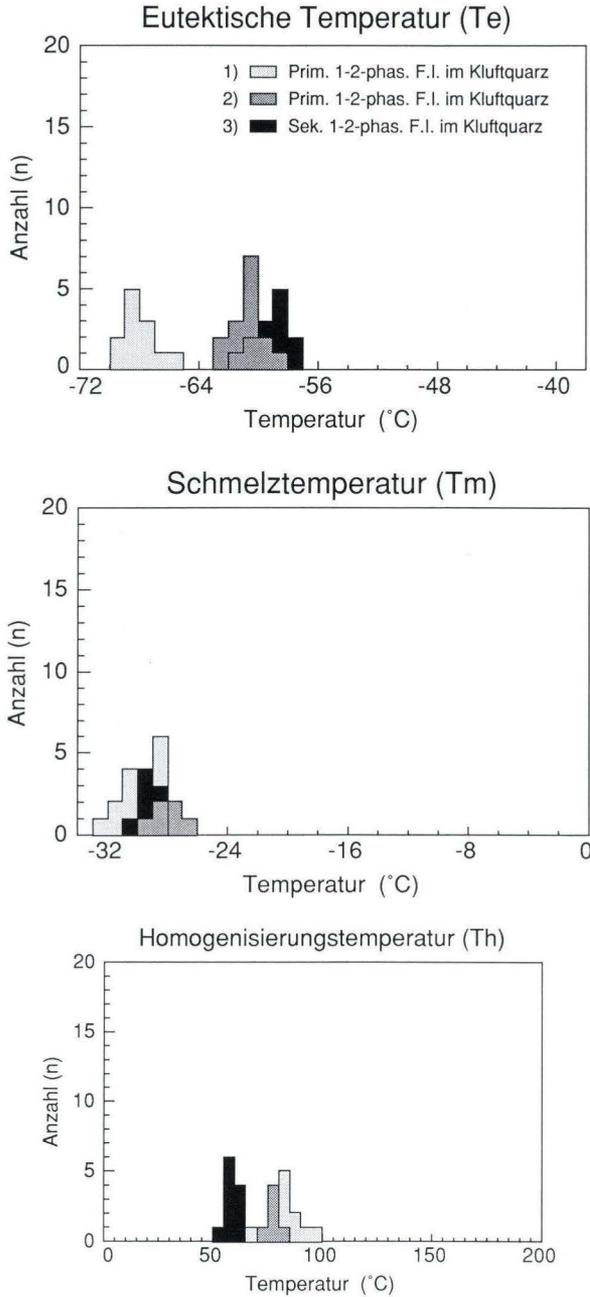


Abb. 14. Histogramme der Phasenübergänge T_e , T_m und T_h in den untersuchten wässrigen Fluid-Einschlüssen der Kieselschieferprobe (Bank 530).

In Einschlußgeneration (1) reichen die T_e -Werte von -70 bis -65°C , in Einschlußgeneration (2) von -62 bis -58°C (Abb. 14). In beiden Fällen muß mit einer Dominanz der CaCl_2 -Komponente gegenüber den NaCl - und MgCl_2 -Komponenten gerechnet werden, wie sie überall in tiefen salinaren Formationswässern (deep salinar brines) vorzufinden ist. Die T_e -Schwankungen werden vor allem durch unterschiedliche Gehalte an CaCl_2 erzeugt.

Die Schmelztemperaturen (T_m), d. h. Temperaturen des letzten Schmelzens der Eiskomponente in der Einschlußlösung, variieren entsprechend den T_e -Werten. Sie geben einen qualitativen Hinweis auf die Salinitäten ausgedrückt in NaCl -Äquivalenten (Gew. %).

Hier betragen die Salinitäten der höhersalinaren Lösungen (T_m von -32 bis -30°C) 26 bis 28 Gew. % NaCl (äquiv.), die der weniger salinaren Lösungen (T_m von -29 bis -26°C) 25 bis 27 Gew. % NaCl (äquiv.).

Die Homogenisierungstemperaturen (T_h) der Gasphasen in die wässrigen Phasen sind gleichzusetzen mit den minimalen Bildungstemperaturen der Fluid-Einschlüsse. Sind diese primär bzw. pseudosekundär, so repräsentieren die T_h -Werte ebenfalls die minimalen Bildungstemperaturen der Wirtsminerale.

Einschlußgeneration (1) und (2) in den Kluftquarzen ergeben T_h -Werte zwischen 70 und 100°C mit einem Maximum bei 80°C (Abb. 14).

Neben den Einschlußgenerationen (1) und (2) können sekundäre, 1-2-phasige Fluid-Einschlüsse in den Kluftquarzen als Generation (3) unterschieden werden. Ihre Phasentübergänge (T_e , T_m und T_h) weichen nur geringfügig von denen der primären Einschlüsse ab.

T_e -Werte von -60 bis -57°C und T_m -Werte von -30 bis -28°C lassen erkennen, daß auch diese Einschlüsse dem gleichen Formationswasser wie die primären Einschlüsse entstammen. Nur die Homogenisierungstemperaturen zwischen 50 und 65°C liegen um 20 bis 30°C niedriger.

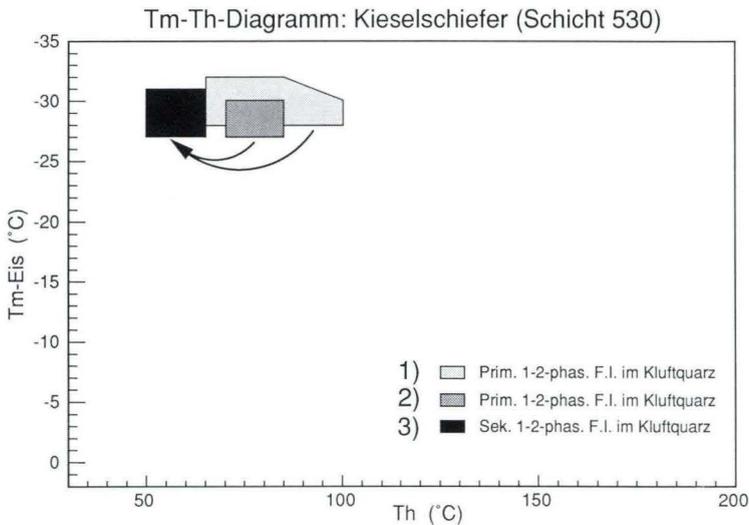


Abb. 15. Tm-Th-Diagramm mit den in wässrigen Fluid-Einschlüssen gemessenen T_m - und T_h -Werten.

Das Tm-Th-Diagramm (Abb. 15) zeigt, daß die Lösungssalinitäten der Einschlußgenerationen (1), (2) und (3) sich nicht unterscheiden, die minimalen Bildungstemperaturen (Th) deutlich variieren, wobei die sekundären jünger und niedriger temperiert sind.

Die Einschlußgeneration (4) besteht aus sekundären, 1-phasigen CH₄-Einschlüssen (Abb. 16), die sich vor allem durch ihre dunklere Einschlußfüllung von den wässrigen Einschlüssen unterscheiden lassen.

Während des Abkühlens auf -160°C bildet sich bei -100°C eine Gasphase in der Flüssigkeit aus. Sie homogenisiert beim anschließenden Erwärmen zwischen -86 und -83°C in die liquide Phase. Dieser Th-Bereich ist typisch für CH₄-haltige Fluid-Einschlüsse. Die kritische Temperatur für reines CH₄ beträgt $-82,6^{\circ}\text{C}$, was einer Einschlußdichte von $0,162\text{ g/cm}^3$ entspricht. Niedrigere Th-Werte im reinen CH₄-System, wie sie hier gemessen wurden, sind auf einen höheren Bildungsdruck und damit auf eine höhere Einschlußdichte ($0,20$ bis $0,25\text{ g/cm}^3$) zurückzuführen.

Ob es sich bei diesen Einschlußlösungen um reine CH₄-Phasen handelt, läßt sich nicht eindeutig durch die mikrothermometrischen Untersuchungen bestimmen, sondern nur mit Hilfe der Laser-Raman-Spektroskopie.

Die wässrigen Einschlußlösungen in den untersuchten Kluftmineralen sind wie auch in anderen Sedimentgesteinen hochsalinar.

Die untersuchte Kieselchieferprobe zeigt keine gesteinspezifischen Besonderheiten hinsichtlich des Fluid-Einschlußinventars. Die beobachteten Einschlußgenerationen haben sich nach der Verfestigung des Gesteins und seiner Zerbrechung gebildet. Die minimalen Bildungstemperaturen der primären Einschlußgenerationen (1) und (2) verdeutlichen, daß die Bildung der authigenen Quarze und damit das Einfangen der fluiden Einschlüsse in einem Temperaturbereich von 80 bis 100°C stattgefunden hat. Bei Annahme eines normalen Geothermalgradienten zur Bildungszeit müssen sich die Kluftsysteme in einer Tiefe von $2,5$ bis $3,5\text{ km}$ geöffnet haben. Aszendente, hochsalinare Wässer führten gleichzeitig zur Bildung der Kluftquarze.

Während der nachträglichen Heraushebung entstanden in den Quarzen feinste Mikrorisse, in denen die sekundären, 1–2-phasigen Fluid-Einschlüsse eingefangen wurden.

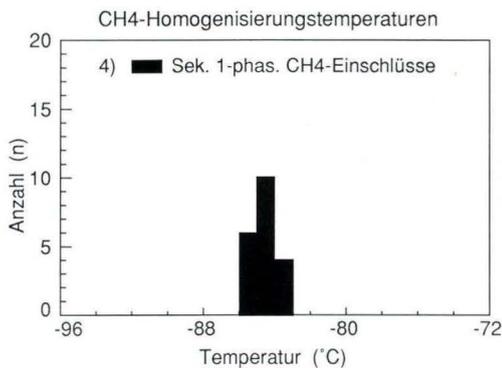


Abb. 16. Histogramm der Homogenisierungstemperaturen in den sekundären CH₄-haltigen Fluid-Einschlüssen.

Kennzeichnend für diesen Prozeß sind relativ niedrige Homogenisierungstemperaturen von 50 bis 65°C bei gleichbleibender Salinität. Parallel dazu wurden sekundäre CH₄-Einschlüsse gebildet. Vermutlich wurde das CH₄ durch die thermische Beanspruchung organischer Materialien freigesetzt und mit azendenten, hochsalinaren Lösungen in die Klüfte verfrachtet. Die genaue Herkunft des Methans kann nicht bestimmt werden. Ein vulkanogener Einfluß bei der Bildung dieser Einschlüsse kann ausgeschlossen werden, da keine hohen CO₂-Anreicherungen in den Fluid-Einschlüssen gefunden wurden.

4. Ergebnisse und Folgerungen (G. HENTSCHEL, M. HORN, T. NÖLTNER & W. ZIMMERLE)

Der untersuchte Profilabschnitt in den unterkarbonischen Kieselschiefern baut sich aus einer charakteristischen Wechselfolge^r von gebankten, harten Kieselschiefern (bedded cherts) und weichen Tuff-Zwischenmitteln auf. Die Schichtenfolge ist diagenetisch überprägt zu einer Hart-Weich-Folge. Sie wurde ursprünglich als feinlamierte Serie von Tonen, siltigen Pyroklastika und Tuffen sedimentiert.

Das submikroskopische Gefüge der Kieselschiefer zeigt unter dem REM uniforme Kristallgrößen (ca. 1–2 µm) der xenomorphen bis hypidiomorphen Matrixbausteine. Dieser Befund weist ebenso wie die schwache und teilweise fehlende Kompaktion auf eine durchgreifende, syndimentäre bis frühdiagenetische Einkieselung hin. In der kryptokristallinen Matrix sind winzige Apatite vorwiegend biogenen Ursprungs und Ti-Oxide häufig. Zirkon und Monazit dagegen treten in der Matrix zurück.

Die SiO₂-Gehalte der Kieselschiefer liegen mit 70–90% deutlich über denjenigen rezenter Radiolarienschlamme. SiO₂ liegt überwiegend in Form von Quarz (kryptokristalline Matrix) und untergeordnet von Chalcedon (Radiolarien- und Schwammnadelrelikte) sowie gebunden an Tonminerale und Feldspäte vor. In der Matrix wurden keine amorphen SiO₂-Phasen festgestellt. Die für die intensive Einkieselung erforderliche Kieselsäure stammt im wesentlichen aus dem Abbau chemisch instabiler Vulkanoklasten (Glas und vulkanische Gesteinsfragmente).

Unter den Tonmineralen in den Kieselschiefern und den Tuffen herrschen Illit und Chlorit vor. Der ursprüngliche Tonanteil wurde im Zuge der Einkieselung zurückgedrängt; die primäre Tonmineralzusammensetzung wurde durch die Diagenese verändert, teilweise durch die Zersetzung alkalihaltiger Komponenten. Halmyrolytische Prozesse haben dabei eine maßgebliche Rolle gespielt. Organischer Detritus (0,25–0,77 Vol.-%) ist bis zu 80 µm groß, relativ stark inkohlt (R_{max}: 2,55% = Magerkohlenstadium) und vorwiegend terrestrischer (pflanzlicher) Herkunft. Er hat die Farbe der Kieselschiefer wesentlich beeinflußt.

Mineralzusammensetzung sowie Haupt- und Spurenelementchemismus charakterisieren die beiden vorherrschenden Gesteinstypen: Kieselschiefer und Tuffe. Neben- und Spurenelementverteilung (Zr/TiO₂ : Nb/Y, sowie U : K, U : Th) weisen vornehmlich auf saure bis intermediäre Vulkanite als Ausgangsgesteine für Tuffe und Kieselschiefer hin. Das stimmt überein mit den Ergebnissen von Hoss (1957), die die von ihr untersuchten Tuffe in den Kulmkieselschiefern zu den Quarzkeratophyrtuffen stellt. Bei dem bimodalen unterkarbonischen Vulkanismus mit einerseits sauren (keratophyrischen) und andererseits basischen Gesteinen (Diabase) sind phreatoplinianische Eruptionen besonders bei den keratophyri-

schen Magmen zu erwarten. Bei diesen ist der Anteil vulkanischer Partikel $< 5 \mu\text{m}$ besonders hoch (LEBEDEV 1983: 411). Solche winzigen Bestandteile sind in geologisch so alten Gesteinen vermutlich nicht mehr als Komponenten vulkanischer Herkunft identifizierbar, vor allem dann, wenn sie mit anderen Sedimentpartikeln vermengt sind. Die Überlegungen von LEBEDEV (1983) zu den Beziehungen zwischen Art des Vulkanismus, Magmenchemismus und finaler Partikelgröße (im Zusammenhang mit Kreideklima und Kreidevulkanismus) deuten mögliche Parallelen zu den unterkarbonischen Verhältnissen an.

In den Tuffen sind die Anteile an Zr und Nb sowie P_2O_5 , Ba, SEE und Th meist höher als in den Kieselschiefern. Der TiO_2 -Gehalt der Tuffe ist allerdings niedrig.

Nach der mikrothermometrischen Untersuchung der Kluftmineralisation in Bank 530 haben sich die Kluftquarze aus azendenten, hochsalinaren Wässern gebildet, vermutlich in einer Teufe von 2,5–3,5 km. Die Fluideinschlüsse zeigen keine gesteinspezifischen Besonderheiten; vulkanogener Einfluß bei der Bildung der Einschlüsse ist ausgeschlossen.

In den ursprünglichen, feinkörnigen Sedimenten mit hohem Anteil an vulkanischem Material wurden durch intensive Halmyrolyse große SiO_2 -Mengen frei, die zu einer frühdiagenetischen Einkieselung führten, so daß damit zu rechnen ist, daß die eigentliche Kieselschiefer- oder Lyditbildung erst diagenetisch erfolgte. Eine exhalative Komponente ist noch unbewiesen.

Die Kieselschiefer sind also Musterbeispiele für eine polygenetische Lithogenese. Monogenetische Erklärungsversuche werden der komplexen Lithologie dieser Gesteine nicht gerecht.

Abschließend sei noch auf eine praktische Bedeutung der vorliegenden Untersuchungen hingewiesen. C_{org} -reiche Kieselgesteine sind im Verlauf der Erdgeschichte häufig zugleich Mutter- und Speichergesteine für Kohlenwasserstoffe, vor allem in Kreide und Tertiär (z. B. Menilitischefer der Karpaten, Monterey-Schiefer in Kalifornien). Im Unterkarbon von Mitteleuropa sind die C_{org} -reichen Kieselschiefer allerdings schon „überheizt“ und nicht mehr porös.

5. Zur Genese der Kieselschiefer (W. ZIMMERLE)

Die Genese der Kieselschiefer, vor allem der gebankten Kieselschiefer (bedded chert im angelsächsischen Sprachgebrauch), ist immer noch umstritten (SCHWAN 1952, PETTIJOHN 1957, HOSS 1957, GRUNAU 1965, KOSSOVSKAYA & SHUTOV 1975, GREENSMITH 1978, TUCKER 1981, LASCHET 1984, HEIN & OBRADOVIC 1989). Zur Zeit werden für die Kieselschiefer-Bildung im wesentlichen drei verschiedene Prozesse der Kieselsäure-Anreicherung diskutiert:

- (1) Bei „primären“ Kieselschiefern fällt die gesteinsbildende Kieselsäure direkt aus dem Meerwasser aus infolge von Übersättigung.
- (2) Bei „biogenen“ Kieselschiefern geht die Kieselsäure-Anreicherung vor allem auf das reichliche Vorhandensein von Radiolarien und deren vermutete Auflösung zurück, unabhängig von den begleitenden Sedimentgesteinen.

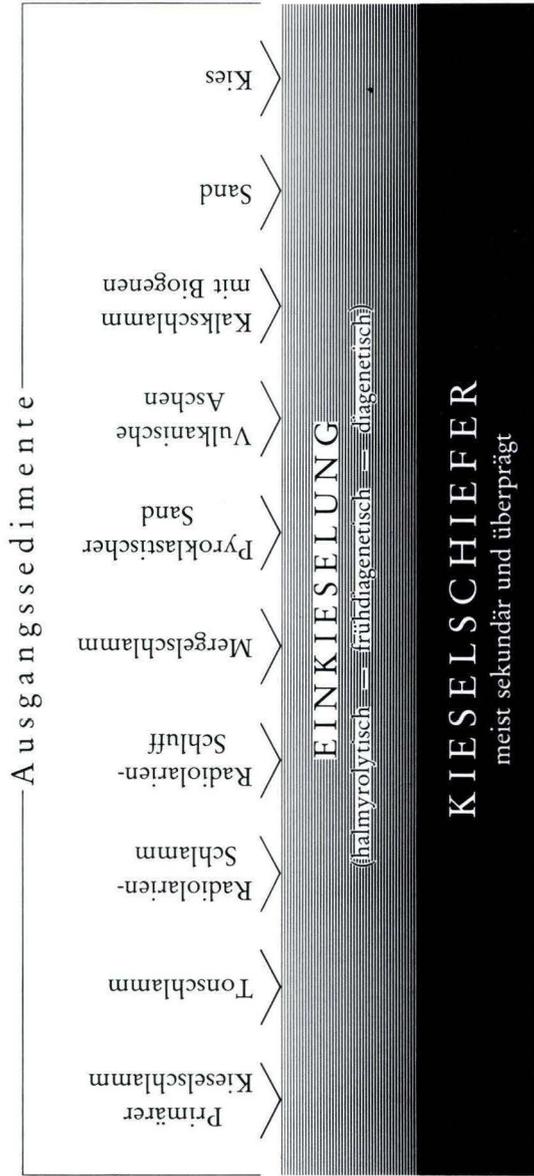


Abb. 17. Schema der polygenetischen Kiesel-schiefer-Bildung im Unterkarbon des Kellerwaldes und des Harzes (unter Verwendung der Beobachtungen von EL-TARABILI 1962 und ZIMMERLE 1986).

- (3) Bei „sekundären“ Kieselschiefern ist die Kieselsäure-Anreicherung und Einkieselung eines primär andersgearteten Gesteins oder andersartiger Gesteine sekundär, d. h. penekontemporär bis frühdiagenetisch oder spätdiagenetisch, und nicht synsedimentär.

Eine Kombination der drei Möglichkeiten ist ebenfalls vorstellbar.

Eine wesentliche Frage ist, ob die fossilen reinen Kieselschiefer ein rezentes Äquivalent haben oder ob die fossilen Kieselschiefer einen diagenetischen Reifeprozess in Richtung auf eine SiO_2 -Anreicherung erfahren haben. Letzteres kann man folgern, wenn man Analysen von rezemem Radiolarienschlamm mit 50–60% SiO_2 (WENK 1949, 228; POKORNY 1958, 66; GREENSMITH 1978, Taf. 10.1, 174; SLANSKY 1980, 45; PFEIFFER et al. 1981, Tabelle 2.18.1) mit Analysen von fossilen Radiolariten (> 90% SiO_2) vergleicht.

Das untersuchte Profil aus dem Kieselschiefer von Bad Wildungen, das nach sorgfältiger Überlegung ausgewählt worden war, ist in seinem äußeren Erscheinungsbild, d. h. in Bankmächtigkeit, Farbe und Sedimentstrukturen, den meisten Kieselschiefer-Abfolgen des Rheinischen Schiefergebirges und des Harzes ähnlich. Es ist allerdings nicht so heterogen in seinen Ausgangssedimenten wie entsprechende Profile im Harz (Abb. 17) und in stratigraphisch jüngeren Partien des Kulmkieselschiefers. Auch fehlen dynamische Elemente; das Sedimentationsgeschehen erscheint in diesem Schichtenabschnitt ausgesprochen statisch.

Ausgangssedimente der untersuchten Kieselschiefer waren im wesentlichen:

- radiolarienführende Tone,
- Tone vermutlich vulkanogener Natur,
- siltige bis feinsandige Aschen und Pyroklastite,
- linsenförmige bis dünnlagige Einschaltungen, besonders reich an Radiolarien und, sehr untergeordnet, von kieseligen Schwammnadeln in Tonen und Aschen.

Die Ausgangssedimente waren meist gröberkörnig, als nach aus dem heutigen Erscheinungsbild des Kieselschiefers zu vermuten ist. Der extrem feinkörnige Charakter der Kieselschiefer ist sekundär.

Die scheinbar relativ uniforme zyklische Wechselfolge aus harten Bänken und weichen Zwischenlagen von Tuff, erweist sich, wie im Harz, als heterogen zusammengesetzte Gesteinsfolge, die eine größtenteils intensive Resorptionsdiagenese erfahren hat. Die eigentlichen Kieselschiefer haben sich erst penekontemporär bis frühdiagenetisch gebildet, indem die ursprüngliche Sedimentfolge eingekieselt worden ist. Erst die diagenetische Überprägung dieser Gesteinsfolge führte zu der einheitlich erscheinenden, grobgebankten Hart/Weich-Abfolge (Abb. 18), die wir als Kieselschiefer ansprechen.

Die Prozesse einer Kieselsäure-Anreicherung treten zumindest in den unterkarbonischen Kieselschiefern in einem komplizierten Zusammenspiel auf. Die frühdiagenetischen Prozesse und Abläufe sind hier andere gewesen als z. B. in Sandsteinen.

Zur Zeit der Kieselschiefer-Bildung herrschten günstige Lebensbedingungen für planktonische Kieselorganismen wie Radiolarien, wobei die vielfach beobachtete Auflösung und Wiederausscheidung von biogener Kieselsäure eine wichtige Rolle gespielt haben muß. Überprägt wurden diese Prozesse der Kieselsäure-Mobilisation, die sowohl synsedimentär als auch diagenetisch abgelaufen sind, von penekontemporären und frühdiagenetischen halmyrolytischen Prozessen zusätzlicher Kieselsäure-Zufuhr aus vulkanischen Hydrothermen und aus dem Abbau vulkanischer Gesteinsfragmente und Gläser. Letztere haben erst

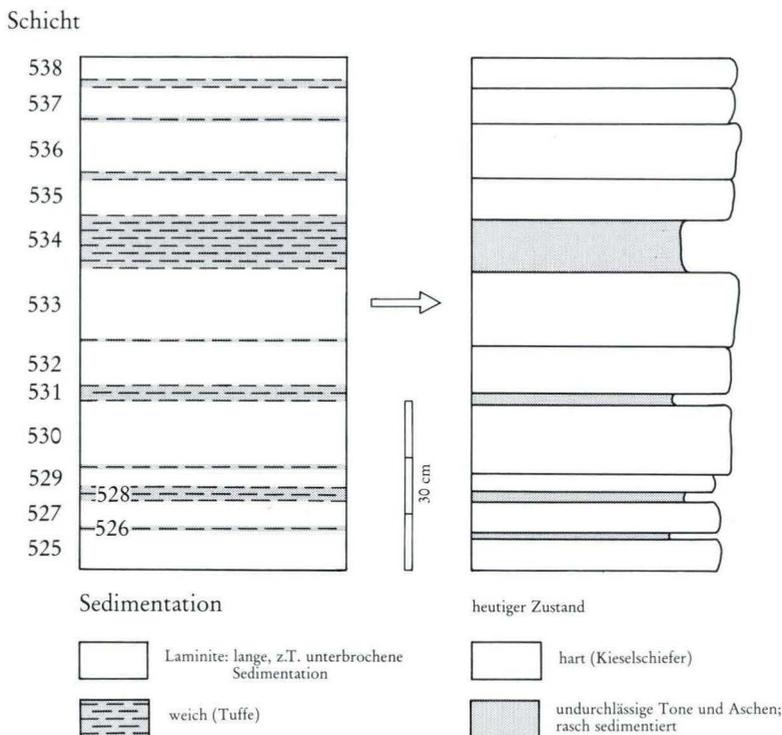


Abb. 18. Entwicklungsstadien der Kieseliefer (schematisiert), unter Zugrundelegung der Schichtenfolge 525–538, Kompaktion nicht berücksichtigt.

zum heutigen Erscheinungsbild der gebankten Kieseliefer geführt. Spätdiagenetisch ist schließlich die Ausfüllung der Haarrisse in den Kieseliefen mit Quarz (Abb. 19).

Die weitere genetische Entwicklung – vor allem die Umwandlung der verschiedenen SiO_2 -Modifikationen – folgte dann dem Schema der Maturations-Theorie (ERNST & CALVERT 1969). Sie entspricht der „Chertification“ ozeanischer Sedimente (WISE & WEAVER 1974).

Heute liegt das submikroskopische Mosaik eines granoblastischen Quarzgefüges von einheitlicher Partikelgröße zwischen 1–5 μm vor, das frühdiagenetischen Ursprungs ist. Abb. 20 verdeutlicht den Gegensatz zwischen dem syndesimentären Sedimentgefüge und dem frühdiagenetischen Mikrogefüge der Kieseliefer. Syndesimentär bis penekontemporär lag ein saures, SiO_2 -gesättigtes bis übersättigtes Mikromilieu vor; sonst wären die winzigen und zierlichen Schwamm- und Radiolarienreste längst in Lösung gegangen. Während der Sedimentation herrschte ein Meerwasser-Chemismus um die Sättigungsgrenze von SiO_2 . Außergewöhnliche Ereignisse konnten plötzlich SiO_2 -Fällung auslösen. Das Wechselspiel von Lösung und Ausfällung biogener Kieselsäure wird durch die unruhigen tektonischen Verhältnisse im Gefolge des Vulkanismus und unter den „pathologischen“

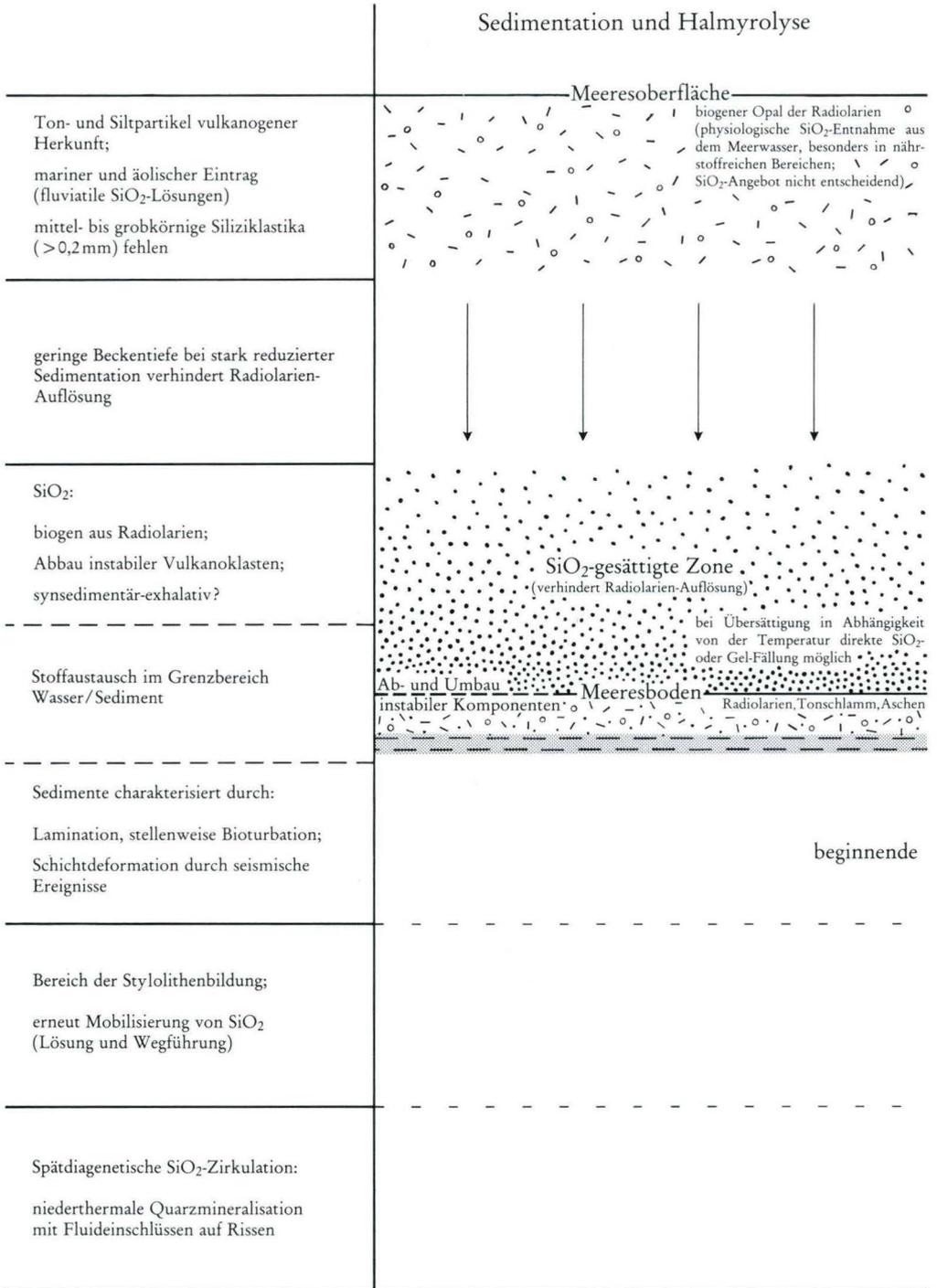
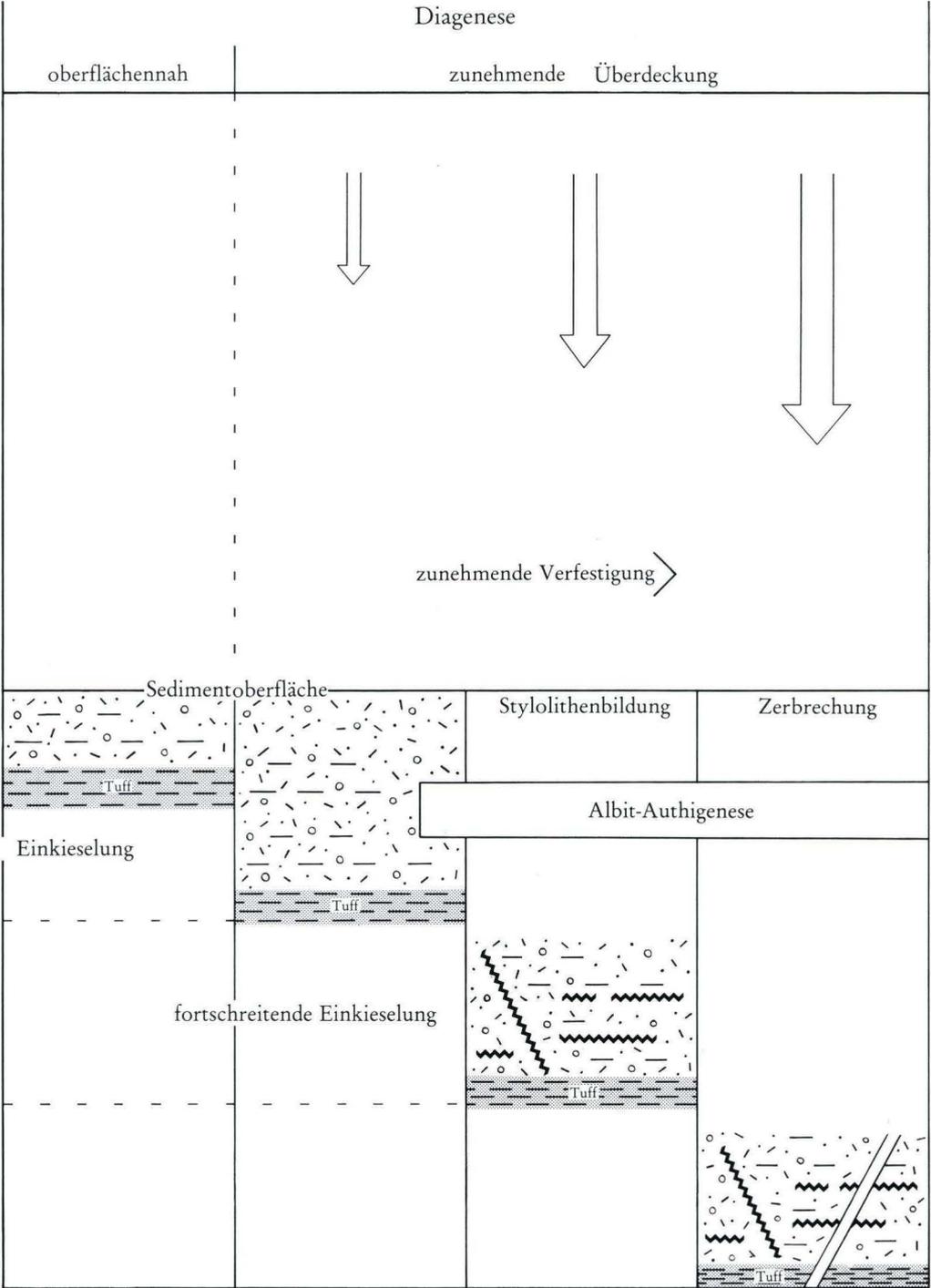


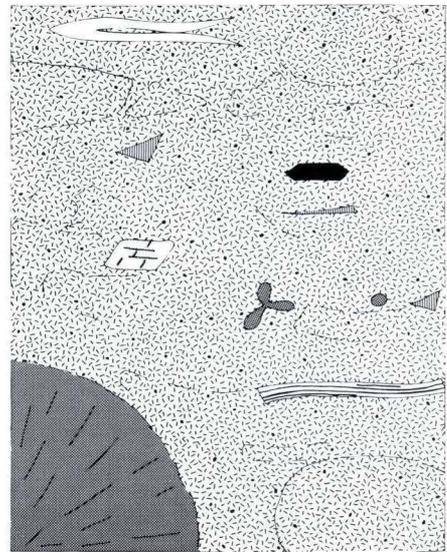
Abb. 19. Schema der Kieselchiefer-Genese und -Diagenese im Unterkarbon des Kellerwaldes.



Verhältnissen eines unterkarbonischen „starved basin“ begünstigt. Wichtig für die Bildung der Kieselschiefer war, daß ihre Ausgangssedimente besonders reaktionsfreudig waren aufgrund minimaler Partikelgrößen und großer Kornoberflächen, engständiger Lamination und reichlichem Vorhandensein instabiler vulkanischer Gesteins- und Glasfragmente sowie ihrer instabileren Abbau- und Umwandlungsprodukte. Die vermutlich ehemals vorhandenen Zwischenprodukte eines progressiven Gesteins- und Mineralabbaus wie Smekтите, Opal und Zeolithe wurden im Zuge einer späteren Diagenese alle ausgemerzt und sind nicht mehr direkt belegbar. Bei all diesen Umwandlungen wurde immer wieder erneut Kieselsäure freigesetzt (progressive Einkieselung). Schließlich können nur noch die höheren SiO_2 -Gehalte von der ursprünglichen Entwicklung Zeugnis geben. Bei der endgültigen Herausbildung der Hart-/Weich-Abfolge spielte sich die Einkieselung „im eigenen Saft“ ab, d. h. im Bereich der heute harten Bänke, während die tonigen Tufflagen als Stauhorizonte einer alle Sedimentlagen umfassenden Einkieselung entgegenstanden. Kompaktion und vor allem Gesteinslösung haben diesen Prozeß der Kieselschiefer-Bildung überprägt und teilweise



syndimentäres Gefüge



heutiger Zustand (vor allem frühdiagenetisches Mikrogefüge)

-  Kieselfossilien (Radiolarien, Schwämme)
-  Feldspat
-  Splitterquarz
-  Karbonatische Fossilfragmente
-  Instabiler Detritus
-  Conodonten-Reste

-  Zirkon
-  (ursprünglich) Biotit
-  Glasfragmente
-  Primäre Matrix
-  Sekundäre Kieselmatrix mit Mikroporen

Abb. 20. Schematische Gegenüberstellung von syndimentärem Gefüge und frühdiagenetischem Mikrogefüge des Kieselschiefers.

verschleiert, so daß eine quantitative Bilanzierung der überaus komplexen frühen und heterogenen Einkieselungsvorgänge im Augenblick fragwürdig erscheinen muß.

Nach den Untersuchungen von LANDMESSER (1984, 1986, 1988 a u. b) sind Achate im sedimentär-diagenetischen P-T-Bereich aus polydispersen kolloiden Systemen entstanden. Kieselchiefer haben vieles mit Achaten gemeinsam, vor allem die submikroskopische Globularstruktur, die Größe der SiO₂-Bausteine (1–5 µm) und die achatähnliche Ausfüllung der Radiolarienkammern mit Chalzedon.

6. Schriftenverzeichnis

- BATES, R. L. & JACKSON, J. A. (1980): Glossary of Geology, 2nd ed. – 751 S., div. Abb.; Amer. Geol. Inst., Falls Church, Virginia.
- BEIERSDORF H. & KNITTER, H. (1986): Diagenetic Layering and Lamination. – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, **60** (SCOPE/UNEP – Sonderband): 267–273, 5 Abb.; Hamburg.
- BURLIN, J. K. (1982): Über die Erdölführung der Kieselgesteine. – Izv. Akad. Nauk, Cerija Geolitscheskaja, No. **8**: 134–142, 4 Abb.; Moskau.
- BAZHENOVA, O. K., KARNYUSHINA, E. E., & KONYUKHOV, A. I. (1976): The problem of oil formation in siliceous rocks of geosynclinal areas. – Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geologiya, **31**, 3:12–24, 2 Tab., English translation, Moscow University Geology Bull., **31**, 3, 8–16, 2 tables, (Allerton Press Inc.).
- CAMPBELL, F. A., & WILLIAMS, G. D. (1965): Chemical composition of shales of the Manville Group (Lower Cretaceous) of Central Alberta, Canada. – Bull. amer. Assoc. Petrol. Geol. **49 a**: 81–87, 3 Abb., 4 Tab.; Tulsa.
- CAS, R. A. F. & WRIGHT, J. V. (1987): Volcanic successions. Modern and ancient. – 504 S., 404 Abb.; Hemel Hempstead (Allen & Unwin).
- CHIPPING, D. H. (1971): Paleoenvironmental significance of chert in the Franciscan Formation of western California. – Geol. Soc. America Bull., **82**: 1707–1712, 1 Abb.; Boulder, Colo.
- CONGLIO, M. (1987): Biogenic chert in the Cow Head Group (Cambro-Ordovician), Western Newfoundland. – Sedimentology, **34**: 831–823.
- CORRENS, C. W. (1926): Beiträge zur Petrographie und Genesis der Lydite (Kieselchiefer). – Mitt. Abt. Gesteins-, Erz-, Kohle-, Salzunters., Pr. Geol. L. A., **A 1**: 18–38, 1 Taf.; Berlin.
- & LEINZ, V. (1933): Tuffige Sedimente des Tobasees (Nordsumatra) als Beispiel für die sedimentpetrographische Bedeutung von Struktur und Textur. – Zbl. Mineral. A: 382–390; Stuttgart.
- DEGENS, E. T. (1968): Geochemie der Sedimente. – 282 S., 75 Abb., 20 Tab.; Stuttgart (Enke).
- & BAJOR, M. (1960): Die Verteilung von Aminosäuren in bituminösen Sedimenten und ihre Bedeutung für die Kohlen- und Erdölgeologie. – Glückauf, **96**: 1525–1534, 2 Abb., 4 Taf.; Essen.
- EDER, F. W. (1982): Diagenetic redistribution of carbonate, a process in forming Limestone-marl alternations (Devonian and Carboniferous, Rheinisches Schiefergebirge, W. Gemany). – in: Cyclic and event stratification (eds. G. Einsele & A. Seilacher), 98–112; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- EL-TARABILI, E. (1962): Geologie des Devons und Kulms im Nordwest-Flügel der Sösemulde (Oberharz) unter besonderer Berücksichtigung der Petrographie der Kulmkieselchiefer. – Roemeriaria, **5**, 115 S., 10 Abb., 1 Tab., 8 Taf.; Clausthal-Zellerfeld.
- ERNST, W. G. & CALVERT, S. E. (1969): An experimental study of the recrystallization of porcelanite and its bearing on the origin of some bedded cherts. – Amer. J. Sci., **267-A** 114–133; New Haven.
- FISHER, R. V., & SCHMINCKE, H.-U. (1984): Pyroclastic rocks. – 472 S., 339 Abb., 51 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- FRANCIS, E. H. (1985): Recent ash-fall: a guide to tonstein distribution. – Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif., 1983, **4**: 189–195, 5 Abb.; Madrid.
- GLUSCHKO, V. V., MAKSIMOV, A. V., & REIFMAN, L. M. (1980): Besonderheiten der Karpaten-Entwicklung im Oligozän. – Sowjetskaja Geologija, No. **12**: 89–100, 2 Abb.; Moskau.

- GREENSMITH, J. T. (1978): Petrology of the sedimentary rocks. – 6. Ausgabe, 241 S., 105 Abb., 21 Tab.; London (G. Allen & Unwin).
- GREILING, L. (1958): Die Kieselschiefer des Frankenwaldes. – Geol. Rdsch., **47**, (1), 443-450, 2 Abb.; Stuttgart.
- GRUNAU, H. R. (1965): Radiolarian cherts and associated rocks in space and time. – *Eclogae geol. Helv.*, **58**: 157–208, 6 Abb., 1 Taf.; Basel.
- GURSKY, H.-J. (1984): Die Sedimentgesteine im ophiolithischen Nicoya-Komplex (Ober-Jura bis Alt-Tertiär von Costa Rica): ihre Verbreitung, Fazies und geologische Geschichte mit besonderer Berücksichtigung der Radiolarite. – Diss. Univ. Marburg, 388 S., div. Abb., 4 Anl.; Marburg.
- HAAGE, R. (1966): Zur Unterscheidung der petrographischen Begriffe „Kieselschiefer“ und „Lydit“. – *Geologie*, **15** (7): 876–878; Berlin.
- HARVARD, K. R. (1967): The mineralogy and geochemistry of the Epsaw Formation, southern Alberta. – M. S. thesis, Univ. of Calgary, unveröffentlicht.
- HEIN, J. R., & OBRADOVIC, J. (1989): Siliceous deposits of the Tethys and Pacific regions. – 350 S., 113 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- HEINRICH, T. (1984): The Umsoli chert, turbidite testament for a major phreatoplinian event at the Onverwacht/Fig Tree transition (Swaziland Supergroup, Archaean, South Africa). – *Precambrian Res.*, **24**: 237–283, 15 Abb., 7 Taf.
- HINTZE, C. (1915): *Handbuch der Mineralogie*. – 1. Bd., 2. Abt.: 1211–2098, 275 Abb.; Leipzig (Veit & Comp.).
- HOLLERBACH, A. (1985): *Grundlagen der organischen Geochemie*. – 190 S., 35 Abb., 25 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- HORN, M., KULICK, J., & MEISCHNER, D. (1973): Erl. geol. Kte. Hessen 1:25000, Bl. 4820 Bad Wildungen; 386 S., 69 Abb., 20 Tab., 2 Taf., 3 Beibl.; Wiesbaden.
- (im Druck): Die Lebensspur Spirodesmos im Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges. – *Ann. Soc. Geol. Belg.*; Liège.
- HOSS, H. (1957): Untersuchungen über die Petrographie kulmischer Kieselschiefer. – *Beitr. Min. u. Petr.*, **6**, (1): 59–88, 13 Abb., 20 Tab.; Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- (1959): Nachtrag zu den Untersuchungen über die Petrographie kulmischer Kieselschiefer. – *Beitr. Petr. Min.* **6** (4): 248–260, 11 Abb.; Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- IRWIN, W. P., BLOME, C. D., & JONES, D. L. (1982): Age and tectonic implication of radiolarian chert in the North Fork Terrane, Klamath Mountains, California (Abstract). – *G. S. A. Program* (1982), Cordilleran Section: 174.
- JACKSON, P. C. (1984): Sedimentology, Stratigraphy and Palaeoceanography of some Lower Carboniferous Sequences. – Diss. Univ. Oxford, Bd. 1, 292 S., Bd. 2: div. Abb., 3 Taf.; Oxford.
- JENSEN, E.-J., KORSBECH, U., & MADSEN, E. (1984): U, Th and K in Upper Cretaceous and Tertiary sediments in Denmark. – *Bull. Geol. Soc. Denmark*, **32**: 107–120, 9 Abb.; Kopenhagen.
- JULIVERT, M., DURAN, H., RICKARDA, R. B., & Chapman, A. J. (1985): Siluro-Devonian graptolite stratigraphy of the Catalonian Coastal Ranges. – *Acta Geol. Hispanica*, **20** No. 3/4: 199–207.
- KHVOROVA, I. V. (1968): Silicon accumulation in geosynclinal areas of the past (in Russian): Sedimentation and Mineral Resources of Volcanic Areas of the Past, Nauka, Moscow.
- (1978): Advances and objectives in the study of volcanic-sedimentary rocks. – *Lithology and Mineral Resources*: 546–552. – Engl. transl. from: *Litologiya i Poleznye Iskopaemye*, 5, 50–57; New York.
- & RUZHENTSEV, S. V. (1986): A comparison of the deposits of Paleozoic geosynclines with the deposits of modern marginal seas and oceans. Part II. – *Litologiya Poleznye Iskopaemye*, No. **2**: 25–36; Plenum Publ. Corp.
- KONYUKHOV, A. I. (1976): The problem of oil formation in siliceous rocks of geosynclinal areas. – *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geologija*, **31** (3): 12–24, 2 Tab., English translation, Moscow University Geology Bull., **31** (3): 8–16, 2 Tab., (Allerton Press Inc.).
- KOSSOVSKAYA, A. G., & SHUTOV, V. D. (1975): Types of regional epigenesis and initial metamorphism and their relationship to the tectonic environment in the continents and oceans. – *Acad. Sci. USSR, Geotectonics*, **10** No. 2.
- KUBANEK, F., & ZIMMERLE, W. (1986): Tuffe und kieselige Tonschiefer aus dem tiefen Unterkarbon der Bohrung Adlersberg (West-Harz). – *Geol. Jb.*, **D 78**: 207–268, 16 Abb., 3 Tab., 6 Taf.; Hannover.

- LANDIS, E. R. (1962): Uranium and other trace elements in Devonian and Mississippian black shales in the central midcontinent area. – U. S. Geol. Surv. Bull., **1107 E**: 289–336; Abb., Washington.
- LANDMESSER, M. (1984): Das Problem der Achatgenese. – Mitt. Pollichia, **72**, 5–137, 109 Abb., 2 Tab.; Bad Dürkheim/Pfalz.
- (1986): Zur Eingrenzung der P-T-Bedingungen der Achatgenese. – Chem. Erde, **45**, 273–193, 8 Abb.; Jena.
- (1988a): Transport- und Akkumulationsmechanismen des SiO₂ in petrologischen Systemen: Achate. – Z. dt. gemmol. Ges., **36**, (3/4), 101–119, 8 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- (1988b): Structural characteristics of agates and their genetic significance. – N. Jb. Miner. Abh., **159**, (3), 223–235, 4 Abb.; Stuttgart.
- LASCHET, Ch. (1984): On the origin of cherts. – Facies: **10**: 257–290, 19 Abb., 2 Tab.; Erlangen.
- LEBEDEV, Ye. L. (1983): Volcanism and the Cretaceous climate. – Übersetzt aus Vulkanizm i klimat melovogo perioda. – Sovetskaya Geologiya, 1982, 4: 61–70; Internat. Geol. Rev., **25**, 4: 407–414, 2 Abb.; Washington, D. C.
- LEVITAN, M. A., DONTSOVA, E. I., LISITSYN, A. P., & BOGDANOV, Yu. A. (1975): The origin of chert in the sediments of the Pacific Ocean from data of oxygen isotopic analysis and a study of the distribution of chert. – Geochem. Intern., **12**, No. 2: 95.
- MAYNARD, J. B. (1983): Geochemistry of sedimentary ore deposits. – 305 S., 149 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- MAXWELL, J. A. (1963): Geochemical study of some chert and related deposits. – Bull. Geol. Surv. Canada, **104**: 1–31.
- MIZUTANI, S. (1983): Duration of chemical diagenesis. – J. Earth Sci. Nagoya Univ., **31**: 17–35, 7 Abb., 2 Taf.; Nagoya (Japan).
- MURCHEY B. (1982): Chert facies in the Havallah sequence near Battle Mountain, Nevada (Abstract). – G. S. A. Program, (1982), Cordilleran Section, 219 S.; Anaheim (Calif.).
- NÖLTNER, T. (1986): Zur Zusammensetzung, Partikelgröße, Mikrotextur und Vererzung einiger Tonschiefer- und Kieselchieferproben aus dem tiefen Unterkarbon der Bohrung Adlersberg (West-Harz). – Geol. Jb., **D 78**: 269–343, 3 Abb., 3 Tab., 17 Taf.; Hannover.
- OHRDORF, R. (1968): Zur Geochemie des Lithiums in Sedimentgesteinen. – Geochim. Cosmochim. Acta, **32**: 191–208, 2 Abb., 10 Tab.; Oxford–London–New York–Paris (Pergamon Press).
- OTTO, G. H. (1938): The sedimentation unit and its use in field sampling. – J. Geology, **46**: 569–582, 1 Tab.; Chicago.
- PETTIJOHN, F. J. (1957): Sedimentary Rocks. – 718 S., 173 Abb., 119 Tab.; New York (Harper).
- PFEFFERKORN, H. W. (1968): Geologie des Gebietes zwischen Serpa und Mertola (Baixo Alentejo, Portugal). – Münster. Forsch. Geol. Paläont., **9**, 143 S., 82 Abb., 5 Taf.; Münster.
- PFEIFFER, L., KURZE M., & MATHE, G. (1981): Einführung in die Petrologie. – 632 S., 119 Abb., 38 Taf., 85 Tab.; Berlin (Akademie-Verlag).
- POKORNY, V. (1958): Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. – **1**, 582 S., 549 Abb.; Berlin (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften).
- RIBBERT, K.-H., & ZIMMERLE, W. (1988): Vulkanoklastische Grauwacken des Unterkarbons III der Söse-Mulde (West-Harz). – Geol. Jb. Hessen, **116**: 207–251, 6 Abb., 4 Tab., 4 Taf.; Wiesbaden.
- RICKEN, W. (1985): Epicontinental marl-limestone alternations. – in Sedimentary and evolutionary cycles (Eds. U. BAYER & A. SEILACHER). – Lecture Notes in Earth Sciences, **1**: 127–162, 20 Abb., 2 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- (1987): Diagenetic Bedding. – 210 S., div. Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- RIEKEN, R. (1988): Lösungs-Zusammensetzung und Migrationsprozesse von Paläo-Fluidsystemen in Sedimentgesteinen des Norddeutschen Beckens (Mikrothermometrie, Laser-Raman-Spektroskopie und Isotopen-Geochemie). – Göttinger Arb. Geol. Paläont., **37**, 116 S., 37 Abb., 22 Tab., 5 Taf.; Göttingen.
- RÖSLER, H. J. (1960): Zur Petrographie, Geochemie und Genese der Magmatite und Lagerstätten des Oberdevons und Unterkarbons in Ostthüringen. – Freiburger Forschungshefte, **C 92**, 275 S., 106 Abb., 49 Tab., Geolog. Übersichtskarte 1:100 000; Berlin.
- & LANGE, H. (1976): Geochemische Tabellen. – 2. erweiterte Auflage, 674 S., 314 Abb., 1 Beil.; Stuttgart (Enke).

- SCHWAN, W. (1952): Geologisches Auftreten und Entstehung der Kieselschiefer (Lydite). – *Geologica*, **11**: 115–134, 5 Abb.; Berlin.
- SCHWARZ, A. (1928): Die Natur des culmischen Kieselschiefers. – *Abh. Senckenberg, Naturforsch. Ges.*, **41**: 191–241, 1 Abb., 2 Taf.; Frankfurt a. M.
- SCHWARZ, H.-U. (1989): Vulkano-seismische Deformationen im Kieselschiefer – Befunde einer strukturellen Anschliff-Analyse. – *Geol. Jb. Hessen*, **117**: 155–168, 2 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- SLANSKY, M. (1980): Géologie des phosphates sédimentaires. – *Mem. BRGM*, **114**: 92 S., 33 Abb., 19 Taf.; Orléans.
- STORZ, M. (1931): Die sekundäre authigene Kieselsäure in ihrer petrogenetisch-geologischen Bedeutung. II. Teil: Die Einwirkung der sekundären authigenen Kieselsäure auf vorhandene Gesteine (Einkieselung und Verkieselung). – *Monogr. z. Geol. u. Paläont.*, Ser. II, **5**: 139–479; Berlin.
- STRAKHOV, N. M. (1960): Principles of lithogenesis, vol. 1–3. – *Izd. Akad. Nauk SSSR*; Moskau.
– (1963): Types of lithogenesis and their evolution in the history of the earth. – *Gosycoltoikhizdat*; Moskau (in russisch).
- SVOBODA, H. (1966): Algonkian – Lower Carboniferous. – in: SVOBODA, J. et al. (Eds.): Regional geology of Czechoslovakia. Part I, The Bohemian Massif: 281–366, div. Kart., div. Abb., div. Taf. – *Geol. Survey of Czechoslovakia, Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences*; Prag.
- TUCKER, M. E. (1981): Sedimentary petrology. – An introduction. – 252 S., 179 Abb., 20 Tab.; Oxford (Blackwell).
- VINE, J. D., & TOURTELOT, E. B. (1970): Geochemistry of black shale deposits – A summary report. – *Econ. Geol.*, **65** (1): 153–272, 3 Abb., 7 Tab.; New Haven.
- WALKER, G. P. L. (1981): Generation and dispersal of fine ash and dust by volcanic eruptions. – *J. volcanol. geotherm. Res.*, **11**: 81–92; Amsterdam (Elsevier).
- WEDEPOHL, K. H. (1964): Untersuchungen am Kupferschiefer in Nordwestdeutschland. Ein Beitrag zur Deutung und Genese bituminöser Sedimente. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **28**, (3): 305–365, 8 Abb., 18 Tab.; Oxford–London–New York–Paris (Pergamon Press).
- DELEVAUX, M. H., & DOE, B. R. (1978): The potential source of lead in the Permian Kupferschiefer bed of Europe and some selected Palaeozoic mineral deposits in the Federal Republik of Germany. – *Contr. Mineral. Petrology*, **65**: 273–381; Berlin–Heidelberg (Springer).
- WENK, E. (1949): Die Assoziation von Radiolarienhornsteinen mit ophiolithischen Erstarrungsgesteinen als petrogenetisches Problem. – *Experientia*, **5**: 226–232; Basel.
- WINCHESTER, J. A. & FLOYD, P. A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. – *Chem. Geol.*, **20**: 325–343; Amsterdam.
- WISE, S. W. & WEAVER, F. M. (1974): Chertification of oceanic sediments. – *Spec. Publ. int. Ass. Sediment.*, **1**, 301–326, 9 Abb., 1 Tab.; Amsterdam (Elsevier).
- WITEN, W. (1979): Stratigraphie, Sedimentologie und Paläogeographie der Kieselkalke im Unterkarbon II γ / δ bis III α des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges. – *Geol. Abh. Hessen*, **80**, 132 S., 26 Abb., 12 Tab., 4 Taf.; Wiesbaden.
- YARIV, S. & CROSS, H. (1979): Geochemistry of colloid systems. – 450 S., 86 Abb., 32 Taf.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- ZIMMERLE, W. (1986): Gesteinstypen und kleindimensionale Sedimentstrukturen im tieferen Unterkarbon der Bohrungen Adlersberg, Bullars, Eselsberg und Spiegeltal im West-Harz. – *Geol. Jb.*, **D 78**: 95–205, 7 Abb., 1 Tab., 15 Taf.; Hannover.

Helle Tufflagen mit Belastungsmarken (load casts) im Unterkarbon (Viséum) von Westharz und Kellerwald

Von

HENRI KUHN & WINFRIED ZIMMERLE*

Kurzfassung: Boudinage-ähnliche Belastungsmarken (load casts) in hellfarbenen, cm-mächtigen, feinsandigen Tufflagen von keratophyrischem Chemismus sind auffällige Sedimentstrukturen in Kieselschiefern des Unterkarbons im Westharz und im Kellerwald. Solche Belastungsmarken aus vier Proben werden abgebildet sowie sedimentologisch und petrographisch kurz beschrieben. Ferner wird die Verteilung von Si, Al, Na, K, Fe, Mg, Mn, Ca, P und Ti im Tuff und im Nebengestein aus einer Probe in einer Tafel dargestellt.

Belastungsmarken wurden von KUENEN (1958) experimentell erzeugt. Auch aus anderen vulkanoklastischen Gesteinsserien des Paläozoikums sind Belastungsmarken bekannt, vor allem in Großbritannien.

Abstract: Boudinage-like load casts in light-coloured, cm-thick, fine-grained tuff horizons of keratophyric composition are conspicuous sedimentary structures in Lower Carboniferous (Mississippian) cherts of the western Harz Mts. and of the Kellerwald (FRG). Such load casts are pictured from four samples and briefly described as to their petrography and sedimentology. Furthermore the element distribution of Si, Al, Na, K, Fe, Mg, Mn, Ca, P, and Ti in tuff and adjacent green chert of one sample is tabulated. Comparable load casts have been produced experimentally by KUENEN (1958). Load casts are also known from other volcanoclastic series of Paleozoic age, especially from Great Britain.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung		140
2. Sedimentologische und petrographische Beschreibung der Proben.		140
2.1. Vossenke-Tal		140
2.2. Heimbergskopf		143
2.3. Bor-Berg		146
2.4. Bad Wildungen		148
2.5. Vergleichende Betrachtung der Belastungsmarken (load casts)		149
3. Geochemische Aspekte		149
4. Ergebnisse		153
5. Schriftenverzeichnis		154

* H. KUHN, Zeidlerstr. 35, 2102 Hamburg 93. Dr. W. ZIMMERLE, Prinzensgarten 6, 3100 Celle.

1. Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, auf das verbreitete und charakteristische Vorkommen auffälliger Sedimentstrukturen in hellen Tufflagen in den Kieselschiefern des Unterkarbons im Harz und Kellerwald hinzuweisen. Derartige Phänomene sind schon von ZIMMERLE (1986: 46, 204/205, Abb. 15) erwähnt worden. Ähnliche Vorkommen sind aber auch aus anderen Teilen des Harzes und des Rheinischen Schiefergebirges bekannt. Der Farbkontrast der hellen Tufflagen zum meist dunkleren Nebengestein macht diese Strukturen besonders auffällig. Erste Stücke sind von H. KUHN aufgesammelt worden. Die untersuchten Proben stammen von Aufschlüssen (A) oder Lesesteinen (L); ihre genauen Fundorte sind nachfolgend aufgeführt; sie werden im weiteren Text unter den Kurzbezeichnungen Vossenke-Tal, Heimbergskopf, Bor-Berg und Bad Wildungen (Abb. 1) angeführt.

1. Vossenke-Tal (A), ENE Osterode (TK 25 Bl. 4227 Osterode a.H.,
R 90*26 00, H 35 56 00)
2. W Heimbergskopf (L), NE Lautenthal (TK 25 Bl. 4127 Seesen,
R 35 90 40, H 57 50 36)
3. Bor-Berg (L), NE Lautenthal (TK 25 Bl. 4127 Seesen,
R 90 47 00, H 51 05 00).
4. Stbr. Café Waldhaus (A), SW Bad Wildungen (TK 25 Bl. 4820 Bad Wildungen,
R 35 07 07, H 56 63 70).

Allen, die unsere Arbeit mit wohlmeinender Kritik, mit Vorschlägen u. eigenen Beobachtungen gefördert haben, sei hiermit herzlich gedankt; insbesondere den Herren Dr. K.-H. RIBBERT, Dr. H. PIETZNER, Dr. M. HORN und Dipl.-Geol. E. ERFLE.

2. Sedimentologische und petrographische Beschreibung der Proben

Nachfolgend sind die Proben in der Reihenfolge ihrer Fundorte, Harz zuerst und dann Kellerwald, in ihrem makroskopischen Erscheinungsbild und in ihrer mikroskopischen Zusammensetzung beschrieben. Schwerpunkt ist die makroskopische Phänomenologie der hellen Tuff-Lagen (Taf. 1). Taf. 2 zeigt die mikroskopische Zusammensetzung nur für das Vorkommen vom Heimbergskopf. Die makroskopische Nahansicht eines deformierten Tuffbandes zeigt Abb. 2. In Abschnitt 2.5. schließt sich in einer Art Zusammenfassung eine vergleichende Betrachtung zu anderen Vorkommen und zu Experimenten von KUENEN (1958, 1965) an.

2.1. Vossenke-Tal (Taf. 1, Fig. 1)

Im Handstück erscheint der harte, splittrig-brechende grünliche Kieselschiefer bewegt schlierig bis feinflaserig. Die hellfarbene Tufflage befindet sich im Stadium, Boudinage-ähnlich zerlegt zu werden. Die Unruhe des Sediments, die durch die unruhig-wellige Schichtung zum Ausdruck kommt, war größer als in Fig. 2, 3 und 4 (Taf. 1).

U.d.M. (DS 35076) erscheint die relativ stark deformierte und dünne Tufflage siltig bis feinsandig. Sie besteht vor allem aus vulkanischen Fragmenten. Schlieren von kieseligem Schiefer sind schichtparallel eingelagert; außerdem durchziehen stylolithische Fugen den

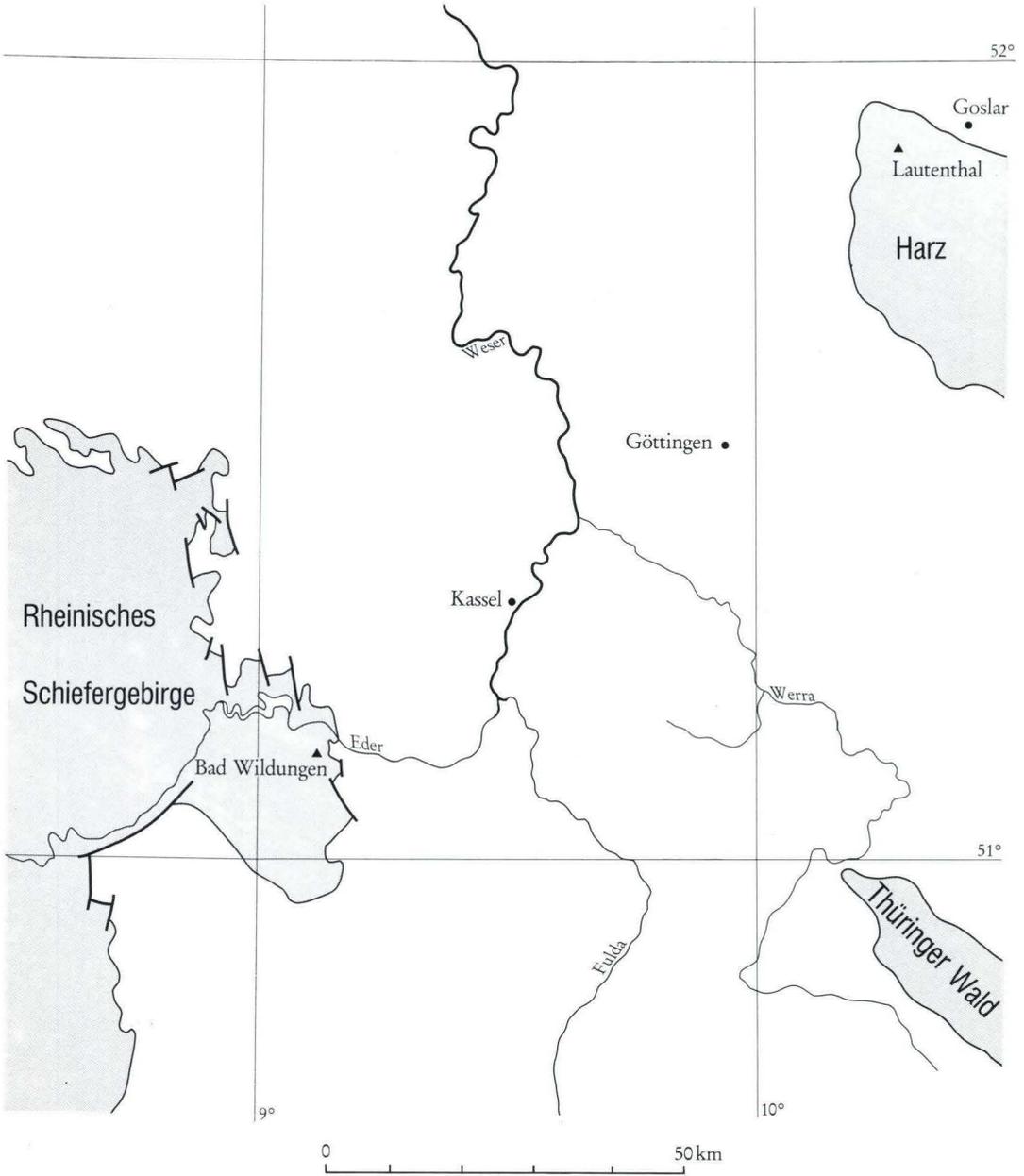
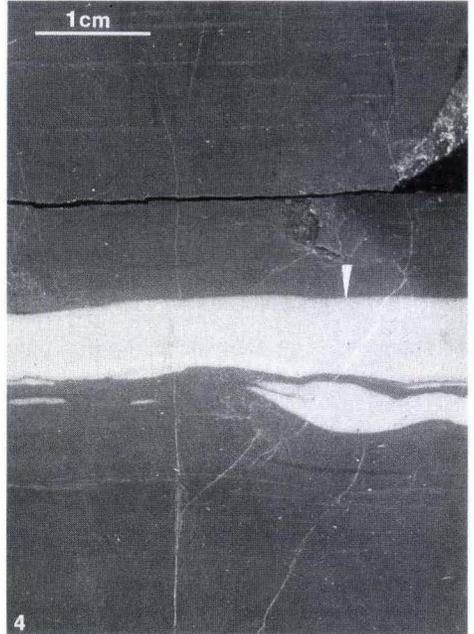
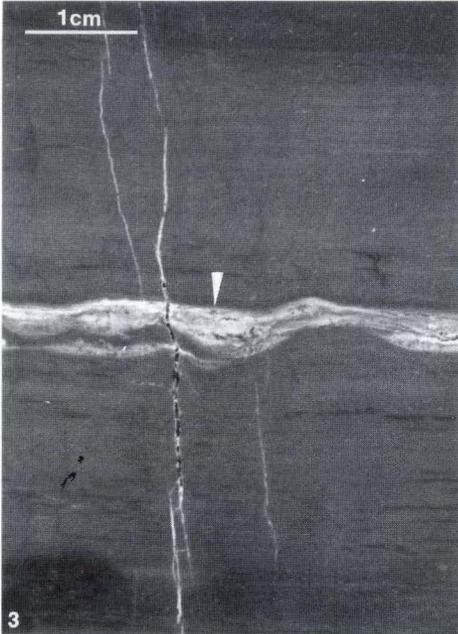
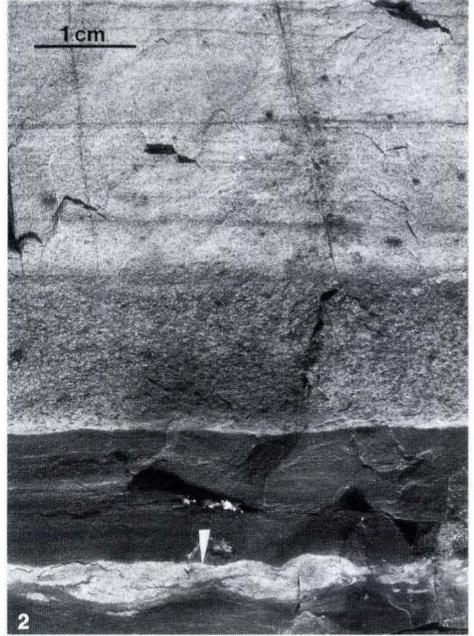


Abb. 1. Lagekarte der Fundorte im Westharz und im Kellerwald.



Tuff. Die rundlich-ovalen meist isometrischen Körner (0,08 mm \varnothing) sind intensiv umgewandelt, so daß ihre ursprüngliche Zusammensetzung nur schwer zu bestimmen ist. Größere Quarzkörner oder Splitterquarze sind ausgesprochen selten. Leukoxen tritt in Form von Einzelkörnern, aber auch als diffus verteiltes Pigment auf. Mikrofossilien fehlen. Nur die Tufflage ist von Haarrissen, die senkrecht zur Schichtung stehen und mit Kieselsäure ausgeheilt sind, durchzogen. Der Abbau des lithischen Tuffs ist weit fortgeschritten.

Der die Tufflage umgebende Kieselschiefer ist laminiert bis schlierig; die Tonminerale zeigen einheitliche Auslöschung. Relikte von kugeligen Radiolarien, propellerförmige Radiolarien und winzige Schwammnadeln sind eingestreut.

Die semiquantitative Röntgendiffraktometer-Analyse des hellfarbenen Tuffs ergab Quarz (65%) und Albit (35%); die des grünen Kieselschiefers (Adinol) Quarz (85%), Plagioklas (5%), Illit (5%) und Chlorit (Spuren).

2.2. Heimbergskopf (Taf. 1, Fig. 2; Taf. 2)

Auf der verwitterten Oberfläche dieses Lesestücks (Taf. 1, Fig. 2) kann man zwei Horizonte unterscheiden. Der untere ist in frischem Zustand dunkelgrünlichgrau und 2 cm mächtig. Er besteht aus schwach siltig-feinsandigem Kieselschiefer mit einer charakteristischen, 3–7 mm mächtigen, welligen Einlagerung von weißlichem, stark deformiertem Tuff. Der obere Horizont ist im frischen Zustand dunkelgrünlichgrau bis lichtolivgrau und besteht aus einer 4 cm mächtigen, gradierten Abfolge von Staub- bis Feintuffen. Die Grenzfläche zwischen dem unteren dunklen und oberen hellen Horizont ist schwach gewellt und erosiv. Stellenweise sind Belastungsmarken entwickelt.



Tafel 1

Makroskopisches Erscheinungsbild der hellen Tuff-Lagen und ihres Nebengesteins aus dem Westharz und aus dem Kellerwald als Gegenüberstellung und zum Vergleich (Weiße Pfeile markieren die Oberkante der Tuffhorizonte).

Fig. 1. Diffuses hellfarbenedes 2–5 mm dünnes Tuffband in grünlichem Kieselschiefer (Adinol). Beachte den relativ scharfen undulösen oberen Kontakt und den mehr diffusen unruhigen Liegendkontakt. DS 35076. Vossenke-Tal, ENE Osterode, Westharz.

Fig. 2. Weißliches, 5–8 mm dünnes Tuffband in dunklem Kieselschiefer. Beachte relativ ebenen Hangend- und unruhigen Liegendkontakt mit Belastungsmarken. (Lesestück) DS 35756. Heimbergskopf, NE Lautenthal, Westharz.

Fig. 3. Weißliches, ca. 8 mm dünnes Tuffband im dunklen Tonschiefer. Beachte relativ ebenen Hangend- und unruhigen Liegendkontakt mit Belastungsmarken. (Lesestück) DS 38071. Bor-Berg, NE Lautenthal, Westharz.

Fig. 4. Weißes, ca. 1 cm dünnes Tuffband in dunklem Tonschiefer. Beachte relativ ebenen Hangend- und unruhigen Liegendkontakt mit Belastungsmarken. DS 37934. Aufgelassener Steinbruch am Café Waldhaus, Bad Wildungen, Kellerwald.



Das deformierte weißliche Tuffband (Pfeil) schwillt Boudinage-ähnlich an und ab. Das Liegende ist stärker deformiert und aufgelockert als das Hangende (Abb. 2). Die Verwitterung hebt den Farbkontrast zwischen den mehr kieseligen (im Foto mittelgrau) und den nicht mehr pyroklastischen Sedimentlagen (im Foto weißlich) noch deutlicher hervor.

Die weißliche, Boudinage-ähnliche, 5–7 mm dünne Tuff-Lage ist feinkörnig (60–150 µm) und gut sortiert. Sie erweist sich u. d. M. (DS 35756) als hauptsächlich zusammengesetzt aus länglichen Scherben von entglastem vulkanischem Glas (Taf. 2, Fig. 1 + 2), denen kleine Flocken von Karbonat (Ca–Mg–Mn) und \pm abgebauter Biotit in Lagen beigemischt sind. Feinste Pigmentierung deutet die ursprünglich längliche Kornform (Geister) an. Stark sericitisierte Feldspäte, splittriger Quarz, Zirkon, Apatit und gelbbraunes Phosphat treten nur akzessorisch auf. Die Lage ist normal gradiert; sie wird vom Liegenden zum Hangenden feinerkörnig. Am Kontakt mit dem Liegenden ist die Schichtung gestört; die länglichen vulkanischen Glasfragmente sind wirr eingelagert. Dünne Tonschiefer durchziehen den Tuff. Kieselige Mikrofossilien und Conodonten wurden nicht beobachtet. Hydraulisch verhielt sich der vitroklastische Tuff wie ein relativ reiner, aber spezifisch leichter Feinsand.

Die mittelgrauen Kieselschiefer des Liegenden und Hangenden sind deutlich laminiert, engständig geflasert und deformiert. Es finden sich Lagen und Linsen mit kieseligen Schwammnadeln und propellerförmigen Radiolarien (Taf. 2, Fig. 3–4) sowie einzelne linsig-deformierte Radiolarien und bräunliche, teils zerbrochene Conodonten. Sandkorngroße Einschaltungen bestehen aus Quarz, eckigem Plagioklas und schuppigem Biotit. Die Schwerminerale sind durch Zirkon, Apatit sowie abgebaute Titanminerale (Leukoxen) vertreten.

Helle Flasern sind reich an vulkanogenem Material wie im Tuff. Die Imprägnierung mit Hämatit nimmt mit wachsender Entfernung vom Tuff in beiden Richtungen zu. Am Kontakt mit den tonreichen Mikroflasern sind die kieseligen Schwammnadel-Reste teilweise stark angelöst. Die Tonschiefermatrix besteht aus krypto- bis mikrokristallinem Sericit und Chlorit von einheitlicher Auslöschung der schuppigen Minerale unter + Nicols, vermischt mit kryptogener Kieselsäure. Chlorit, der röntgenographisch erfaßt wurde, bildet ungleichmäßig verteilte Schlieren und Mikroaggregate. Vereinzelt sind rotbraune Biotitschuppen



Abb. 2. Detailansicht der deformierten Tuff-Lage W vom Heimsbergkopf (s. Taf. 1, Fig. 2). Vergrößertes Negativ eines Dünnschliffs (DS 35 756). Beschreibung vom Hangenden zum Liegenden unter Berücksichtigung des Dünnschliffbefundes (E. ERFLE):

A – Feinschichtiger Kieselschiefer wie C (Schwammnadeln, Conodonten und propellerförmige Radiolarien), selten auch mit vulkanischen Glasparkeln. Imprägnierung mit Hämatit nimmt nach oben zu mit wachsender Entfernung vom Tuff.

B – Tufflage, die vornehmlich aus umgewandelten vulkanischen Glasparkeln (Vitroklasten) aufgebaut ist. Untergeordnet treten kleine Flecken von Karbonat auf sowie mehrere schichtparallele, sehr dünne Biotit-Lagen. Am Liegend-Kontakt gegen C entschichtet; längliche Glasparkel liegen wirr im Gesteinsverband. Normale Gradierung der Tuffpartikel von gröber (unten) nach feiner (oben).

Vereinzelt sind Apatit, Zirkon, sericitisierter Feldspat und Splitterquarze eingestreut.

C – Feinschichtiger Kieselschiefer mit Lagen und Linsen von kieseligen Schwammnadeln (vgl. Taf. 2, Fig. 4 A + B). Ferner sind Foraminiferen, Conodonten und propellerförmige Radiolarien eingestreut.

Die hellen Linsen bestehen aus umgewandeltem vulkanischen Glas wie Lage B.

eingestreut. Winzige Drusen mit authigenem Chlorit und Albit finden sich in den ehemaligen Hohlräumen einzelner Radiolarien. Die kryptokristallinen Tonfüllungen einzelner Radiolarien zeigen keine einheitliche Auslöschung der Tonminerale wie die benachbarte Kieselschiefermatrix.

Vulkanogene Mineral- und Gesteins-Beimengungen werden auch in diesem Kieselschiefer vermutet, vor allem im Hangenden der Tuff-Lage. Die Einkieselung liegt im kryptokristallinen Bereich, war aber sehr intensiv.

2.3. Bor-Berg (Taf. 1, Fig. 3)

Das den Tuff einschließende Gestein im Hangenden und Liegenden ist ein kieseliger Tonschiefer von schlierigem Gefüge und einheitlicher Auslöschung der Tonminerale. Propellerförmige Radiolarien und eckige Körner von Quarz und Feldspat sind spärlich eingestreut. Kugelige Radiolarien fehlen. Lagen von chloritisierten und ausgelängten Vitroklasten sind wiederholt eingeschaltet. Bräunliche Conodonten sind selten.

Die intensiv deformierte Tufflage verwittert bräunlich und ist gleichfalls intensiv eingekieselt. Im Gegensatz zu dem vitrischen Tuff vom Heimbergskopf ist der vorliegende Tuff (DS 38071) ein lithischer Feintuff mit einer mittleren Partikelgröße von 150 µm. Vollständig vertonte Vulkanoklasten – vermutlich aus vulkanischen Grundmassen von Tuffen – herrschen vor. Vereinzelt nur sind Zonar-Feldspat, Quarz (manchmal in Splitterform), Glimmer und Leukoxen eingestreut. Die Glimmer sind weitestgehend abgebaut, manchmal ist nur noch die Form erhalten. Fossilien fehlen. Diagenetisch wurde der Tuff intensiv eingekieselt und durch Umwandlungsprodukte von Eisenerz eingetrübt. Deutliche Relikte von Vitroklasten sind nicht erkennbar. Leukoxenreiche Schlieren durchziehen schichtparallel den Tuff. Gradierung ist nicht zu beobachten.



Tafel 2

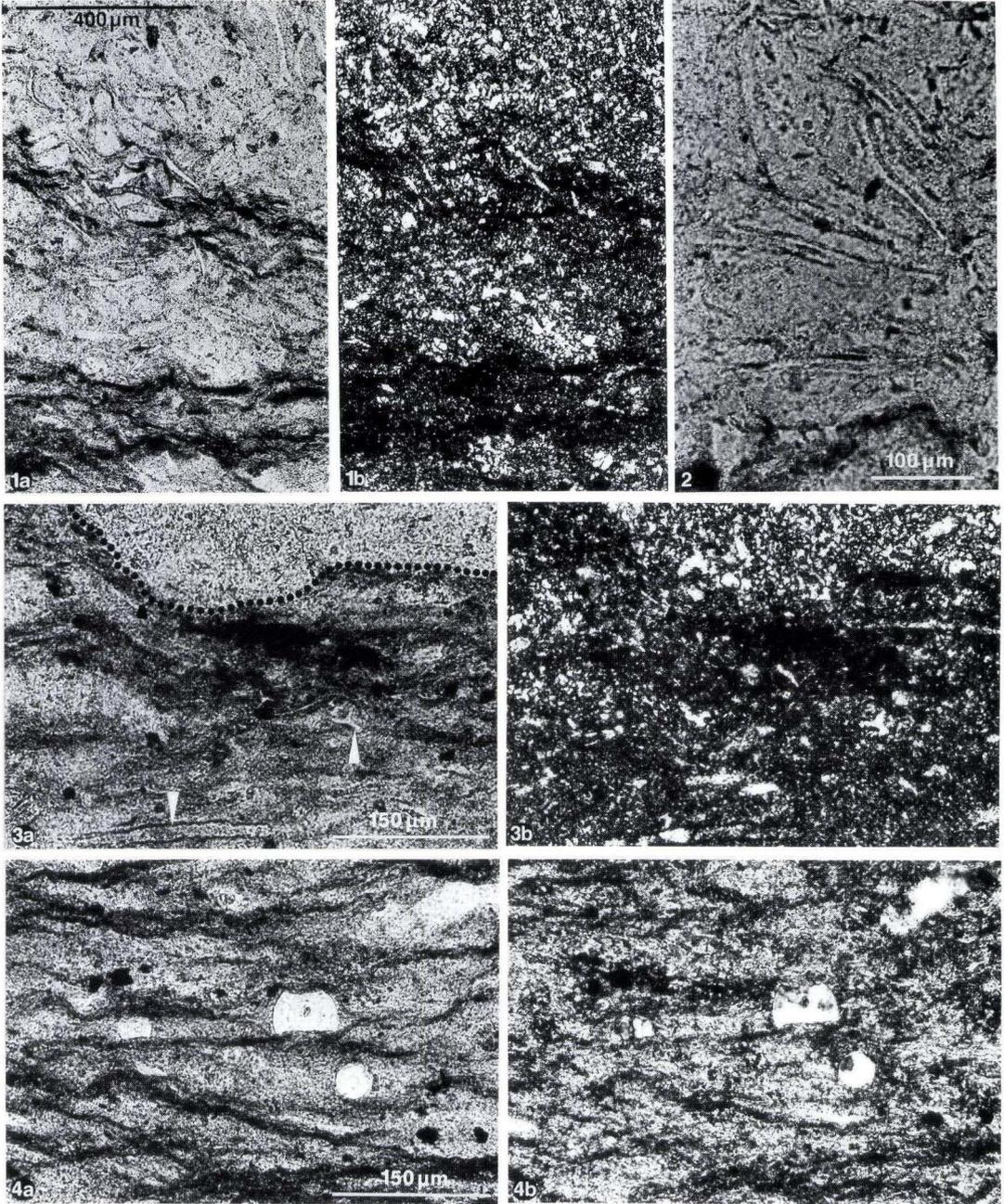
Mikroskopisches Erscheinungsbild der Tufflagen und ihrer unmittelbaren Nachbarsedimente.
DS 35756. Heimbergskuppe, NE Lautenthal.

Fig. 1. Vitroklastischer Tuff, von dunklen Tonschlieren schichtparallel durchzogen in der unteren Hälfte der Abbildung. A = II Nicols, B = + Nicols.

Fig. 2. Vitroklastisches Gefüge der Tufflage. Beachte die teilweise senkrecht stehenden, meist länglichen Vitroklasten, deren Scherbenform durch Pigmentierung hervorgehoben wird. (Detailansicht aus Fig. 1), II Nicols.

Fig. 3. Liegender Tuff / kieseliger Schiefer-Kontakt (gepunktet). Beachte Schichtendeformation nach unten (Belastungsmarke) durch Tuff (hell). Kieseliger Schiefer ist linsig-flaserig ausgebildet mit schichtparalleler länglicher Schwammnadel (Pfeil) und propellerförmiger Radiolarie (Pfeil). A = II Nicols, B = + Nicols.

Fig. 4. Flaserig-schlieriger kieseliger Schiefer aus dem Liegenden mit Einlagerungen von runden, teilweise angelösten Schwammnadel-Querschnitten. A = II Nicols, B = + Nicols.



2.4. Bad Wildungen (Taf. 1, Fig. 4)

Dunkelgraugrüner, harter, splittrig brechender, fein-laminierter Kieselschiefer (Lydit), der von einer hellfarbenen, wenig aufgegliederten, feinkörnigen Tufflage durchzogen ist. Die Basis des Tuffs ist etwas gröber. Der obere Kontakt ist ziemlich eben und scharf, der untere Kontakt ist mehr unruhig-wellig. Einzelne hellfarbene Linsen haben sich aus dem Verband gelöst und sind in den liegenden Kieselschiefer eingedrungen.

Das weißliche Tuffband zeichnet sich u. d. M. (DS 37934) durch deutlichen Calcitgehalt am oberen und unteren Kontakt aus, der diagenetisch bedingt ist. Der Tuff ist – ähnlich wie der Tuff vom Bor-Berg – ein lithischer Feintuff, dessen ovale bis rundliche Körner durch Pigmentierung des Korninneren oder der Kornumrisse besonders hervorgehoben werden. Das Pigment besteht aus flockigem Leukoxen. Nur vereinzelt sind Zonar-Feldspat, Quarz, abgebaute Glimmer und Leukoxen eingestreut. Normale Gradierung des Tuffs ist zu erkennen. Diagenetische Calcitisierung und Leukoxenisierung, die einer frühdiagenetischen Einkieselung folgten, haben das ursprünglich vulkanogene Korngefüge stark überprägt. Stellenweise deutet sich allerdings noch verschränktes Reliktgefüge in den calcitisierten Vulkanoklasten an. Der Kontrast von Feintuff, der sich wie ein Sand verhält, und dem Tonschiefer im Liegenden und Hangenden ist ausgeprägt. Der Liegend- und Hangend-Kontakt wird durch die Einlagerung von krypto- bis mikrokristallinem Erz betont.

Das den Tuff einhüllende Gestein im Hangenden und Liegenden ist ein Kieselschiefer von schlierigem Gefüge und von einheitlicher Auslöschung der Tonminerale. Die Matrix ist deutlich chloritisch. Nur vereinzelt sind propellerförmige Radiolarien eingestreut.

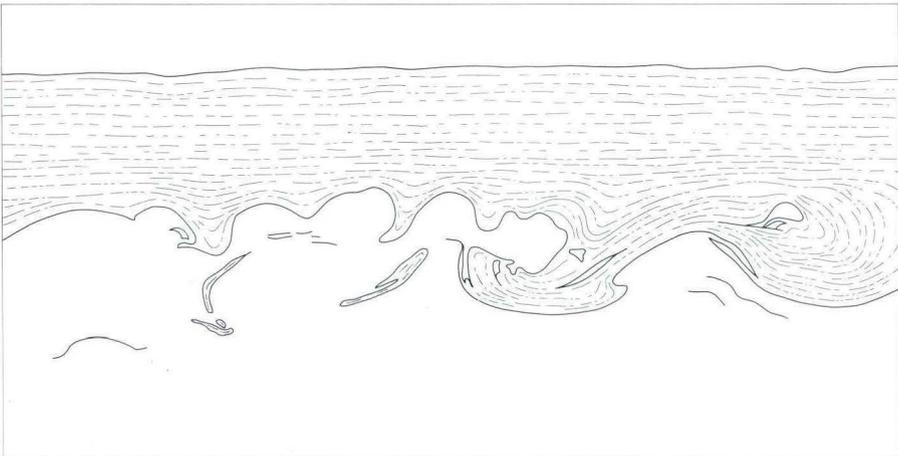


Abb. 3. Vertikalschnitt durch Belastungsmarken (load casts) im Liegenden eines vulkanoklastischen Sandhorizonts, der einen vulkanogenen Tonstein überlagert. Longdale Slate (Ordovizium), Englischer Seen-Distrikt. Ungefähr $\frac{1}{2}$ natürliche Größe (nach SORBY 1908).

2.5. Vergleichende Betrachtung der Belastungsmarken (load casts)

Die deformierten weißlichen Tuffbänder, die Boudinage-ähnlich an- und abschwollen, sind eine charakteristische Sedimentstruktur des tieferen Unterkarbons. Sie werden als Belastungsmarken (load casts) gedeutet.¹

Schon der Altmeister der Sedimentpetrographie SORBY (1908: 96, Taf. 15) hat im Ordovizium des Englischen Seen-Distrikts solche Belastungsmarken (Abb. 3) im Liegenden von vulkanoklastischen Feinstsandhorizonten (Green Slates of Longdale) beobachtet. Vergleichbare Strukturen in vulkanogenen Sedimentgesteinen hat auch SCHIENER (1970: 27, Fig. 2) untersucht und abgebildet. Weitere Details finden sich bei ALLEN (1982: 355). KUENEN (1958: 17 ff., Abb. 4, Taf. 1–3; 1965, Fig. 8–11) hat darüber hinaus dieselben Strukturen im Experiment erzeugt (Abb. 4).

3. Geochemische Aspekte

Mikrosonden-Untersuchungen des Tuffbands vom Vossenke-Tal (VT-2) und seines Nebengesteins durch PIETZNER (Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, schriftliche Mitt.) ergaben folgende chemischen Unterschiede: Der Tuff zeichnet sich im Vergleich zum grünen Kieselschiefer (Adinol) durch signifikante Gehalte folgender Elemente aus:

Na, Al, Ca, P, Ti.

Im grünen Kieselschiefer dagegen wurden höhere Gehalte folgender Elemente beobachtet: K, Fe, Mg.

Der Kontakt zwischen Tuff- und Kieselschiefer, der nicht immer scharf erscheint, ist in Taf. 3 vor allem in den Elementverteilungsbildern von Na, Ca, P und Ti auszumachen.

Aus Taf. 3 und drei weiteren Bildserien der Elementverteilung im Tuff und im Kontaktbereich Tuff–Kieselschiefer und im Kieselschiefer lassen sich folgende zusätzliche Erkenntnisse gewinnen:

- Im Tuff bilden Na und Al einen relativ uniformen und mikrokristallinen Gesteinsuntergrund (Albit). Im Kieselschiefer dagegen sind Na und Al ungleichmäßig verteilt; es zeichnen sich größere Domänen (50–100 µm groß) = detritische Albitkörner ab.
- Im Tuff sind winzige Bereiche bzw. Körner (10–20 µm), die gleichmäßig verteilt sind, zu erkennen, die reich an Fe, Mg und Mn sind. Im Kieselschiefer sind dieselben Bereiche mit Fe, Mg und Mn von unterschiedlicher Größe und diffuser als im Tuff.

¹ Nach der Definition von BATES & JACKSON (1980: 365) sind „load casts“ Sohlmarken „usually measuring less than a meter in any direction, consisting of a swelling in the shape of a slight bulge a deep or shallow rounded sack, a knobby excrescence, a highly irregular protuberance, or a bulbous, mammillary, or papilliform protrusion of sand or other coarse clastics, extending downward into finer-grained, softer, and originally hydroplastic underlying material, such as wet clay, mud, or peat, that contained an initial depression. It is produced by the exaggeration of the depression as a result of unequal settling and compaction of the overlying material and by the partial sinking of such material into the depression, as during the onset of deposition of a turbidite on unconsolidated mud.“ Dieser Ausdruck wurde von KUENEN (1953: 1058) vorgeschlagen.

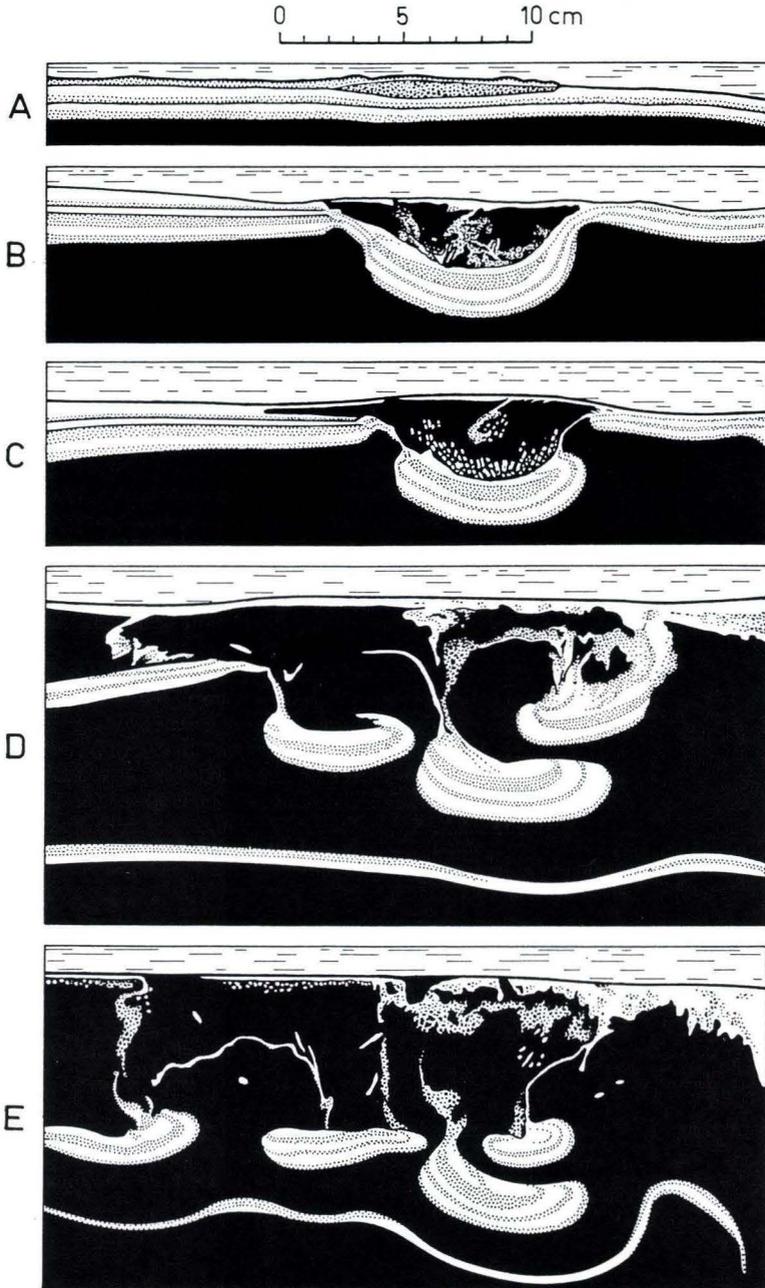


Abb. 4. Experimentelle Bildung von Deformationsstrukturen (Sandstein-Bällen = sandstone balls), wobei die Sandlagen (hell) tropfenartig in den verflüssigten Ton (dunkel) einsinken (nach KUENEN 1965).

- Der Gehalt an winzigem Apatit (Ca, P), meist kleiner als 10 μm , ist im Tuff viel höher – obwohl nicht immer gleichmäßig verteilt – als im Kieselschiefer. Apatit ist auch im Kieselschiefer nicht größer als im Tuff.
- Im Tuff finden sich stets winzige (< 15 μm), aber ungleich große Körner und diffuse Bereiche mit Titan viel häufiger als im Kieselschiefer. Titanmaxima sind aber nicht von Eisenmaxima begleitet. Es muß sich also vor allem um Abbauprodukte mit der Beschaffenheit von Leukoxen handeln. Im Kieselschiefer sind die Titanmaxima kleiner, aber genau so wenig mit Eisen assoziiert.
- Kieselsäure ist sowohl im Tuff als auch im Kieselschiefer so reichlich und gleichmäßig verteilt, daß der Kontakt und der Übergangsbereich Tuff–Kieselschiefer nicht erkennbar sind. Diese kontaktüberschreitende Vereinheitlichung der beiden Gesteine durch Kieselsäure ist frühdiagenetischen Ursprungs und dokumentiert die beherrschende Rolle der Einkieselung.
- Leider war der Anteil an Zirkon als wesentliche Ergänzung zur Apatitverteilung nicht bestimmt worden. Die Darstellung der bentonitischen Zirkon-Apatit-Assoziation und ihrer ungleichen Verteilung, sowie die mögliche Erkennung von Monazit wäre ein zusätzliches und gutes Indiz für die saure bis intermediäre Tuff-Zusammensetzung gewesen.

Die gamma-spektrometrische Th- und U-Bestimmung an der Probe ergab 15 ppm Th und 10 ppm U.

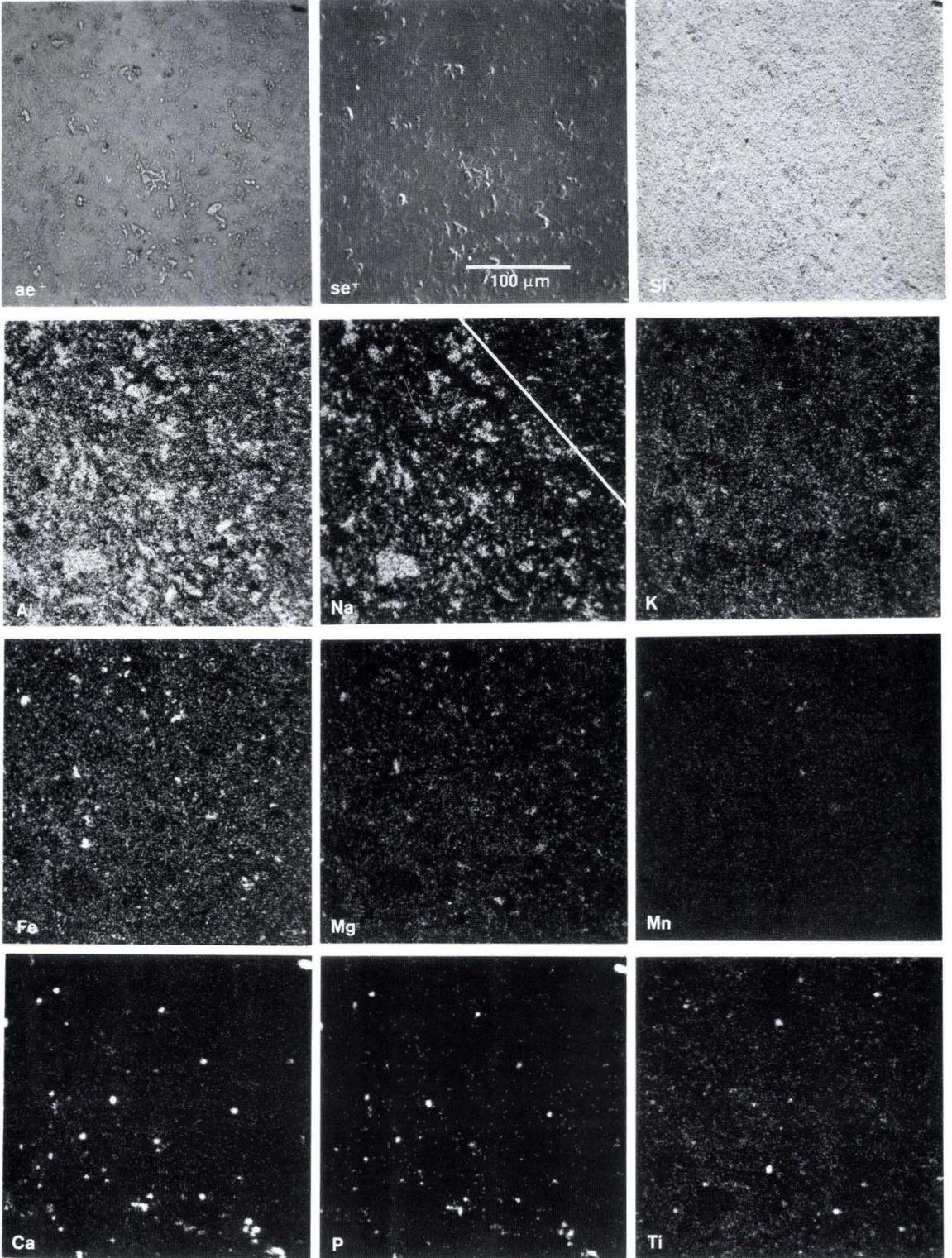
In Verbindung mit den im vorigen Kapitel erwähnten röntgendiffraktometrischen Ergebnissen und unter Berücksichtigung der Dünnschliffbefunde zeigen im Tuff Na und Al die Albit-Komponente (ca. 35%), Ca und P akzessorischen Apatit und Ti die TiO_2 -reichen Abbauprodukte von Erzmineralen an. Der beachtliche Titan-Gehalt spricht für vulkanisches Gestein. Im grünen Kieselschiefer dagegen stammen K, Fe und Mg aus den illitischen Tonen und Chloriten.

Ergänzende Mikrosonden-Untersuchungen des Tuffbands vom Heimbergskopf haben grundsätzlich ähnliche Ergebnisse gezeigt hinsichtlich der im Tuff vorhandenen Elemente Na, Al, Ca und Ti. P wurde nicht immer analysiert. Der Kieselschiefer zeichnet sich durch höhere Gehalte an K, Fe, Mg und Ti aus, wobei das Schichtungsgefüge stärker hervortritt als im massiven Tuff. Außerdem deutet ein Sulfidband den Kontakt an. Im Kieselschiefer stammen die erhöhten Gehalte an K, Fe, und Mg aus den illitischen Tonen und Chloriten. Kieselsäure ist sowohl im Tuff als auch im Kieselschiefer reichlich und gleichmäßig verteilt wie in der Probe aus dem Vossenke-Tal.

Die gamma-spektrometrische Th- und U-Bestimmung an der Probe ergab 16 ppm Th und 6 ppm U.

Die Größenordnungen der gammaspektroskopischen Meßwerte beider Proben entsprechen den Werten, die SERRA (1984: 103, Tab. 6–8) für saure Extrusiva (acid extrusives) wie Rhyolithe und Trachyte angibt. Dieses analytische Ergebnis ist ein weiterer Hinweis auf den sauren bis intermediären Chemismus der Tuffbänder, der schon von HOSS (1957, 79) als quarzkeratophrisch postuliert wurde.

Die Angleichung der Elementzusammensetzung von dünnem Tuffband und Kieselschiefer im Laufe der Diagenese war in beiden Proben nicht so ausgeprägt, wie sie beispielsweise in Tuffen und mergeligen oder karbonatischen Nebengesteinen der Unterkreide (Aptium/Albium) beobachtet und analysiert worden ist (GAIDA et al. 1978: 83–85, Tab. 6), obwohl beide Gesteinsserien aus kontinuierlich vulkanisch beeinflussten Gesteinen aufgebaut sind. Sicherlich ist die intensive und frühe Einkieselung beider Gesteinsarten, sowohl die der Tuffe als auch die der Kieselschiefer, für die Einsiegelung der geochemischen Kontraste verantwortlich zu machen.



4. Ergebnisse

Die mm bis cm dünnen, auffällig hellen Tufflagen, die aus dem Unterkarbon vom Harz (Vossenke-Tal, Heimbergskopf und Bor-Berg) und des Kellerwaldes (Bad Wildungen) beschrieben worden sind, sind eine auffällige Sedimentstruktur zum Nachweis von sauren bis intermediären Tuffen im Aufschluß oder Profil.

Die Tufflagen wurden rasch – vermutlich in einem Akt – aus einem Aschenregen sedimentiert. Sie zeigen zum Teil normale Gradierung. Die Kontakte sind scharf; der Liegendkontakt der Tuffe ist stärker deformiert als der Hangendkontakt. Am Liegendkontakt bilden sich charakteristische Belastungsmarken (load casts – auch als flame structures bezeichnet) durch das Einsinken des pyroklastischen Materials von Sandkorngröße in das weiche Sediment darunter. Dabei mag die besondere Konsistenz des liegenden Sediments mit seinem ursprünglich hohen Smektitgehalt bodenmechanisch dieses Eindringen besonders begünstigt haben.

Dünnschliffuntersuchungen bestätigen die Identität als vulkanische Ablagerungen. Es handelt sich um vitrische oder lithische Feintuffe, die im Zuge der langen Diagenese in Quarz-Albitgesteine umgewandelt worden sind. Ergänzende Untersuchungen mit der Mikrosonde (H. PIETZNER) und röntgendiffraktometrische Mineralbestimmungen haben den vornehmlich diagenetisch gebildeten Mineralbestand der Tuffe bestätigt, vor allem die deutliche Natron-Vormacht. Dennoch hat sich geochemisch eine scharfe Trennung zwischen Tuff und Nebengestein erhalten, dank der frühen und durchgreifenden Einkieselung.

Der Titangehalt der Tuffe ist höher als der der hangenden und liegenden Kieselschiefer. Die Korngrößen der Tuffe variieren zwischen Silt- und Feinsand; die Mehrzahl der Vulkanoklasten besteht aus isometrischen, rundlich-ovalen Körnern. Die Diagenese ist unterschiedlich; nur in der Probe aus dem Kellerwald treten peripher im Tuff calcitische Partien auf.

Diese Sedimentstruktur wurde verschiedentlich in vulkanoklastischer Ablagerung anderer Gebiete – z. B. im Altpaläozoikum Großbritanniens – beobachtet und in ihrer Eigenschaft als Belastungsmarken auch experimentell dargestellt. ZIMMERLE (1986, 151) hatte schon vermutet, daß die Belastungsmarken aus den Feintuffen vom Heimbergskopf von seismischen Ereignissen herrühren könnten. Weitere diesbezügliche Untersuchungen sind im Gang.

Die beliebig ausgesuchten Beispiele aus dem Harz und aus dem Kellerwald lassen eine weite Verbreitung dieses Tufftyps, auch in anderen Teilen des Rheinischen Schiefergebirges, vermuten.



Tafel 3

Primärelektronen-Bild (ae^+) und Sekundärelektronen-Bild (se^+), sowie Elementverteilung von Si, Al, Na, K, Fe, Mg, Mn, Ca, P und Ti aus der Kontaktzone zwischen Tuff (links 2/3) und grünem Kieselschiefer (rechts oben 1/3). Im Na-Bild ist der Kontakt markiert. Vossenke-Tal ENE Osterode.

5. Schriftenverzeichnis

- ALLEN, J. R. L. (1982): Sedimentary structures, their character and physical basis. Vol. II, Developments in Sedimentology. – **30 B**, 663 S., div. Abb.; Amsterdam–Oxford–New York (Elsevier).
- BATES, R. L., & JACKSON J. A. (Eds.) (1980): Glossary of geology. – 2. Auf., 751 S.; Falls Church (Va.) (Amer. geol. Inst.).
- GAIDA, K.-H., KEMPER, E., & ZIMMERLE, W. (1978): Das Oberapt von Sarstedt und seine Tuffe. – Geol. Jb., **A 45**: 43–123, 8 Abb., 11 Tab., 8 Taf.; Hannover.
- HOSS, H. (1957): Untersuchungen über die Petrographie kulmischer Kieselschiefer. – Beitr. Min. u. Petr., **6** (1): 59–88, 13 Abb., 20 Tab.; Berlin–Göttingen–Heidelberg.
- KUENEN, Ph. H. (1953): Significant features of graded bedding. – Amer. Assoc. Petrol. Geologists Bull., **37**: 1044–1066, 14 Abb. Tusla (Okla.).
– (1958): Experiments in geology. – Trans. geol. Soc. Glasgow, **23**: 1–28, 10 Abb., 4 Taf.; Glasgow.
– (1965): Value of experiments in geology. – Geol. en Mijnbouw, **44**: 22–36, 12 Abb.; S.-Gravenhage.
- SCHIENER, E. J. (1970): Sedimentology and petrography of three tuff horizons in the Caradocian sequence of the Bala area (North Wales). – Geol. J. **7**: 25–46, 12 Abb., 4 Taf.; Liverpool.
- SERRA, O. (1984): Fundamentals of well-log interpretation. 1. the acquisition of logging data. – Developments in Petroleum Science, **15 A**, 423 S., div. Abb., div. Tab., 7 Anl.; Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo (Elsevier).
- SORBY, H. C. (1908): On the application of quantitative methods to the study of the structure and history of rocks. – Quart. J. Geol. Soc., London, **64**: 171–233, 5 Taf., 10 Tab.; London.
- ZIMMERLE, W. (1986): Gesteinstypen und kleindimensionale Sedimentstrukturen im tieferen Unterkarbon der Bohrungen Adlersberg, Bullars, Eselsberg und Spiegeltal im West-Harz. – Geol. Jb., **D 78**: 95–205, 7 Abb., 1 Tab., 15 Taf.; Hannover.

Manuskript eingegangen am 27. 9. 1988

Vulkano-seismische Deformationen im Kieselschiefer – Befunde einer strukturellen Anschliff-Analyse

Von

HANS-ULRICH SCHWARZ*

Kurzfassung: Die Detailbeschreibung eines Anschliffes aus dem Kieselschiefer des Kellerwaldes ergab eine unerwartete Strukturvielfalt. Das Profil zeigt Chert in einer Mischsediment-Wechselfolge aus Spiculit mit pyroklastischem Quarz einerseits und Tuffit mit Spiculit andererseits. Gradierung und Zusammensetzung deuten auf distale, niedrig-energetische Turbiditsedimentation, einzelne Rippellagen auf schwachen Strömungstransport. Load structures (Ponton-Typ und Event-Typ), Drainagebahnen, synsedimentäre Verwerfungen, Gleittreppen und interne Wellenformen mit bipolaren Fließstrukturen charakterisieren einen hochdynamischen Ablagerungsraum, dessen Sedimente von vulkano-seismischen Ereignissen im teilweise plastischen Zustand deformiert wurden, wie unterschiedlich verformte Radiolarien beweisen. Hierfür kommt eine frühdiaogenetische, gallertartige Zwischenphase als Si(OH)_4 während der Umwandlung von Opal-A zu Opal-CT in Betracht.

Abstract: The detailed examination of a polished section from the Kieselschiefer Member (Lower Carboniferous) at the eastern margin of the Rheinisch Massif revealed an unexpected structural variety. The profile consists of alternate-bedded mixed-sediment-chert with layers of spiculite and pyroclastic quartz and such of tuffite with spiculite. Composition and graded bedding indicate distal, low energy turbiditic sedimentation and sparse ripple layers weak tranquil current transport. Load structures (ponton-type and event-type), drainage tracks, penecontemporaneous dip-slip faults, micro-faults, and internal wave structures with bipolar flow structures characterize a high dynamic depositional environment. Its sediments have had in part a plastic consistency, when they have been shocked by volcano-seismic events as proven by differently deformed radiolarians. For this, an early diagenetic colloidal intermediate phase as Si(OH)_4 during the transition from opal-A to opal-CT is suggested.

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkungen	156
2. Geologischer Rahmen	156
3. Anschliffbeschreibung	156
4. Interpretation und Diskussion	162
5. Schlußfolgerungen	166
6. Schriftenverzeichnis	166

* Prof. Dr. H.-U. SCHWARZ, Institut für Geologie, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 4630 Bochum.

1. Vorbemerkungen

Die genetische Interpretation von Deformationsstrukturen ist zwar stets das Ziel ihrer Analyse, bleibt aber wegen des Problems von Konvergenzerscheinungen oft spekulativ. Behutsame Formulierungen in den Originalarbeiten werden häufig durch die Sekundärliteratur zu Beweisen „veredelt“. Die Verwendung genetischer Begriffe bei der Objektbeschreibung, wie z. B. Tempestit, Seismit etc., leistet dem vielfach ungewollten Vorschub. Dennoch können derartige, plakative Formulierungen hilfreich sein, da sie einerseits anregen, in der angegebenen Richtung nach weiteren Beispielen oder Argumenten zu suchen, oder andererseits Gegenargumente provozieren und so zur kritischen Überprüfung beitragen. Mit einer interdisziplinären und synoptischen Argumentation lassen sich jedoch meist Konvergenzprobleme lösen und gefundene Deutungen rechtfertigen.

Am Beispiel einer kurzen Profilsequenz von nur 2 m aus dem unterkarbonischen Kiesel-schiefer am Westrand des Rheinischen Schiefergebirges wird das Ergebnis einer solchen umfassenden Analyse vorgelegt (vgl. DEHMER et al. 1989). Dem Verfasser wurde aus diesem Profil der An-schliff eines Handstücks zur Beurteilung des strukturellen Inventars vorgelegt, dessen Durchmusterung unerwartet Mut zur Niederschrift unter dem Rubrum „vulkano-seismische Deformationen“ machte (Abb. 1). Diese Deutung beruht auf einer synoptischen Argumentation und soll zu weiteren Untersuchungen in dieser Richtung herausfordern.

Zwar blieb die Suche nach erdbeben-spezifischen Strukturen bis heute erfolglos, doch hat sie zu einer intensiven theoretischen (z.B. PYKHOV 1973a, b; SEED 1967), experimentellen (z. B. OULIANOFF 1960) und deskriptiven (z. B. SIMS 1980; WILSON 1969) Behandlung der strukturbildenden Prozesse sowie der von ihnen betroffenen Sedimente geführt. Gewöhnlich stehen dabei großdimensionale Strukturen wie Verwerfungen (z. B. KING et al. 1988; STEIN et al. 1988) und Rutschungsvorgänge (z. B. SPUDICH & ORCUTT 1982) im Mittelpunkt. Es dürfte aber nicht minder aussagekräftig sein, auch kleindimensionale Strukturen zu betrachten, zumal sie eine größere Verbreitungswahrscheinlichkeit besitzen dürften.

2. Geologischer Rahmen

Das Handstück stammt aus dem Steinbruch „Café Waldhaus“ bei Bad Wildungen (Bl. 4820 Bad Wildungen, 350707/546370, leg. M. HORN) und gehört zum Kulm-Kiesel-schiefer der *Pericyclus*-Stufe (cdII) des Kellerwaldes (DEHMER et al., 1989: 79).

In den Erläuterungen zu Blatt 4820 Bad Wildungen wird die Schichtfolge wie folgt charakterisiert (HORN et al. 1973; 67): „Es ist eine Serie von 3–20 cm dicken Bänken aus schwarzen, grauen, grünlichen, seltener rötlichgrauen, mehr oder weniger kieseligen Gesteinen, denen mm- bis cm-dicke Ton-(Tuff-)Lagen zwischengeschaltet sind. Örtlich sind Tonschiefer- oder kalkige Kiesel-schiefer eingelagert.“ Die Schichtfolge liegt in diesem Aufschluß einem effusivem Diabas mit Pillow-Struktur auf.

Der Aufschluß zeigt eine ausgeprägte Spezialfaltung (HORN et al. 1973, Abb. 7), die der Südflanke des Hundsdorfer Sattels zugeordnet werden kann. Weitere Angaben zur Tektonik und Stratigraphie in MEISCHNER (1960a, b, 1966) und HORN et al. (1973).

3. Anschliffbeschreibung

Grundlage der Strukturanalyse ist ein beschichteter Anschliff von 10 cm Breite und 11,5 cm Höhe, der unter dem Binokular (Vergr. $\times 30$) systematisch bezüglich seiner strukturellen Merkmale durchgemustert wurde (Abb. 1). Dünnschliffuntersuchungen ergänzten die Befundaufnahme (Taf. 1). Weitergehende mineralogische und geochemische Untersuchungen wurden nicht durchgeführt (vgl. hierzu ZIMMERLE in DEHMER et al. 1989, Kap. 3.1).

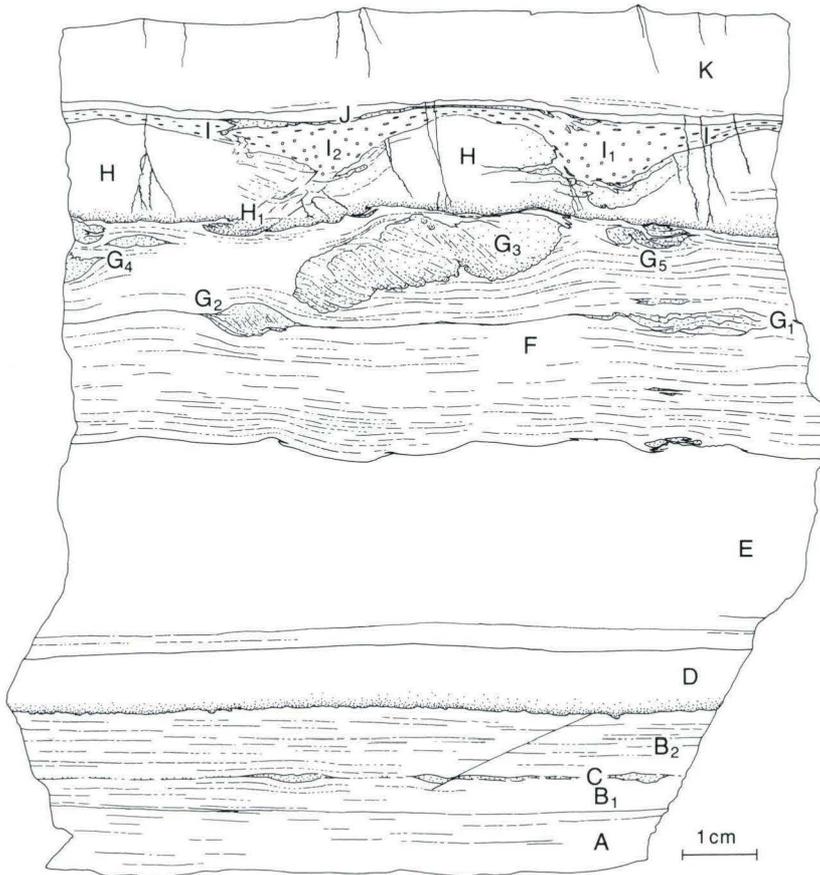


Abb. 1. Nachzeichnung eines Anschliffes aus dem Kieselschiefer (Stbr. Café Waldhaus bei Bad Wildungen/Kellerwald). Silifizierter Tuffit (A, B, F, K) wechselt mit biogen-pyroklastischem Chert (C, D, E, G, H, I, J). Sedimentherkunft und Sedimentstrukturen deuten auf vulkano-seismische Deformationen: synsedimentäre Verwerfung (C-B₂), interne Wellen mit bipolaren Fließstrukturen (Grenze E/F), Load structures (Ponton-Typ: G, Event-Typ: H₁, I), Drainagekanäle (in H, I, K). Andere Strukturen weisen auf lateralen Transport: Rippelhorizont (C), Gradierung (D, H). Weitere Erläuterungen s. Profilbeschreibung im Text.

Es handelt sich um ein Profilstück mit regelmäßiger Wechselschichtung im cm-Bereich aus olivgrünen, verkieselten Tuffit- und gelbbraunen bis hellgrünen und grauen Chertlagen.

Die Bezeichnung „Chert“ bezieht sich gewöhnlich auf ein Sediment aus amorpher bis extrem feinkristalliner, wasserreicher Kieselsäure (Opal, Chalcedon). Hier wird in Anlehnung an einen solchen Primärbestand auch das diagenetische Endprodukt damit bezeichnet, das gewöhnlich aus Quarz (Chalcedon-Quarz) besteht (vgl. FÜCHTBAUER 1988). Die farbigen, fossilen Chertlagen werden auch als Adinol bezeichnet, während die dunklen (meist schwärzlichen), stark glasig erscheinenden Gesteine als Lydit bekannt sind.

Als Tuffit wird hier ein olivgrünes, sehr feinkörniges, silifiziertes Sediment mit großem Phyllosilikatanteil bezeichnet, wobei die Art der Phyllosilikate nicht näher differenziert wird. Meist handelt es sich um grünen Chlorit (vgl. hierzu KUBANEK & ZIMMERLE 1986; NÖLTNER 1986; ZIMMERLE 1986; im folgenden vereinfachend als „Ton“ angesprochen).

In unterschiedlicher Menge und Korngröße („KG“) treten in beiden Sedimenttypen ferner auf: gerundete, normaldetritische Quarzkörner sowie scharfkantig-splittriger Quarz (wegen seiner Kornform und Assoziation mit bis zu 2% Schwermineralen als pyroklastisch eingestuft); ferner tetraxone Megaskleren von Kieselschwämmen (oft gesteinsbildend: „Spiculit“) und Radiolarien (Spumellaria). Die Biogenkomponenten weisen fast durchweg ein Quarzmosaikgefüge auf, teilweise mit Relikten eines Chalcedon-Randsaumes.

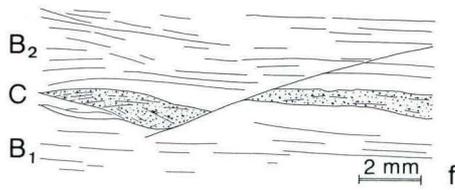
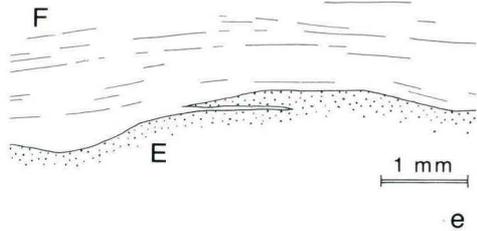
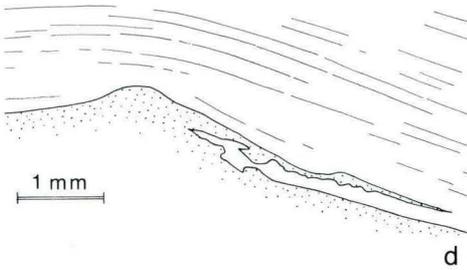
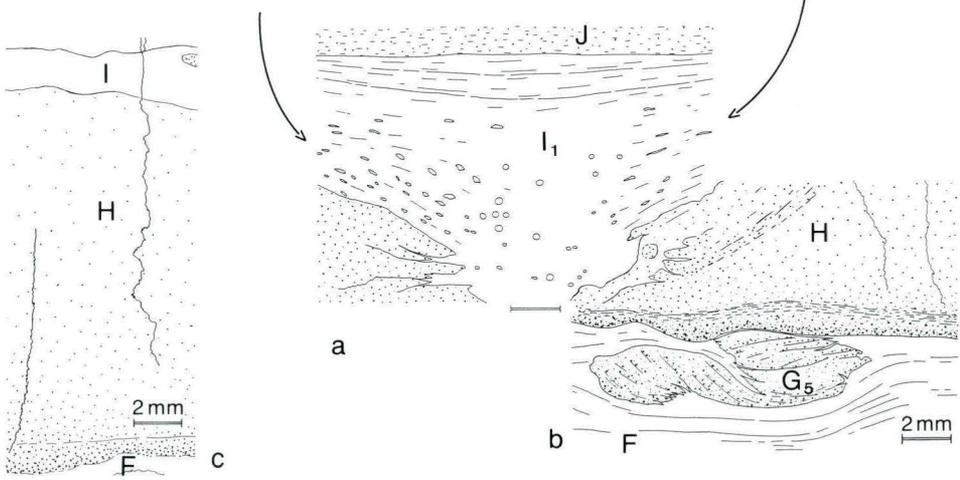
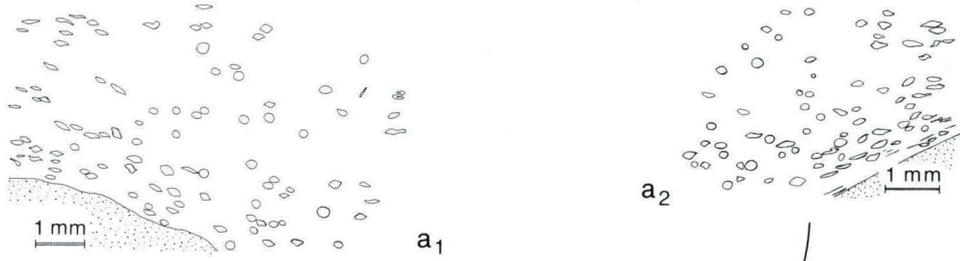
Im einzelnen ergibt sich folgendes Profil (Mächtigkeit in mm, vgl. Abb. 1):

- | | | |
|---|-------|---|
| K | 11–13 | Hellolivgrüner, massig erscheinender Chert mit wolkiger Makrostruktur und Tuffitflocken. Im Dünnschliff sind 1–2 mm starke, sehr feinflaserige Lagen aus Spiculit (10–15%; Nadellänge ca. 280 μ), pyroklastischem Quarz (10–15%; KG 50–140 μ) und Ton zu erkennen. Daneben treten Radiolarien (\varnothing 80–200 μ) und Schwerminerale auf. Der Rest ist Ton und Kieselsäurematrix. In Abständen von 1–2 cm treten vertikale Drainagekanäle auf, die im mittleren bis unteren Abschnitt wurzeln, sich auf 0,1–0,2 mm verbreitern und an der Schichtobergrenze gewöhnlich mit einem kleinen Mündungskegel enden. Da es sich mehr um planare Elemente handelt als um lineare, ist die Schichtoberseite durch ein scharfgratiges, rippelartiges Relief geprägt (Abb. 1). Teilweise sind die schichtinternen Tonflaserlaminae nicht an ihnen durchtrennt worden, sondern weisen nur einen flexurgrabenartigen Versatz auf. Die Fissurfüllung besteht aus spätdiagenetischem Quarz. Weitgehend, aber bezeichnenderweise nicht immer, wurden diese Fissuren später zu Klufformen erweitert, die das ganze Handstück durchziehen. |
| J | 1 | Olivgrüner, laminiertes Tuffit mit basaler, rippelartig an- und abschwellender (Wellenlänge ca. 10 mm), reiner Spiculitlage, teilweise in Lage I eingesunken (Grundbuch). |
| I | 1–(9) | Hellgraue, milchig-trübe Chertlage mit ausgeprägten load structures (I_1 , I_2) und extremer Detrituseinregelung in den ausgedünnten Zwischenabschnitten (neben Spiculae auch plattig-linsige Körper, die anhand stufenloser Übergänge zu kugeligen Formen in den Taschenzentren als deformierte Radiolarien angesprochen werden können, Abb. 2 a, Taf. 1 b). Offenbar kommen auch primär phacoidförmige Formen vor. Auffällig ist das Fehlen pyroklastischer Quarze einschließlich der Schwermine- |



Abb. 2. Strukturdetails des in Abb. 1 gezeigten Abschlibfbildes (mit gleicher Horizontbezeichnung).

- a: Grundbruchkörper (Event-Typ, I_1) mit lageabhängig unterschiedlich deformierten Radiolarien (a_1 , a_2).
- b: Grundbruchkörper (Ponton-Typ, G_3) mit Internschichtung zeigt synkinematische Sedimentschüttung an. Spätere Überlagerung durch Turbiditmaterial (H) erfolgte auf bereits konsolidiertem Substrat (F).
- c: Ptygmatisierte Drainagekanäle in Schicht H zeigen starke Kompaktion (durch hohe Porenwasserdrucke) des gradierten Turbidithorizontes an (durch Grundbruch der ebenfalls turbiditisch transportierten, hangenden Biogen-Chertlage I induziert).
- d, e: Fließstrukturen an den Kämmen der welligen Schichtgrenze E/F haben gegensätzliche Tendenz und deuten auf interne Wellen.
- f: Versatz der Rippelage C zeigt eine syndesimentäre Abschiebung an (endet an der Schichtgrenze B/D).



- rale. Die Lage ist gradiert; oben fließender Übergang in abgesaigerten Chert. Liegendgrenze zur Lage H scharf entwickelt, aber ohne Trennfuge oder Tonlamellen.
- I_1/I_2 0–9 Load structure-Taschen mit Füllung aus dem oben beschriebenen Material; in Schicht H eingesunken (Abb. 1). An den Flanken ausgeprägte Fließ- und Schleppungsstrukturen sowie sillartiges, laterales Eindringen in das Substrat H (an linker Flanke von Struktur I_1 bis 10 mm Länge). Am Taschenboden von Struktur I_1 Sekundärdeformation von Schicht H: Bildung einer etwa 1,5 mm breiten, linksvergenten Fließzone, die in einem in die Schicht F eingesenkten Grundbrüchkörper (H_1) mündet. Die Taschenzentren I_1 und I_2 enthalten etwa 10% undeformierte, transparente Spumellarien (\varnothing 200 μ). Ihr Habitus ändert sich an den Taschenrändern in ellipsoidische bis phacoidische Formen, die außerhalb der Taschen, d. h. in der Primärschicht (I) zu flachen, gestreckten Linsen ausgezogen sind (Abb. 2 a).
- H 5–14 Hellgelber, zentral hellgrüner, massiger Detritus-Chert mit ausgeprägter Gradierung. Komponenten (Taf. 1): pyroklastischer Quarz (ca. 7%), auffallend viel Schwerminerale (ca. 2%, hoher Opakanteil), Spiculit (ca. 20%), wenig Radiolarien (unter 1%). Tonanteil mit Ausnahme einer Zone über dem groben Basissediment (dort ca. 20%, Taf. 1 f) gleichfalls gering. Hauptmenge ist kryptokristalliner Chert, besonders im oberen Abschnitt. Die Korngröße nimmt von 100–150 μ (Spiculae 280 μ) im etwa 1–2 mm starken Basalbereich auf ca 20 μ im Topbereich ab. Keine Strömungsmerkmale (Schrägschichtung, Sohlmarken) erkennbar (Taf. 1 f). Von kleinen, basalen load casts und den Strukturen (I_1/I_2) abgesehen, fallen zahlreiche, pygmatisierte Risse und atektonische Zerrüttungszonen auf, die auf intensive Drainageprozesse hindeuten (Abb. 1, 2 c, b, Taf. 1 a, c). In ihnen haben sich Tonminerale und Fe-oxidische Verwitterungsminerale abgeschieden. Die Bereiche stärkster Durchdringung liegen zwischen den Taschen. Die Drainagestrukturen beginnen in bzw. über dem die basale Grobfraktionszone abdeckenden Tonanreicherungs-horizont und reichen teilweise durch die überlagernde reine Biogen-Chertlage (J) hindurch, aber nicht in die Tuffitlage (K) hinein (Abb. 1).
- H_1 An zwei Stellen ist die Sohle von Schicht H grundbruchartig durchbrochen (bei H_1 und 15 mm rechts davon; Abb. 1). Scherungsartige Durchtrennung der Gradierungslage (beim linken Objekt) deutet auf späteren Störeffekt, der im Zusammenhang mit Struktur I_2 zu sehen ist und einen sekundären Grundbruch repräsentiert. Rechtes Objekt ist ein primärer Grundbrüchkörper – vor Ablagerung von H_1 entstanden. In Teilbereichen interne Schrägschichtung und andere Materialzusammensetzung (ähnlich der von Struktur G_4 und G_5).
- G_5 Gleichartiger Detrituskörper wie G_2 , G_3 und G_4 (s. dort; Abb. 1, 2b, vgl. Taf. 1 e). Keine Verbindung mit Lage H. Pseudofältelungsstruktur: tatsächlich liegen Internschichtung und eine pontonartig fortentwickelte Grundbruchstruktur vor. Sedimentanlieferung von links führte zu Grundbruch mit Verkipfung nach rechts. Bei anhaltender Detritusschüttung Überwanderung des stabilisierten Bereichs mit angrenzendem Einsinken. Dabei floß bei kurzfristig abgeschwächter oder unterbrochener Schüttung tuffitisches Material über die eingebrochene Detritusmasse. Wieder verstärkte Materialanlieferung löste weiteren, asymmetrischen Grundbruch mit Verkipfung aus.
- G_4 Gleichartige Detrituskörper wie G_2 und G_3 mit ähnlicher Struktur (Abb. 1).
- G_3 Hellgelbgrüner, schlauchförmig verkippter Grundbrüchkörper (37 mm lang, 8–10 mm breit; Abb. 1) mit hohem Biogenanteil (Zusammensetzung wie Körper G_2), isoliert im Tuffit liegend, ohne Verbindung mit der hangenden Lage H. Diskordante, nach rechts fallende Internschichtung, leicht sigmoidal verschleppt. Der Tuffit grenzt allseitig diskordant an den Körper: Internschichtung paßt sich nicht in die Tuffitschichtung ein. An der Liegendflanke spießen einzelne tuffitische Chert-Schlieren in die Detritusmasse sowie innerhalb der Struktur eingeregelter, isolierte tuffitische Schuppen. Rechts des Körpers reicht die ungestörte Tuffitschichtung bis an Lage H. Bedeutet Bildung des Detrituskörpers am Ende der Tuffitsedimentation.

Der ungestört geschichtete Tuffit ist links des Körpers nur bis in Höhe der Oberkante des zwischen den beiden Körpern G_2 und G_3 durchziehenden Tuffitbandes vorhanden. Das restliche Tuffit sediment weist bis zur Lage H deutlich gestörte und nicht laminierte Pseudoschichtung auf, die auf Kompaktionsregelung zurückgeführt wird. Teilweise ist hier eine stark homogenisierte, wolkig-schlierige Feintextur zu erkennen.

- G_2 Hellgelbgrüne, phacoidische Detrituslinse (Länge 10 mm, Höhe 4 mm) aus Spiculit, Radiolarien und pyroklastischem Quarz (KG 50–100 μ) einschließlich Schwermineralen, ohne Ton. Matrix wie stets aus Chalcedon. Schwache Gradierung. Material ähnlich dem der abgesaigerten Basalzone von Schicht H. Obere Hemisphäre des Körpers scharf gegen den Tuffit abgegrenzt. Nach rechts fallende Internschichtung zeigt dextrale Rotation an. Reliktischer G_1 -Horizont verläuft nicht durch die Äquatorialebene des Körpers, sondern entlang der unteren Hemisphäre von der rechten zur linken Ausspitzung, G_2 ist somit jünger und als Grundbruch-Körper zu interpretieren (wie auch G_3 – G_5).
- G_1 Die Strukturen G_1 und G_2 liegen auf der gleichen Schichtfuge (Hiatus). Der Hiatuscharakter wird durch Tonlamellen mit oxidischen Verwitterungsmineralen verdeutlicht. Entlang dieser Schichtfuge liegen schmale Linsen aus Detritus-Chert mit pyroklastischem Quarz (KG 25–50 μ) und Spiculit vermengt mit Tuffit. Teilweise ist Internschichtung erkennbar. Es handelt sich offenbar um Erosionsrelikte eines Rippelhorizontes. Die hier bezeichnete Linse zeigt diskordante Internstrukturen, vermutlich durch load cast-artiges Einsinken bei anhaltendem Lateraltransport.
- F 29–31 Olivgrüner, laminiertes Tuff mit schlierig-linsigen Chert-Lamellen (vgl. A; meist < 100 μ dick; Abb. 1, Taf. 1 f); partiell feinstfaserig. Oben mehrfach syndementäre Einschaltung von Detrituskomplexen $\rightarrow G_1$ – G_5 . Komponenten: überwiegend Chalcedon und Ton sowie untergeordnet feiner Quarz (KG bis 40 μ , im Mittel 7–15 μ) mit Schwermineralen (KG ca. 10 μ). Kaum Biogendetritus erkennbar. Innerhalb der Laminae deutliche Einregelung. Vereinzelt phacoidische Grob-Chertlinsen (\varnothing bis 4 mm) aus Spiculit, Radiolarien und pyroklastischem Quarz. An der Basis grauer, schwach tuffitischer Chert aus Chalcedon, wenig Ton sowie Feindetritus (KG < 7 μ). Zwischen den Strukturen G_3 und G_4 ist die Lamination gestört. Eine etwa 0,75 mm starke, laminierte Chertlage mit Detritusrelikten bildet die Grenzzone zur hangenden Schicht H und gleicht damit der Basalzone von F. Sie weist deutliche Gleittreppen-Merkmale auf (Taf. 1 e). Diese schichtinternen Mikroverwerfungen fallen einheitlich nach links ein und haben eine Distanz von etwa 5–10 mm sowie eine Sprunghöhe von etwa 0,2 mm.
- E 22–25 Gelbbrauner, milchig-trüber Feindetritus-Chert: neben Chalcedon-Matrix überwiegend Quarzkörner (KG < 25 μ), untergeordnet Reste von Biogenkomponenten. Struktur teils homogen, teils wolkig; entwickelt sich allmählich aus dem Liegenden (D). Oben braune, klare Feindetritus-Chertlage mit scharfer Grenze gegen Schicht F. In diese klare Grenzschicht münden (teilweise mit Mündungstrichter) ptygmatisierte Drainagekanäle sowie diffuse Drainagezonen. Am Top rippelartiges Relief mit Kammstrukturen ohne erkennbare Schrägschichtung, jedoch von den Kämmen ausgehende, sowohl nach rechts wie nach links gerichtete Schleppungsfähnchen (Abb. 1, 2 d, e).
- D 10 Zwei olivgrüne, tuffitische, detritusführende Chertlagen mit Gradierung (KG 150 μ). Gelbbraune, untere Grenzlage setzt mit abrupter Detritusschüttung ein (KG < 600 μ). Matrix: Chalcedon und lokal Dolomit. Basislage loadcast-artig in den Topbereich der Liegendeinheit eingedrückt. Fehlende Strömungsmerkmale und Biogenkomponenten deuten auf mehrfaches „Abregnen“ pyroklastischer Partikel. Obere Lage ohne Grobdetritus-Basis. Am Top jeweils Abklärung zu reinem, farblosen Chert. Übergangszone mit Tonanreicherung leitet zu Schicht E über.
- B_2 9 Wie B_1 . Am Top ein 50 μ dicker, milchig-weißer Film. Möglicherweise durch Alterungsprozeß entstanden und als Hiatus zu deuten.

C	1	Als Einlagerung in Schicht B zwei eng aufeinanderfolgende Detrituslagen (KG ca. 60 μ) mit Biogenmaterial. Untere Lage schwach ausgebildet, teilweise fehlend. Obere Lage teilweise linsig bis 1 mm anschwellend. Linsendistanz (10–20 mm) und bikonvexe Form deuten auf Rippelgenese, basale Eindellung und Loading-Effekt (Abb. 1, 2f). Eine mit 25° einfallende, synsedimentäre Abschiebung mit 1 mm Versatz endet am Top von Schicht B ₂ (Abb. 1, 2 f).
B ₁	3–4	Graugrüner, fein laminiertes Chert mit Spiculitrelikten und Quarz (KG < 7 μ , max. 22 μ). Laminae ca. 250–300 μ dick.
A	4	Olivgrüner, feinflaserig-laminierter Tuffit mit Chalcedon und wenig Quarzdetritus (KG < 15 μ). Lamellen 250–500 μ dick. Oben kontinuierlicher Übergang zu Schicht A.

4. Interpretation und Diskussion

Folgende Sedimenteigenschaften und strukturbildende Ereignisse stehen aufgrund der Bestandsanalyse zur Diskussion (Auflistung ohne zeitliche Rangordnung):

1. Chert-Genese (vgl. Taf. 1):

In fast allen Chertlagen wurden mindestens Relikte von Spiculit gefunden, so daß eine biogene SiO₂-Quelle angenommen wird (FÜCHTBAUER 1988, HESSE 1988). Im Diageneseablauf wird die Skelettsubstanz Opal A zunächst als Si(OH)₄ gelöst, so daß der Fossilkörper zeitweise leicht deformierbar ist (Gallerte), ehe Opal-CT in fester Konsistenz entsteht und später zu Chalcedon-Quarz umkristallisiert (KASTNER et al. 1977; v. RAD et al. 1978; RIECH & v. RAD 1979). Die Ubiquität des Biogenanteils signalisiert einen sedimentären Dauervorgang, der von episodischen weiteren Prozessen überlagert wird.

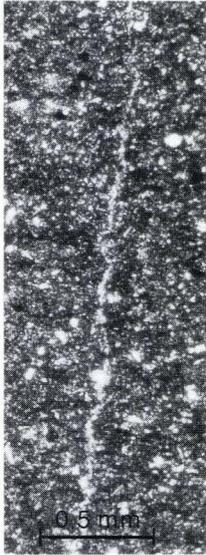
2. Vulkanogene Sedimente:

Wichtigster Typ ist der Tuffit, dessen petrographische Genese hier weniger interessiert (vgl. KUBANEK & ZIMMERLE 1986, ZIMMERLE 1986), dessen Häufigkeit im Anschliffprofil aber auf anhaltenden, episodischen Vulkanismus hinweist. Während die Tuffit-

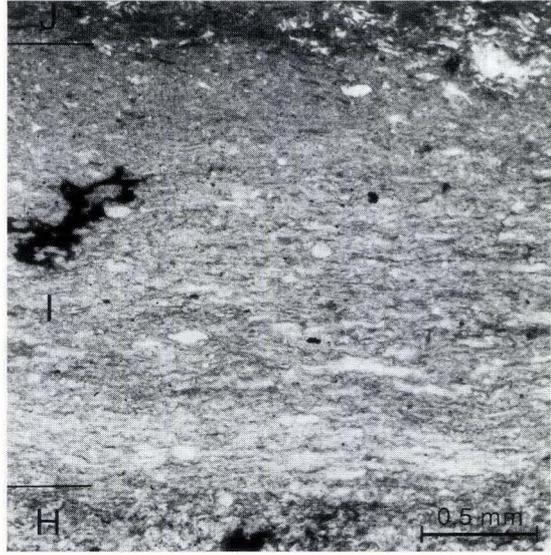
Tafel 1

Dünnschliffdetails aus dem Bereich der Horizonte F–J einer zur Anschliffebene parallelen Schnittfläche (vgl. Abb. 1).

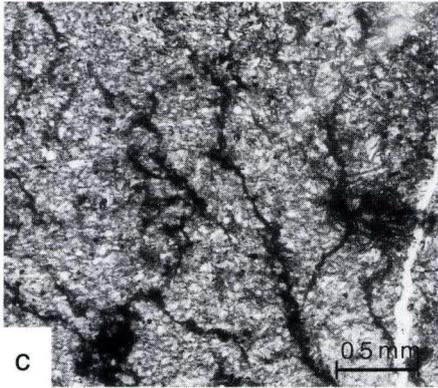
- a: Ptygmatisierter Drainagekanal in mittlerer Höhe von Horizont H (Nicols +).
- b: Gradierte Chertlage I aus Spiculit und Radiolarien mit vollständiger Komponenteneinregelung aus dem geringmächtigen Zwischenbereich zwischen den Grundbruchkörpern I₁ und I₂. Starke, phacoidisch-plattige Deformation besonders der Radiolarien weist auf eine diagenetische Weichkonsistenz-Phase zu dieser Zeit hin. Oben rechts reiner Spiculit an Basis von Schicht J.
- c: Zerrüttung von Schicht H durch Drainagesystem mit Baumstruktur in der Nachbarschaft des Grundbruchkörpers I₂.
- d: Kieselschwammkernen (außer größeren Einzelformen bilden sie die Chertmatrix mit Reliktstrukturen), einzelne (kugelige) Radiolarien, pyroklastischer Quarz und Schwerminerale bilden das Mischsediment der gradierten Chertlage H.
- e: Grundbruchkörper G₃ mit Internregelung des Chert-Mischsediments. Abdeckendes Tuffitband mit Gleittreppen (schwarz nachgezogen).
- f: Normalkontakt von Tuffit F (mit diagenetisch gefilterter, heller Dachzone) zu gradierten Basalzone H (Spiculit und Quarz).



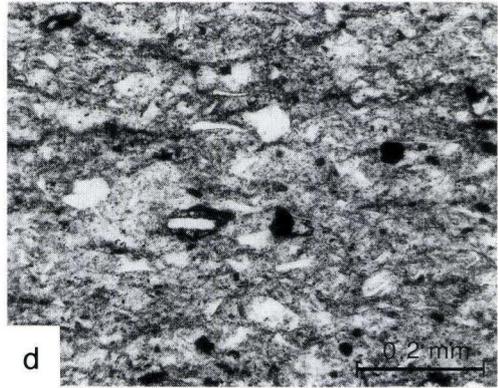
a



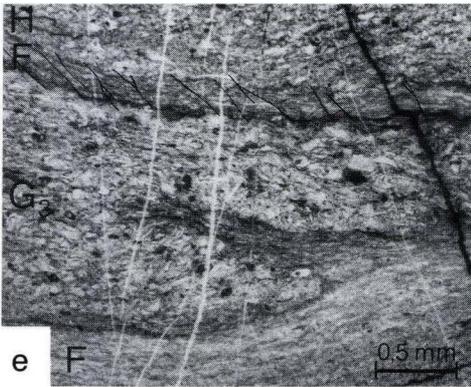
b



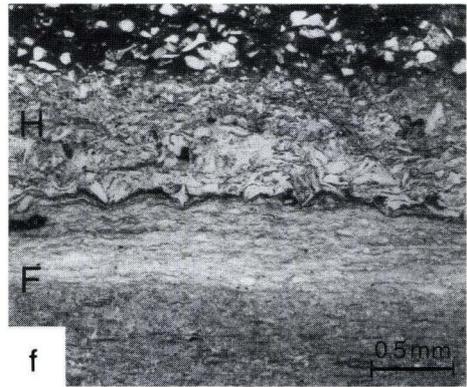
c



d



e



f

feinfraktion stark marinen Transportvorgängen unterliegt, kann dies dem pyroklastischen Detritus (hier Quarz und Schwerminerale) nicht in gleichem Ausmaß unterstellt werden, besonders wenn normaldetritischer Quarz fehlt, wie das in den Lagen F bis K der Fall ist.

3. Mischsediment (Taf. 1):

In den Horizonten C, G, H und K liegt ein Mischsediment aus Spiculit und Pyroklastika vor, aber auch der Tuffit ist ein solches Mischsediment. Letzterer hat jedoch bereits eine gewisse Alteration im Meerwasser erlitten. Für die Entstehung gibt es mehrere Modelle.

4. Aschenregen:

In-situ-Bildung mit hohem Reinheitsgrad der pyroklastischen Komponente. Durch den Fallweg im Meerwasser kann mit einer Sortierung gerechnet werden, was in den gradierten Lagen D gegeben ist. Die relativ geringen Korngrößen sprechen für distale Sedimentation.

5. Strömungstransport durch Rippeln (unteres Regime; Abb. 1, 2 f):

In den Horizonten C, G₁ und J gibt es Andeutungen von Kleinrippeln, die in Anbetracht der Korngrößen im Grobsilt- bis Feinsandbereich auf geringe Strömungsgeschwindigkeiten schließen lassen (unter 30 cm/sec). Weitere Hinweise können aus den Grundbruchstrukturen abgeleitet werden (s. d.).

6. Distale Turbiditidsedimentation (oberes Regime; Taf. 1 b, d, f):

Die in den Schichten D und H trotz Gradierung vorhandene Durchmischung relativ feiner Fraktionen von Spiculit und Pyroklastika deutet auf gemeinsamen turbulenten Suspensionstransport im distalen Bereich, d. h. bei relativ geringen Geschwindigkeiten hin, zumal deutliche Hinweise auf basale Erosion fehlen. Auch die Platznahme des reinen Biogenmaterials von Lage I dürfte so erfolgt sein (vgl. NISBET & PRICE 1974).

7. Erhöhter Porenwasserausstrom (Abb. 1, 2 b, c, Taf. 1 a, c):

Geradlinige (in K) und ptygmatisierte Drainagebahnen (in E und H) sowie ihre Wurzelbereiche zeigen eine überhöhte Kompaktionsgeschwindigkeit eines wasserreichen Sedimentes (Suspension) an. Dies kann unmittelbar nach Ablagerung eines turbiditischen Materials, aber auch wesentlich später bei einem unterkonsolidierten, d. h. unter Porenwasserüberdruck stehenden Sediment geschehen, wenn Drainagemöglichkeiten geschaffen werden, z. B. durch Erdbeben (vgl. DAVENPORT & RINGROSE 1987).

8. Gleitstufen (Taf. 1 e):

In engem Zusammenhang mit einer inhomogenen Drainage werden die Gleitstufen im Top von Schicht F gesehen, wobei die antithetische Verkippung der Segmente ein dadurch ermöglichter gravitativer Setzungseffekt ist, dessen Richtungsgebundenheit dem topographischen Feinrelief oder auch dem Triggermechanismus zu verdanken ist (SCHWARZ 1970, 1975).

9. Syndimentäre Verwerfung (Abb. 1, 2 f).

In Schicht B₂ und C läßt sich anhand der flexurartig geschleppten Lamination eine flach einfallende Störung verfolgen, die nicht spättektonischen Ursprungs ist. Zusammenhänge mit einer initialen Rutschung oder einem Grundbruchvorgang sind nicht zu erkennen. Stattdessen kann an einen Erschüttungsvorgang gedacht werden (vgl. SEILACHER 1969, DAVENPORT & RINGROSE 1987).

10. Interne Wellenbildung mit bipolaren Fließvorgängen (Abb. 1, 2 d, e):

Die Grenzfläche E/F ist zwar kontrastreich entwickelt, zeigt aber unregelmäßige Undulationen mit scharfen Kammformen, an denen bipolare Fließfaltung und Verschleppung des Liegendmaterials stattgefunden hat, d. h. die Fließföhnchen weisen teils nach rechts teils nach links. Dies kann keine Folge eines einheitlichen Transportvorganges an der Grenzschicht gewesen sein, zumal dabei auch Material des Hangenden mit einbezogen wurde – der Vorgang muß also nach Ablagerung zumindest eines Teils der Schicht F erfolgt sein. Das homogene Interngefüge der Schicht E gibt keinerlei Hinweis auf eine primäre Rippelbildung. Dennoch müssen beide Einheiten noch leicht plastisch deformierbar, d. h. fließfähig gewesen sein. Zugleich kann aber auch ein gewisser Hiatus-Charakter der klaren, nicht erosiven Grenzfläche angenommen werden. Bei beiden Einheiten handelt es sich im Grenzbereich um Chert mit nur geringen äußeren Unterschieden. Es ist bei den starken Dichteunterschieden von Opal-A ($D = 2,0-2,2$) zu Opal-CT und Quarz (Chalcedon $D = 2,6$), die bei Berücksichtigung des primären Raumgewichtes je nach Komponentenanteil (Spiculit, pyroklastischer Quarz) auch schon bei der Sedimentation bestanden haben, leicht eine labile Dichteschichtung vorstellbar. Berücksichtigt man ferner die Lösungsphase von Opal-A im frühen Diageneseverlauf, so ist für einige Zeit eine gallertartige Konsistenz beider Einheiten mit labilem, wenn nicht gar inversem Dichtegleichgewicht wahrscheinlich, während der durch Erschütterungen interne Wellenbildung mit bleibenden Sekundärdeformationen geschehen kann.

11. Grundbruchvorgänge (load structures):

Der Anschliff enthält zwei Typen von Grundbruchstrukturen (Abb. 1, 2 b, Taf. 1 e; vgl. SCHWARZ 1970, 1975):

a) Ponton-Typ (G_2-G_5). Überlagerung eines nicht oder nur bedingt tragfähigen Substrates (F) durch Rippeltransport, d. h. mit rhythmischen Belastungsspitzen und sofortigem Grundbruch. Das Substrat wird dadurch stabilisiert und bei anhaltendem Materialtransport überwandert. Es kommt fortlaufend zu neuem Grundbruch im angrenzenden, noch nicht konsolidierten Bereich jeweils unter den Rippelkämmen (SCHWARZ 1986). Die load structures sind vor nachfolgender Erosion geschützt und können daher als isolierte Körper überliefert werden.

b) Event-Typ (I_1, I_2, H_1). Hierbei erfolgt zunächst eine Überlagerung mit inverser Dichteschichtung, z. B. durch einen Turbidit oder durch normale Verschüttung. Eine unstetige Sedimentverteilung ist nicht erforderlich, würde aber begünstigend wirken. Eine plötzliche Erschütterung löst quasi gleichzeitig in dem unter Porenwasserüberdruck stehenden Bereich Grundbruch aus und verursacht kompensierende Drainagevorgänge (vgl. WEAVER 1976).

Das Beispiel der Schicht H zeigt weitere Sekundärdeformationen: Grundbruch von H in Schicht F, die zu diesem Zeitpunkt gleichfalls noch nicht vollständig konsolidiert war (H_1) sowie sillartiges, laterales Eindringen von Material I in Substrat H (offenbar in drainagebedingte Lagerspalten).

12. Besonderheiten von Schicht I (Abb. 1, 2 a, Taf. 1 b):

Als einzige Einheit besteht Schicht I aus Chert mit rein biogenen Komponenten (Spiculit mit hohem Anteil an Radiolarien). Trotz des dadurch anzunehmenden sehr geringen, primären Raumgewichtes führte seine Sedimentation auf dem gradierten,

turbiditischen Substrat H (mit dem dichteerhöhenden pyroklastischen Quarz) zu load structures. Die Erklärung kann nur sein, daß der Quarz bereits weitgehend abgeseigert war und sich ein spezifisch leichterer, gallertartiger, d. h. thixotroper Überstand gebildet hatte, ehe ein weiterer, offenbar aus anderem Reservoir kommender Turbiditstrom Biogenmaterial darüberlegte. Dieses Material muß aber gleichfalls hochplastisch gewesen sein – samt seiner Komponenten. Die Radiolarien haben lediglich in den Taschencentren kugelige Form. Mit zunehmender Distanz, d.h. am Boden, an den Flanken sowie im Topbereich einschließlich der gesamten, die Taschen verbindenden Dachzone, sind sie phacoidisch-elliptisch deformiert bzw. zu extrem flachen Linsen aufgezogen. Das beweist ihre plastische Konsistenz entweder schon zum Zeitpunkt der Anlieferung oder kurz nach der Grundbruchbildung. Nachfolgende Kompaktion muß die Sphären deformiert haben, wobei offenkundig das umgebende Substrat H zu diesem Zeitpunkt bereits soweit erhärtet war, daß es eine stützende Schutzfunktion für die Taschenfüllung ausüben konnte. Daraus ergibt sich eine sehr differenzierte Diagenese-geschwindigkeit.

5. Schlußfolgerungen

Die Einzelformen der beschriebenen Deformationsstrukturen lassen jeweils individuelle Deutungen zu, doch in ihrer Gesamtheit hat entsprechend dem Ockham'schen Prinzip die einfachste, allen gemeinsame Deutung Vorrang.

Trotz der geringen Dimension aller Strukturen sprechen die Details für einen hochdynamischen Sedimentationsraum. Wesentliche Teile der Schichtfolge haben offenbar eine plastische, gallertartige Konsistenz gehabt, als sie von Erdbebenstößen erfaßt wurden. Dabei darf auch mit ausgeprägten elastischen Eigenschaften gerechnet werden (worauf auch Versuche an Sedimenten hinweisen; OULIANOFF 1960; SCHWARZ 1982), so daß die strukturell begründeten Schockeffekte eine erheblich größere Energie aufgewiesen haben dürften, als die Strukturen selbst vermuten lassen. Die Herkunft und Reinheit des Materials läßt den Schluß auf vulkano-seismische Ereignisse zu.

Danksagung: Für die Anregung zu dieser Strukturanalyse und die Überlassung des Handstückes bin ich den Herren Dr. W. ZIMMERLE, Celle, und Dr. M. HORN, Wiesbaden, sehr dankbar, ebenso für die Diskussionen mit meinen Bochumer Kollegen Priv. Doz. Dr. R. BELOW, Prof. Dr. H. FÜCHTBAUER und Dr. H. GRAETSCH, die mir sehr geholfen haben.

6. Schriftenverzeichnis

- DAVENPORT, C. A., & RINGROSE, P. S. (1987): Deformation of Scottish Quaternary sediment sequences by strong earthquake motions. – In: M. E. JONES, & R. M. F. PRESTON [Eds.]: Deformation of Sediments and Sedimentary Rocks, Geol. Soc. Spec. Publ., **29**: 299-314, 12 fig.; Oxford (Blackwell).
- DEHMER, J., HENTSCHEL, G., HORN, M., KUBANEK, F., NÖLTNER, T., RIEKEN, R., WOLF, M., & ZIMMERLE, W. (1989): Die vulkanisch-kieselige Gesteinsassoziation am Beispiel der unterkarbonischen Kieselschiefer am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. – Geol. Jb. Hessen, **117**: 79-138, 20 Abb., 10 Tab., 4 Taf.; Wiesbaden.

- FÜCHTBAUER, H. [Hrsg.] (1988): Sedimente und Sedimentgesteine. – Sediment-Petrologie, 4. Aufl. **2**, 1141 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- HESSE, R. (1988): Diagenesis 13. Origin of chert: Diagenesis of biogenic siliceous sediments. – Geosci. Canada, **15** (3): 171–192; Toronto/Ont.
- HORN, M., KULICK, J., & MEISCHNER, D. (1973): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000. Blatt Nr. 4820 Bad Wildungen. – 386 S., 69 Abb., 20 Tab., 2 Taf., 3 Beil.; Wiesbaden.
- KASTNER, M., KEENE, J., & GIESKES, J. (1977): Diagenesis of siliceous oozes. I. Chemical controls on the rate of opal-A to opal-CT transformation – an experimental study. – Geochim. Cosmochim. Acta, **41**: 1041–1059; Oxford.
- KING, G. C., STEIN, R. S., & RUNDLE, J. B. (1988): The growth of geological structures by repeated earthquakes, 1, conceptual framework. – J. geoph. Res., **93** (B 11): 13307–13318; Washington/D. C.
- KUBANEK, F., & ZIMMERLE, W. (1986): Tuffe und kieselige Tonschiefer aus dem tieferen Unterkarbon der Bohrung Adlersberg (West-Harz). – Geol. Jb., **D 78**: 207–268, 16 Abb., 3 Tab., 6 Taf.; Hannover.
- MEISCHNER, K. D. (1960a): Das Mitteldevon-Gebiet westlich Bad Wildungen. – Dipl. Arb. Univ. Göttingen, unveröff. Manusk., 85 S., 29 Abb., 1 Anl., 1 Kte.; Göttingen.
- (1960b): Zur altvariscischen Faltung im nördlichen Kellerwald. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **3** (1): 47–60, 4 Abb., 2 Taf.; Krefeld.
- (1966): Der geologische Bau des Kellerwaldes. – Habil. – Schr. Univ. Göttingen, Manusk., 240 S., 32 Abb., 7 Tab., 1 Kte.; Göttingen.
- NISBET, E. G., & PRICE, I. (1974): Siliceous turbidites: bedded cherts as redeposited, ocean ridge-derived sediments. – Spec. Publ. Intern. Ass. Sedimentol., **1**: 351–366, 10 fig.; Oxford.
- NÖLTNER, T. (1986): Zur Zusammensetzung, Partikelgröße, Mikrotextur und Vererzung einiger Tonschiefer- und Kieselchiefer-Proben aus dem tieferen Unterkarbon der Bohrung Adlersberg (West-Harz). – Geol. Jb., **D 78**: 269–343, 3 Abb., 3 Tab., 17 Taf.; Hannover.
- OULIANOFF, N. (1960): Effet de vibrations expérimentales sur le sédimentation. – C. R. Acad. Sci. Paris, **247**: 2404–2407; Paris.
- PYKHOV, N. (1973a): The conditions and causes of disturbances of the stability of sediments on the ocean floor. – Oceanol. Acad. Sci. USSR, **13** (2): 238–241; Washington/D. C.
- (1973b): The movement of sediments over an inclined sea floor after disturbance of their stability. – Oceanol. Acad. Sci. USSR, **13** (6): 893–896; Washington/D.C.
- RAD, U. v., RIECH, V. & RÖSCH, H. (1978): 31. Silica diagenesis in continental margin sediments off northwest Africa. – Initial Rept. Deep Sea Drilling Proj., **41**: 879–905, 7 fig., 2 tab., 4 pl.; Washington/D. C.
- RIECH, V., & RAD, U. v. (1979b): Silica diagenesis in the Atlantic Ocean: diagenetic potential and transformation. – In: M. TALWANI, W. HAY, & W. B. F. RYAN [Eds.]: Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment, M. Ewing Ser., **3**: 315–340, 13 fig., 3 pl., 2 tab.; Washington/D. C. (Amer. Geophys. Union).
- SCHWARZ, H.-U (1970a): Zur Sedimentologie und Fazies des Unteren Muschelkalkes in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. – Diss. Univ. Tübingen, 297 S., 63 Abb., 8 Tab., 136 Fotogr., 14 Taf.; Tübingen.
- (1975): Sedimentary structures and facies analysis of shallow marine carbonates (Lower Muschelkalk, Middle Triassic, southwestern Germany). – Contr. Sediment., **3** 1–100, 35 fig., 1 tab., 11 pl.; Stuttgart.
- (1982): Subaqueous slope failures – experiments and modern occurrences. – Contrib. Sediment., **11**: 1–116, 44 fig., 8 tab.; Stuttgart.
- (1986): Sedimentary processes and deformational structures in intramontane periglacial lake deposits of the Andine Carboniferous (Rio Agua de la Peña, Prov. San Juan, Argentina). – Zbl. Geol. Paläont., **I, 1985** (9/10): 1295–1308, 6 fig.; Stuttgart.
- SEED, H. (1967): Slope stability during earthquakes. – Proc. Amer. Soc. Civil. Engrs., J. Soil Mech. Found. Div., **93** (SM 4): 299–323, 19 fig., 1 tab.; New York/N. Y.
- SEILACHER, A. (1969): Fault-graded beds interpreted as seismites. – Sedimentology, **13**: 155–159, 1 fig., 1 pl.; Amsterdam.

- SIMS, J. D. (1980): Record of prehistoric earthquakes in sedimentary deposits in lakes. – Earthquake Information Bull., **11** (6): 228–233, 6 fig.; Washington/D. C.
- SPUDICH, P., & ORCUTT, J. (1982): Estimation of earthquake ground motions relevant to the triggering of marine mass movements. – In: S. SAXOV & J. K. NIEUWENHUIS [Eds.]: Marine Slides and Other Mass Movements: 219–231, 4 fig.; New York/N. Y. (Plenum Press).
- STEIN, R. S., KING, G. C., & RUNDLE, J. B. (1988): The growth of geological structures by repeated earthquakes, 2, field examples of continental dip-slip faults. – J. geoph. Res., **93** (B 11): 13319–13331; Washington/D. C.
- WEAVER, J. (1976): Seismically-induced load structures in the basal coal measures, South Wales. – Geol. Mag., **113** (6): 535–543, 4 fig.; Hertford.
- WILSON, B. (1969): Earthquake Occurrence and Effects in Ocean Areas. – U. S. Naval Civil Eng. Lab., Techn. Rept., CR-69.027, 188 pp., 87 fig.; Washington/D. C.
- ZIMMERLE, W. (1986): Gesteinstypen und kleindimensionale Sedimentstrukturen im tieferen Unterkarbon der Bohrungen Adlersberg, Bullars, Eselsberg und Spiegeltal im Westharz. – Geol. Jb., **D 78**: 95–205, 7 Abb., 1 Tab., 15 Taf.; Hannover.

Manuskript eingegangen 29. 11. 1988

Die Untersuchungsbohrungen der Kreismülledeponie „Bastwald“ (Vogelsbergkreis) und ihre Bedeutung für die nordöstliche Fortsetzung des Lauterbacher Grabens

Von

GERNOLD ZULAUF*

Kurzfassung: Für die Vorerkundung der Mülldeponie „Bastwald“ wurden im Grenzbereich Lauterbacher Graben/nordöstliche Hochscholle insgesamt acht Bohrungen abgeteuft. Sie bestätigen zum einen die nordwestliche Fortsetzung des Lauterbacher Grabens bis nach Rainrod (Oberhessen). Zum anderen lassen sie darauf schließen, daß der Rupelton der Brauerschwender Senke weiter als bisher angenommen nach E reichte. Pteropoden im durchteuften Mittleren Rupelton stellen eine wichtige Brücke zwischen nord- und südhessischen Fundpunkten dar.

Abstract: Eight bore-holes were put down to investigate the terrain of the refuse pit „Bastwald“ at the NE boundary of the Lauterbacher Graben. They confirm the continuation of the Lauterbacher Graben to the NW until Rainrod (Oberhessen). On the other hand do the wells show that the Rupel-clay of the Brauerschwender trough was more east as we were told up to now. Pteropodes in the drilled Middle-Rupel-clay are important for bridging the places of discovery in N- and S-Hessen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	170
2. Stratigraphie der durchteuften Gesteine	170
2.1. Trias	170
2.1.1. Mittlerer Buntsandstein	170
2.1.1.1. Volpriehausen-Wechselfolge (<i>Avicula</i> -Schichten)	174
2.1.1.2. Detfurther-Sandstein und Detfurther-Wechselfolge	174
2.1.2. Oberer Keuper (Rhät)	176
2.2. Tertiär	177
2.2.1. Alttertiär	177
2.2.1.1. Kaolinige Verwitterungsrinde des Buntsandsteins	177
2.2.1.2. Eozän bis Unter-Oligozän (Ältere Sand- und Tonserie)	178
2.2.1.3. Mittel-Oligozän (Rupelton)	180
2.2.1.3.1. Unterer Rupelton	180
2.2.1.3.2. Mittlerer Rupelton	183
2.2.2. Jungtertiär	185
2.2.2.1. Miozän (Vulkanite)	185

* Dipl.-Geol., Dipl.-Ing. G. ZULAUF, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Senckenberganlage 32-34, 6000 Frankfurt a. M.

2.2.2.1.1. Pyroklastische Gesteine	186
2.2.2.1.2. Effusivgesteine (Alkali-Olivinbasalt)	187
2.3. Quartär	188
3. Tektonik	189
4. Bohrverzeichnis	192
5. Schriftenverzeichnis	202

1. Einleitung

Für die Untersuchung der hydrogeologischen Verhältnisse im Umfeld der Kreismülldeponie „Bastwald“, am NE-Rand des Vogelsberges, sind im Jahre 1985 insgesamt acht Bohrungen im engeren nordöstlichen Randbereich des Lauterbacher Grabens abgeteuft worden (Abb. 1 bis 3).

Mit Ausnahme der Bohrung GW 3, die auf der TK 25, Blatt 5322 Lauterbach (Hessen) liegt, befinden sich alle Bohrungen am Südrand der TK 25, Blatt 5222 Grebenau (Abb. 1). Bis auf die tiefsten Teile der Bohrungen GW 1 und GW 3 sind sämtliche Teufenabschnitte gekernt worden.

Die Bohrungen sind seinerzeit von Herrn Dr. Wiegand vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung vornehmlich unter hydrogeologischen Fragestellungen untersucht worden. Für die weitere, insbesondere stratigraphische Bearbeitung sind dem Verf. die Bohrkerne und das Spülgut vom Landrat des Vogelsbergkreises zur Verfügung gestellt worden.

Die Umgebung der Bohrungen ist während der Bohrphase vom Verf. im Rahmen einer Diplom-Kartierung geologisch aufgenommen worden (Abb. 2 a).

Drei Bohrungen (GW 1, GW 3 und F 4) stehen in der Tiefscholle des Lauterbacher Grabens, wo vor allem Gesteine des Oberen Keupers, des Alttertiärs (Ältere Sand- und Tonserie, Unterer und Mittlerer Rupelton) und des Jungtertiärs (miozäne Vulkanite) angetroffen worden sind. Weitere fünf Bohrungen (GW 2, F 1, F 2, F 3, K 1) sind in der benachbarten Hochscholle niedergebracht worden, wo vorwiegend Mittlerer Buntsandstein und dessen auflagernde alttertiäre kaolinige Verwitterungsrinde durchfahren worden ist.

Unter zusätzlicher Berücksichtigung der im Jahre 1983 abgeteufte Lagerstättenbohrungen UB 3 und UB 4 sowie der bei Rainrod (Oberhessen) innerhalb von tertiären Sedimenten isoliert auftretenden Muschelkalk- und Keupervorkommen (Abb. 1) kann an einer Fortsetzung des Lauterbacher Grabens, ausgehend von der TK 25, Blatt 5322 Lauterbach (Hessen) nach NW auf die TK 25, Blatt 5222 Grebenau und TK 25, Blatt 5221 Alsfeld kein Zweifel mehr bestehen.

2. Stratigraphie der durchteuften Gesteine

2.1. Trias

2.1.1. Mittlerer Buntsandstein

Die Schichten des Mittleren Buntsandsteins sind lediglich in den auf der Hochscholle gelegenen Bohrungen durchteuft worden. Es handelt sich um Gesteine der Detfurth-Folge (Bohrungen F 2, F 3 und GW 2) und der Volpriehausen-Folge (Bohrung GW 2), die durchweg von gebleichten und aufgelockerten Sedimenten der kaolinigen Verwitterungsrinde (vgl. Kap. 2.2.1.1.) bedeckt werden.

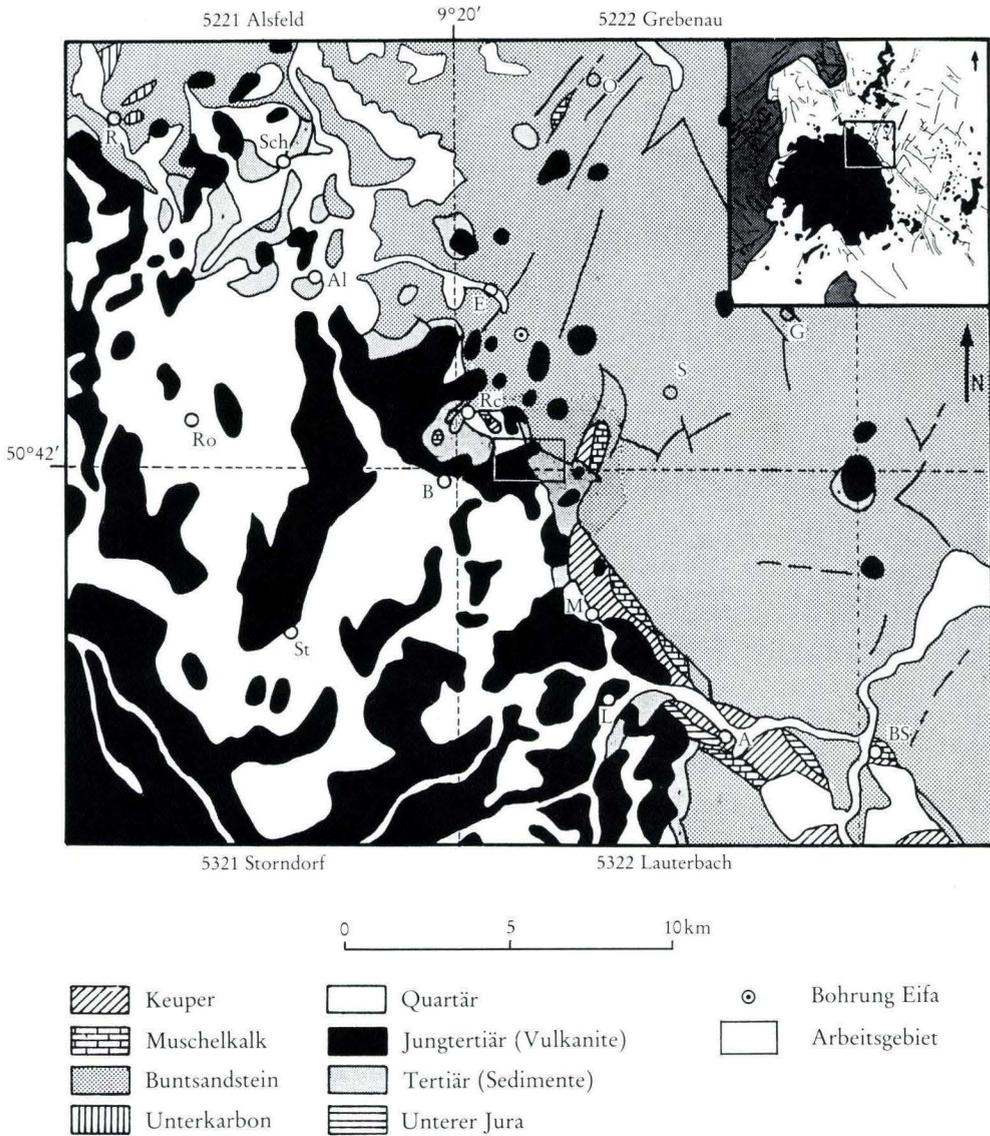
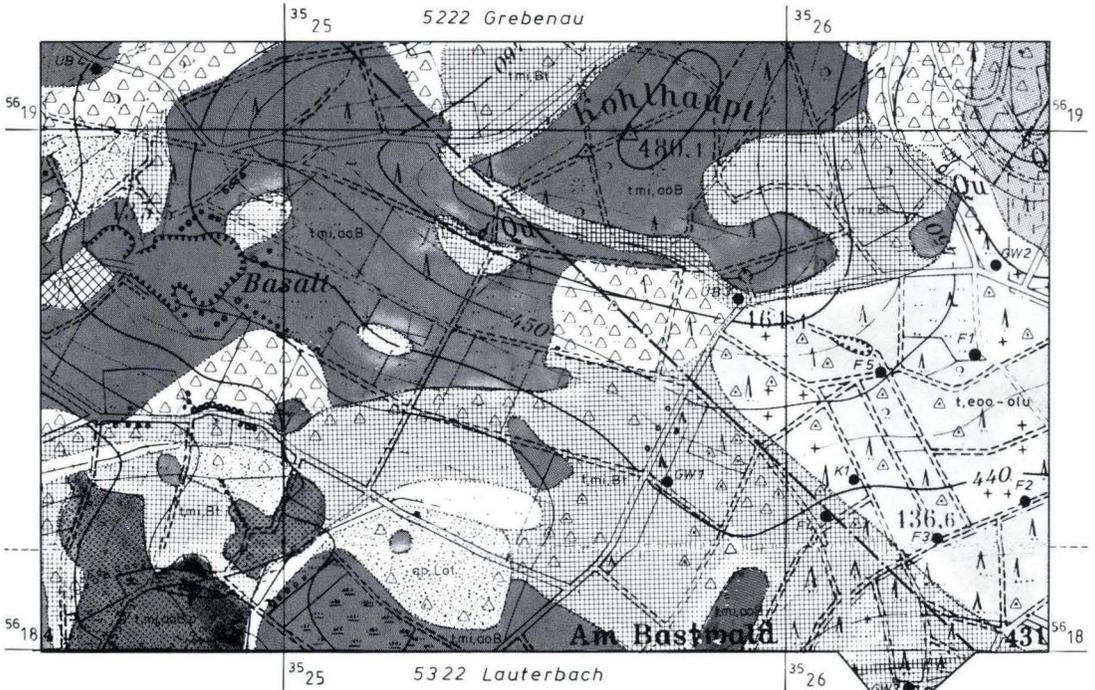
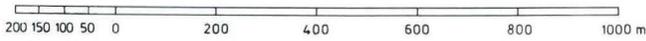


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte (nach RÖSING 1976, umgezeichnet und verändert). A = Angersbach, Al = Alsfeld, B = Brauerschwend, BS = Bad Salzschlirf, E = Eifa, G = Grebenau, L = Lauterbach, M = Maar, R = Ruhlkirchen, Ra = Rainrod, S = Schwarz, Sch = Schrecksbach, St = Stordorf.



Kartengrundlage: Vergrößerung der topographischen Karte 1: 25000 (5222 SW, 5322 NW) mit Genehmigung des Hessischen Landesvermessungsamtes
 vervielfältigt - Vervielfältigungsnummer 88-1-082

Geologisch aufgenommen von Gernold Zulauf



GW1  Bohrpunkt mit Nummer des Schichtenverzeichnisses

 Verwerfung, Störung

 Schichtgrenze

 bekannt

 vermutet, z.T. unter Deckschichten

Abb. 2a. Geologische Karte mit eingetragenen Bohrpunkten. Zur Erläuterung vgl. Legende (Abb. 2 b).



Abb. 2b. Erläuterung zur geologischen Karte (Abb. 2 a).

Lehm, sandig, tonig; Kies, Sand		Ablagerungen in Tälern	} Quartär
Schutt, z.T. in Blöcken, aus basaltischen Gesteinen mit Lehm			
Schluff, gelbbraun, schwach tonig		Lößlehm, z.T. umgelagert	
Alkali-Olivinbasalt, dicht bis feinkörnig, porphyrisch bis feinporphyrisch		} Vulkanische Gesteine	} Jung-Tertiär
Alkali-Olivinbasalt, meist stark porphyrisch			
Pyroklastische Gesteine, vorwiegend Lapilli- und Aschentuff			
Ton, graugrün bis blaugrün, fossilführend		Mittlerer Rupelton	} Mittel-Oligozän (Rupel)
Ton, dunkelgrau, meist schwach sandig, z.T. geringer Gipsgehalt, fossilführend		Unterer Rupelton	
'Quarzit' als Brocken und Blöcke in Sanden der 'Älteren Sand- u. Tonserie'		} Ältere Sand- und Tonserie	} Eozän
Sand, z.T. tonig (= 'Klebsand'), z.T. geröllführend; Sandstein, grau; Ton, gelb, grau			
Buntsandstein, gebleicht, kaolinisiert, z.T. entfestigt		Kaolinige Verwitterungsrinde des Buntsandsteins	} Alt - Tertiär
Tonstein, schwarzgrau; Sandstein, feinkörnig		Mittel- bis Ober-Rhät	
Sandstein, graugrün, grau, z.T. eingekieselt; Tonstein, graugrün		Unter-Rhät	} Rhät
Sandstein, rotbraun, gelbbraun, weißgrau, fein- bis mittelkörnig, z.T. mit Poren; Ton- und Schluffstein, graugrün, weißgrau		Deffurth-Wechselfolge	
Sandstein, blaßrotbraun, grob- bis mittelkörnig, bankig, absandend		Deffurth-Sandstein	} Deffurth-Folge
Sandstein, rotbraun, meist feinkörnig, z.T. mit Tongallen, Glimmerlagen, Rippelmarken, Trockenrisse; Schluffstein; Tonstein		Volpriehausen-Wechselfolge	
Sandstein, gelbbraun, fein- bis mittelkörnig, plattig, z.T. gebleicht		ungegliedert	
			} Mittlerer Buntsandst. O. Keuper

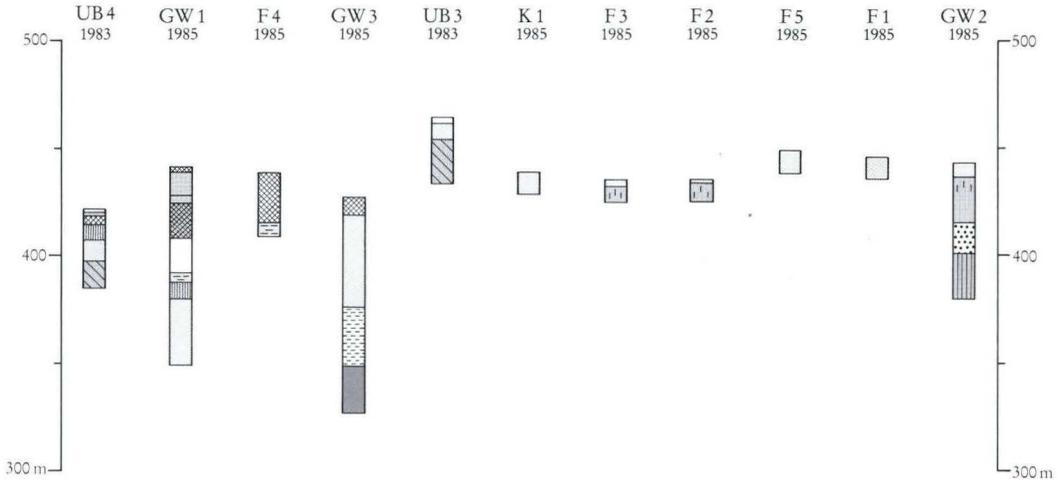


Abb. 3. Zusammenstellung der im Untersuchungsgebiet vorliegenden Bohrprofile. Zur Erläuterung vgl. Abb. 2 b.

2.1.1.1. Volpriehausen-Wechselfolge (*Avicula*-Schichten)

Von der Volpriehausen-Folge sind in der Bohrung GW 2 Gesteine des 15 m bis 20 m mächtigen *Avicula*-Hauptlagers (vgl. KUPFAHL 1965, LAEMMLEN 1968) angetroffen worden. Es ist durch einen Wechsel von Fein- bis Mittelsandsteinen und Schluff- bzw. Tonsteinen gekennzeichnet, wobei die sandigen Partien bei weitem überwiegen. Die rotbraunen, tonig-schluffigen Lagen weisen lediglich Mächtigkeiten von einigen mm bis einigen cm auf.

In den tonigen Schichten lassen sich z. T. Injektionsgefüge (vgl. LÜTZNER et al. 1974: 93) nachweisen. Zudem sind stellenweise flaserartige, bis zu 1 mm mächtige sandige Horizonte eingeschaltet (Abb. 4, unten).

In den sandigen Partien findet man häufig in Lagen angeordnete, rote Tongallen („clay ships“, vgl. REINECK 1984: 218; WYCISK 1984: 47). Die rotbraunen, z. T. gebleichten Feinsandsteine sind in der Mehrzahl kleindimensional schräggeschichtet, wobei bipolare Wellenrippeln überwiegen (Abb. 4, Mitte). Letztere weisen auf flaches, wellenbewegtes Wasser hin (TUCKER 1985: 33; WYCISK 1984).

2.1.1.2. Detfurther-Sandstein und Detfurther-Wechselfolge

Der ca. 18 m mächtige Detfurther Sandstein ist in den Bohrungen F 2, F 3 und GW 2 durchteuft worden. Er läßt sich in der Bohrung GW 2 weiter in Unterbank, Zwischenschichten und Oberbank (KUPFAHL 1961, 1965; LAEMMLEN 1963, 1968) gliedern.

Die Unterbank setzt sich vorwiegend aus bankigen, meist schräggeschichteten Mittel- bis Grobsandsteinen von blaßrotbrauner oder schmutzig-graubrauner Farbe zusammen. Die Quarzkörner sind i. d. R. gut gerundet und mäßig bis schlecht sortiert. „Kaviarartige

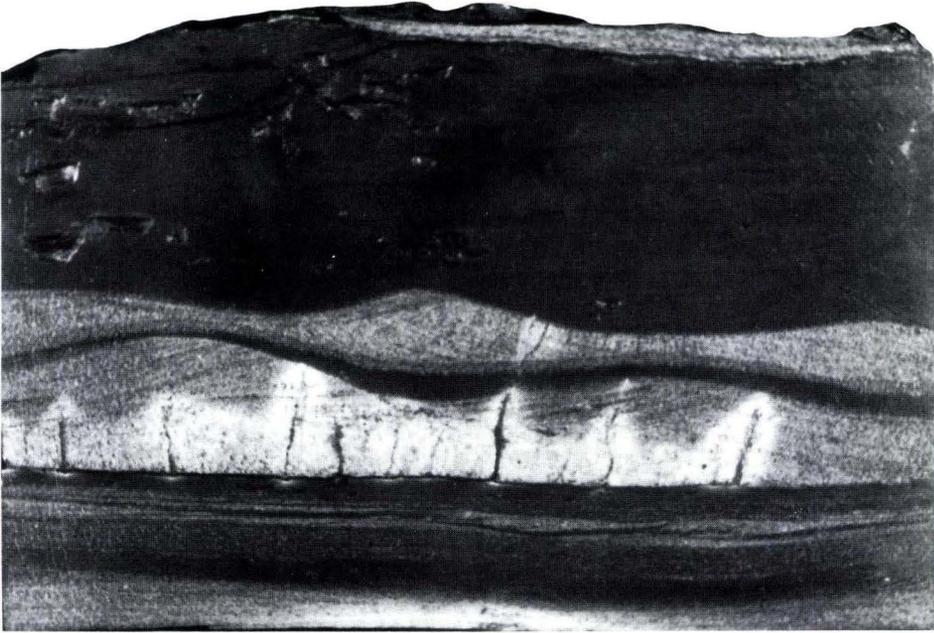


Abb. 4. Ausschnitt aus dem *Avicula*-Hauptlager (Bohrkern der Bohrung GW 2, Tiefe: 51,40–51,70 m). Die hellen Sandsteinlagen zeigen bipolare Oszillationsrippeln. Die unter dem schmalen Tonsteinhorizont ausgebildete Sandsteinlage ist partiell gebleicht. Die Bleichung ist an Schwundrisse gebunden, die von der liegenden Tonsteinlage (dunkel) ausgehen. Länge des schwarzen Balkens = 1 cm.

Lagen“ sind keine Seltenheit. Charakteristisch ist ein hoher Feldspatgehalt, der eine weiße Sprengelung verursacht. Glimmerlagen sowie rotbraune und graue Tongallen sind lagenweise vorhanden. Toniges Bindemittel herrscht neben kieseligem vor. Oft sind die Komponenten so schwach verkittet, daß es zu einem kräftigen Absanden oder gar zum Zerfall der einzelnen Sandsteinbrocken kommt.

Die Zwischenschichten bestehen vorwiegend aus Ton-, Schluff- und Feinsandsteinen von rot- bis gelbbrauner Farbe. Mittelsandsteine treten in den Hintergrund. Die sandigen Partien sind häufig schräggeschichtet.

Die Oberbank, ähnlich wie die Unterbank aufgebaut, zeichnet sich jedoch durch eine wesentlich bessere Sortierung der Komponenten und eine größere Härte aus. Feinkörnige Einschaltungen in Form von Tonsteinhorizonten und Tongallen innerhalb der Grobsandsteine sprechen für aquatische (vermutlich fluviatile) Sedimentationsbedingungen.

Von der ca. 35 m mächtigen Detfurter Wechselfolge ist in der Bohrung GW 2 nur noch der basale Teil mit 16 m erbohrt worden. Neben graugrünen bis weißgrauen, untergeordnet auch rotbraunen Ton- und Schluffsteinen beobachtet man plattige Fein- bis Mittelsandsteine von zartroter, gelbbrauner und weißgrauer Farbe. Feldspatgehalt in den sandigen Partien führt zu einer weißen Sprengelung. Das Bindemittel ist im allgemeinen tonig. Die meist

schräggeschichteten Fein- bis Mittelsandsteine enthalten oft rote und graue Tongallen. Eine feine Glimmerdurchstäubung ist selten.

Charakteristisch für die Detfurther Wechselfolge sind Einschaltungen von Porensandsteinen, welche von anderen Autoren ebenfalls beschrieben wurden (z. B. KUPFAHL 1961, 1965; LAEMMLEN 1968; LANGER 1977). Die stecknadelkopfgroßen herausgewitterten Partien deuten auf primären Karbonatgehalt hin. Zum Hangenden gehen die Schichten in die kaolinige Verwitterungsrinde (vgl. Kap. 2.2.1.1.) über. Sie sind zunehmend gebleicht und kaolinisiert, bis dann nur noch einzelne Sandsteinbrocken in einer Matrix aus Sand und Ton „schwimmen“.

2.1.2. Oberer Keuper (Rhät)

Gesteine des Oberen Keupers wurden in der Bohrung GW 3 angetroffen. Da die Bohrung in diesem Bereich als Spülbohrung durchgeführt wurde, konnten anhand des Spülgutes lediglich lithologische Aussagen gemacht werden. Die Lagerungsverhältnisse und die wahren Mächtigkeiten konnten nicht ermittelt werden.

Die Untergliederung des Oberen Keupers in Unter-, Mittel- und Oberrhät (JÜNGST 1929, DIEHL 1935) konnte anhand des Spülgutes nicht vollständig nachvollzogen werden. Die Sand- und Tonsteine des Mittelrhäts werden mit den Tonsteinen des Oberrhäts zusammengefaßt zu Mittel- bis Oberrhät (ko 2–3). Die in der Bohrung festgelegte Grenze Unterrhät (ko 1)/Mittel- bis Oberrhät (ko 2–3) entspricht vermutlich der Grenze Pflanzenrät / Protocardienrät (nach MEYER & LANG 1912 bzw. BEETZ 1913).

Gesteine des Unterrhäts wurden in der Bohrung GW 3 zwischen 88 und 100 m Teufe erbohrt. Das Spülgut setzt sich vorwiegend aus zertrümmerten, dichten Quarzitbröckchen von grüner bis grauer, seltener rötlicher Farbe und grauen bis graugrünen Tonsteinen zusammen. Unter dem Mikroskop kann man außerdem abgerundete, glasklare hexagonale Dipyramiden aus Quarz, die bereits von JÜNGST (1929) und DIEHL (1935) beschrieben wurden, beobachten. JÜNGST (1929) sieht in der gerundeten Ausbildung der idiomorphen Quarze Hinweise dafür, daß diese aus den Schichten des Gipskeupers heraus aufgearbeitet und umgelagert wurden. Auf einzelne Quarzkörner sind idiomorphe Pyrite aufgewachsen.

Fossilreste (vgl. DIEHL 1935) konnten in dem untersuchten Spülgut nicht beobachtet werden.

Da die von JÜNGST (1929) im liegenden Teil des Unterrhäts beschriebenen roten, violetten und untergeordnet auch schwärzlichgrauen Tonsteine in der Bohrung GW 3 fehlen, muß davon ausgegangen werden, daß die Basis des Unter- bis Mittelrhät nicht erreicht wurde. Erhöhte Werte für die Gesamtwasserhärte (18° d) der Bohrspülung im Bereich der Endteufe lassen allerdings vermuten, daß die Schichten des Gipskeupers in unmittelbarer Nähe folgen müssen (frdl. mündl. Mitt. von Herrn Dr. WIEGAND, Hessisches Landesamt für Bodenforschung).

Das Mittel- bis Oberrhät wurde in der Bohrung GW 3 zwischen 53,0 m und 88,0 m durchteuft. Das Spülgut setzt sich aus dunkel- bis schwarzgrauen, fossilfreien, schwach schieferigen Tonsteinen und untergeordnetem Grobsandmaterial zusammen. Ob es sich bei letzterem um Nachfall der hangenden tertiären Schichten oder um zertrümmerte Sandsteineinschaltungen in den Tonsteinschichten des Mittel- bis Oberrhät handelt (vgl. JÜNGST 1929; DIEHL 1935), läßt sich nicht eindeutig feststellen.

Die von JÜNGST (1929) beschriebenen, hellgrauen, schwach geschieferten Tonsteine mit Toneisensteingeoden und Toneisensteinbänkchen aus dem höheren Teil des Oberrhät wurden in der Bohrung GW 3 nicht beobachtet. Ebenso fehlen die von KRÜGER (1972) beschriebenen, braunen Schiefertone aus dem oberen Teil des Oberrhät. Somit muß davon ausgegangen werden, daß die allerjüngsten Schichten des Keupers wie die des unteren Lias bereits abgetragen worden sind.

2.2. Tertiär

Gesteine des Tertiärs wurden in sämtlichen Bohrungen angetroffen. Sie stellen den Hauptanteil der durchteuften Gesteine dar. Während sie auf der im E gelegenen Hochscholle den Buntsandstein nur geringmächtig überdecken, wurden im Bereich des Lauterbacher Grabens tertiäre Schichten mit einer Mächtigkeit von 90 m durchteuft. Hierbei wurde ihre Basis nicht erreicht.

Auch an der Oberfläche sind im Bereich der Bohrungen fast ausschließlich tertiäre Gesteine vorhanden. Da sie hier sowohl die Tiefscholle des Lauterbacher Grabens als auch die im E benachbarte Hochscholle bedecken, konnte die Fortsetzung des Lauterbacher Grabens von der TK 25, Blatt 5322 Lauterbach (Hessen) durch das Untersuchungsgebiet bis nach Rainrod (TK 25, Blatt 5222 Grebenau) erst mit dem Abteufen der Bohrungen eindeutig erkannt werden.

2.2.1. Alttertiär

2.2.1.1. Kaolinige Verwitterungsrinde des Buntsandsteins

Schichten des Buntsandsteins, die einer intensiven „Weißverwitterung“ ausgesetzt waren, sind in den Bohrungen GW 2, UB 3, UB 4, F 2 und F 3 zu beobachten. Sie können hier bis zu 25 m mächtig werden.

Die Sand-, Schluff- und Tonsteine sind durch starke Bleichung und Entfestigung charakterisiert, so daß die ehemaligen Sandsteine auch in Form von lockerem, meist tonigem (kaolinigem) Sand vorliegen. Vereinzelt findet man in diesem gebleichte, plattige Sandsteinbrocken mit noch typischen Buntsandsteinmerkmalen (Tongallen, Schrägschichtung, Glimmerbestege etc.). Fehlen diese Sandsteinbrocken, ist vielfach nicht zu entscheiden, ob es sich um in situ verwitterte Buntsandsteinlagen oder bereits um Lockersedimente der Älteren Sand- und Tonserie handelt.

Da die aufgelockerten, gebleichten Schichten unter anderem von vulkanischen Gesteinen überlagert werden und die Intensität der Alteration vom hangenden zum liegenden Teil hin abnimmt, scheiden ascendente, mit der vulkanischen Tätigkeit in Zusammenhang stehende Wässer, wie sie DIEDERICH & LAEMMLEN (1977) als Ursache für die Bleichung und Entfestigung annehmen, aus. Für die Umwandlung kommen im Untersuchungsgebiet descendente Wässer in Frage, die unter einem warm-feuchten Klima die Bildung der kaolinigen Verwitterungsrinde begünstigten (u. a. SCHÖNHALS 1965: 224, RITZKOWSKI & KUPFAHL 1981).

Die Überführung des dreiwertigen Eisens unter einem durch Humuskomplexe verursachten reduzierenden Milieu führte einerseits zur Bleichung des Gesteins; andererseits konnte das zweiwertige Eisen aufgrund seiner höheren Löslichkeit und Mobilität in tiefere Stockwerke wandern, wo es unter oxidierenden Bedingungen als Brauneisen abgeschieden wurde (vgl. hierzu SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979). Dies läßt sich besonders deutlich in der Bohrung GW 2 feststellen. Man findet hier im oberen Teil der kaolinigen Verwitterungsrinde graue, gebleichte Sande, die nach unten in braune, z. T. Limonitabscheidungen enthaltende Sande und Sandsteine, übergehen. Darunter folgen dann Schichten mit für den Buntsandstein charakteristischen rotbraunen Farben.

Über das Alter der kaolinigen Verwitterungsrinde gibt es sehr unterschiedliche Auffassungen, auf die im einzelnen nicht eingegangen werden kann. Sie reichen vom Prä-Tertiär bis zum Pliozän (vgl. V. FREYBERG 1926, KLÜPFEL 1931, GRAMANN 1960, SCHÖNHALS 1965, LAEMMLER 1967, 1968, 1970, DIEDERICH & EHRENBERG 1977, EHRENBERG & HICKETHIER 1978, RITZKOWSKI & KUPFAHL 1981).

Im Untersuchungsgebiet läßt sich ein Minimalalter der kaolinigen Verwitterungsrinde insbesondere anhand der Bohrung UB 4 ermitteln. Hier folgen nach ABEL (vorläufiges Schichtenverzeichnis vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung) unter Unterem Rupelton (Mittel-Oligozän) Sedimente der Älteren Sand- und Tonserie (Eozän bis Unter-Oligozän). Diese gehen dann nach unten hin in stark entfestigten und gebleichten Buntsandstein (kaolinige Verwitterungsrinde) über.

In den Bohrungen UB 3 und GW 2 wurden die aufgelockerten und gebleichten Sandsteine der kaolinigen Verwitterungsrinde ebenfalls unter Sedimenten der Älteren Sand- und Tonserie angetroffen. Da diese ein prä-mittel-oligozänes Alter aufweist, kann für die „Weißverwitterung“ ebenfalls lediglich ein prä-mittel-oligozänes Alter angegeben werden.

2.2.1.2. Eozän bis Unter-Oligozän (Ältere Sand- und Tonserie)

Sämtliche Bohrungen trafen die Schichten der limnisch-fluviatilen Älteren Sand- und Tonserie (GRAMANN 1960) an. Die Sande sind weißgrau, grau, gelbbraun oder rotbraun gefärbt. In den Bohrungen UB 3, UB 4, UB 6 und F 3 sind sie vorwiegend feinkörnig, wohingegen in den Bohrungen F 1, F 2, F 5, GW 1, GW 2, GW 3 und K 1 Körnungen unterschiedlicher Größe (fein-, mittel-, grobkörnig) auftreten. Tonreiche „Klebsande“ konnten vor allem in den Bohrungen F 1, F 5 und GW 3 festgestellt werden. Tone wurden, mit Ausnahme der Bohrung F 2, in allen oben aufgeführten Bohrungen angetroffen. Sie weisen wie die Sande ein breites Farbspektrum auf. Neben weißgrauen, grauen, hellgelben und gelben Farben liegen untergeordnet graugrüne, gelbbraune und braune vor. Die Tonschichten sind nur sehr selten rein aus Tonmineralen aufgebaut. Häufig enthalten sie beträchtliche Anteile an Schluff und Feinsand, so daß z. T. fließende Übergänge zu „Klebsanden“ vorliegen. Glimmeranteile sind ebenfalls keine Seltenheit in den Tonen. Quarzite sollten eigentlich – legt man die Häufigkeit der Lesesteine auf Ausstrichflächen der Älteren Sand- und Tonserie in der Umgebung der Bohrungen zugrunde – wesentlich öfter in den o. g. Bohrungen vorkommen, als dies der Fall ist. Lediglich in der Bohrung F 1 konnte eine 0,5 m mächtige Quarzitbank angetroffen werden. In den Bohrungen F 5, GW 2 und GW 3 kommen Quarzite nur vereinzelt als Brocken vor, welche Übergänge zu Sandsteinen zeigen.

Auch in dem ca. 5 m tiefen Feuerschutzlöschteich, der wie die Bohrungen im Rahmen des Mülldeponiebaues am Bastwald angelegt wurde, stehen Sedimente der Älteren Sand- und Tonserie in seitlichem Kontakt zu stark zersetzten vulkanischen Gesteinen. Der Kontakt streicht NW-SE. Bei den Sedimenten handelt es sich um hellgraue bis weiße, lockere Fein- bis Mittelsande, die einen relativ hohen Tonanteil (Kaolin-Mineraie) aufweisen. Zum basaltischen Kontakt hin wird das Material toniger und ändert seine Farben von braun über graugrün nach ziegelrot. Die ziegelrote, tonige Schicht am unmittelbaren Kontakt zu den Vulkaniten wird als „Kontaktrötung“ interpretiert.

Den oberen Abschluß der Älteren Sand- und Tonserie bildet – vor dem hangenden Rupelton – ein gelber, schwach sandiger Ton mit Lebensspuren. In der Bohrung GW 1 besitzt er eine Mächtigkeit von 1,90 m. Bei den Lebensspuren handelt es sich um 0,5 bis 1,5 cm dicke, mit Sand verfüllte Grabgänge mit glatter Außenwand (Abb. 5). Diese verlaufen häufig horizontal, selten vertikal. Sie verzweigen sich unter einem Winkel von 100° bis 120°. Spitzwinklige Verzweigungen kommen kaum vor. Die Verzweigungsäste sind an ihren Enden verdickt.

Aufgrund dieser Eigenschaften wird davon ausgegangen, daß die Gänge von Thalassinoiden (u. a. REINECK et al. 1967: 244, CHAMBERLAIN 1978) angelegt wurden. Paläobathyme-

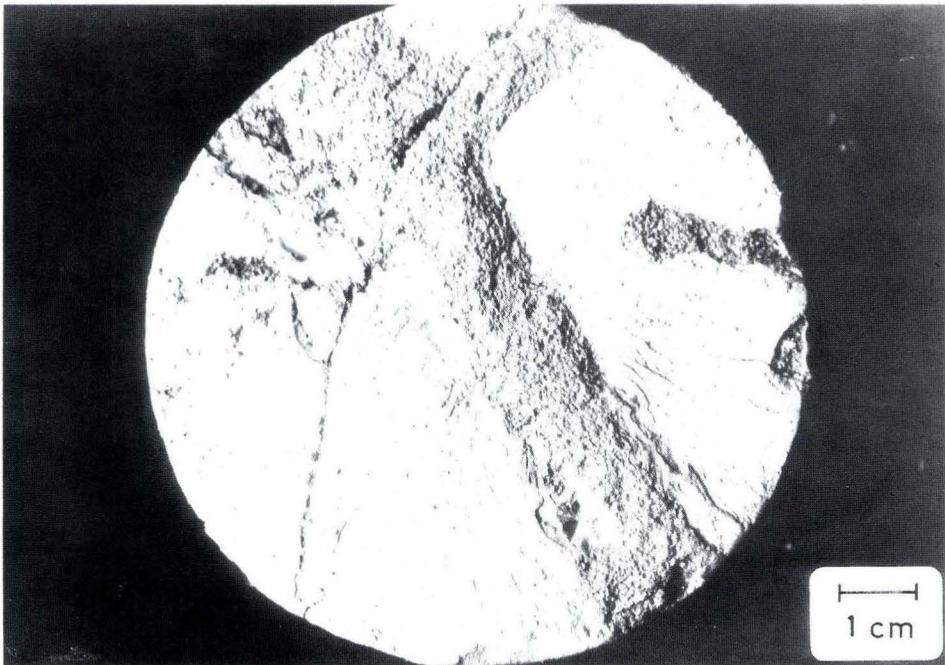


Abb. 5. Mit Sand verfüllter, horizontaler Bohrgang von Thalassinoides im schwach sandigen gelben Ton des obersten Teils der Älteren Sand- und Tonserie. Bohrung GW 1, Tiefe: 61,60 m.

trisch lassen sie sich in die Zone des flachmarinen Schelfes (*Cruziana association*) einordnen (SEILACHER 1978: 176). Nach HOWARD (1978: 37) sind Gänge von Thalassinoiden vor allem an sandige Küsten gebunden.

Der gelbe Ton mit Grabspuren von Thalassinoiden stellt somit eventuell ein vermittelndes, randmarines Glied zwischen den unterlagernden, limnisch-fluviatilen Schichten der Älteren Sand- und Tonserie und dem hangenden, vollmarinen Rupelton dar. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß es sich um ein Äquivalent der von RITZKOWSKI (1965: 19) aus dem höchsten Teil des Melanientones beschriebenen, ockerfarbenen Schichten handelt. RITZKOWSKI (1969: 255) geht jedoch davon aus, daß im Bereich des Untersuchungsgebietes der Rupelton transgressiv auf eozänen bis unter-oligozänen Schichten (hier: Ältere Sand- und Tonserie) liegt und der Melanienton fehlt (vgl. Abb. 6).

Röntgenographisch besteht der gelbe Ton mit Thalassinoidengrabsuren vorwiegend aus Kaolinit neben Beimengungen von Quarz, Illit (bzw. Glimmer), Smectit und Goethit. Nannoplanktonuntersuchungen blieben ergebnislos.

Die zeitliche Einordnung der Älteren Sand- und Tonserie bereitet Schwierigkeiten (GRAMANN 1960: 20). Lediglich in den Teilen mit kohligen Einlagerungen läßt sich ein relatives Alter aufgrund von palynologischen Datierungen angeben. Durch den überlagernden Rupelton ist die Hangendgrenze zeitlich festgelegt. Die Liegendgrenze ist stratigraphisch nicht so genau definiert (GRAMANN 1960). Sie kann im Unter-Oligozän gelegen haben; eine präoligozäne Einstufung ist jedoch nicht auszuschließen.

2.2.1.3. Mittel-Oligozän (Rupelton)

Der in den Bohrungen angetroffene Rupelton bildete sich in einem südöstlichen „Seitenarm“ der Hessischen Senke, der sogenannten Brauerschwender Senke (RITZKOWSKI 1965a: 81). Diese trennt das Knüll-Söhre-Hoch im NE vom Hoch des Vogelsberges im SW (vgl. Abb. 6).

Die Schichten des Rupeltons treten im Untersuchungsgebiet nicht an die Oberfläche. Ihr Vorkommen in den abgeteufte Bohrungen (F 4, GW 1 und UB 4) beweist, daß das Rupeltonmeer weiter nach E reichte, als bisher angenommen wurde. Gleichzeitig ist die Annahme von LAEMMLEN (1968: 58), daß Rupelton auf der TK 25, Blatt 5222 Grebenau fehlt, widerlegt. Die Feststellung von RITZKOWSKI (1965a: 59; 1967: 306, 315), daß in der Brauerschwender Senke nur der Untere und Mittlere Rupelton vorhanden ist (vgl. Abb. 6), kann aufgrund der eigenen Untersuchungen bestätigt werden.

Ob Oberer Rupelton vorgelegen hat, kann nicht festgestellt werden, da der Mittlere Rupelton erosiv gekappt wird (DIEHL 1926: 25, RITZKOWSKI 1965a: 24).

2.2.1.3.1. Unterer Rupelton

In den Bohrungen UB 4 und GW 1 wurde Unterer Rupelton angetroffen, wobei jener der Bohrung UB 4 von ABEL (vorläufiges Schichtenverzeichnis des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung) als schluffiger Ton mit Sandnestern beschrieben wird. Er soll olivgrün, grünlich-grau, ockerbraun und dunkelgrau gefärbt und von jungtertiären Vulkaniten überdeckt sein.

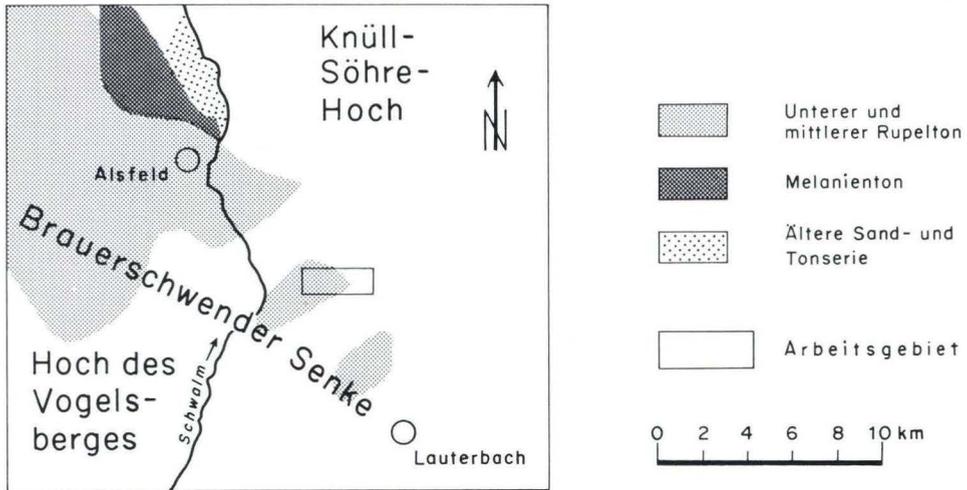


Abb. 6. Das Liegende des Ober-Oligozäns bzw. der jungtertiären Vulkanite im Bereich der Brauerschwender Senke (nach RITZKOWSKI 1965a, umgezeichnet, im Bereich des Untersuchungsgebietes veränderter Detailausschnitt).

In der Bohrung GW 1 setzt der Untere Rupelton mit scharfem Kontakt über dem beschriebenen gelben Ton mit Grabspuren von *Thalassinoides* (Ältere Sand- und Tonserie) ein. Er besitzt eine Mächtigkeit von 7 m und wird von Mittlerem Rupelton überlagert.

Makroskopisch handelt es sich bei dem Unteren Rupelton in der Bohrung GW 1 um einen grauen (in feuchtem Zustand dunkelgrauen), untergeordnet braunen und graugrünen, steifen Ton, der mehr oder weniger schluffig und/oder sandig ausgebildet ist. Im Schlämmrückstand einer Reihe von Proben, insbesondere aus dem unteren Teil, wurden einige Foraminiferen beobachtet. Folgende Gattungen bzw. Arten sind vorhanden:

- Cyclamina placenta placenta* (HANTKEN)
- Spiroplectamina* cf. *carinata carinata* (ORBIGNY 1826)
- Glomospira* sp.
- Gyroidina* sp.
- Ammodiscus* sp.

Das Vorherrschen von benthonischen Foraminiferen (hierzu gehören die meisten der oben aufgeführten Gattungen) spricht für küstennahe Ablagerungen (LEHMANN & HILLMER 1980). Auffällig ist, das *Gyroidina* – mit kalkigem Gehäuse – pyritisiert wurde. Ebenfalls mit Pyrit verfüllt sind die Kammern von *Spiroplectamina*. Die benthonische Lebensweise der Foraminiferen schließt eine Pyritisierung innerhalb des Meerwassers aus, so daß die Grenze von anaerobem zu aerobem Milieu im Sediment gelegen haben muß. Für ein Bodenleben im unteren Teil des unteren Rupeltones sprechen weiterhin zahlreiche, bis zu 1 mm breite, mit Pyrit verfüllte Gängchen, die als nicht näher einzuordnende bioturbate Gefüge angesehen werden. Neben den Foraminiferen wurden außerdem selten Fischreste, pyritisierte

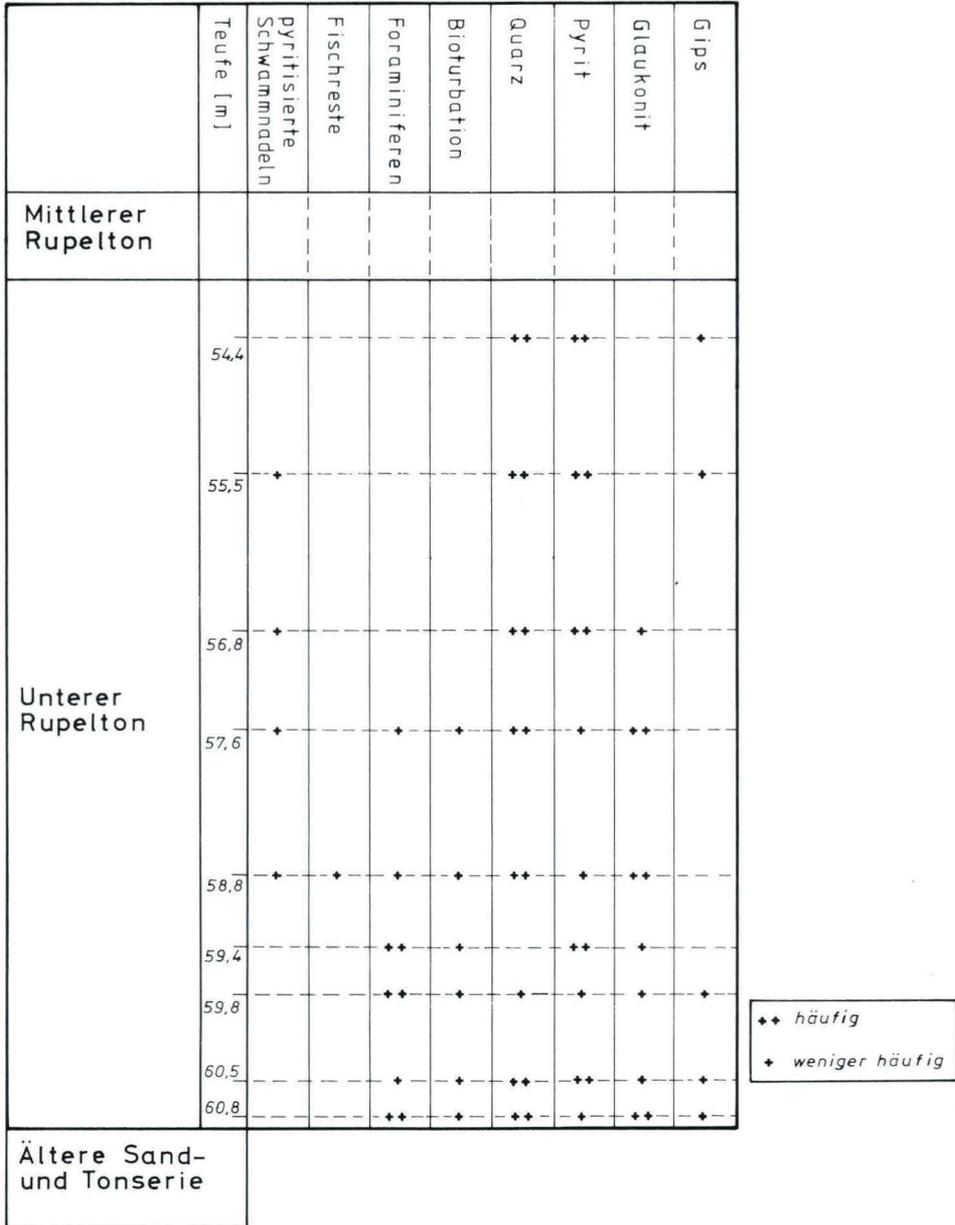


Abb. 7. Vertikale Verteilung von ausgeschlammten Komponenten aus Proben des Unteren Rupeltons der Bohrung GW 1.

Schwammnadeln, Quarzkörner, Pyritkügelchen, Glaukonitkörner und Gipsblättchen ausgeschlämmt (Abb. 7). Gipsanteile beschränken sich auf den unteren und oberen Teil des Unteren Rupeltons (vgl. Abb. 7). Sie liegen meist als kleine, bis zu 0,5 mm große, glasklare, tafelige Kristalle vor und deuten auf eine erhöhte Salinität während der Ablagerung hin. Auf die Anwesenheit von Gips im Rupelton machen auch DIEHL (1935: 42) und RÖSING (1969: 49) aufmerksam.

RITZKOWSKI (1967: 313) sieht in der Mächtigereduktion der Sedimente – wie sie offenbar auch in den Bohrungen vorliegt – „ufernahe“ Bereiche des Rupeltonmeeres. Er weist aber gleichzeitig darauf hin, daß echte ufernahe Ablagerungen fehlen. Die Unterteilung des Unteren Rupeltones nach RITZKOWSKI (1965a: 29–31) in drei Horizonte konnte auch unter Berücksichtigung der ausgeschlämten Foraminiferen nur z. T. nachvollzogen werden. Es fällt auf, daß der basale Horizont Nr. 1 (nach RITZKOWSKI) – mit einer arten- und individuenreichen Fauna – in der Bohrung GW 1 fehlt. Der untere Teil des Rupeltones in der Bohrung GW 1 entspricht eher dem mittleren Horizont Nr. 2 (nach RITZKOWSKI), da hier eine arten- und individuenarme Foraminiferenfauna mit hohem Sandschaleranteil vertreten ist. Auch die einzelnen Gattungen (z. B. *Cyclammina placenta placenta* (HANTKEN)) sprechen für eine Zuordnung zum Horizont Nr. 2. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, daß die marine Transgression des Rupeltonmeeres im Bereich des Untersuchungsgebietes – bedingt durch die randmarine Lage – später einsetzte als im Beckeninneren.

Auch der fossilreiche Abschnitt (Horizont 3 nach RITZKOWSKI 1965a) fehlt in der Bohrung GW 1. Vor dem Einsetzen des Mittleren Rupeltones konnten im Bereich von 57,6 m bis 53,9 m keine weiteren Foraminiferen nachgewiesen werden, so daß diese Schicht als Verarmungshorizont angesehen werden muß. Auffallend ist der hohe Anteil an Pyrit und Gips sowie das Fehlen von Glaukonit (vgl. Abb. 7).

Die Untersuchung von neun Proben des Unteren Rupeltones auf Nannoplankton verlief negativ. Dies ist ungewöhnlich, da MARTINI & MÜLLER (1971: 383) auf die Artenvielfalt des Nannoplanktons gerade in den Foraminiferenmergeln (Unterer Rupelton) des Mainzer Beckens hinweisen. Neben dem Fehlen des Nannoplanktons ist bemerkenswert, daß der Untere Rupelton in den Bohrungen zum einen weder kalkig ist, noch Septarien führt; zum anderen sind nur sehr wenige angelöste oder pyritisierte, kalkige Foraminiferengehäuse vorhanden. All diese Erscheinungen deuten auf eine sekundäre Entkalkung durch meteorische, kohlenstoffreiche Oberflächenwässer hin (vgl. BELLMANN et al. 1977: 336).

Die röntgenographische Untersuchung einer Probe aus dem höheren Teil des Unteren Rupeltones ergab die Minerale Quarz, Illit (bzw. Glimmer), Kaolinit, Smectit und Dolomit. Hierzu kommen in geringen Mengen Gips, Pyrit und Kalifeldspalt.

2.2.1.3.2. Mittlerer Rupelton

Der Mittlere Rupelton wurde in den Bohrungen GW 1 und F 4 angetroffen. Makroskopisch handelt es sich um einen graugrünen, untergeordnet auch blaugrünen, steifen Ton, der z. T. schlierenartig von gelblichen oder bräunlichen Partien durchsetzt wird.

Die spärliche Fauna setzt sich aus Foraminiferen, Fischresten und Pteropodenfragmenten zusammen, so daß – auch unter Berücksichtigung der lithologischen Ausbildung – eine Einstufung in die „Fischschiefer-Fazies“ (vgl. RITZKOWSKI 1965a, 1967) vorgenommen werden kann.

In der Bohrung GW 1 ist über dem Unteren Rupelton der basale Teil des Mittleren Rupeltones mit einer Mächtigkeit von 5,3 m durchfahren worden. Er wird diskordant von jungtertiären vulkanischen Gesteinen überlagert.

An Fossilien konnten lediglich nicht bestimmbare Fischreste und ein Abdruck des Pteropoden *Creseis* sp. beobachtet werden. Pyrit, Glaukonit und Gips liegen, im Vergleich zum Unteren Rupelton, nur sehr vereinzelt vor. Dagegen ist ein hoher Gehalt an Brauneisenkörnern festzustellen, die im Unteren Rupelton fehlen (Abb. 8). Vermutlich ist das Brauneisen durch die Alteration von Glaukonit bei Verwitterungsvorgängen entstanden, da der Mittlere Rupelton, vor der Überlagerung durch Vulkanisches Gestein, erodiert wurde. Auf Verwitterungserscheinungen des Mittleren Rupeltones deuten zudem schwache Entfestigung und Bleichung am Kontakt zu den überlagernden Tuffen in der Bohrung GW 1 hin.

Das Fehlen von Foraminiferen im basalen Teil des Mittleren Rupeltones der Bohrung GW 1 ist auffällig, da RITZKOWSKI (1965a, 1967) den unteren Teil des Mittleren Rupeltones als foraminiferenreiche Abteilung bezeichnet und diese gegen eine obere foraminiferenarme Abteilung abgrenzt. RITZKOWSKI (1965a: 27) weist jedoch auch darauf hin, daß die Anzahl der Foraminiferen insgesamt geringer ist als im Unteren Rupelton. Vor allem Sandschaler sollen nicht existieren.

Auch Nannoplankton konnte in den untersuchten Proben nicht nachgewiesen werden; dies unterstützt einerseits die Beobachtungen von MARTINI & MÜLLER (1971: 383), die ein generelles Absinken des Nannoplanktonanteils im Mittleren Rupelton der Fischschieferfazies feststellen. Andererseits ist auch hier nicht auszuschließen, daß eventuell vorhandenes Nannoplankton sowie kalkschalige Foraminiferen durch o. g. Verwitterungsvorgänge abgebaut wurden. Hierfür spricht auch die weggelöste Aragonitschale des Pteropoden *Creseis* sp., von dem nur noch ein Abdruck erhalten geblieben ist. Kalkgehalte und -konkretionen, wie sie von RITZKOWSKI (1965a: 31) aus dem Mittleren Rupelton beschrieben werden, fehlen ebenfalls und sprechen zusätzlich für eine mit der Abtragung und Verwitterung des Mittleren Rupeltones einhergehende Lösung von Karbonaten.

Weiterhin fallen im Schlämmrückstand, neben gerundeten Quarzkörnern, idiomorphe Quarze auf, die lediglich an den Kanten schwach abgerundet sind. Diese sind auch in den Schichten des Gipskeupers und des Rhäts vorhanden, so daß die Vermutung nahe liegt, daß es sich hierbei um aufbereitetes und umgelagertes Keupermaterial handelt. Da jedoch auch idiomorphe, nicht abgerundete Quarze gefunden wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, daß es sich hierbei um Neubildungen des Mittleren Rupeltones handelt. Ein hypersalines Milieu, das nach GRIMM (1962) oder GEYER (1977) die Quarzneubildung fördern soll, wird durch die Anwesenheit von Gipsblättchen im Mittleren Rupelton angezeigt.

Das Vorkommen von *Creseis* sp. im Mittleren Rupelton der Bohrung GW 1 muß besonders beachtet werden, da Pteropoden dieser Gattung bisher nur aus dem südlichen und nördlichen Hessen beschrieben worden sind (KUSTER-WENDENBURG 1971). Die *Creseis*-Arten sind nach KUSTER-WENDENBURG (1971: 108, 1974: 97) auf einen eng begrenzten Horizont im unteren Teil des Mittleren Rupeltones beschränkt (vgl. auch ROTHAUSEN & SONNE 1984: 31).

Die röntgenographische Untersuchung von zwei Proben des Mittleren Rupeltons aus der Bohrung GW 1 ergab die Minerale Quarz, Smectit, Illit (bzw. Glimmer) und Kaolinit neben

geringen Mengen an Kalifeldspat und Goethit. In einer der beiden Proben wurde zusätzlich ein hoher Dolomitgehalt festgestellt.

Die Bohrung F 4 durchfuhr unter jungtertiären Pyroklastiten ebenfalls die Schichten des Mittleren Rupeltones bis zur Endteufe. Die Mächtigkeit beträgt hier 7,4 m. Da die vulkanischen Ablagerungen im Hangenden diskordant auflagern und die Liegendgrenze nicht erreicht wurde, kann keine exakte Aussage darüber erfolgen, in welcher stratigraphischen Position sich der durchteufte Teil innerhalb des Mittleren Rupeltones befindet. An Fossilien wurden nur Fischreste und die Foraminifere *Ammodiscus* sp. festgestellt. Pteropoden der Gattung *Creseis* und Nannoplankton fehlen. Anorganische Bestandteile beschränken sich – wie in dem Mittleren Rupelton der Bohrung GW 1 – auf gerundete und nicht-gerundete idiomorphe Quarze, Gipsblättchen und Körner von Brauneisen.

2.2.2. Jungtertiär

2.2.2.1. Miozän (Vulkanite)

Gesteine des Miozäns liegen ausschließlich als Vulkanite (Pyroklastite, basaltische Effusiva) in den Bohrungen – und vor allem an der Oberfläche im Bereich der Bohrungen – vor. Sie sind zu den nordöstlichen Ausläufern des Vogelsberges zu rechnen.

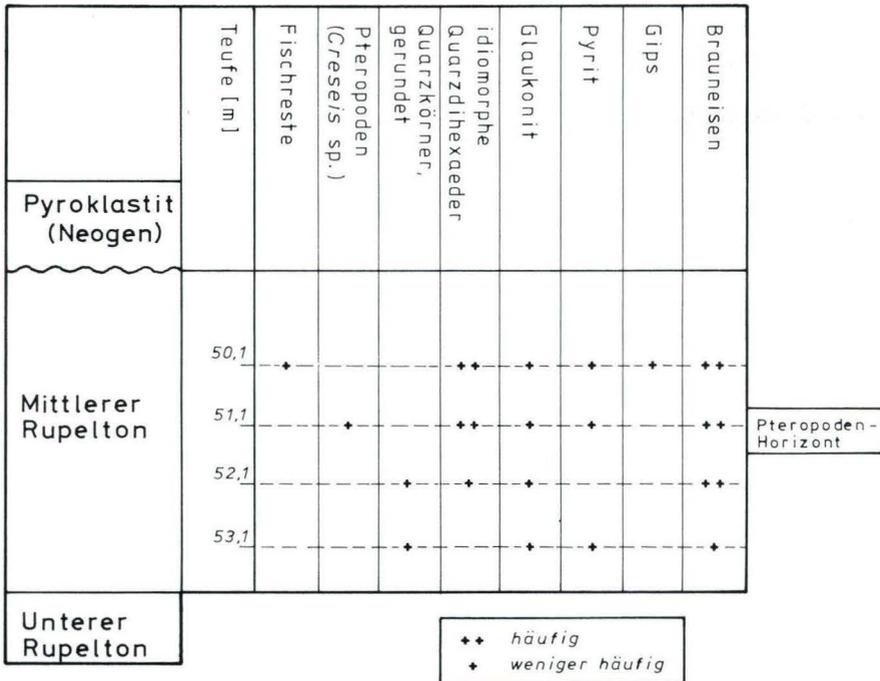


Abb. 8. Vertikale Verteilung von ausgeschlammten Komponenten aus Proben des Mittleren Rupeltons der Bohrung GW 1. Man beachte das Auftreten von *Creseis* sp.

Exakte Datierungen der Vulkanite liegen für die durchteuften Vulkanite nicht vor. Doch gibt es ausreichende Gründe für eine Einstufung in das Miozän:

- Die absoluten Altersdatierungen (K/Ar-Gesamtgesteinsalter) von „Basalten“ des Vogelsberges weisen Werte von 17 bis 9 Ma auf (LIPPOLT 1980) und fallen somit in das Miozän (vgl. auch EHRENBERG & HICKETHIER 1985; EHRENBERG 1986).
- STEGEMANN (1964: 266, 267) untersuchte sporenstratigraphisch Tone und Braunkohlen, die in Tuffe der ehemaligen Ziegeleigrube Riedesel bei Lauterbach eingeschaltet sind. Er erhielt ein „aquitanes“ – wahrscheinlich „oberaquitanes“ – Alter.
- TEIGLER (1985: 57) untersuchte pyroklastische Gesteine der Tongrube Reuters, welche die Schichten der Jüngerer Sand- und Tonserie überlagern sollen. Er gibt aufgrund von Wirbeltierresten in den Tuffen ein miozänes Alter an.

Die Ergebnisse der Bohrungen F 4, GW 1, GW 3, UB 4 und UB 6 belegen, daß die vulkanische Tätigkeit mit der Ablagerung von pyroklastischem Material über alttertiären Sedimenten (Ältere Sand- und Tonserie, Unterer- und Mittlerer Rupelton) begann (vgl. auch DIEHL 1935: 48; LAEMMLEN 1968: 62; TEIGLER 1985: 51 ff.). Hierauf folgte dann die Effusion basaltischer Laven.

2.2.2.1.1. Pyroklastische Gesteine

Pyroklastische Gesteine wurden in den Bohrungen F 4, GW 1, GW 3 und UB 4 durchteuft.

Die granulometrische Einteilung erfolgt nach der IUGS-Subkommission (vgl. SCHMID 1981).

In der Bohrung GW 1 überlagern vorwiegend rotbraun gefärbte pyroklastische Gesteine diskordant den gebleichten und aufgelockerten Mittleren Rupelton mit einer Mächtigkeit von 1,1 m. Sie sind durch einen Wechsel von aschen- und lapillireicheren Lagen charakterisiert, wobei häufig fließende Übergänge zwischen beiden vorliegen.

Die Sortierung der Komponenten in den vorwiegend grau gefärbten lapillireichen Lagen ist mäßig bis schlecht. Die aschereichen Lagen sind durchweg rotbraun gefärbt und stark vertont. Schrägschichtung tritt gegenüber Horizontalschichtung zurück. Die Lapilli-Tuff-Lagen enthalten vereinzelt Xenolithe in Lapilli-Größe (gebleichte Sandsteine, rote und rotviolette Tonsteine).

Die röntgenographische Untersuchung einer Lapilli-Aschen-Tuff-Lage ergab, daß die primären Komponenten weitgehend zu Tonmineralen umgewandelt wurden. Es konnten vorwiegend Smectit neben geringen Mengen an Quarz, Illit (bzw. Glimmer), Kaolinit und Magnetit nachgewiesen werden.

Über dem roten Tuff folgt in der Bohrung GW 1 eine 10,9 m mächtige Schicht, die sich aus grauen sowie graugrünen Tonen und Schluffen zusammensetzt und häufig von Brauneisenanreicherungen durchsetzt wird.

Das Hangende dieser Schichten stellt dann wiederum eine 4,0 m mächtige Wechselfolge von Aschen- und Lapilli-Tuffen dar, die von basaltischer Lava überflossen wurde. Diese Tuffe sind im Gegensatz zu den basalen rotbraunen Tuffen durch eine sehr gut ausgeprägte Schichtung und einen hohen Sortierungsgrad charakterisiert. Die Grenzen von groben

Aschenlagen, feinen Aschenlagen und Lapillilagen sind überwiegend messerscharf. Selten läßt sich eine schwache Gradierung in den lapilliführenden Schichten feststellen. Die feinen Aschentuffe (Staubtuffe) sind ausschließlich braun bis dunkelbraun gefärbt und enthalten nur sehr vereinzelt grobe Aschenkörner oder seltener Lapilli. Röntgenographische Untersuchungen bestätigen auch hier eine intensive Umwandlung der Pyroklasten zu Tonmineralen (vorwiegend Smectit).

In der Bohrung F 4 wurden über Mittlerem Rupelton braune und ziegelrote, stark vertonte Aschentuffe durchteuft.

Möglicherweise lassen sie sich mit den o. g. basalen rotbraunen Tuffen der Bohrung GW 1 korrelieren, da beide rot gefärbt sind und – den Beginn des Vulkanismus signalisierend – über dem Mittleren Rupelton liegen.

Auch in der Bohrung UB 4 zeigte sich, daß die vulkanische Aktivität durch die Förderung von pyroklastischem Material eingeleitet wurde. Nach ABEL (vorläufiges Schichtenverzeichnis des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung) sollen sich hier über Unterem Rupelton braune und grünliche, geschichtete Tuffe abgelagert haben.

2.2.2.1.2. Effusivgesteine (Alkali-Olivinbasalt)

In der Bohrung GW 1 wurden zwei alkali-olivinbasaltische Laven durchteuft, die durch eine 2,9 m mächtige Dach- und Sohlschlacke voneinander getrennt sind. Sie stellen Decken bzw. Ströme dar. Die Zuordnung dieser Gesteine zu den Alkali-Olivinbasalten erfolgt aus folgenden Analogiegründen: Von Basalten aus dem Steinbruch am NE-Hang des Kohlhauptes liegt eine chemische Analyse vor (MEISL 1968), die unter Zugrundelegung des TAS-Diagramms (LE BAS et al. 1986) eine Einordnung in die Gruppe Alkali-Olivinbasalte ergibt. Die Basalte der Bohrung GW 1 gleichen vom modalen Bestand her diesen Basalten (s. u.), so daß sie ebenfalls als Alkali-Olivinbasalte angesprochen werden sollten.

Die untere, 16,6 m mächtige Lava hat sich über o. g. Lapilli- und Aschentuffe ergossen. Sie wird durch einen dunkelblaugrauen, einsprenglingsreichen Basalt gebildet, dessen Bruchflächen rau und splittrig sind.

Die darüberliegende 6,3 m mächtige Lava wird nach oben hin durch eine Schlackenschicht (Dachschlacke) begrenzt und von vertontem Aschen-Lapilli-Tuff überlagert. Makroskopisch ähnelt das Gestein dem liegenden Basalt; es ist allerdings durch stärkere partielle Zersetzung und einen höheren Anteil an Fremdeinschlüssen (bis zu 1 cm große, gefrittete Sandsteinbrocken) gekennzeichnet. Auf Klüften hat sich meist brauner Bolus abgeschieden.

Mikroskopisch stellt man in beiden Lavaeinheiten ein serialporphyrisches Gefüge fest (Abb. 9).

Die Grundmasse besteht aus 15–25% Klinopyroxen (vorwiegend Ti-reicher Augit), 10–25% Plagioklas und 7–10% Titanomagnetit. In den Restzwickeln kommt Alkalifeldspat (5–10%) vor. Apatit ist meist im Alkalifeldspat oder in den Plagioklasen eingebettet.

Die Einsprenglinge bestehen aus bis zu 5 mm großen Olivinen und kleineren, bis zu 2 mm großen Klinopyroxenen. Die Olivine zeigen idiomorphe bis hypidiomorphe Formen. Viriditisierung beschränkt sich in der Regel auf die Außenzonen und auf Risse der Kristalle, kann diese aber auch fast vollständig erfassen. Die Klinopyroxene weisen häufig poikilitische Strukturen auf.

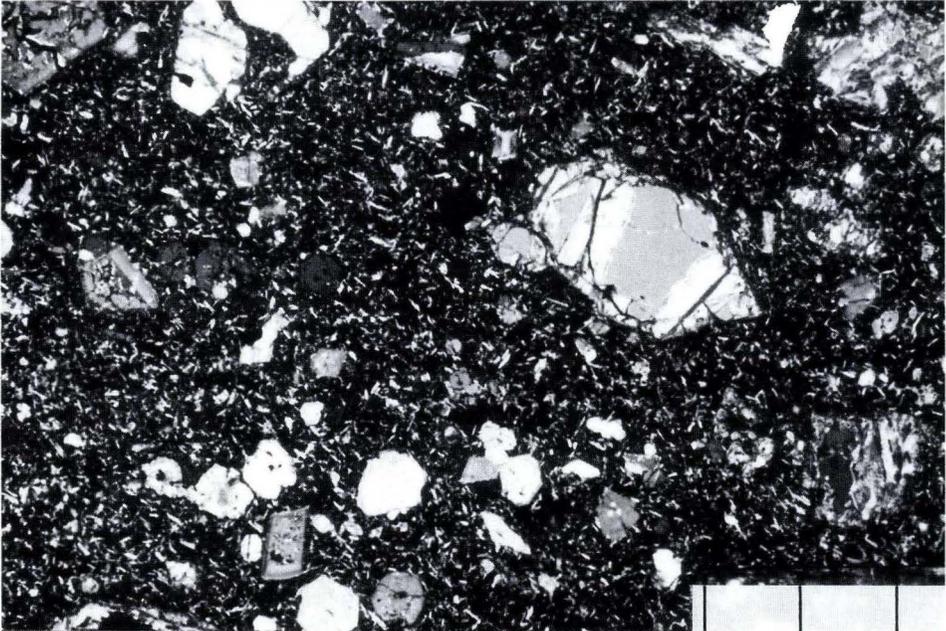


Abb. 9. Dünnschliffbild des Alkali-Olivinbasaltes der Bohrung GW 1 (Entnahmetiefe: 17,40 m, untere Lava-Einheit). In der intersertalen Grundmasse erkennt man Einsprenglinge von großen Olivin- und zonar gebauten, z. T. poikilitischen Augitkristallen. Dünnschliff GZGW 1-17,4. Gekreuzte Nicols. Abstände der Teilstriche rechts unten = jeweils 1 mm.

Die Grundmasse der beiden Laven weist geringfügig unterschiedliche Gefüge auf. Während diejenige der unteren Einheit durch leistenförmige Plagioklase ausgezeichnet ist, die zu einem schwach sperrigen Grundmassegefüge führen (Abb. 9), stellt man in der oberen Lava eine intergranulare Grundmasse fest. Des weiteren zeichnet sich die obere Lage durch wenige Klinopyroxene mit Grünkernen und geringen Karbonatanteil aus. Im unteren Strom hingegen sind Zeolithe (Natrolith, Chabasit, Phillipsit) keine Seltenheit.

2.3. Quartär

Quartäre Sedimente spielen in den Bohrungen selbst keine große Rolle. Sie sind aber in der Umgebung der Bohrungen an der Oberfläche weit verbreitet (Abb. 2).

So ist am „Bastwald“ beispielsweise ein lateraler Transport von Quarziten aus der Älteren Sand- und Tonserie dadurch bewiesen, daß diese hier die jüngeren vulkanischen Gesteine bedecken (vgl. auch Bohrung GW 3). Diese eher selten anzutreffende Situation ist durch die außergewöhnliche Lagerung der Vulkanite und der Sedimente der Älteren Sand- und Tonserie bedingt. Die vulkanischen Gesteine liegen in einem tieferen Niveau als die quarzitführenden Ablagerungen der Älteren Sand- und Tonserie.

Weitere quartäre Bildungen in der Umgebung der Bohrungen sind Schuttmassen aus Basalt, Lößlehm und Talauensedimente. Zudem prägen anthropogene Ablagerungen immer mehr den Landschaftscharakter, wobei die zukünftige Kreismülldeponie am „Bastwald“ als exemplarisch gelten kann. Da die Bauarbeiten der Deponie während der Kartierung in vollem Gange waren und noch kein Müll abgelagert wurde, konnte hier noch der geologische Untergrund in der Karte (Abb. 2) dargestellt werden. Die Deponie ist inzwischen auf den Sedimenten der Älteren Sand- und Tonserie zwischen den Punkten 464.4 und 436.6 errichtet worden.

3. Tektonik

Wie bereits erwähnt, wurden die Bohrungen im Grenzbereich Lauterbacher Graben/nordöstliche Hochscholle abgeteuft (Abb. 2 u. 3).

Die Fortsetzung des Lauterbacher Grabens von TK 25, Blatt 5322 Lauterbach (Hessen) in das Untersuchungsgebiet ist durch die Bohrungen

- GW 3 (unter Sedimenten der Älteren Sand- und Tonserie folgt Oberer Keuper),
- F 4 (unter pyroklastischen Gesteinen liegt Rupelton) und
- GW 1 (unter pyroklastischen Gesteinen folgen Rupelton und mächtige Sedimente der Älteren Sand- und Tonserie)

bewiesen (Abb. 3).

Daß die, innerhalb von tertiären Gesteinen isoliert auftretenden Muschelkalkschollen bei Rainrod (Abb. 1) Teile des Lauterbacher Grabens darstellen, wird schon von DIEHL (1926: 9) und LAEMMLEN (1968: 129) vermutet. HOCH (1958: 157) bemerkt, daß sich an dem Muschelkalkvorkommen bei der Ziegelhütte – im Gegensatz zu DIEHL (1926), der es in seiner Gesamtheit als Unterer Muschelkalk auswies – auch Gesteine des Oberen Muschelkalkes (unterer Teil der Ceratiten-Schichten) beteiligen und weist in diesem Zusammenhang auf das tiefe Absinken der Schichten hin.

Die Ansicht von HOCH (1958) bestätigte sich durch einen vom Verf. bei der Ziegelhütte aufgefundenen Ceratiten (*Ceratites (Acanthoceratites) compressus compressus* PHILIPPI). Zudem konnten bei der Geländeaufnahme zwischen Rainrod und Brunkelsberg, neben dem schon von LAEMMLEN (1968) beschriebenen Muschelkalk, rotbraune und graugrüne, blättrige Tonsteine, plattige Dolomitsteine und Quarzknuern festgestellt werden, die sicherlich zum Gipskeuper gehören und zusätzlich auf einen beträchtlichen Absenkungsbeitrag des Lauterbacher Grabens an dieser Stelle hinweisen.

Trotz der Überdeckung mit vulkanischen Gesteinen, wurde die nordöstliche Randverwerfung des Lauterbacher Grabens anhand der zahlreichen Bohrungen speziell am „Bastwald“ sehr gut eingegrenzt (Abb. 2). So trafen die unmittelbar am Grabenrand gelegenen Bohrungen F 3, K 1 und UB 3 die aus Mittlerem Buntsandstein (einschließlich dessen geringmächtiger Bedeckung mit Sedimenten der Älteren Sand- und Tonserie) bestehenden Hochschollen an. Bei den ebenfalls im engeren Grabenrandbereich plazierten Bohrungen GW 1 und GW 3 wurden hingegen Gesteine des Keupers, des Rupeltons und mächtige Sedimente der Älteren Sand- und Tonserie der Tiefscholle durchteuft. Das Vorkommen von Mittel- bis Oberrhät in der Bohrung GW 3 deutet hier auf eine beträchtliche Sprunghöhe

(ca. 500 m) hin, die evt. durch das Zusammentreffen von Schwarzer und Lauterbacher Graben bedingt ist.

Der sich aus den Bohrungen ergebende Verlauf der nordöstlichen Grabenrandverwerfung deckt sich annähernd mit der Verlängerung der von DIEHL (1927) auf der TK 25, Blatt 5322 Lauterbach (Hessen) festgestellten, unter tertiären Sedimenten untertauchenden Grabenrandstörung (vgl. Abb. 1).

Nach den Geländebefunden und den Bohrergebnissen sind im Lauterbacher Graben außer den Trias-Schichten auch die tertiären Gesteine auf einem tieferen Niveau zu finden.

So liegt z. B. auf den Buntsandstein-Hochschollen die Basis der Älteren Sand- und Tonserie im Mittel ca. 430 m ü. NN, im Graben dagegen 371 m ü. NN (Bohrung GW 3) und < 350 m ü. NN (Bohrung GW 1).

In ihrer Höhe ü. NN schwankend verhält sich auch die Basis des auf den Graben beschränkten Rupeltones. Ihre Höhenwerte (ü. NN) betragen 406 m (Bohrung UB 4), 379 m (Bohrung GW 1) und < 409 m (Bohrung F 4). Bei Brauerschwend sinkt sie auf ca. 320 m ü. NN ab (vgl. RITZKOWSKI 1965: 176, 177), so daß sie sich hier auf etwa dem gleichen Höhengniveau befindet, das GRAMANN (1960: 98) für die Rupeltonbasis bei Wahlen (Momberger Graben) angibt (319,5 m).

Da nach GRAMANN (1960: 99) die alttertiären Schichten keine bedeutenden Mächtigkeitsunterschiede zeigen (vgl. auch RITZKOWSKI 1968: 275) und somit davon auszugehen ist, daß sie ursprünglich auf einem etwa gleichen Niveau abgelagert worden sind, müssen sie im Lauterbacher Graben abgesunken sein. Dies scheint auch für den Momberger Graben zuzutreffen, da SCHENK (1961a: 316) feststellt, daß bei Wahlen das „tonige Tertiär“ grabenartig zwischen dem sandigen, quarzitführenden Tertiär liegt.

Alttertiäre tektonische Bewegungen werden weiter durch folgende Beobachtung von GRAMANN (1960: 100) bestätigt. Er sieht ein diskordantes Hinweggreifen der Jüngeren Sand- und Tonserie auf die gestörten, älteren paläogenen Schichten. Bei Homberg/Ohm findet GRAMANN (a. a. O.) „Rupelton in so unmittelbarer Nachbarschaft zu mittlerem Buntsandstein“, daß er dies nur durch eine Verwerfung erklären kann.

Auch DIEHL kann in den alttertiären Schichten schon Verwerfungen nachweisen. So beschreibt er stark gestörte, zur Älteren Sand- und Tonserie gehörige, geröllführende Sande bei der Ziegelhütte, SW von Rainrod (DIEHL 1926: 28). S der Linie Rauher Berg – Zattelberg (TK 25, Blatt 5221 Alsfeld) sollen die Quarzitbänke der Älteren Sand- und Tonserie stärker einfallen und auch häufiger zerbrochen sein als N davon.

Die Auflagerungsfläche der vulkanischen Gesteine in der weiteren Umgebung des Untersuchungsgebietes verhält sich ähnlich wie die Basis der alttertiären Schichten. Sie zeigt einen schon von LAEMMLEN (1968: 114) beobachteten Bezug zum Lauterbacher Graben.

Wie bereits aus der Arbeit von EHRENBERG & HICKETHIER (1985: Tafel 1) zu entnehmen ist, verlaufen die 50 m-Isolinien der Basaltbasis mehr oder weniger parallel zum Lauterbacher Graben. Die Basaltunterkante sinkt zudem, genau wie die Basis der alttertiären Sedimente, von den Buntsandstein-Hochschollen ausgehend (ca. 480 m am Auerberg) zum Grabeninneren (ca. 330 m bei Renzendorf) deutlich ab. Die in den Bohrungen durchteuften Vulkanite nehmen hier eine vermittelnde Stellung ein.

Exakte Alter für die tektonischen Vorgänge im Arbeitsgebiet können, auch unter Zuhilfenahme der vorliegenden Untersuchungsergebnisse, nicht angegeben werden. Es läßt sich lediglich feststellen, daß zum einen wegen der stellenweise diskordanten Auflagerung

von alttertiären Sedimenten auf die verstellten triassischen Gesteine eine prätertiäre Tektonik stattgefunden hat; zum anderen sprechen die abgesunkenen, hohe Mächtigkeiten aufweisenden alttertiären Sedimente im Lauterbacher Graben für eine Reaktivierung der prätertiären Störungen im Tertiär, die eventuell durch Auslaugung von leicht löslichen Mineralen des Mittleren Muschelkalkes, des Mittleren Keupers und möglicherweise auch des Zechsteins begleitet wurde.

Aus Analogiegründen werden für die Bruchstrukturen vorwiegend jungkimmerische Vorgänge in Betracht gezogen (STILLE 1913, 1925; SCHWAB et al. 1982; GRUMT & LÜTZNER 1983).

RITZKOWSKI (1965b: 169; 1968: 275 f.) geht davon aus, daß die jungkimmerischen Gräben im Miozän tiefer versenkt worden seien, sieht hierin einen Zusammenhang mit den vulkanischen Vorgängen und schließt eine postvulkanische Tektonik sowie rezente Absenkungen nicht aus. Auch LAEMMLEN (1968: 114) und HÖLTING (1975: 240) sprechen sich für nachbasaltische Bewegungen aus.

Im Untersuchungsgebiet deuten die unterschiedlichen Höhen der Basis von Älterer Sand- und Tonserie und Rupelton (Abb. 3) auf Post-Rupel-Bewegungen hin. Diese haben vermutlich vor der Ablagerung der Jüngeren Sand- und Tonserie stattgefunden, da GRAMANN (1960: 100) eine diskordante Überlagerung der jüngeren Sand- und Tonserie auf die gestörten alttertiären Schichten feststellte. Das sinkende Niveau der Basaltbasis zum Lauterbacher Graben hin ist vermutlich nicht durch tektonische Ereignisse, wie sie EHRENBERG & HICKETHIER (1985: 111) annehmen, sondern durch ein Paläorelief bedingt, dessen Entstehung z. T. auf o. g. Subrosionsprozesse zurückzuführen ist. Zwar könnten die von STACKENBRANDT & JANSSEN (1986: 108 f.) festgestellten neogenen Dilatationen an herzynischen Zonen eine postbasaltische Absenkung im Lauterbacher Graben ermöglicht haben, doch fehlen hierfür eindeutige Indizien, wie z. B. Störungen innerhalb der im weiteren Untersuchungsgebiet zahlreich aufgeschlossenen Basalte.

In Anlehnung an KULICK (1984: 11) wird im Lauterbacher Graben ein über der Kellerwaldschwelle eingebrochener Scheitelgraben gesehen.

Danksagung: Dem Herrn Landrat des Vogelsbergkreises Dr. J. Zwecker danke ich, daß er mir die Bohrkerne und das Spülgut der hier behandelten Bohrungen zur Verfügung stellte.

Für die Überlassung von Bohrergebnissen danke ich dem Hessischen Landesamt für Bodenforschung, insbesondere den Herren Dr. Wiegand und Dipl. Geol. Abel.

Herrn Dr. F. Rösing und Herrn Prof. Dr. E. Martini (Geol.-Paläont.-Institut der Univ. Frankfurt a. M.) danke ich für die Unterstützung bei der Geländeaufnahme und für zahlreiche hilfreiche Ratschläge.

Herrn Dr. H. Hickethier (Hessisches Landesamt für Bodenforschung) danke ich für kritische Anmerkungen.

Für die Bestimmung der Foraminiferen und Pteropoden danke ich Herrn Prof. Dr. V. Sonne (Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz).

Bei der Bestimmung von Ceratiten unterstützte mich Herr C. Aschenbrenner (Hosenfeld), dem ich an dieser Stelle ebenfalls herzlich danken möchte.

Die röntgendiffraktometrischen Untersuchungen wurden von Herrn Dr. Johanning (Geol.-Paläont.-Institut der Univ. Frankfurt a. M.) durchgeführt. Auch ihm spreche ich meinen Dank aus.

4. Bohrverzeichnis

Bohrung F 1

Lage :	Gemeinde Schwalmtal, zwischen Webersberg und Bastwald, Blatt 5222 Grebenau, R 352636 H 561856, 448,08 m ü. NN	
Zweck :	Grundwasseruntersuchung	
Ausgeführt :	1985 (Kernbohrung)	
Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF		
- 0,20 m	Mutterboden	Quartär, Holozän
- 2,00 m	Sandstein und Quarzit	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,00 m	Mittelsand, braun, z. T. Quarzit	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,50 m	Quarzit	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 4,20 m	Grobsand, z.T. Mittelsand, braun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 4,60 m	Fein- bis Mittelsand, braun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 5,00 m	Mittelsand, stark tonig, weißgrau („Klebsand“)	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 5,20 m	Grobsand, braun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 5,60 m	Mittelsand, braun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 6,00 m	Mittel- bis Feinsand, tonig, braun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 6,40 m	Ton, gelb, plastisch, steif	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 7,70 m	Mittelsand, weißgrau und gelbbraun, zum Liegenden toniger	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 8,00	Feinsand, tonig („Klebsand“)	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 8,40 m	Mittelsand, schwach tonig	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 10,40 m	Wechsel von stark tonigem Sand grauem, z. T. gelbem Ton	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän

Bohrung F 2

Lage :	Gemeinde Schwalmtal, Am Bastwald, Blatt 5222 Grebenau, R 352648 H 561828, 437,52 m ü. NN	
Zweck :	Grundwasseruntersuchung	
Ausgeführt :	1985 (Kernbohrung)	
Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF		
- 0,20 m	Mutterboden, schwarzgrau	Quartär, Holozän
- 0,80 m	Sand, Schluff, Ton graubraun	Quartär, Holozän
- 1,40 m	Mittelsand, stark tonig, z. T. weißgrau, z. T. rötlich	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 1,70 m	Quarzitbrocken, hellgrau	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän

– 3,80 m	Feinsand, tlw. verfestigt, gelb, weißgrau, rotbraun; Sandsteinbrocken mit Glimmerlagen und Feldspatgehalt	Buntsandstein Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 4,70 m	Mittelsandstein, tlw. stark absandend, weißgrau, feldspatführend, Glimmerlagen auf S-Flächen, graugrüne Tongallen, Brauneisenanreicherungen	Buntsandstein Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 5,80 m	Mittelsand, weißgrau, tlw. rotbraun, Glimmerlagen, Tonzwischenlagen; Sandsteinbrocken (Relikte des unzersetzten Buntsandsteins)	Buntsandstein Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 7,20 m	wie 4,70 bis 5,80 m, weißgrau, oft starke Anreicherung von Manganulm, gut sortiert, mäßig gerundet	Buntsandstein Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 7,60 m	Mittelsand, gelbbraun, mit verfestigten Sandsteinbrocken (diese enthalten Tongallen und sind glimmerführend), gut sortiert, mäßig gerundet	Buntsandstein Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 8,20 m	Mittelsand, weißgrau, mäßig gerundet, gut sortiert, tlw. Brauneisenanreicherungen, oft massenweise graugrüne Tongallen und Glimmerlagen auf Schichtflächen, intensive Schrägschichtung	Buntsandstein Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
–10,00 m	Wechselfolge von rotem Tonstein und weißgrauem Sandstein (schwach verfestigt), glimmerreich	Buntsandstein Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)

Bohrung F 3

Lage: Gemeinde Schwalmtal, Am Bastwald, Blatt 5222 Grebenau,
R 353631 H 561821, 436,06 m ü. NN

Zweck: Grundwasseruntersuchung

Ausgeführt: 1985 (Kernbohrung)

Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF

– 0,30 m	Mutterboden, schwarzbraun,	Quartär, Holozän
– 1,10 m	Sand und Schluff, tonig dunkelbraun, Brauneisenanreicherungen	Quartär, Holozän
– 1,90 m	Feinsand, schluffig, weißgrau u. gelbbraun, glimmerführend	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 2,00 m	Ton, graugrün, fest	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 2,70 m	Mittelsand, hellbraun schlecht sortiert, mäßig gerundet	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 2,80 m	Ton, graugrün	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän

- | | | |
|----------|---|--|
| - 6,00 m | Fein- bis Mittelsand, weißgrau, gelbbraun, mit Brocken von feldspat-
haltigen Sandsteinen;
Sandsteine enthalten graugrüne Tongallen | Buntsandstein
Detfurther Wech-
selfolge (kaolinige
Verwitterungs-
rinde) |
| -10,00 m | wie 2,80 bis 6,00 m, aber ohne Tonsteinzwischenlagen | Buntsandstein
Detfurther Wech-
selfolge (kaolinige
Verwitterungs-
rinde) |

Bohrung F 4

Lage: Gemeinde Schwalmtal, Am Bastwald, Blatt 5222 Grebenau,
R 352609 H 561823, 439,05 m ü. NN
Zweck: Grundwasseruntersuchung
Ausgeführt: 1985 (Kernbohrung)
Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF

- | | | |
|----------|---|-----------------------|
| - 0,40 m | Mutterboden, grau, stark tonig | Quartär, Holozän |
| - 2,00 m | Ton u. Schluff, gelbbraun mit vereinzelt hellgrauen Partien, lagen-
weise „Basaltkügelchen“ (zersetzer und umgelagerter Tuff oder
Tuffit) | Quartär |
| - 3,40 m | Aschentuff, dunkelbraun, stark vertont, z. T. weiß gesprenkelt, selten
einzelne Lapilli | Miozän |
| - 4,50 m | Aschentuff, ziegelrot, z. T. rostbraun, weiß gesprenkelt, lagenweise
Auftreten von weißem, tonigem Material | Miozän |
| - 5,10 m | wie 3,40 m–4,50 m, aber weniger vertont, krümelig und in rotbraun
übergehend | Miozän |
| - 6,90 m | Aschentuff, schwach vertont, krümelig, gelbbraun, z. T. rotbraun, oft
hellgelbe Sprenkelung, Mangannulm | Miozän |
| -10,80 m | Aschentuff, dunkelbraun, z. T. grünlichgrau, schwach vertont,
schwach verfestigt, bei 7,40 m idiomorphe Kristalle (Leuzit?) z. T.
fettiges, graugrünes Material (vermutlich Smectit), weiße Sprenke-
lung häufig | Miozän |
| -12,00 m | Aschentuff, graugrün, sonst wie 6,80 m–10,80 m | Miozän |
| -12,30 m | Basalt, dicht, schwarzgrau, mit Einsprenglingen (vermutlich Olivin u.
Pyroxen), unregelmäßiger Bruch | Miozän |
| -14,80 m | Aschentuff, braun u. rotbraun, z. T. graugrün, häufig weiß und
graugrün gesprenkelt,
bei 13,30 m Kristallineinschluß | Miozän |
| -15,00 m | Aschentuff, hellgrau, bröckelig | Miozän |
| -16,00 m | Aschentuff, gelblichbraun, bröckelig, schwach vertont, selten weiß
gesprenkelt | Miozän |
| -16,90 m | Ton, graugrün (Tuffit?) | Miozän |
| -18,70 m | Ton, rotbraun, leicht violettstichig, vereinzelt weiß gesprenkelt
(Tuffit?) | Miozän |
| -20,90 m | Ton, grau mit Grünstich, vereinzelt kleine „Basaltkügelchen“
(Tuffit?) | Miozän |
| -21,80 m | Ton, braun, vereinzelt weiß gesprenkelt, selten Lapilli (vertonter
Aschentuff oder Tuffit) | Miozän |
| -22,60 m | Aschentuff, braun, vertont | Miozän |
| -30,00 m | Ton, graugrün, z. T. gelblich oder rotbraun durchsetzt, zur Endteufe
hin wird Ton immer reiner | Mittlerer
Rupelton |

Bohrung F 5

Lage: Gemeinde Schwalmtal, Am Bastwald, Blatt 5222 Grebenau,
R 352617 H 561854, 450,5 m ü. NN

Zweck: Grundwasseruntersuchung

Ausgeführt: 1985 (Kernbohrung)

Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF

- 0,25 m Mutterboden, graubraun	Quartär, Holozän
- 0,70 m Schluff, graubraun, steif	Quartär, Holozän
- 1,10 m Mittelsand, weißgrau, stark tonig („Klebsand“) mit Quarzitbrocken	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 1,60 m Mittelsand, weißgrau, stark tonig, steif	bis Ober-Oligozän
- 2,20 m Mittel- bis Grobsand, weißgrau, tlw. rötlich	bis Ober-Eozän
- 2,90 m Mittelsand, grau, gelbbraun, stark tonig („Klebsand“), glimmerführend	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,10 m Mittel- bis Grobsand, weißgrau	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,30 m Mittelsand, grau, glimmerführend	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,40 m Ton, schwach schluffig, steif, glimmerführend	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,50 m Feinsand, weißgrau, stark tonig („Klebsand“)	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,80 m Ton mit einzelnen Schlufflagen, grau mit Brauneisenanreicherungen	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 3,90 m Mittelsand, weißgrau, stark tonig (Kaolin)	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 4,10 m Mittel- bis Grobsand, weißgrau, schwach verfestigt, glimmerführend	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 8,00 m Mittelsand, weißgrau, sehr stark tonig (Kaolin), tlw. bis zu wenigen cm mächtige Brauneisenanreicherungen	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 8,10 m Ton, weißgrau, steif (Kaolin)	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 8,80 m Mittel- bis Grobsand, tlw. verfestigt, grau	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 9,70 m Mittelsand, grau stark tonig („Klebsand“), einzelne Lagen ohne Ton, dann sehr locker	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 10,00 m Feinsand, tonig, gelblichbraun tlw. schwach verfestigt	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän

Bohrung GW 1

Lage: Gemeinde Grebenau, Am Bastwald, Blatt 5222 Grebenau,
R 352575 H 561832, 493,93 m ü. NN

Zweck: Grundwasseruntersuchung

Ausgeführt: 1985

Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF

- 0,30 m Mutterboden	Quartär, Holozän
- 0,80 m Aschentuff, vertont, braun, umgelagert, mit Quarzit und Basaltbrocken	Miozän
- 2,30 m Lapilli-Aschentuff, leicht vertont, braunrot, oft weiß gesprenkelt, z. T. Basaltbrocken (bis 2 cm)	Miozän

- 3,30 m	Basalt (Dach- bzw. Sohlschlacke), graublau, z. Hangenden mit Tuff vermisch und leicht zersetzt, Hohlräume bis 0,50 cm, Olivineinsprenglinge (bis 0,50 cm)	Miozän
- 6,80 m	Basalt, dunkelblaugrau, porphyrisch (Olivineinsprenglinge) (Alkaliolivinbasalt)	Miozän
- 7,50 m	wie 3,30 m bis 6,80 m, aber leicht zersetzt (auf Klüften Bolus)	Miozän
- 7,80 m	wie 3,30 m bis 6,80 m	Miozän
- 8,70 m	wie 6,80 bis 7,50 m	Miozän
-11,40 m	Basalt, dunkelblaugrau, porphyrisch, z.T. leicht zersetzt (Alkali-Olivinbasalt)	Miozän
-11,80 m	Basalt, zersetzt, grusig und rotbrauner Bolus	Miozän
-13,10 m	wie 8,70 m bis 11,40 m, aber mit schwarzen Einsprenglingen	Miozän
-13,80 m	Basalt, graublau, porphyrisch, stark blasig, z. T. stark zersetzt (Dach- bzw. Sohlschlacke)	Miozän
-16,00 m	wie 13,10 m bis 13,80 m, aber mit noch größeren Blasen Hohlräumen (bis 1,50 cm), zeigen z. T. Fluidalgefüge, (Dachschlacke)	Miozän
-22,00 m	Basalt, dunkelgrau, porphyrisch, sehr frisch (Alkali-Olivinbasalt)	Miozän
-32,60 m	Basalt, blaugrau, porphyrisch, gelbe u. schwarze Einsprengl., leicht zersetzt (Alkali-Olivinbasalt)	Miozän
-33,30 m	Aschentuff, zum Hangenden rotbraun, zum liegenden gelbbraun, selten Lapilli, wenig verfestigt	Miozän
-33,76 m	Aschen-Lapillituff, deutlich geschichtet (größere u. feinere Lagen, max. 0,50 cm), stark verfestigt, graubraun, z. T. dunkelgrau	Miozän
-33,82 m	Aschentuff, braun, fest	Miozän
-34,40 m	Aschen-Lapillituff, graubraun in Wechsellagerung mit Aschentuff, braun, deutlich geschichtet	Miozän
-36,60 m	Aschen-Lapillituff, graubraun, in Wechsellagerung mit Lapilli-Aschentuff, graubraun, größte Lapilli mit 0,50 cm	Miozän
-37,30 m	Ton, graugrün, leicht sandig	Miozän
-39,00 m	Ton, schluffig, braun, z. T. graugrün, mit FeOOH-Konkretionen	Miozän
-40,10 m	Ton, graugrün, einzelne braune Partien, vereinzelt kohlige Substanz	Miozän
-44,20 m	Ton, schluffig, graugrün, z. T. braun, FeOOH-Konkretionen	Miozän
-44,30 m	Schluff, graugrün, durchsetzt von rotbraunem Feinsand	Miozän
-46,50 m	Schluff, graugrün, z. T. braun, zum Liegenden hin toniger, z. T. rotbraune sandige Partien	Miozän
-47,50 m	Schluff, grau, sehr viele braune, femische Partien	Miozän
-48,60 m	Aschen-Lapillituff, graubraun, deutlich geschichtet, wechselt mit Aschentuff, graugrün, 1 bis 2 m mächtig	Miozän
-48,90 m	Schluff, tonig, feinsandig z. T. graugrün, z. T. braun (femisch)	Mittl. Rupelton
-49,90 m	Ton, graugrün, braun gesprenkelt, FeOOH-reiche Partien	Mittl. Rupelton
-53,90 m	Ton, hellgraugrün bis blaugrün, sehr steif, bei 53,10 m Pteropodenfragment	Mittl. Rupelton
-54,70 m	Ton, dunkelgrau, einzelne weiße Sprengel, steif	Unt. Rupelton
-55,30 m	Ton, graugrün, z. T. braun	Unt. Rupelton
-60,90 m	Ton, dunkelgrau, weiß gesprenkelt, steif auf SS kommen biserialer Foraminiferen vor	Unt. Rupelton
-62,00 m	Ton, gelb, wird zum Liegenden sandiger, mit Lebensspuren	Unter-Oligozän?
-63,20 m	Sandstein, z. T. eingekieselt braun, grau, rot mit Sand (fein- mittelkörnig)	Eozän bis Unt.-Oligozän
-63,80 m	Sandstein (mittel-grob), rot, z. T. weißgrau oder braun	Eozän bis Unt.-Oligozän
-64,40 m	Mittel-Grobsand, weißgrau	Eozän bis Unt.-Oligozän
-90,00 m	Sand, meist fein- bis mittelkörnig (Spühlbohrung)	Eozän bis Unt.-Oligozän

Bohrung GW 2

Lage: Gemeinde Schwalmtal, Webersberg, Blatt 5222 Grebenau,
R 352644 H 561871, 446,04 m ü. NN

Zweck: Grundwasseruntersuchung

Ausgeführt: 1985

Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF

– 0,50 m Mutterboden, braun, tonig	Quartär, Holozän
– 0,90 m Mittelsand, gelbbraun, tonig	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 1,50 m Mittelsand, grau, z. T. gelbbraun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 3,00 m Mittelsand, braun, z. T. grau	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 4,20 m Mittel- bis Feinsand, grau	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 4,40 m Mittelsand, braun, mit faustgroßen Quarzit- und Sandsteinbrocken	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 4,50 m Ton, graugrün, steif	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 5,20 m Mittelsand, grau	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 5,30 m Ton, graugrün, steif	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
– 5,50 m Mittel- bis Feinsand, weißgrau	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän?
– 7,10 m Fein- bis Mittelsand, gelbbraun, mit bis zu 3 cm großen, kantigen Sandsteinbrocken (diese zeigen Tongallen und Glimmerlagen auf den S-Flächen); im liegenden Teil werden Sandsteinbrocken größer und häufiger	Buntsandstein, Detfurter Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 7,80 m Mittel- bis Feinsand, weißgrau, glimmerhaltig, tlw. auch Lagen mit Glimmer, tlw. dünne graue Tonlagen	Buntsandstein, Detfurter Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 7,90 m Ton, graugrün, steif	Buntsandstein, Detfurter Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 8,05 m Fein- bis Mittelsand, braun, tonig	Buntsandstein, Detfurter Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 8,20 m Ton, graugrün, steif	Buntsandstein, Detfurter Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
– 8,50 m Fein- bis Mittelsand, graubraun, leicht verfestigt	Buntsandstein, Detfurter Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)

- 8,60 m	Mittelsand, grau, sehr glimmerreich	Buntsandstein, Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
- 8,80 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun	Buntsandstein, Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
-10,50 m	Fein- bis Mittelsand, grau, oft braun gestreift, tonig	Buntsandstein, Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
-11,40 m	Feinsand, braun, mit harten Feinsandsteinbrocken	Buntsandstein, Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
-11,60 m	Fein- bis Mittelsand, grau, mit Sandsteinbrocken (dann braun)	Buntsandstein, Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
-12,50 m	Mittelsand, braun, mit bis zu 10 cm großen Sandsteinbrocken	Buntsandstein, Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
-12,90 m	Feinsand, an der Basis mit 5 cm mächtiger Tonlage, grau, tlw. stark verfestigt	Buntsandstein, Detfurther Wechselfolge (kaolinige Verwitterungsrinde)
-13,30 m	Feinsandstein, braun, mit graugrünen Tongallen	Detfurther Wechselfolge
-13,40 m	Tonstein, graugrün	Detfurther Wechselfolge
-15,80 m	Feinsandstein, weißgrau, schwach schräg geschichtet, oft mit Tongallen und Glimmerlagen, auf S-Flächen kommen Poren vor, häufig mit Brauneisenanreicherungen	Detfurther Wechselfolge
-23,20 m	Mittel- bis Feinsandstein, wie 13,40 m bis 15,80 m, aber stark Feldspat führend (weiß gesprenkelt), häufig mit Poren	Detfurther Wechselfolge
-23,80 m	Grobsandstein, absandend, z. T. verkieselt, feldspatreich, gut sortiert, gut gerundet, mit Tongallen	Detfurther Sandstein (Oberbank)
-24,10 m	Tonstein, grau	Detfurther Sandstein (Oberbank)
-25,20 m	Mittelsandstein, gelbbraun, feldspatreich, mäßig gerundet, mäßig sortiert, schwach schräg geschichtet, bei 24,60 m Tonlage (5 cm)	Detfurther Sandstein (Oberbank)
-25,50 m	Tonstein, rotbraun	Detfurther Sandstein (Zwischenschichten)
-26,00 m	Feinsandstein, schluffig, gelbbraun	Detfurther Sandstein (Zwischenschichten)

-27,40 m	Fein- bis Mittelsandstein, wie 24,10 m bis 25,20 m	Detfurther Sandstein (Zwischenschichten)
-29,50 m	Mittel- bis Grobsandstein, stark verfestigt, z. T. quarzitisch, feldspatführend, mäßig gerundet, schlecht sortiert, absandend, kavernös, intensiv schräg geschichtet	Detfurther Sandstein (Unterbank)
-33,00 m	Wechsel von Mittel- und Feinsandstein im cm-Bereich, weißgrau, schräg geschichtet, mit graugrünen Tongallen, kavernös, bei 31,80 m feinporig; selten Grobsandstein mit gut gerundeten, rosaroten Milchquarzkörnern	Detfurther Sandstein (Unterbank)
-36,20 m	Grobsandstein, rostbraun, stark absandend, gut gerundet, mäßig sortiert	Detfurther Sandstein (Unterbank)
-36,50 m	Wechsel von Mittel-, Feinsandstein und Tonstein, grau und hellbraun, schräg geschichtet	Detfurther Sandstein (Unterbank)
-38,00 m	Grob- und Mittelsandstein, stark absandend, kavernös, feldspathaltig, mit Tongallen, gut gerundet, mäßig sortiert	Detfurther Sandstein (Unterbank)
-41,50 m	Wechsel von Mittel- und Feinsandstein mit eingeschalteten Grobsandstein- und roten Tonsteinlagen, z. T. Kernverlust	Detfurther Sandstein (Unterbank)
-41,90 m	Wechsel von rotbraunen Tonsteinen und Fein- bis Mittelsandsteinen, z. T. schmutziggelb (braun, gelb, rot, weißgrau), schräg geschichtet	Volprieausen-Wechselfolge (Avicula-Schichten)
-46,60 m	Feinsandstein, gelbbraun, z. T. weißgrau, oft braun gesprenkelt, glimmerhaltig, schwach schräg geschichtet, stark absandend, mit Tongallen	Volprieausen-Wechselfolge (Avicula-Schichten)
-47,00 m	wie 41,90 m–46,60 m, aber mit roten Tonsteinlagen und schmutziggelben Partien, glimmerhaltig	Volprieausen-Wechselfolge (Avicula-Schichten)
-63,00 m	Wechsel von Feinsandsteinen und Tonsteinlagen; Feinsandsteine: weißgrau, blaßrötlich, meist intensiv schräggeschichtet, bei 60,30 m starke Anreicherung von Tongallen, Oberflächen oft mit Rippelmarken Tonsteine: rotbraun, oft dunkle Glimmerlagen (wenige mm dick); bei 61,0 m Trockenrisse	Volprieausen-Wechselfolge (Avicula-Schichten)

Bohrung GW 3

Lage: Gemeinde Lauterbach, Am Bastwald, Blatt 5322 Lauterbach, R 352622 H 561792, 424,04 m ü. NN
 Zweck: Grundwasseruntersuchung
 Ausgeführt: 1985 (bis 35,0 m Kernbohrung; von 35,0 m bis 100,0 m Spülbohrung)
 Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF

- 0,20 m	Mutterboden, graubraun	Quartär, Holozän
- 0,40 m	Quarzitbrocken, zertrümmert	Quartär, Holozän
- 1,60 m	Wechsel von Ton, Schluff und Sand, grau und braun, z. T. mit Quarzitbrocken	Quartär, Holozän
- 1,70 m	Quarzitbrocken	Quartär, Holozän
- 2,70 m	Aschentuff, rostbraun, leicht vertont	Miozän
- 2,80 m	Aschentuff, ziegelrot, vertont	Miozän
- 3,00 m	wie 1,70 m–2,70 m	Miozän
- 3,40 m	Aschentuff, dunkelbraun, vertont	Miozän
- 4,70 m	Ton, grau krümelig (vertonter Aschentuff oder Tuffit)	Miozän

- 6,40 m	Ton, grau, steif, plastisch (Tuffit?) bei 6,30 m–6,40 m rote Aschentuffeinlagerung	Miozän
- 7,30 m	Ton, grau, bräunlich durchsetzt mit schwarzen Sprenkeln (vertonter Aschentuff?)	Miozän?
- 8,00 m	Ton, gelbbraun, z. T. grau	Unter-Oligozän bis Obereozän
- 9,00 m	Ton, grau	Unter-Oligozän bis Obereozän
- 9,05 m	Sand, dunkelbraun mit hohem Brauneisengehalt	Unter-Oligozän bis Obereozän
-10,30 m	Ton, gelblichbraun, z. T. schluffig und feinsandig	Unter-Oligozän bis Obereozän
-10,40 m	Sandsteinbrocken, schwach quarzitisches, mittel- bis grobkörnig	Unter-Oligozän bis Obereozän
-14,60 m	Mittel- bis Grobsand, stark tonig, weißgrau („Klebsand“)	Unter-Oligozän bis Obereozän
-14,70 m	Sandsteinbrocken, schwach quarzitisches	Unter-Oligozän bis Obereozän
-26,10 m	Fein- bis Mittelsand, weißgrau, z. T. gelblichbraun, oft tonig	Unter-Oligozän bis Obereozän
-26,30 m	Ton, gelb, plastisch, mit Manganmulm durchsetzt	Unter-Oligozän bis Obereozän
-26,90 m	Fein- bis Mittelsand, rostbraun bis schwarz durch Brauneisen und Manganmulm, dadurch verfestigt	Unter-Oligozän bis Obereozän
-29,60 m	Fein- bis Mittelsand, z. T. rostbraun, z. T. gelbbraun	Unter-Oligozän bis Obereozän
-30,10 m	Mittelsand, gelbbraun	Unter-Oligozän bis Obereozän
-30,60 m	Ton, hellgelb, am Top mit roter Sandlage (ca. 1 cm mächtig)	Unter-Oligozän bis Obereozän
-32,50 m	Feinsand, weißgrau, schluffig	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-34,20 m	Feinsand, gelbbraun, schluffig	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-34,50 m	Ton, gelb, plastisch	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-35,00 m	Feinsand, wie 30,60 m–32,50 m	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-45,00 m	Grobsand, Körner mäßig gerundet, mit gelbem Ton	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-49,00 m	Feinsand, tonig, gelbbraun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-50,00 m	Feinsand, wie 35,00 m bis 45,00 m tonig, gelbbraun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-51,00 m	Grobsand, wie 35,00 bis 45,00 m, tonig, gelbbraun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-53,00 m	Grobsand in grauer Tonmatrix	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
-88,00 m	Tonstein, schwarzgrau, tlw. schiefrig, fossilfrei, meist mit geringem Sandanteil (Nachfall?)	Keuper (Mittel- bis Oberrhät)
-100,00 m	zertrümmerte Quarzitbröckchen, graugrün, selten rötlich, (eckige Komponenten), kleine, wasserklare Quarze; untergeordnet Tonstein, graugrün	Keuper (Unter-rhät)

Bohrung K 1

Lage:	Gemeinde Schwalmtal, Am Bastwald, Blatt 5222 Grebenau, R 352613 H 561931, 440 m ü. NN	
Zweck:	Grundwasseruntersuchung	
Ausgeführt:	1985 (Kernbohrung)	
Aufgenommen und stratigraphisch eingestuft von G. ZULAUF		
- 0,30 m	Mutterboden, grau, sandig, tonig	Quartär, Holozän
- 0,90 m	Ton, braun, tlw. sandig, plastisch	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 6,80 m	Mittel- bis Grobsand, grau, tlw. gelbbraun, tlw. Feinsandlagen	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 6,90 m	Sandsteinbrocken, violettrot,	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 7,30 m	Mittel- bis Grobsand, grau, braun, tlw. mit Feinsandlagen	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 8,20 m	Feinsand, weißgrau, gelbbraun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 9,40 m	Mittel- bis Grobsand	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän
- 9,60 m	Mittel- bis Grobsandstein, geschichtet	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän?
-10,00 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun	Unter-Oligozän bis Ober-Eozän?

Bohrung UB 3

Vorläufiges Schichtenverzeichnis vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung (A/83-B3)

Lage:	Gemeinde Schwalmtal, Kohlhaupt, Blatt 5222 Grebenau, R 352589 H 561867, ca. 464 m ü. NN	
Ausgeführt:	1983	
- 1,70 m	Auffüllung, anfangs durchwurzelt (Basaltbrocken in Lehm), dunkelbraun mit roter Lage bei 0,50 m	Quartär
- 2,15 m	Paläosol (Ton u. Feinsand), grüngrau und braun	Quartär
- 4,95 m	Ton, lagenweise feinsandig, grünlich grau, blaßbraun und ockerbraun, wenig ziegelbraun	Tertiär
- 9,90 m	Sand, schluffig (vorwiegend Feinsand und Mittelsand), durchsetzt mit (zerbohrten) Sandsteinbänken, weißgrau und hellbraun	Mittlerer Buntsandstein
-10,00 m	Sandstein, quarzitisches verfestigt, hellgrau	Mittlerer Buntsandstein
-15,80 m	Sand, schluffig (vorwiegend Fein- bis Mittelsand), durchsetzt mit (zerbohrten) Sandsteinbänken, weißgrau, hellgelblich und hellbräunlich	Mittlerer Buntsandstein
-21,80 m	Sand, schluffig, mit vereinzelten Tonzwischenlagen (vorwiegend Fein- bis Mittelsand), glimmerführend, grau, ocker und grünlich	Mittlerer Buntsandstein
-26,15 m	Sand mit Tonzwischenlagen, wie vor, mit zunehmend festen Sandsteinbänken	Mittlerer Buntsandstein
-30,00 m	Sandstein mit Tonsteinlagen, wie zuvor aber fester, söhlige Lagerung	Mittlerer Buntsandstein

Ab 4,95 m steht die Bohrung in anfangs vollkommen entfestigtem und gebleichtem Mittlerem Buntsandstein, vermutlich Hardegsen- bis Solling-Folge. Ab 22,00 m ist ursprüngliche Lagerung durch Einsatz des SKR erhalten geblieben.

Bohrung UB 4

Vorläufiges Schichtenverzeichnis vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung (A/83-B4)

Lage: Gemeinde Schwalmthal, Schindanger, Blatt 5222 Grebenau,
R 352463 H 561912, ca. 421 m ü. NN

Ausgeführt: 1983

- 0,50 m	Mutterboden, durchwurzelt, dunkelbraun	Quartär
- 1,80 m	Zersetzer Basalttuff, evt. umgelagert, grünlich, braun, mit grauen Basaltbrocken	Quartär (?)
- 3,35 m	Basalt, fest, bläulich-schwarz	basalt. Tertiär
- 6,70 m	zersetzer Basalttuff, grünlich braun, Schichtung noch erkennbar	basalt. Tertiär
-14,40 m	Ton, schluffig, vereinzelt Sandnester	Tertiär
	6,70 m– 7,40 m grünlich grau und ockerbraun	(Unterer
	7,40 m– 8,50 m Kernverlust	Rupelton)
	8,50 m–10,35 m olivgrün, wenig ockerbraun	
	10,35 m–11,30 m dunkelgrau	
	11,30 m–12,00 m olivgrün bis braun	
	12,00 m–13,40 m dunkelgrau	
	13,40 m–14,40 m olivgrau und ockerbraun	
-24,15 m	Ton/Feinsand-Wechselagerung, mehr oder weniger schluffiger Feinsand mit Tonlagen bei 15,50 m, 17,40 m–19,50 m 21,70 m–22,00 m 22,40 m–23,15 m 23,60 m–24,15 m Kernverluste von 17,00 m–17,35 m u. 19,50 m–21,25 m, grau, ocker und violett	Tertiär
-34,00 m	Sand mit Tonzwischenlage (vorwiegend Fein- und Mittelsand), glimmerführend, gelegentliche Sandstein/Tonsteinpartien, hellgrau mit grünlichem Ton	Mittlerer Buntsandstein
-36,30 m	Sandstein mit Tonsteinlagen, z. T. stark entfestigt, glimmerführend, grau mit grünlichen Tonsteinlagen, söhlige Lagerung, z. T. senkrechte Kluffflächen	Mittlerer Buntsandstein

Der Ton von 6,70 m bis 14,40 m wurde nach mikropaläontol. Befund von Dr. KÜMMERLE (HLB) als Unterer Rupelton eingestuft. Ab 24,15 m steht die Bohrung in stark entfestigtem und gebleichtem Buntsandstein, vermutlich Solling-Folge.

5. Schriftenverzeichnis

- BEETZ, W. (1913): Beiträge zur Tektonik und Stratigraphie des Lauterbacher Grabens. – Notizbl. Ver. Erdkde. u. groß. geol. L.-A., (IV) **33**: 103–151, 2 Taf.; Darmstadt.
- BELLMANN, H. J., PILOT, J., & RÖSLER, H. J. (1977): Untersuchungen zur Petrographie und Genese von Karbonatkonkretionen im braunkohleführenden Oligozän der Leipziger Bucht. – Zeitschr. angew. Geol., **23** (7): 334–341, 7 Abb., 7 Tab.; Berlin.
- CHAMBERLAIN, C. K. (1978): Recognition of trace fossils in cores. – In: BASAN, P. B. (ed.), Trace fossil concepts, SEPM short course, **5**: 119–167, 130 Abb.; Oklahoma.
- DIEDERICH G., & EHRENBERG, K.-H. (1977): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5721 Gelnhausen. – 2. Aufl., 256 S., 35 Abb., 13 Tab., 1 Taf., 1 Beil.; Wiesbaden.
- & LAEMMLEN M. (1966): Der Untere Buntsandstein auf Blatt Grebenau in Hessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 158–172, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.

- DIEHL, O. (1926): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5221 Alsfeld. – 84 S., 2 Abb.; Darmstadt.
- (1927): Der Lauterbacher Graben. – Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-AA. f. 1926 (V) **9**: 30–48, 2 Taf.; Darmstadt.
- (1935): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5322 Lauterbach. – 105 S., 1 Taf.; Darmstadt.
- EHRENBERG, K.-H. (1986): Vulkanische Bildungen im Vogelsberg. – Fortschr. Miner., **64** (2): 1–34, 3 Abb., 18 Tab.; Stuttgart.
- & HICKETHIER, H. (1978): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5620 Ortenberg. – 351 S., 44 Abb., 13 Tab., 2 Taf., 1 Beil.; Wiesbaden.
- (1985): Die Basaltbasis im Vogelsberg. Schollenbau und Hinweise zur Entwicklung der vulkanischen Abfolge. – Geol. Jb. Hessen, **113**: 97–135, 2 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.
- FREYBERG, B. v. (1926): Die Tertiärquarzite Mitteldeutschlands und ihre Bedeutung für die feuerfeste Industrie. – 214 S., 32 Abb., 15 Taf.; Stuttgart (Enke).
- GEYER, O. F. (1973): Grundzüge der Stratigraphie und Fazieskunde. – 279 S., 166 Abb., 7 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GRAMANN, F. (1960): Das ältere Tertiär im nördl. Vorland des Vogelsberges. – Sber. Ges. Beförd. ges. Naturwiss. Marburg, **82**, 113 S., 19 Abb., 3 Taf., 2 Ktn.; Marburg (Elwert).
- GRIMM, W. D. (1962): Idiomorphe Quarze als Leitminerale für saline Fazies. – Erdöl u. Kohle, **15** (11): 880–887, 10 Abb.; Hamburg.
- GRUMT, E., & LÜTZNER, H. (1983): Saxonische Tektonik und Basaltvulkanismus zwischen Thüringer Wald und Vorderrhön. – Z. geol. Wiss., **11** (8): 943–954, 2 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- HOCH, U. (1958): Der Momberger Graben im Oberhessischen Buntsandstein. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**: 133–161, 6 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. (1975): Geologische und hydrogeologische Auswertung von Brunnenbohrungen im Gebiet des Amöneburger Beckens und der östlich anschließenden Hochschollen bei den Städten Allendorf und Kirtorf (Mittelhessen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **103**: 229–263, 6 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- HOWARD, J. D. (1978): Sedimentology and trace fossils. – In: BASAN, P. B. (ed.), Trace fossil concepts, SEPM short course, **5**: 11–42, 14 Abb.; Oklahoma.
- JÜNGST, H. (1929): Zur vergleichenden Stratigraphie des Rät zwischen Harz und Elsaß. – Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-A. f. 1928, (V) **11**: 130–193; Darmstadt.
- KRÜGER, H. (1972): Zur Geologie und Hydrogeologie des Lauterbacher Grabens bei Angersbach (zwischen Vogelsberg und Rhön). – Lauterbacher Sammlungen, **55**: 1–92, 20 Abb., 6 Anl.; Lauterbach.
- KLÜPFEL, W. (1931): Über das Alter junger Gebirgshebung, die Datierung von Hochflächen und die Deutung von Höhenreliefs. – Geol. Rdsch., **22**: 308–313; Berlin.
- KULICK, H. (1984): In: KULICK et al., Petrofazielle und chemische Erkundung des Kupferschiefers der Hessischen Senke und des Harz-Westrandes, Geol. Jb., **D 68**: 3–323, 37 Abb., 15 Tab., 34 Taf.; Hannover.
- LEIFELD, D., MEISL, S., PÖSCHL, W., STELLMACHER, R., STRECKER, G., THEUERJAHR, A.-K., WOLF, M. (1984): Petrofazielle und chemische Erkundung des Kupferschiefers der Hessischen Senke und des Harz-Westrandes. – Geol. Jb., **D 68**: 3–323, 37 Abb., 15 Tab., 34 Taf.; Hannover.
- KUPFAHL, H. G. (1961): Der Buntsandstein auf Blatt Schlitz in Hessen mit besonderer Berücksichtigung des Fährtsandsteins. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**: 266–275, 1 Abb., Tafel 16; Wiesbaden.
- (1965): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5323 Schlitz. – 258 S., 32 Abb., 26 Tab., 4 Diagr., 14 Taf.; Wiesbaden.
- KUSTER-WENDENBURG, E. (1971): Pteropoden-Arten der Gattung *Creseis* RANG, 1828 aus den mittelliozänen (Rupelium) Sedimenten des Mainzer Tertiärbeckens. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60** (Heinz-Tobien-Festschrift): 99–112, 4 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- LAEMMLEN, M. (1963): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5223 Queck. – 327 S., 21 Abb., 7 Tab., 13 Diagr., 22 Textprof., 18 Taf.; Wiesbaden.
- (1966): Die Gliederung des Röt im Raum Bad Hersfeld/Eiterfeld. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 373–378, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.

- (1967): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5124 Bad Hersfeld. – 280 S., 16 Abb., 7 Diagr., 10 Tab., 31 Textprof., 4 Taf., 1 Beil.; Wiesbaden.
- (1968): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5222 Grebenau. – 208 S., 3 Taf., 1 Beil.; Wiesbaden.
- (1970): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5523 Neuhof. – 274 S., 30 Abb., 5 Tab., 3 Beil.; Wiesbaden.
- LANGER, M. (1977): Geol. Untersuchungen zwischen Dietershausen und Friesenhausen/Rhön. – Dipl.-Arb. Univ. Frankfurt a. M., 145 S., 26 Abb., 11 Tab., 5 Beil.; Frankfurt a. M. (Unveröff.).
- LE BAS, M. J., LE MAITRE, R. W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B. (1986): A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. – *J. Petrol.*, **27**: 745–750, 2 Abb., 1 Tab.; Oxford.
- LEHMANN, U., & HILLMER, G. (1980): Wirbellose Tiere der Vorzeit. – 340 S., 265 Abb.; Stuttgart (Enke).
- LIPPOLT, H. J. (1980): Regionale Geochronologie. – In: KIRSTEN, T. (ed.), *Geophysik in Heidelberg*. – Sber. Heidelberger Akad. Wiss., math.-nat. Kl. Jg. 1979/80, Abh. **4**: 28–38, 3 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York.
- LÜTZNER, H. et al. (1974): Tabellarische Dokumentation klastischer Sedimente. – Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde, 153 S., 36 Abb., 4 Tab., 4 Anl.; Potsdam.
- MARTINI, E., & MÜLLER, (1971): Das marine Alttertiär in Deutschland und seine Einordnung in die Standard-Nannoplankton-Zonen. – *Erdöl u. Kohle*, **24**: 381–384, 1 Tab.; Hamburg.
- MEISL, S. (1968): Zur Petrographie der Buntsandsteinsedimente. – In: LAEMMLEN, M., Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5222 Grebenau, 208 S., 11 Abb., 10 Tab., 10 Diagr., 15 Textprof., 3 Taf., 1 Beil.; Wiesbaden.
- MEYER, H. L. F., & LANG, R. (1912): Keuperprofile bei Angersbach im Lauterbacher Graben. – Ber. der Oberh. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. N. F. Naturw. Abt. **5**: 1–44, 2 Abb.; Gießen.
- REINECK, H. E. (1984): Aktuogeologie klastischer Sedimente. – 348 S., 250 Abb., 12 Tab.; Frankfurt a. M. (Verlag Waldemar Kramer).
- GUTMANN, W. F., & HERTWECK, G. (1967): Das Schlickgebiet südlich Helgoland als Beispiel rezenter Schelfablagerungen. – *Senck. leth.*, **48**: 219–275, 12 Abb., 7 Taf., 2 Tab.; Frankfurt a. M.
- RITZKOWSKI, S. (1965a): Das marine Oligozän im nördlichen Hessen, Stratigraphie und Paläogeographie. – Inaugural-Diss. Univ. Marburg, 194 S., 28 Abb., 4 Tab.; Marburg.
- (1967): Mittel-Oligozän, Ober-Oligozän und die Grenze Rupel/Chatte im nördlichen Hessen. *N. Jb. Geol. Paläont. Ab.*, **127**: (3): 293–336; Stuttgart.
- (1968): Die Tektonik der Braunkohlenlagerstätte von Borken (Tertiär, nördliches Hessen). – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**: 273–280, 3 Abb., 9 Taf.; Wiesbaden.
- (1969): Stratigraphie der Eozänen/Oligozänen Sedimente im nördlichen Hessen und ihre Parallelisierung zu anderen Tertiärgebieten. – *Mem. B. R. G. M.*, **69**: 255–258; Paris.
- & KUPFAHL, H.-G. (1981): Tertiär, 1. Sedimente – In: KUPFAHL, H.-G., Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 4723 Oberkaufungen, 212 S., 15 Abb., 17 Tab., 3 Taf., 1 Beil.; Wiesbaden.
- ROTHAUSEN, K., & SONNE, V. (1984): Mainzer Becken. – *Sammlung geolog. Führer*, **79**, 21 Abb., 3 Tab., 47 Taf.; Berlin/Stuttgart (Gebrüder Bornträger).
- RÖSING, F. (1969): Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 4622 Kassel-West. – 205 S., 9 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- (1976): Geol. Übersichtskarte von Hessen 1:300 000; ed: Hess. Landesamt f. Bodenforsch., 3. Aufl.; Wiesbaden.
- SCHEFFER, F., & SCHACHTSCHABEL, P. (1979): Lehrbuch der Bodenkunde. – 10. Aufl., XI + 394 S., 153 Abb., 77 Tab., 1 Taf.; Stuttgart (Enke).
- SCHENK, E. (1961a): 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.
- SCHMID, R. (1981): Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. – *Geol. Rdsch.*, **70**: 794–799, 1 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- SCHÖNHALS, E. (1965): Die Böden. – In: KUPFAHL, H.-G., Erl. geol. Kt. Hessen, Blatt 5323 Schlitz, 258 S., 32 Abb., 26 Tab., 4 Diagr., 14 Taf.; Wiesbaden.
- SCHWAB, G., BENEK, R., JUBITZ, K.-B., & TESCHKE, H.-J. (1982): Intraplattentektonik und Bildungsprozesse der Mitteleuropäischen Senke. – *Z. geol. Wiss.*, **10** (3): 397–413, 10 Abb.; Berlin.

- SEILACHER, A. (1978): Use of trace fossil assemblages for recognizing depositional environments. – In: BASAN, P. B. (ed.), Trace fossil concepts, SEPM short course, **5**: 167–181, 10 Abb.; Oklahoma.
- STACKENBRANDT, W., & JANSSEN, C. (1986): Zur zeitlichen Entwicklung der Spannungsverteilung im Tafeldeckgebirge der DDR. – Z. geol. Wiss., **14**(1): 105–111, 2 Abb.; Berlin.
- STEGEMANN, W. (1964): Paläontologie und Stratigraphie einiger Sedimentvorkommen im Vogelsberg. – Ber. Oberhess. Ges. Natur- u. Heilkde. Gießen, N. F., naturw. Abt., **33** (4): 251–279, 18 Abb.; Gießen.
- STILLE, H. (1913): Die saxonische „Faltung“. – Z. dt. geol. Ges., **65**: 575–593, 5 Abb.; Stuttgart.
- (1925): Die saxonischen Brüche: – Abh. preuß. geol. L.-A., N. F., **95**: 149–207, 1 Abb., Taf. 14; Berlin.
- TEIGLER, B. (1985): Der Vulkan Reuters (Blatt Lauterbach, östlicher Vogelsberg). – Dipl.-Arb. Universität Gießen, 73 S., 46 S.; Gießen. (Unveröff.).
- TUCKER, M. E. (1985): Einführung in die Sedimentpetrologie. – 215 S., 219 Abb., 20 Tab.; Stuttgart (Enke).
- WYCISK, P. (1984): Faziesinterpretation eines kontinentalen Sedimentationstrogos (Mittlerer Buntsandstein / Hessische Senke). – Berliner geowiss. Abh., **A 54**, 104 S., 39 Abb., 2 Tab., 9 Taf.; Berlin.

Manuskript eingegangen am 19. 9. 1988

Die Grube „Silberkaute“ NNW Michelbach bei Usingen/Ts. (Bl. 5617 Usingen)

Von

THOMAS KIRNBAUER*

Kurzfassung: Die von STIFFT (1831) beschriebenen und bislang nicht lokalisierbaren „Silberlöcher“ bei Michelbach/Taunus (TK 25 Bl. 5617 Usingen) konnten im Gelände ausfindig gemacht werden: An dieser Stelle baute zuletzt zur Mitte des 19. Jahrhunderts die Grube „Silberkaute“ mit geringem Erfolg Bleiglanz ab. Die Geschichte der Grube läßt sich bis in das 17. Jahrhundert zurückverfolgen. Der NW–SE-streichende Gang gehört zu den meist erzarmen saxonischen Mineralisationen des östlichen Taunus und weist die Paragenese Bleiglanz – Kupferkies (?) – Quarz auf.

Abstract: The “silver holes” near Michelbach in the Taunus mountains, Rhenish slate mountains (Top. map 1:25000, Bl. 5617 Usingen) – described by STIFFT (1831) and not located so far – could now be traced: Right at this place in the Silberkaute Mine galena had been extracted without any tangible results in the middle of the 19th century. The first working period was in the 17th century. The vein is striking NW-SE and is part of the saxonian mineralisations of the eastern Taunus mountains which are normally poor in ore. The vein association is galena – chalcopyrite (?) – quartz.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung		207
2. Der Bergbau		208
2.1. Lage der „Silberlöcher“		208
2.2. Grubenanlagen		209
2.3. Historische Nachrichten		211
3. Ganginhalt		213
4. Tektonik und Alter des Ganges		214
5. Schriftenverzeichnis		216

1. Einleitung

Die erste geologisch-petrographische Gesamtaufnahme des ehemaligen Herzogtums Nassau erfolgte in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts durch Christian Ernst STIFFT (1780–1855). Deren Ergebnisse stellt die „Geognostische Beschreibung des Herzogthums

* Dr. THOMAS KIRNBAUER, Zinkmattenstraße 13, 7800 Freiburg/Brsg.

Nassau . . .“ (STIFFT 1831) vor. Die größtenteils zu Pferd durchgeführten Exkursionen führten den in nassauischen Diensten stehenden Ober-Bergrat auch in den östlichen Taunus in die Gegend von Usingen.

Unter dem Namen „Silberlöcher“ beschrieb STIFFT (1831: 271–272) einen seinerzeit aufgelassenen Bergbau in der Nähe von Michelbach bei Usingen:

„Grauwacke, und zwar meistens schiefrige, und Grauwackenschiefer herrschen ausschliesslich und bilden so die waldigen Höhen Hard und davon die nordöstliche Fortsetzung Griebelhecke. In dieser findet sich ein längs des Abhanges in den nahen Wiesengrund herabziehender, bedeutender Pingenzug, und an dem oberen Ende der Wiese auch das, jedoch ganz verfallene, Mundloch und die Wasserseige eines alten Stollens.

Der Pingenzug, welcher den Namen die Silberlöcher führt, zeugt von einem ehemals daselbst statt gefundenen, nicht unbedeutenden, Bergbaue. Es sind jedoch nicht einmal mehr mündliche Ueberlieferungen über die daselbst brechenden Fossilien vorhanden und eben so wenig geben die ganz bewachsenen Halden, ohne wenigstens umgestürzt zu werden, darüber einigen Aufschluss, indem sich auf der Oberfläche keine weiteren Gangarten mehr finden, als der schwarze, zarte Thonschiefer, der in der Regel einen Theil der Gangart der in unsrer Grauwacke aufsetzenden Gänge ausmacht. Der Bau scheint, wie es von den Alten gewöhnlich geschah, aus vielen, nahe beisammen liegenden Schächten geführt worden zu seyn, von denen einige noch ziemlich offen stehen.“

Ein Exzerpt dieses Berichts findet sich in ROLLE (1845: 5).

Die Lokalität dieses Grubenbetriebes war bis heute unbekannt. Hinweise aus der einheimischen Bevölkerung ermöglichten es Herrn G. von LÜBBE (Usingen) und Herrn D. DEDERSHECK (Bad Homburg), die „Silberlöcher“ aufzufinden. Ihnen sei für ihre Hilfe an dieser Stelle herzlich gedankt. Die Geschichte der Grube, die Beschreibung des Ganginhalts sowie eine lagerstättenkundlich-tektonische Einstufung bilden den Gegenstand folgender Abhandlung.

2. Der Bergbau

2.1. Lage der „Silberlöcher“

Bei den von STIFFT (1831: 271) erwähnten „waldigen Höhen“ der „Hard“ handelt es sich um den Bereich der Schmidtsheck (491,3 m) ca. 2 km NNW Michelbach bei Usingen/Ts. (TK 25 Bl. 5617 Usingen). Der vergessene und in heutigen topographischen Karten nicht aufgeführte Name findet sich an dieser Stelle in dem 1819 von Lieutenant ALDEFELD aufgenommenen Blatt „85 (rrh) Anspach“ der topographischen Aufnahme rheinischer Gebiete unter TRANCHOT und v. MÜFFLING im Maßstab 1:20000 (Herausgabe im Maßstab 1:25000 durch das Hess. Landesvermessungsamt in Wiesbaden, 1978). Die Bezeichnung „Griebelhecke“ als „nordöstliche Fortsetzung“ der „Hard“ konnte in den Karten dieser Zeit nicht ausfindig gemacht werden und ist heute nicht mehr gebräuchlich. Als „Krübelhecke“ findet sie sich 1836 in den Akten des Weilburger Bergamtes. Unzweifelhaft bezieht sie sich auf das Gebiet zwischen Schmidtsheck und Vorderer Köppel (460,0 m), da letztgenannte Erhebung schon auf ehemals Hessen-Darmstaedtischen Gebiet liegt, dessen Kartierung STIFFT in den Zeiten deutscher Kleinstaaten verwehrt blieb (die alte Landes-

grenze fällt in diesem Bereich mit der nordöstlichen Begrenzung der Verleihung „Silberkaute“ zusammen).

Das somit eingegrenzte Gebiet liegt im zentralen Bereich der Pb-Ag-Verleihung „Silberkaute“. Ein NE-SW-streichender Gang ist in der „Übersichts-Karte des Vorkommens nutzbarer Mineral-Lagerstätten im Bergrevier Weilburg“ 1:80000 (in WENCKENBACH 1879) und der „Übersichts-Karte des Vorkommens nutzbarer Mineral-Lagerstätten in den Bergrevieren Wiesbaden & Diez, Oberbergamtsbezirk Bonn“ 1:80000 (in BRÜNING et al. 1893) ca. 600 m SW Vorderer Köppel eingezeichnet (Signatur: Pb-Zn-Cu-Erze). Zweifelsfrei beziehen sich beide Eintragungen auf die Grube „Silberkaute“, auch wenn der Grubename nicht genannt und im Text der beiden Bergreviers-Beschreibungen auf die Verleihung nicht eingegangen wird. Der ungenaue Karteneintrag und eine falsche Streichrichtung in den erwähnten Revierkarten verhinderten bislang ein Auffinden des Ganges im Gelände.

Mit Ausnahme einer kurzen Notiz bei GEISEL (1937) übergang die spätere Literatur dieses Bergwerk. Die Grube liegt im Grenzbereich der Kartiergebiete von SCHLOSSMACHER (in den Jahren 1921 u. 1922) und MICHELS (in den Jahren 1922, 1924–1925) bei den Aufnahmen zur geologischen Spezialkarte Bl. 5617 Usingen-Fauerbach. Weder die Karte (MICHELS & SCHLOSSMACHER 1929) noch die Erläuterungen (MICHELS 1928) geben Hinweise, obwohl die Karte die Grenze des Feldes „Silberkaute“ verzeichnet. Besonders auffällig ist das Fehlen eines Hinweises bei KÖBRICH (1936), dem nicht nur die alten (im 2. Weltkrieg fast vollständig vernichteten) Bergamts-Unterlagen, sondern auch die inzwischen verloren gegangenen Prüfungs-Arbeiten der ehemaligen Preußischen Geologischen Landesanstalt zu Berlin zur Verfügung standen; gerade im Usinger-Altweilnauer Erzbezirk überschritt KÖBRICH die Grenze des „Volksstaates Hessen“, um Gruben des „preußischen“ (vormals herzogl. nassauischen) Gebietes zu beschreiben.

2.2. Grubenanlagen

Die nun wiederentdeckten Reste der Grube „Silberkaute“ befinden sich unmittelbar N und S der „Wellerstraße“ ca. 500 m S der Försterwiese. Eine etwa 175 m lange und NW-SE-streichende Pingenreihe (R 34 66 320 H 55 83 980 bis R 34 66 195 H 55 84 090) liegt nur wenige Meter S der „Wellerstraße“ und kreuzt jene an ihrem NW-Ende. Sie ist Teilen der einheimischen Bevölkerung heute noch unter der Bezeichnung „Silberlöcher“ bekannt. Hangabwärts nach NNW (Richtung Försterwiese) folgt nach ca. 140 m ein verfallenes Mundloch eines Stollens (R 34 66 190 H 55 84 230). Eine 50 m lange Rösche („Wasserseige“) sowie eine Stollenhalde sind dem Mundloch im N vorgelagert (Abb. 1).

Die Lage, der hangabwärts ziehende Pingenzug und das Mundloch mit vorgelagerter Rösche am „oberen Ende“ einer Wiese (und die Akten des Bergamtes Weilburg, s. u.) zeigen, daß es sich bei der beschriebenen Gruben-Anlage um die von STIFFT (1831: 271–272) erwähnten „Silberlöcher“ handelt. Sie sind mit der Grube bzw. Verleihung „Silberkaute“ identisch.

Der Streichwert der „Silberlöcher“ beträgt 130–135°. Dies entspricht ziemlich genau einem NW-SE-Streichen. Auf einer Gesamtlänge von ca. 175 m finden sich ungefähr 30 Pingen mit heutigen Tiefen zwischen 0,5 und 5 m. Etwa 20 Pingen bilden den Hauptzug; ca. 10 weitere mit geringeren Tiefen von 0,5–1 m begleiten diesen wenige m NE und SW der Hauptreihe. Vor allen im SE des Zuges wurden einzelne Schürfe in einem NW-SE-streichenden Graben angelegt. Im SE schließt die Pingenreihe mit einem im rechten Winkel

zum Generalstreichen gezogenen Schurf- bzw. Suchgraben. Die Haldenaufschüttungen erfolgten i. w. nach NE und SW, teilweise aber auch ringförmig um einzelne Pingen. Die größte Pinge mit einem Durchmesser von 20 m und 4–5 m Tiefe liegt am NW-Ende der „Silberlöcher“ direkt S der Wellerstraße (möglicherweise wurde die Pinge durch einen später angelegten Steinbruch erweitert).

Das Mundloch des von NNW unter die „Silberlöcher“ vorgetriebenen Stollens ist verstürzt. Eine etwa 50 m lange, 170° streichende und bis zu 5 m tiefe Einkerbung bezeichnet die Rösche des Stollens. Die obere Weite beträgt 5–7 m. Aus dem Stollen austretendes Wasser bewirkt, daß das Grabentiefste ganzjährig unter Wasser steht oder sumpfig ist. Die der Rösche vorgelagerte Stollenhalde (1–2 m mächtig) repräsentiert ca. 1000 m³ (fast erzleeres) Material. Die Aufschüttung der Halde erfolgte vermutlich in zwei Betriebsperioden der Grube. Zwischen Mundloch und der nordwestlichsten Pinge an der Wellerstraße verraten keine Spuren die ehemalige Bergbautätigkeit.

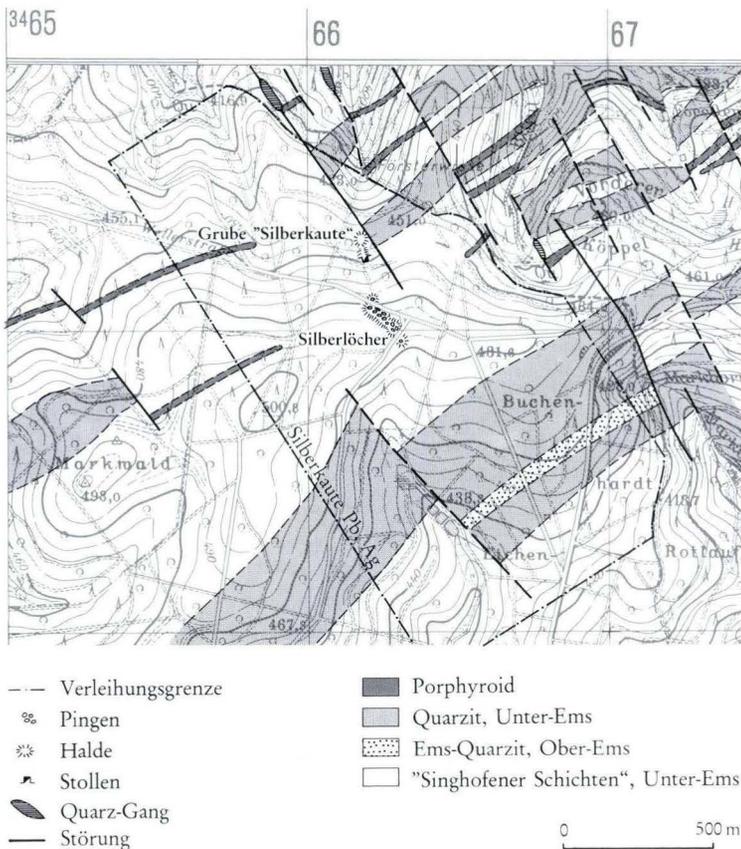


Abb. 1. Lage und Feldesgrenzen der Grube „Silberkaute“ NNW Michelbach bei Usingen/Ts. Geologie nach MICHELS & SCHLOSSMACHER (1929).

2.3. Historische Nachrichten

Eine in Usingen am 3. Juli 1713 ausgestellte (und als Konzept gedachte Belehnungs-Urkunde) stellt die älteste Erwähnung der „Silberlöcher“ in den Akten des Hauptstaatsarchives Wiesbaden (Abt. 135, Nr. XX38) dar. Vom ungenannten „Supplicat“ (Antragsteller) wird darin eine „genugsame Versicherung“ verlangt, daß er unter Zuziehung einer „Gewerkschaft das Michelbacher Bergwerck auf eigene Kosten wieder eröffne“ und es „dergestalt nicht nur auf eine kurze Zeit, wie vorher geschehen, anzufangen“. Antragsteller war vermutlich der Obersteiger des Cleeberger Bergwerks, Johann Peter HEL(L)WIG.

Am 3. Februar 1736 bat HELLWIG, inzwischen „Berggeschworener der Bergwerke in dem Elnnburgischen“, um Erteilung eines „Muth- und Gewährscheines“, um „auf Bergwercks Manier nach allerley Erz und Mineralien Schächte zu senken auch Kluft=Gänge und Stollen zu treiben waßer abzuleiten, ingleichen Schmelz und Buchwerk [Pochwerk] zu bauen und überhaupt wie es Nahmen haben mag und zu einem tüchtigen Bergwerck nöthig.“ HELLWIG vermutete, daß das „sehr schöne Bergwerck zu Michelbach . . . sonderzweifel in denen vorigen KriegsZeiten in abgang gekommen“ sei. Die Bemerkung bezieht sich wohl auf den Dreißigjährigen Krieg, an dessen Auswirkungen u. a. auch die Grube „Mehlbach“ bei Weilmünster zum Erliegen kam. Der interne Amtsbericht vom 11. Februar 1736 empfahl allerdings eine Ablehnung des Gesuches, da „schon bey des Herrn Oberamtmanns von Schützen Zeiten, dießes alte bergwerck eröffnet, und eine Zeitlang mit großen Kosten getrieben, aber nichts ausgerichtet worden“ sei. Schon 1721 hätte eine Besichtigung der Bergwerke des Landes durch den Dillenburger Berginspector MÜHLHAHN gezeigt, daß lediglich die Hunoldstaler Grube einen weiteren Ausbau lohne. Zudem wurden die mangelnden Holzvorräte als Argument angeführt (Akten HStA Wiesbaden, Abt. 131, Nr. XX9).

Unter Datum vom 12. Mai 1753 berichtete von der Grube „Mehlbach“ J. M. REINHARDI, daß er einen der Mehlbacher Bergleute „auf das alte, Michelbacher Bergwerck verschickt“ habe. „Nach deßen Aussage sollen daselbst 15. alte Schächte und in deren mehresten noch Bleÿ-Ertze auch die Plätze anzutreffen seÿn, wo die Uhralten in Wind-Öfen ihre Ertze geschmolzen und zu gute gemacht. Ein Stollen wäre zwar vorhanden, brächte aber keine sonderliche Tiefe.“ Die mitgebrachten Erzstufen ließ REINHARDI untersuchen, war aber enttäuscht über den geringen Silbergehalt. Ausführlich schilderte er „viel röthliche Bleÿ-Ertze“, die ersten, welche er „von der Arth gesehen . . . und vielmehr vor Eisenstein gehalten“ habe, wenn die Schmelzprobe ihm nicht „anderes gesagt hätte“. Sehr skeptisch zeigte REINHARDI sich gegenüber dem optimistischen Bericht des Bergmannes: „Dieser Mann macht sehr viel Rühmens von der äußerlichen vortheilhaften Lage des Wercks. Weil es aber dergl. Leute nur ums Brod zu thun ist, solche auch . . . nicht gewohnt sind recht und ein wenig weiter zu denken, als man sie zwinget, so erhält man allemal sehr unvollkommene Nachrichten und ich kann also daher kein Urtheil fällen“.

Mit dem Angebot dieses Bergmannes an die Wiesbadener Regierung, gegen ein Entgelt von 60 Gulden und Bereitstellung von Werkzeug einen von ihm neuentdeckten Gang nahe der Darmstädter Grenze (wohl Richtung Försterwiese) durch einen Stollen aufzuschließen, enden die damaligen Akten (HStA Wiesbaden, Abt. 135, Nr. XX38).

Man kann davon ausgehen, daß dem Antrag nicht stattgegeben wurde, da ein unter dem Datum vom 30. 9. 1836 in den Akten des Bergamtes Weilburg vermerkter Bericht eines

Bergmeisters oder Bergmannes („Bgm“) STORCK (evtl. auch STOECK) zur „Pb.Ag.Cu.erzgrube“ im Gemeindewald „Bannholz a. d. Krübelshock, Gmkg. Eschb(a)ch festgestellt: Die Grube sei „verlassen, vor undenklichen Zeiten betrieben worden“ und die „Stolln“ seien „zu Bruche gegangen“. Auch STIFFT (1836: 271) konnte „nicht einmal mehr auf mündliche Ueberlieferungen“ zurückgreifen und fand die Halden vollständig bewachsen vor.

Kurz nach diesem Bericht, am 24. 10. 1836, wurde dem Gemündener Bürger Johannes WEIS die erste Schürfgenehmigung („Muthung“) erteilt. Knapp ein Jahr später, am 1. 8. 1837, ging die Mutung an Henry MANCUR aus Dillenburg über, den Direktor der „German Mining Company“ mit Sitz in London und Dillenburg (Anm. 1). Gegen Weihnachten 1837 vermerken die Weilburger Akten zur sog. „Zeche Silberheck“: „Der tiefe Stolln ist 12 7/10 Ltr [26,5 m] lang, wovon 2 9/10 Ltr [5,66 m] im letzten Quart.[al] aufgefahren wurden.“ Im Sommer 1838 war „der tiefe Stolln“ knapp 29 m („13 8/10 Ltr“) lang.

Zehn Jahre lang verstummen die Berichte, bis am 6. 6. 1848 Victor CLAUDY aus dem nahegelegenen Cleeburg die Mutung auf die „Blei Ag Cu erzpingen, sog. Silberlöcher“, erhielt. Fast jährlich wechselten nun die Besitzer (meist Muter aus umliegenden Gemeinden), bis nach erneuter Mutung durch CLAUDY für den Cleeburger Gutsbesitzer Friedrich Gottlieb von der BECKE („vdBecke“) am 23. 9. 1855 die Aufschlußarbeiten wieder aufgenommen wurden. Dem am 6. 12. 1857 gegebenen Kurzbericht „über geschehene Aufschlußarb(ei)ten“ ist zu entnehmen, daß auf die östliche Fortsetzung des Pingenzuges „eingeschlagen“ und der „Gang 4 Fuß mächtig mit taubem Ausgehe(n)den erschürft“ wurde. In Vermutung, „daß die Uralten einen Stolln gegen den Pingenzug getrieben haben würden, die spätere englischdeutsche Bgw.ges.schft [gemeint ist die „German Mining Company“ unter Henry MANCUR] hierauf nicht reflektirt zu haben scheint, u. einen neuen Stolln ansetzten“, ließ CLAUDY nach einem alten Stollen suchen. „Das Resultat dieser Arbeit war, daß die Alten wirklich einen Stolln hatten“, der mit geringfügig anderem Streichen ganz in der Nähe angesetzt war (die Lage dieses älteren Stollens kann heutzutage nicht mehr lokalisiert werden). CLAUDY vermutete einen Kreuzungspunkt der beiden Stollen nach „einer Länge von 60 Ltr. [124,5 m] gegen Süden in sehr spitzem Winkel“, da beide „fast in einem Niveau“ lagen. Vom Ergebnis der daraufhin erfolgten Aufwältigung des „englischen“ Stollens durch CLAUDY geben die Akten des Weilburger Bergamtes keine Nachricht; am 13. 12. 1857 erhielt er seine letzte Mutung.

Weitere Mutungen erhielten zwischen 1865 und 1866 Bürger aus Pfaffenwiesbach bei Usingen.

Am 20. 12. 1873 mutete der „Bergwerksbesitzer“ Peter Jerry Wyndham Henri WYNNE zu Wissen a. d. Sieg erneut die „Silberkaute“. Ihm wurde am 11. 11. 1874 (nach Inkrafttreten des Preußischen Berggesetzes) das Feld unter dem Namen „Silberkaute“ zur Gewinnung von Pb- und Ag-Erzen verliehen (1.681.448 m²). Die im damaligen Schriftverkehr erwähnten „Situationsrisse“ sind leider verlorengegangen.

Ob daraufhin ein erneuter Abbauersuch unternommen wurde, bleibt unsicher. Die Angabe, daß der „Bergbaubetrieb . . . bei Eschbach . . . bis 1888“ andauerte (GEISEL 1937: 135), kann durch die Weilburger Akten ebensowenig belegt werden wie die Feststellung, daß „bei der Eschbacher ‚Silberkaute‘ . . . 4 Schächte und 2 Stollen in Betrieb waren“

(GEISEL 1937: 134). FÄRBER & WENZEL (1988: 4) berichten, daß während des 1. Weltkrieges im Stollen noch Gleise und eine Lore zu sehen gewesen seien.

Im Jahre 1924 befand sich das Feld „Silberkaute“ im Besitz der Gewerkschaft „Kupferberg I“ mit Sitz in Frankfurt a. M., der weitere, allerdings ebenfalls nicht mehr bebaute Felder im Osttaunus gehörten. Heute ist die Metallgesellschaft AG über die Sachtleben Bergbau GmbH Besitzerin des Feldes. Ein zukünftiger Abbau dürfte trotz der nach Inkrafttreten des Bundesberggesetzes erfolgten Bestätigung der Rechte durch das Hessische Oberbergamt aus wirtschaftlichen Gründen auszuschließen sein.

3. Ganginhalt

Da die Grubenbaue verstürzt sind, stützt sich die folgende Beschreibung der Mineralisation auf die spärlichen Haldenfunde. Schon STIFFT (1831: 271) war die Erzarmut der Halden aufgefallen.

Der Ganginhalt der Grube „Silberkaute“ weist eine eintönige Mineralabfolge auf, die für viele Erzgänge des Osttaunus typisch ist: Bleiglanz, Kupferkies (?) und Quarz. Oxidationsminerale sind: Pyromorphit, Cerussit, Limonit.

Bleiglanz bildet meist unvollständig ausgebildete Würfel oder Kristall-Aggregate. Er ist in Quarz eingewachsen. Freistehende Kristalle in Drusen wurden nicht beobachtet. Fast immer ist Bleiglanz zersetzt in Cerussit oder Pyromorphit, gelegentlich auch vollständig weggelöst.

Der selten farblose, häufig durch Fe-Oxide/-Hydroxide gelblich, rötlich oder braun gefärbte Quarz bildet cm-starke Schnüre und Gänge im grauen Tonschiefer. In mächtigeren Gangpartien kam es zur Ausbildung von Drusen. Wie überall im östlichen Taunus sind stets nur die Rhomboederflächen (gelegentlich mit dreieckigen Vertiefungen) deutlich entwickelt. Beim Zerschlagen von Kristallgruppen oder Drusen entstehen charakteristische zahnförmige Quarze: ein dickes, durch die Rhomboederflächen gebildetes Kopfstück mit einem nach unten spitz zulaufenden und durch unregelmäßig verlaufende Bruchstellen begrenzten langen Ende. Radiales Wachstum begünstigt die Entstehung dieser Formen. Die Kristalle weisen in Ausnahmefällen Kantenlängen bis 1 cm auf. Eine Rarität stellen Funde von Quarzen mit ausgebildeten Prismenflächen dar; FÄRBER & WENZEL (1988: 4) erwähnen Doppelender.

Deutliche Zonar- bzw. Kappenquarze vom Typ „Usingen“ mit rhythmischer Bänderung parallel den Rhomboederflächen wurden nicht gefunden. Im Habitus ähneln die Quarze der Grube „Silberkaute“ denjenigen, die in schmalen Adern im umgewandelten Nebengestein an den Salbändern des Pseudomorphosenquarz-Ganges von Usingen auftreten. Vergleichbar ist ebenfalls die palisadenartig gewachsene Quarz II-Generation des Griedeler Ganges (cf. KIRNBAUER 1984: 185, Abb. 5 a u. b).

Neben Bleiglanz können kantige oder kantengerundete Nebengesteinsbrocken im Quarz eingeschlossen sein. Das Fremdmaterial ist bisweilen mit einem Rasen von Quarz-Kristallen besetzt, deren Spitzen in das Innere einer Druse zeigen. Schiefer- und Siltstein-Einschlüsse können wie das Nebengestein mit vielen, z. T. nur mm-starken und sich kreuzenden Quarzadern imprägniert sein.

Häufigstes Oxidationsmineral ist Cerussit. Gewöhnlich finden sich derbe, weiße und undurchsichtige Massen, die stark verunreinigt sind (Bleierde). Das Ausfüllen würfelförmiger Hohlräume beweist den pseudomorphen Ersatz von Bleiglanz. Nicht selten wurden gitterartig die ehemaligen Spaltflächen des Bleiglanzes nach (100) nachgezeichnet, die als Hauptlösungsbahnen bei der Umwandlung des Sulfids in das Karbonat dienten. Selten finden sich bis 3 mm lange, farblose und stark glänzende (z. T. verzwilligte) Cerussit-Kristalle in den Pseudomorphosen.

Neben dem Cerussit tritt Limonit in derben, rotbraunen Massen auf. Im Gegensatz zum Pyromorphit fand sich der Cerussit auf den Halden in einem stark limonitischen, rotbraunen Lehm.

Das zweite Blei-Oxidationsmineral, Pyromorphit, besitzt eine dunkelgrüne bis gelbgrüne Farbe und ist undurchsichtig. Neben krustigen Partien finden sich prismatische Kristalle (bis 2 mm Länge), die aus hexagonalem Prisma und Basis aufgebaut werden; zusätzliche Flächen wurden nicht beobachtet. Die Kristalle liegen i. d. R. mit einer Prismenfläche auf der Matrix, können aber auch igelförmige Kristallgruppen bilden. Die Verbreitung des Grünbleierztes folgt recht genau der Gangmineralisation: Es findet sich auf Quarz und an Stelle ehemaligen Bleiglanzes (auch hier können die ehemaligen Spaltflächen nachgezeichnet werden) mit scharfer Grenze zum Nebengestein.

Hinweise für das gelegentliche Auftreten eines primären Kupfererzes im Gang der Grube „Silberkaute“ bieten Funde eines intensiv grünen Oxidationsminerals, das bei Behandlung mit HCl conc. nicht aufschäumt. Malachit ist demnach auszuschließen. Auch wenn die Grube lediglich auf Pb- und Ag-Erze verliehen wurde, ist doch in den erwähnten Akten des Bergamtes Weilburg 1836 von einer „Pb.Ag.Cu.erzgrube“ und 1848 von den „Blei Ag Cu erzpingen“ die Rede. Wahrscheinlich wurde damals Kupferkies in Spuren aufgefunden, möglicherweise aber auch Fahlerz.

Zinkblende – seltener Begleiter von Bleiglanz in den Gängen der näheren Umgebung – wurde nicht gefunden. Auf Quarz sitzende Pyrit-Pentagonododekaeder konnten FÄRBER & WENZEL (1988: 5) nachweisen.

4. Tektonik und Alter des Ganges

Die Grube „Silberkaute“ baute nur wenig NW der „Hoheschneid-Mulde“ (MICHELS 1928: 37 u. Taf. 1) in einem Sattelpbereich in den „Singhofener Schichten“ des Unteren Ems/Unterdeven. Im Grubenbereich finden sich graugrüne und gelbliche, auffällig stark siltige geschieferte Tonschiefer, die z. T. Sericit führen. Häufige Quarzit-Lesesteine betonen den siltigen Charakter. Am Rand der großen Pingie im NW der „Silberlöcher“ treten fossilführende Lesesteine auf (Brachiopoda indet., Crinoidea indet.). Die Grube liegt im Streichen des Porphyroids von Bodenrod-Wernborn, einem der jüngsten Porphyroide des östlichen Taunus (ca. 400 m NE „Silberlöcher“; cf. KIRNBAUER 1986: 228).

Die zahlreichen an NW-SE/NNW-SSE-Störungen versetzten Porphyroide (MICHELS & SCHLOSSMACHER 1929; KEGEL 1929) und häufige Quarz-Gänge gleicher Streichrichtungen zeigen die Zerlegung des Gebietes in zahlreiche Bruchschollen. MICHELS & SCHLOSSMACHER (1929) verzeichneten im Bereich Försterwiese – Vorderer Köppel drei dieser Quer-Gänge. Auch die Talbildung folgt im besprochenen Gebiet der NW-NNW-Richtung (Abb. 1).

Der von den Alten gehandhabte Pingenbau folgte naturgemäß dem Streichen des Ganges. Das NW-SE-Streichen der Pingenreihe „Silberlöcher“ läßt deswegen einen NW-SE-Verlauf des Ganges als wahrscheinlich gelten. Bestätigt wird dies durch den Kurzbericht der Aufschlußarbeiten in den Jahren 1855–1857 von V. CLAUDY (Akten des Bergamtes Weilburg). Dort heißt es: „Es wurde auf d. östl. Fortsetz des Pingenzuges eingeschlagen u. d. [erzleere] Gang 4 Fuß mächtig [1,2 m] erschürft.“ Daß der Gang der Grube „Silberkaute“ ein NE-SW-Steichen aufweist, wie dies die WENCKENBACH (1879) und BRÜNING et al. (1893) beigegebenen Revierkarten anzeigen, ist mit Sicherheit ausgeschlossen.

Ein Umbiegen der Streichrichtung nach NNW (Funde von Mineralien der Oxidationszone auf der Halde des von NNW unter den Gang vorgetriebenen Stollens könnten dies vermuten lassen) ist unwahrscheinlich, da ein Ändern der Streichrichtung sicherlich durch strikt dem Gangverlauf folgenden Pingenbau angezeigt wäre. Die Lage des Stollens ist allein durch die Morphologie – den Verlauf des Tälchens der Försterwiese – bedingt.

Verzerrungen gleicher oder auch ähnlicher Paragenese im Osttaunus gaben überwiegend im letzten Jahrhundert Anlaß zu zahlreichen Abbauversuchen, vor allem im Gebiet von Usingen. Bevorzugt streichen die älteren der meist nur geringfügig verzerrten Gänge NW-SE/NNW-SSE; bekanntester Repräsentant der NW-SE-Richtung ist der Usinger Pseudomorphosenquarz-Gang mit über 8 km Länge. Die spätere Rotation der Hauptbeanspruchungsrichtung führte zu einem N-S/E-W-Kluftmuster; bevorzugt wurden hierbei die E-W-Störungen verzerrt (Grube „Jeanette“ bzw. „Johannette“ bei Kransberg, „Kaisergrube“ bei Pfaffenwiesbach, Gänge bei Espa und Weiperfelden).

Für die an Schollengrenzen gebundenen hydrothermalen Mineralisationen des Osttaunus (ANDERLE 1984) kann im Gegensatz zu früheren Auffassungen inzwischen ein junges (?oberkretazisch – alttertiäres) Alter nachgewiesen werden (KIRNBAUER 1984; SCHAEFFER 1969, 1979, zit. in ANDERLE 1984: 213). Ganginhalt und Streichrichtung der Verzerrung der Grube „Silberkaute“ bei Michelbach stellen die Lagerstätte in die Reihe der jungen saxonischen Mineralisationen im östlichen Rheinischen Schiefergebirge.

Anm. 1

Die „German Mining Company“ (1835–1848) – als Aktiengesellschaft („joint stock company“) im damaligen Finanzzentrum London mit englischem Kapital gegründet – zählte in den 30er und 40er Jahren des 19. Jahrhunderts zu den großen Bergbau-Gesellschaften in Deutschland. Neben einer ausgedehnten Explorationstätigkeit untersuchte und betrieb sie über 200 Bergwerke. Neben benachbarten Bergwerken im Osttaunus (Pb, Ag, Cu) zählte die Aktiengesellschaft weitere Gruben vor allem im Siegerland (Fe), im Lahn-Dill-Gebiet (Fe, Cu, Pb) sowie in Rheinland-Pfalz (Hg) zu ihrem Besitz (KÖBRICH 1936: 29, 32, 38, 47–48); (mdl. Mitt. von E. SCHÖRNIG, Frankfurt a. M.).

Der Bergbauingenieur Henry MANCUR (ca. 1790–26. 2. 1844) zählte zu den Hauptanteilseignern der Gesellschaft. Aus einem im Hess. Hauptstaatsarchiv zu Wiesbaden aufbewahrten Brief MANCURS an die „Herzogl. Nass. LandesRegierung zu Wiesbaden“ vom 12. März 1836 (Sign. 211.26.19, HStAW Best. 211/XX/8152 F4) erfahren wir, daß MANCUR sich „bereits länger denn 25 Jahre praktisch mit dem Bergbau beschäftigt“ habe (d. h., seit ca. 1811), in dieser Zeit Leiter und „Theilhaber“ mehrerer Bergwerke war und deswegen „genaue Ken[n]tñiß der Gangverhältnisse der meisten Gruben in Cornwallis, Wales, Staffordshire, Lancashire, Cheshire und in Norwegen“ (Alten Mine) besitze. Die „Kenntnisse von den Nassauischen Gangverhältnissen“ erwarb MANCUR seit 1825 „bey 3 verschiedenen Besuchen des Herzogthums“; ausdrücklichen Dank schulde er für gemeinsame „Wanderungen“ dem „Herrn Geh. Referendar Stifft“ und dem „Herrn Bergmeister Menzler in Diez“. In Reaktion auf

ein anonymes Schreiben an die Landesregierung stellte MANCUR fest: „Schließlich sey es mir erlaubt zu bemerken, daß ich nicht allein der Director dieser englischen Gesellschaft bin, sondern auch ein Fünftel Antheil an dem Unternehmen habe . . .“.

Danksagung: Für freundliche Auskünfte und ihre Hilfe danke ich den Herren D. DEDERSHECK (Bad Homburg v. d. H.), G. von LÜBBE (Usingen), U. SCHMITZ (Frankfurt a. M.) sowie Bergdirektor K. D. WOLTER (Bergamt Weilburg/Lahn). Für die zahlreichen mir zur Verfügung gestellten Unterlagen betr. „German Mining Company“ sei Herrn E. SCHÖRNIG (Frankfurt a. M.) ganz herzlich gedankt. Herrn Dipl.-Geol. H.-J. ANDERLE (Hess. Landesamt f. Bodenforsch., Wiesbaden) verdanke ich freundliche Korrekturvorschläge.

5. Schriftenverzeichnis

- Akten des Hauptstaatsarchives Wiesbaden. Bestand Abt. 131, Nr. XX9; Abt. 135, Nr. XX38; Abt. 211, Nr. XX 8151 u. 52.
- ANDERLE, H.-J. (1984): Postvaristische Bruchtektonik und Mineralisation im Taunus – Eine Übersicht.–Schriftenr. Ges. dt. Metallhütt. u. Bergleute, **41**: 201–217, 2 Abb.; Weinheim.
- Berechtsamsunterlagen des Bergamtes Weilburg a. d. Lahn zur Grube „Silberkaute“ bei Michelbach/Ts. (o. J.)
- BRÜNING, R., GIEBELER, W., HOLZAPFEL, E., KÖRFER, F., & ULRICH, F. (1893): Beschreibung der Bergreviere Wiesbaden und Diez. – 254 S., 16 Taf., 1 Kt.; Bonn (A. Marcus).
- FÄRBER, J., & WENZEL, M. (1988): Die „Silberlöcher“ bei Usingen. – Schr. Geol. Arbeitskreis Volkshochschule Bad Homburg, **B5**: 1–6; Bad Homburg.
- GEISEL, T. (1937): Das Usinger Becken und seine Randgebiete. – Jahrb. Nass. Ver. Naturkd., **84**: 80–197, 9 Abb., 10 Tab.; Wiesbaden.
- KEGEL, W. (1929): Geol. Kt. Preußen u. benachb. dtsh. Ländern 1:25000, Bl. 5517 Kleeberg – Kirchgöns; Berlin.
- KIRNBAUER, T. (1984): Der Quarzgang und das Eisen- und Manganerz-Vorkommen von Griedel/Wetterau. Ein Beitrag zum Alter der Pseudomorphosenquarz-Gänge des Taunus. – Geol. Jb. Hessen, **112**: 179–198, 9 Abb.; Wiesbaden.
- (1986): Geologie, Petrographie und Geochemie der Pyroklastika des Unteren Ems/Unter-Devon (Porphyroide) im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. – Diss. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Brsg., IX, 411 S., 96 Abb., 4 Tab., 5 Taf., 2 Kt.; Freiburg i. Brsg.
- KÖBRICH, C. (1936): Hessische Erzvorkommen. Teil I: Die Nichteisenerze. – Handb. hess. Bodenschätze, **3**: 1–111, 14 Taf.; Darmstadt.
- MICHELS, F. (1928): Erl. Geol. Kt. Preußen u. benachb. dtsh. Ländern 1: 25000, Bl. 5617 Usingen – Fauerbach. – 56 S., 2 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- & SCHLOSSMACHER, K. (1929): Geol. Kt. Preußen u. benachb. dtsh. Ländern 1: 25000, Bl. 5617 Usingen–Fauerbach; Berlin.
- ROLLE, F. (1845): Geognostische Beschreibung der Gegend von Usingen nach Stifts geogn. Beschr. des Herzogthums Nassau. – Manuskript Nr. MNw8 v. 9. 11. 1845 (Stadtarchiv Bad Homburg); Bad Homburg.
- STIFFT, C. E. (1831): Geognostische Beschreibung des Herzogthums Nassau, in besonderer Beziehung auf die Mineralquellen dieses Landes. – 606 S., 1 Kt.; Wiesbaden (Schellenberg).
- WENCKENBACH, F. (1879): Beschreibung des Bergreviers Weilburg. – 176 S., 1 Kt.; Bonn (A. Marcus).

Manuskript eingegangen am 30. 8. 1988

Geol. Jb. Hessen	117	S. 217–236	4 Abb.	7 Tab.	6 Prof.	Wiesbaden 1989
------------------	-----	------------	--------	--------	---------	----------------

Aufbau und Eigenschaften typischer Böden im Hessischen Ried

Von

HEINRICH THIEMEYER*

Kurzfassung: Von einem Ausschnitt des Hessischen Riedes werden typische Bodenprofile und ihre bodenchemischen und physikalischen Eigenschaften beschrieben, ihre Genese erläutert und zur Landschaftsentwicklung in Beziehung gesetzt.

Abstract: From a section of the "Hessisches Ried" (Upper Rhinegraben) typic soil profiles and their chemical and physical properties are described. The section participate in the Low Terrace (Niederterrasse) and several holocene meander systems. The main Low Terrace soil type is a Gleyic Luvisol (pseudovergleyte Gley-Parabraunerde), the soils of the meander systems variate from Gleysols (Gleye) to Calcaric Fluvisols (Kalkhaltige Braune Auenböden).

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	217
2. Geologische und geomorphologische Situation.	219
3. Klimatische und hydrologische Situation	222
4. Methoden	223
5. Typische Bodenprofile der verschiedenen Reliefeinheiten	224
5.1. Bodenprofile auf der Niederterrasse	224
5.2. Bodenprofile im Bereich der Mäandersysteme	229
6. Ergebnisse und Diskussion	232
7. Schriftenverzeichnis	235

1. Einleitung

Obwohl das Hessische Ried immer wieder Gegenstand verschiedener Untersuchungen v. a. zur Geologie, Geomorphologie, Hydrologie bis hin zu den Neckaraltläufen war (MANGOLD 1892; HEYL 1929; ROTHSCHILD 1936; HERZBERG 1962; BECKER 1965; ANDERLE 1968; KUPFAHL et al. 1972; BARTZ 1974; GEINERT et al. 1984), ist den Böden und Sedimenten des Hessischen Riedes bislang nur verhältnismäßig wenig Beachtung geschenkt

* Dr. H. THIEMEYER, Institut für Physische Geographie, Senckenberganlage 36, 6000 Frankfurt a. M.

worben (z. B. SCHÖNHALS 1974; WOLLERSEN 1982). Eine Ausnahme stellt die Bodenkarte Blatt 6217 Zwingenberg (BARGON 1969) dar, deren Ried-Anteil sich allerdings nur auf die östlichen Teile der Niederterrasse (Hochgestade) und den Neckaraltlauf beschränkt. Als jüngste Untersuchung beschäftigt sich die geologische Karte Blatt 6316 Worms (SCHARPFF 1977) mit den quartären Sedimenten des Hessischen Rieds, die Böden werden dabei jedoch kaum behandelt.

Anhand eines Transsektes von der Niederterrasse (Hochgestade) bis zum Rheinufer werden im folgenden ausgewählte Bodenprofile und ihre bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften vorgestellt. Durch ihre enge Beziehung zur geologisch-geomorphologischen Situation läßt sich ein Einblick in die Boden- und Landschaftsentwicklung gewinnen, der für große Teile des Hessischen Rieds als typisch gelten kann.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf der TK 6216 Gernsheim (vgl. Abb. 1) zwischen Gernsheim und Stockstadt einerseits und Fanggraben und Kühkopf andererseits. Es hat Anteil an der Rheinaue, die früher gekennzeichnet war durch die – ehemals vermehrt vorhandenen – Riedflächen verlandeter Altfläue und der Niederterrasse, dem sogenannten

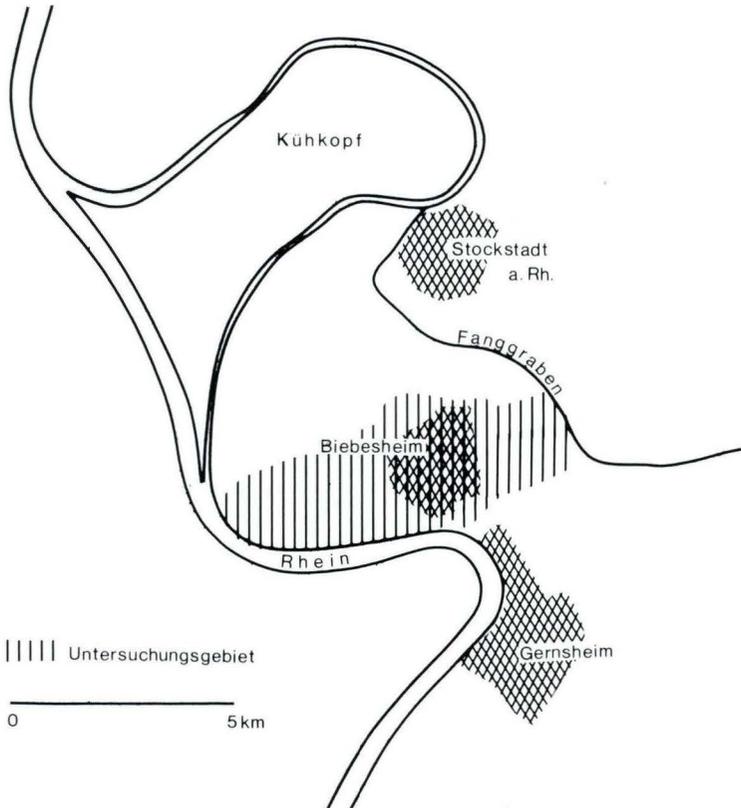


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes.

Hochgestade, das sich mit einem deutlichen Geländeanstieg im E an die Rheinaue anschließt. Diese morphologische Zweiteilung läßt sich auch in der Verteilung der Sedimente und Böden wiederfinden. Die Rheinaue ist deutlich von der Dynamik des Flusses geprägt, während das Hochgestade schon terrestrischen Charakter besitzt.

2. Geologische und geomorphologische Situation

Die quartären Sedimente des Rheins bestehen überwiegend aus klastischen Lockersedimenten, v. a. Sanden und Kiesen. Die Niederterrasse des Rheins und Neckars ist auf den gesamten Bereich des Rheingabens ausgedehnt und reicht bis an den Gebirgsrand heran. Lydite und rote Radiolarienhornsteine deuten auf Transport der Kiese durch den Rhein, Kalksteine und Sandsteine hingegen auf Transport durch den Neckar hin. Der Terrassenkörper hat eine Mächtigkeit von ca. 20 m (KUPFAHL et al. 1972:134). Die Bildung soll bis zur Wende Hoch-/Spätglazial erfolgt sein.

Die Bezeichnung der Niederterrasse wird uneinheitlich gehandhabt. Zumeist als Niederterrasse bezeichnet (BECKER 1965; KUPFAHL et al. 1972), wird von SCHARPF (1977) der Begriff t5 angeführt, der m. E. zu Verwechslungen mit der Terrassenstratigraphie der Mainterrassen führen kann. SCHEER (1978:281) hingegen korreliert die Niederterrasse mit der t6 des Mains und nimmt ein Äquivalent der t7 des Mains unter den holozänen Sedimenten der Rheinaue an. Diese Möglichkeit zog auch schon SEMMEL (1972) in Betracht. Die im Gelände sichtbare Grenze Pleistozän (t6)/Holozän stellt sich heute als eine Kante von ca. 2 m dar. Dabei fällt auf, daß immer ehemalige Prallhangbereiche der holozänen Mäander die t6 randlich erodiert haben. Die Niederterrasse ist nahezu eben, wenn man von der Vielzahl der Ackerberge absieht, die von schon sehr langer Nutzung des Raumes zeugen.

Im Bereich der Neckaraue ist die Niederterrasse zerschnitten und von Auenlehmen und Flugsanden verschiedenen Alters und unterschiedlicher Mächtigkeit bedeckt. Auf dem Hochgestade kommen weitflächig Flugsanddecken und Dünen vor, jedoch nicht überall und in ungleichmäßiger Ausprägung.

KUPFAHL et al. (1972) beschreiben auf Blatt 6216 Zwingenberg eine fast ausnahmslos vorhandene Flugsanddecke unterschiedlicher Mächtigkeit, die der Niederterrasse bei ca. 2,5 m unter Flur aufliegt und im oberen Teil einen „rotbraunen Horizont“ hat. SCHARPF (1977) bezeichnet auf Blatt 6316 Worms die auftretenden geringmächtigen Flugsanddecken, die oft von kiesigen Flächen unterbrochen werden, als schleierartigen Randsaum der nach E hin stetig zunehmenden Flugsanddecke. Auf Blatt Gernsheim konnte dagegen eine Flugsandüberdeckung bis jetzt nicht gefunden werden.

Nach KUPFAHL (1972:36) ist der jüngere Flugsand in der jüngeren Tundrenzeit verblasen und zum Teil später durch den Neckar umgelagert worden. Da der mittelallerödzeitliche Laacher Bimstuff (LBT) auch auf Blatt Zwingenberg vorhanden sein muß (KUPFAHL 1972:139), wäre es unwahrscheinlich, ihn nicht in dem umgelagerten Flugsand zu finden. Genau das ist aber auf Blatt Gernsheim der Fall: Die entsprechenden Sedimente sind LBT-frei (vgl. 6.). Daraus ergeben sich mehrere Möglichkeiten:

1. Es handelt sich nicht um umgelagerten Flugsand.

2. Es handelt sich um umgelagerten Flugsand, dieser muß dann aber älter als Mittelalleröd sein, was auch Konsequenzen für den „rotbraunen Horizont“ hat (vgl. 6.).

Für erstere Annahme spricht ein Korngrößenvergleich der liegenden Sande von Profil 3 und 4 mit Flugsanden des Rheins und Neckars (BECKER 1967:38): Die liegenden Sande sind grobkörniger mit ausgeprägten Maximum im Mittelsand, wogegen die Flugsande ein Maximum im Feinsandbereich aufweisen (Abb. 2). Deswegen werden die Sande als ?Terrassensande bezeichnet, wobei eine Umlagerung von Flugsanden nicht für wahrscheinlich gehalten wird.

Neben der morphologischen Grobgliederung in Hochgestade und Rheinaue bietet sich letztere zur weiteren Unterleitung an (vgl. Abb. 3). An die rezente Rheinaue legen sich bogenförmig Mändersysteme (MS) an. Die einzelnen Mäander gliedern sich meist in langgestreckte Altläufe wechselnder Breite und geringfügig höherliegende Umlaufflächen, die ihrerseits z. T. durch Rinnen und Rücken gegliedert sind. Im allgemeinen geht in den Deckschichten der Sandanteil zugunsten des Schluff- und Tonanteils zurück, wogegen in geringer Tiefe meist wieder Sande anstehen.

Die Alterseinstufung der MS erfolgt in Anlehnung an die Geologische Karte Blatt 6316 Worms (SCHARPFF 1977). Zwar ist ein direkter Anschluß nicht möglich – der Rheinmäander bei Gernsheim grenzt direkt an das Hochgestade – es können aber eine relative Altersabfolge erstellt und gewisse Parallelen zu den MS auf Blatt Worms gezogen werden. Deshalb wurde versucht, die Gliederung von der jüngsten Generation her aufzubauen.

Das MS 11 ist zweigeteilt (MS 11/1 und MS 11/2). Diese Zweiteilung rührt von der historischen Ausbildung des Gernsheimer Rheinknies nach 1422 (Gernsheimer Heimatbuch 1981) her, die dazu führte, daß sich der Gleithang vor dem Kühkopf ebenfalls umbildete. Die Grenze ist als schwache aber deutliche Geländekante ausgebildet. Die Richtung der Rinnen läßt erkennen, daß außer dem jüngsten System (MS 11) auch noch das MS 10 sich an den Kühkopfmäander anlegt. SCHARPFF (1977: 79) legt die Entstehung des MS 10 vor die Zeitenwende, da das Mindestalter des MS 11 mit 1500 Jahren durch eine römische

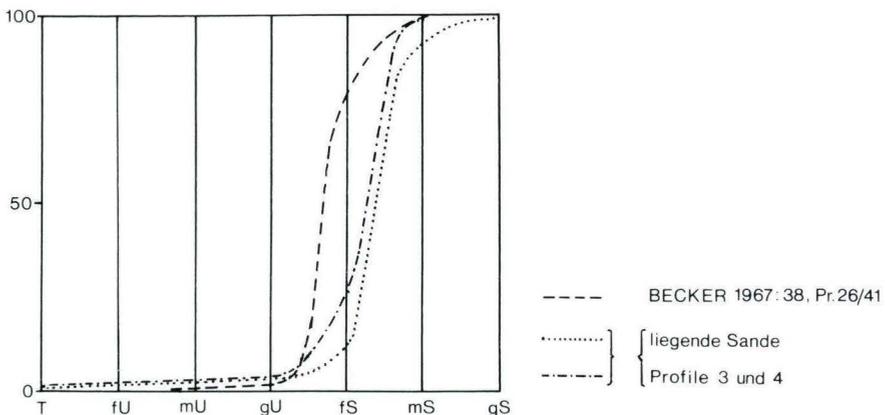


Abb. 2. Korngrößenvergleich der liegenden Sande mit Flugsand (BECKER 1967).

6216 Gernsheim

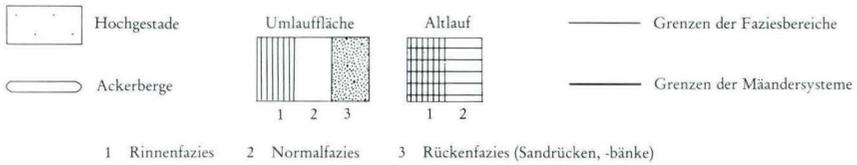


Abb. 3. Geomorphologische Karte des Untersuchungsgebietes.

Hafenanlage im Steiner Wald (Blatt Gernsheim, R 345624 H 550764) festgelegt wird. Die im 4. Jh. n. Chr. erbaute Hafenanlage liegt im Grenzbereich zwischen MS 10 und MS 11.

Problematisch ist die relative zeitliche Einordnung der beiden Mäander, die von MS 10 geschnitten werden. Sie erfolgt mit äußerster Vorsicht aufgrund der Korngröße der Decklehme der Umlaufflächen sowie der Krümmungsradien in Anlehnung an SCHARPFF (1977: 74) als MS 7 und MS 6. Völlig unsicher ist die Einordnung des als MS 5 bezeichneten Mäandersystems.

Die Unterschiede zwischen Altläufen und Umlaufflächen sind durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung oft stark verwischt. Nur die jüngste Generation – vor dem Sommerdeich – wird nicht landwirtschaftlich genutzt. Das MS 11/1 überlagert das von ihm geschnittene MS 7 mit einem leichten Dammuferwall. Dieser bewirkt, daß die Entwässerung des älteren Mäanders zunächst vom Rhein weg gerichtet ist, um später im Altlauf des MS 7 nach N dem Kühkopfaltrhein zuzufließen. Der Mäander des MS 7 schneidet mit seinem Prallhang zwei weitere MS, die als MS 6 und ?MS 5 eingestuft werden.

3. Klimatische und hydrologische Situation

Charakteristisch für den Oberrheingraben sind hohe Durchschnittstemperaturen und geringe Niederschläge. Die Temperatur im Jahresmittel beträgt etwa 9°C , die Niederschlagshöhe ca. 600 mm (Jahresmittel 1891–1955). Die klimatischen Verhältnisse sind in Abb. 4 dargestellt.

Niederschlagshöhe und -Verteilung sind nicht günstig für die Grundwasserneubildung, da das Niederschlagsmaximum während der Vegetationsperiode bei hohen Temperaturen zu

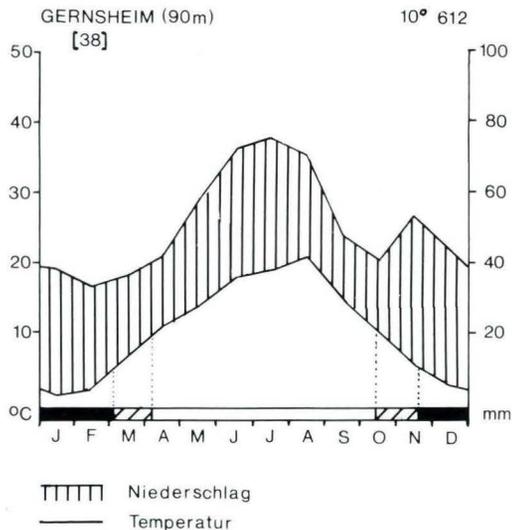


Abb. 4. Klimadiagramm von Gernsheim.

verzeichnen ist, wobei ein großer Teil der Niederschläge sofort wieder verdunstet. So ist der Grundwasserkörper auf Speisung aus Gebieten angewiesen, die nicht gleich sind mit denen der heutigen Grundwasserentnahme. Vor allem sind dies Flugsand- und Dünengebiete weiter im E, in denen die Sickerwasserrate am höchsten ist. Während auf der Niederterrasse noch ein geringer Teil des Niederschlags in das Grundwasser gelangt, ist die Neubildungsrate in Rheinnähe gleich null (vgl. Dt. Gewässerkdl. Jb., Erg. Heft 1978).

Vor den anthropogenen Eingriffen in den Rheinlauf wurde der Grundwasserspiegel von drei jährlichen Rheinhochwässern bestimmt, deren Ursachen

1. Frühjahrs-Schneesmelze in den Mittelgebirgen
2. Sommer-Schneesmelze in den Alpen
3. Adventshochwasser durch Niederschläge in den Mittelgebirgen und in den Alpen unter 1200 m

sind. Der Grundwasserkörper ist leicht beweglich, sein Spiegel zeigt bei Hoch- und Niedrigwasser starke Schwankungen. Das wurde durch die Rheinkorrekturen im 19. Jahrhundert verändert. Es gibt keinen Grundwasserstau mehr, die Hochwasserwellen ufern nur noch selten und nur im engeren Auenbereich aus. Viele Wasserflächen fallen oft trocken (v. a. Altarme). Um 1880 war der Grundwasserspiegel um etwa 100 cm höher als heute. Diese Differenz nimmt landwärts ab. Etwa 3 km vom Rhein entfernt ist das Grundwasser in der Regel nur noch vom Niederschlag abhängig (HERZBERG 1962), dagegen in Rheinnähe parallel zu Hoch- und Niedrigwasser starken Schwankungen unterworfen, wovon auch der Bodenwasservorrat profitiert. Dabei stehen lange Niedrigwasserperioden kurzen Hochwasserperioden gegenüber (SCHÄFER 1978). Demzufolge weisen die Böden der Rheinniederung eine vom Grundwasser gesteuerte, ausreichende Wasserversorgung auf, wogegen die Böden des Hochgestades recht stark austrocknen können.

Die Ganglinien der Grundwassermeßstellen zeigen an, daß der Grundwasserspiegel durch die verstärkte Nutzung des Grundwassers seit den 60er Jahren im Untersuchungsgebiet nicht wesentlich abgesenkt wurde (vgl. Dt. Gewässerkdl. Jb. Erg. Heft 1978; HERZBERG 1962). Die letzte Absenkung wurde somit wahrscheinlich durch die Rheinbegradigung ausgelöst. Nach dem Durchstich am Kühkopf legte der Rhein bei Gernsheim sein Bett etwa 1,5 m tiefer.

4. Methoden

In Aufschlüssen wurden an ausgesuchten Bodenprofilen horizontweise Mischproben entnommen. Im Gelände wurden die Bodenart mittels Fingerprobe, die Gefügeform, Horizontabfolge und -ausprägung sowie Schichtgrenzen bestimmt. Im Labor wurden die Parameter Korngrößenverteilung, pH-Wert, Kalkgehalt, Humusgehalt, oxalatlösliches und dithionitlösliches Eisen, Gesamtstickstoff, Gesamtphosphor, pflanzenverfügbares P und K, Kationenaustauschkapazität und das Schwermineralspektrum bestimmt. Auf die Darstellung einer Bodenkarte wird hier verzichtet und auf die Kartierung des Hessischen Rieds durch das Hessische Landesamt für Bodenforschung verwiesen, die in Kürze abgeschlossen sein wird.

5. Typische Bodenprofile der verschiedenen Reliefeinheiten

5.1. Bodenprofile auf der Niederterrasse (Hochgestade)

Auf dem Hochgestade sind ausschließlich semiterrestrische Böden verbreitet. An der Geländekante zur Rheinaue vollzieht sich ein abrupter Wechsel der Bodengesellschaft. Vorherrschend kommen auf dem Hochgestade Reliktgly-Parabraunerden unterschiedlichen Erosionsgrades, die mit Pararendzinen wechseln, vor. In dieser Bodengesellschaft kommt die Bodenerosion zum Ausdruck, die durch die schon lange bestehende ackerbauliche Nutzung hervorgerufen wurde.

Der hauptsächlich verbreitete Boden ist eine erodierte pseudovergleyte Reliktgly-Parabraunerde aus Hochflutlehm über Rheinweiß über ?Terrassensand (Prof. 1 und Tab. 1).

Prof. 1: (pseudovergleytes Kolluvium aus Ackerbergmaterial) über erodierter pseudovergleyter Reliktgly-Parabraunerde aus spätpleistozänem Hochflutlehm über Rheinweiß über ?Terrassensand; Leitungsgraben am Fanggraben, 1,5 km E Biebesheim, 89 m ü. NN, eben, R 346346 H 551696;

0– 30	Ap	s̄L, krümelig bis kohärent, schwarzbraun (10 YR 3/3), humos kalkfrei
30– 70	SyM	s̄L, krümelig bis kohärent, dunkelbraun (10 YR 4/3), schwach humos, kalkfrei, mit Mn-Konkretionen, Regenwurmgänge
70– 95	IIfGo·Bt	s̄L, subpolyedrisch, sattbraun (10 YR 3/4), kalkfrei, Mn-Konkretionen
95–105	IIfGoc	IS, hellgelbbraun (10 YR 5/4), stark kalkhaltig, Rheinweiß
105–155	IIIfGoc	uS, gelblichweiß (10 YR 5,5/3), stark kalkhaltig, Rheinweiß, rostfleckig

Daneben tritt eine Variante desselben Bodentyps auf, deren Bt-Horizont¹ deutlich rotbraun gefärbt ist und im Gelände in der Fingerprobe wesentlich sandiger erscheint (Prof. 2 und Tab. 2).

Prof. 2: „sandige“ pseudovergleyte Reliktgly-Parabraunerde aus Decksediment über spätpleistozänem Hochflutlehm über z. T. bankigem Rheinweiß über ?Terrassensand; Leitungsgraben am Brunnenweg, ca. 800 m E Biebesheim, 88 m ü. NN eben, R 346300 H 551686;

0– 30	Ap	s̄L, dunkelbraun (10 YR 4/2), humos, subpolyedrisch plattig, kalkfrei
30– 50	Al	s̄L, graubraun (10 YR 4/3), schwach humos, kohärent, kalkfrei, Mn-Konkretionen
50– 75	IIfGo·Bt	s·T, rötlichbraun (7,5 YR 4/4), subpolyedrisch, sehr schwach kalkhaltig, schwach rostfleckig, Mn-Konkretionen
75– 90	IIIfGoc	IS, weißgelb (10 YR 6/3), verfestigt, sehr stark kalkhaltig, Rheinweiß, schwach rostfleckig, aussetzend
90–110	IVfGo	mS, ockergelb, kalkhaltig, rostfleckig

¹ im folgenden wird der IIfGo-Bt-Horizont kurz als Bt-Horizont bezeichnet.

- 110-112 Kalkband
 112-140 VfGo mS-fS, bräunlichgrau, kalkhaltig, rostfleckig
 140-180+ VfGr S, grau, kalkhaltig, schwach rostfleckig

Tab. 1. Chemische und physikalische Analysendaten, Profil 1

		Ap	SyM	IIfGo-Bt	IIfGoc
pH	%	--	7.0	7.0	7.3
CaCO ₃	%	--	0	0.8	33.7
org. Subst.	%	--	0.81	0.83	--
Fe _o	%	--	0.09	0.09	0.03
Fe _d	%	--	0.39	0.49	0.38
Akt.Grad		--	0.23	0.09	0.03
Mn _o	%	--	0.001	0.002	0.001
Mn _d	%	--	0.002	0.004	0.003
P _t	%	--	0.07	0.07	0.07
N _t	%	--	0.06	0.06	--
C/N		--	7.8	8.0	--
C/P		--	15.4	15.7	--
P _{CAL}	mg/100g	--	3.4	3.9	3.6
K _{CAL}	mg/100g	--	7.6	8.0	9.2
Na	mmol/z·100g	--	0.05	0.06	0.13
K	mmol/z·100g	--	0.20	0.15	0.12
Mg	mmol/z·100g	--	1.34	1.29	1.05
Ca	mmol/z·100g	--	11.13	11.49	11.44
S = T		--	12.72	12.99	12.74
H = 0					
V = 100					
gS	2 - 0.6 mm		1.2	1.1	0.5
mS	- 0.2 mm		35.0	34.8	37.8
fS	- 0.06 mm		24.7	25.7	22.4
gU	- 0.02 mm		7.6	7.7	8.4
mU	- 0.006 mm		5.2	7.5	4.3
fU	- 0.002 mm		7.1	3.4	10.7
T	< 0.002 mm		19.2	19.8	15.0

Im Gelände sind die Hauptunterscheidungsmerkmale der Bt-Horizonte die Bodenart sowie die Bodenfarbe. Wurde ein dunkelbrauner (z. B. 10 YR 5/2) Bt-Horizont gefunden, wurde er mittels Fingerprobe meist als tL angesprochen. Die Korngrößenbestimmung im Labor (s. u.) läßt jedoch eine - z. T. erhebliche - Sandkomponente erkennen, die sich im Gelände nicht bemerkbar gemacht hat. Lag dagegen ein rotbrauner (z. B. 7,5 YR 5/4) Bt-Horizont vor, war die Sandkomponente auch in der Fingerprobe deutlich spürbar, die Bodenarten variieren vom stL bis tS.

Bei stärkerer Pseudovergleyung wurde der Boden als erodierte Reliktgly-Pseudogley-Parabraunerde bezeichnet. In diesen Fällen waren deutliche Bleich- und Rostsektionen in den SBt-Horizonten zu erkennen (Prof. 3 und Tab. 3).

Tab. 2. Chemische und physikalische Analysendaten, Profil 2

		Ap	Al	IIfGo-Bt	IIIfGoc
pH	%	6.6	6.5	7.3	7.5
CaCO ₃	%	0	0	1.6	37.9
org. Subst.	%	1.03	0.50	0.41	–,–
Fe _o	%	0.08	0.06	0.05	0.02
Fe _d	%	0.27	0.36	0.63	0.21
Akt. Grad		0.30	0.17	0.08	0.10
Mn _o	%	0.003	0.001	0.003	0.001
Mn _d	%	0.003	0.002	0.004	0.003
P _t	%	0.11	0.05	0.04	0.06
N _t	%	0.08	0.05	0.03	–,–
C/N		7.5	7.3	8.0	–,–
C/P		12.5	13.3	13.8	–,–
P _{CAL}	mg/100 g	16.3	4.2	0.5	7.5
K _{CAL}	mg/100 g	36.0	13.0	10.8	8.8
Na	mmol/z·100 g	0.00	0.05	0.08	0.04
K	mmol/z·100 g	1.15	0.37	0.30	0.08
Mg	mmol/z·100 g	1.15	1.11	2.06	0.72
Ca	mmol/z·100 g	8.90	8.97	18.56	7.56
S = T		11.20	10.50	21.00	8.40
H = 0					
V = 100					
gS	2 – 0.6 mm	1.4	1.2	1.6	1.6
mS	– 0.2 mm	31.5	32.2	27.4	32.6
fS	– 0.06 mm	26.3	28.9	25.7	36.4
gU	– 0.02 mm	7.4	6.5	4.0	8.8
mU	– 0.006 mm	3.8	4.0	2.1	10.0
fU	– 0.002 mm	7.8	6.3	3.3	7.2
T	< 0.002 mm	21.8	20.9	35.9	3.2

Prof. 3: „sandige“ erodierte Reliktgley-Pseudogley-Parabraunerde aus Decksediment über spätpleistozänem Hochflutlehm über Rheinweiß über ?Terrassensand; Leitungsgraben am Brunnenweg, 400 m E des Fanggrabens, 88 m ü. NN, eben, R 346386 H 551720;

- 0– 30 Ap stL, schwarzbraun (10 YR 3/3), kohärent, kalkfrei, humos
 30– 60 fGo-SwAl stL, dunkelbraun (10 YR 5/3), kohärent bis subpolyedrisch, kalkfrei, schwach rostfleckig, Mn-Konkretionen
 60– 90 IIf- sT, rotviolettgrau (10 YR 4/4), subpolyedrisch, kalkfrei, rostfleckig, Go-SdBt Regenwurmgänge
 90–120 IIfGc fS, weiß (10 YR 7, 5/3), bankartig, sehr stark kalkhaltig, darunter Kiespflaster
 120–140 IIIfGrc mS, graurosa (10 YR 5/8, kalkhaltig, Fe-Mn-Fleckung
 140–170 IIIfGo mS, ocker (10 YR 5/8), kalkhaltig, stark rostfleckig, darunter Kalkband

170-200+ IVfGro mS, graugrün/ocker (10 YR 4/3), kreuzgeschichtet, daran anliegend Roststreifung, kalkhaltig

Vorläufig kann festgestellt werden, daß der rotbraune Bt-Horizont nie über dem dunkelbraunen Bt-Horizont gefunden wurde, sondern stets unter diesem oder zumindest in diesen übergehend. Auch die Horizontmächtigkeiten sind unterschiedlich. Der dunkelbraune Bt-Horizont ist gleichmäßig ca. 40 cm mächtig, wogegen die Mächtigkeit des rotbraunen Bt-Horizontes größeren Schwankungen unterworfen ist.

Tab. 3. Chemische und physikalische Analysendaten, Profil 3

		Ap	fGo-SwAl	IIfGo-SdBt	IIfGc	IIIfGrc	IIIfGo	IVfGro
pH	%	6.95	6.6	6.8	7.7	7.9	7.8	7.8
CaCO ₃	%	—	—	—	70.6	6.1	11.7	13.4
org. Subst.	%	1.10	0.48	0.22	—	—	—	—
Fe _o	%	0.09	0.07	0.04	0.01	0.01	0.05	0.03
Fe _d	%	0.41	0.63	0.41	0.04	0.11	0.69	0.18
Akt. Grad		0.22	0.12	0.10	0.23	0.09	0.07	0.17
Mn _o	%	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mn _d	%	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
P _t	%	0.07	0.07	0.02	0.06	0.03	0.06	0.04
N _t	%	0.08	0.03	0.03	—	—	—	—
C/N		8.0	9.3	6.5	—	—	—	—
C/P		21.0	9.2	14.9	—	—	—	—
P _{CAL}	mg/100 g	6.6	0.7	0.4	24.1	1.3	2.2	1.3
K _{CAL}	mg/100 g	14.6	8.8	10.6	8.4	6.0	8.8	6.4
Na	mmol/z·100 g	0.03	0.04	0	0	0	0	0.00
K	mmol/z·100 g	0.40	0.20	0.27	0.01	0.01	0.02	0.05
Mg	mmol/z·100 g	0.95	1.11	1.36	0.45	0.10	0.12	0.13
Ca	mmol/z·100 g	13.12	11.55	12.83	4.34	1.19	1.66	1.52
S = T		14.50	12.90	14.50	4.80	1.30	1.80	1.70
H = 0								
V = 100								
gS	2 - 0.6 mm	1.2	1.8	0.5	0.7	1.4	0.7	0
mS	- 0.2 mm	26.8	27.8	41.7	31.6	87.5	82.0	65.5
fS	- 0.06 mm	26.3	22.9	24.5	59.1	7.6	14.8	32.9
gU	- 0.02 mm	9.1	7.1	2.1	4.4	0.6	0.6	0.6
mU	- 0.006 mm	4.3	7.0	2.2	1.3	1.2	0	0
fU	- 0.002 mm	6.9	7.8	1.3	2.0	0	1.2	0.8
T	< 0.002 mm	25.4	25.6	27.7	0.9	1.7	0.6	0.1

Den Übergang zu den Pararendzinen stellen stark erodierte Reliktgley-Parabraunerden dar. Die Pararendzinen (Prof. 4 und Tab. 4) bestehen aus im Ap-Horizont aufgegangen, mit Rheinweiß vermischten Bodenresten, die dem - häufig verhärteten - Rheinweißhorizont aufliegen. Diese extremen Erosionsstufen befinden sich vornehmlich in Ortsnähe. Hier verläuft auch die alte Römerstraße, die die Kastelle bei Groß-Gerau und Gernsheim verband. Sie ist der höchste Ackerberg in der weiteren Umgebung und stellt eine fast 2000jährige Flurgrenze dar.

Tab. 4. Chemische und physikalische Analysendaten, Profil 4

		yM	IIfGoc	IIIBtfGoc	IIIfGor	IIIfGc	IIIfGo	IIIfGro
pH	%	7.3	7.5	7.5	8.1	7.9	8.0	8.1
CaCO ₃	%	1.1	38.3	3.6	7.3	9.3	6.3	9.6
org. Subst.	%	0.67	0.41	0.16	--	--	--	--
Fe _o	%	0.07	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01
Fe _d	%	0.36	0.29	0.25	0.16	0.13	0.38	0.17
Akt. Grad		0.19	0.07	0.12	0.13	0.23	0.08	0.07
Mn _o	%	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Mn _d	%	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001
P _t	%	0.07	0.07	0.05	0.03	0.003	0.02	0.03
N _t	%	0.06	0.03	0.03	--	--	--	--
C/N	%	6.5	8.0	4.5	--	--	--	--
C/P		12.8	7.9	4.1	--	--	--	--
P _{CAL}	mg/100 g	6.3	4.2	3.4	0.9	2.5	0.6	1.0
K _{CAL}	mg/100 g	8.8	8.8	7.2	5.2	4.0	4.0	4.0
Na	mmol/z·100 g	0.16	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
K	mmol/z·100 g	0.23	0.12	0.13	0.01	0.02	0.02	0.03
Mg	mmol/z·100 g	1.34	0.97	0.81	0.10	0.21	0.14	0.12
Ca	mmol/z·100 g	11.46	9.08	8.03	0.96	1.15	0.91	0.85
S = T		13.19	10.22	9.00	1.08	1.39	1.08	1.01
H = 0								
V = 100								
gS	2 - 0.6 mm	1.0	1.0	2.9	3.2	4.1	7.5	0.2
mS	- 0.2 mm	30.6	20.7	69.9	88.4	85.1	80.9	85.1
fS	- 0.06 mm	27.9	39.1	12.0	6.2	5.9	8.9	12.2
gU	- 0.02 mm	7.7	10.2	1.9	0.4	1.0	0.6	0.2
mU	- 0.006 mm	3.3	18.3	0.2	0.2	0.6	0	0
fU	- 0.002 mm	6.6	5.3	1.0	0.5	0.5	0.5	0.7
T	< 0.002 mm	22.9	5.4	12.1	1.1	2.8	1.6	1.6

Prof. 4: Pararendzina aus Ackerbergmaterial über Rheinweiß mit Bt-Rest über ?Terrassensand; Leitungsgraben am Brunnenweg, 500 m E Biebesheim, 89 m ü. NN eben, R 346288 H 551684;

- 0- 30 Ap s'L, schwarzgrau (10 YR 3/3), humos, kalkhaltig
30- 70 yM s'L, dunkelbraun (10 YR 4/3), schwach humos, kohärent, schwach kalkhaltig, Regenwurmgänge
70- 95 IIfGoc u-S, beigeweiß (10 YR 6/3,5), stark kalkhaltig, verfestigt, Regenwurmgänge, Mn-Konkretionen
95-120 IIIBtfGoc t'S, mittelbraun (10 YR 4/3,5), bröckelig kohärent, kalkhaltig, rostfleckig, vereinzelt Regenwurmgänge
120-155 IIIfGor mS, beigegrau (10 YR, 4,5/3), kalkhaltig, roststreifig, vereinzelt Regenwurmgänge
155-185 IIIfGc mS, weiß (10 YR 3/6), stark kalkhaltig, verkrustet, aus setzend, rostfleckig

185–225	III _f Go	mS, braun/orange/rost /10 YR 3/6), kalkhaltig, stark rostfleckig
225–285+	III _f Gro	mS, bräunlichgrau (10 YR 5/3), kalkhaltig, schwach rostfleckig, Mn-Streifung

Das Rheinweiß stellt eine bodenkundliche Besonderheit des Hessischen Riedes dar. Es ist ein weißer bis fahlbrauner, sehr karbonatreicher Kalkanreicherungs-horizont, der in ausgetrocknetem Zustand sehr verfestigt ist. Vermutlich wurde der Kalk aus aufsteigendem karbonatreichen Grundwasser ausgefällt. Die Kalkgehalte können nach SCHÖNHALS (1954:90) Werte von 50%, nach PLASS (1980:36) 30–80% erreichen. Im Untersuchungsgebiet beträgt der höchste gefundene Wert 71%. Diese Gc- bzw. Goc-Horizonte erlangen bis zu 1 m Mächtigkeit. Sie sind augenscheinlich unter den rotbraunen Bt-Horizonten schwächer ausgebildet als unter den dunkelbraunen Bt-Horizonten. Nur selten ist kein Rheinweiß im Bohrstock anzutreffen.

Stellenweise wurden mehrere übereinanderliegende Rheinweißhorizonte gefunden, die – wahrscheinlich klimatisch bedingt – durch unterschiedliche Grundwasserstände entstanden sind. Die Rheinweißhorizonte verlaufen oft nicht horizontal, sondern lehnen sich an Substratgrenzen an, auch wenn diese auf- oder absteigen. Das läßt den Schluß zu, daß die Ausfällung des Kalkes über dem Kapillarsaum erfolgt, der in Abhängigkeit von der Porengrößenverteilung mehr oder weniger hoch die Grundwasseroberfläche überragt.

5.2. Bodenprofile im Bereich der Mändersysteme

Im Bereich der holozänen MS sind ausschließlich hydromorphe Böden verbreitet. Der Übergangsbereich der Niederterrasse ist gekennzeichnet durch kiesige Substrate aus umgelagertem Bt-Material der Böden des Hochgestades, vermischt mit Hochflutlehm. Als Bodentyp existieren hier Pararendzinen, bodenartlich meist tS, der schwach kiesig ist. Auch Rheinweiß ist stellenweise zu finden, wogegen in den MS des Untersuchungsgebietes kein Rheinweiß angetroffen wurde, von vereinzelt Horizonten mit Calcitkonkretionen abgesehen.

Jedes MS trägt in der Regel Böden, die etwa der Reihe Auengley – (Kalkhaltiger Brauner Auenboden-Auengley) – (Auengley-Kalkhaltiger Brauner Auenboden) – Kalkhaltiger Brauner Auenboden entsprechen, abhängig von der Kombination der jeweils vorhandenen Substrate.

Auenpararendzinen wurden nur dann kartiert, wenn Sand oder Kies bis unter den Ah/Ap-Horizont reichen, da diese groben Sedimente per definitionem nicht als aM bezeichnet werden können. Alle übrigen feinkörnigen Sedimente werden, wenn sie keine hydromorphen Merkmale tragen, mit aM bezeichnet.

Charakteristisch für die beiden älteren MS ist der sehr hohe Tongehalt der Deckschichten. Dafür ist v. a. ein schwarzer, toniger Hochflutlehm verantwortlich, der von einem weiteren, allerdings schwächer humosen Hochflutlehm überlagert wird. Im Altlauf des MS 7 an der Kläranlage W Biebesheim überlagert er einen Niedermoortorf. Die Verlandung dieses Systems mußte also schon eingesetzt haben. Nach dem Pollenspektrum des Torfes ist die Verlandung spätestens im Boreal, wenn nicht schon früher erfolgt (frd. mdl. Mitt. Dr. KALIS, Sem. f. Vor- und Frühgeschichte, Uni. Frankfurt a. M.).

Die schweren Böden auf diesen Sedimenten werden als Auenpelosol-Auengleye bzw. Auenpelosol-Kalkhaltige Braune Auenböden bezeichnet (Prof. 5 und Tab. 5).

Prof. 5: Auenpelosol-Auengleye aus humosem Hochflutlehm über humosem Hochflutlehm über Sand; Rinne auf der Umlauffläche des MS 7; Kiesgrubenrand 1 km W Biebesheim, 86 m ü. NN, leichte Senke, R 346034 H 551610;

0– 30	Ap	t'L, braun (10 YR 4/3), subpolyedrisch, schwach humos, schwach kalkhaltig, durchwurzelt
30– 50	PGo	lT, graubraun (2,5 Y 4/2), polyedrisch, rostfleckig, schwach humos, schwach kalkhaltig, schwach durchwurzelt
50– 85	II fAh·PGo	lT–T, schwarzgrau (10 YR 2,5/1), blockig bis polyedrisch, humos, sehr schwach kalkhaltig, schwach durchwurzelt, auf Klüften rostfleckig
85– 95	IIIGro	t'L, hellgrau (10 YR 5/2), polyedrisch, schwach kalkhaltig, rostfleckig
95–120+	IVGro	mS, beige-grau (2,5 YR 4/2), rostfleckig

Tab. 5. Chemische und physikalische Analysendaten, Profil 5

		PGo	II fAh·PGo	IIIGro	IVGro
pH	%	7.2	7.2	7.1	7.1
CaCO ₃	%	0.7	0.3	1.0	0.3
org. Subst.	%	1.86	3.52	0.95	–
Fe ₀	%	0.22	0.47	0.10	0.01
Fe _d	%	1.25	3.50	0.28	0.07
Akt. Grad		0.18	0.13	0.36	0.14
Mn ₀	%	0.001	0.001	0	0
Mn _d	%	0.002	0.003	0.001	0
P _t	%	0.14	0.18	0.19	0.03
N _t	%	0.10	0.14	0.07	–
C/N		10.9	14.6	7.9	–
C/P		17.7	26.0	12.6	–
P _{CAL}	mg/100 g	0.8	0.7	1.6	0.8
K _{CAL}	mg/100 g	9.6	12.0	13.2	8.4
Na	mmol/z·100 g	0.28	0.47	0.17	0.02
K	mmol/z·100 g	0.30	0.28	0.26	0.03
Mg	mmol/z·100 g	4.15	5.34	2.58	0.27
Ca	mmol/z·100 g	32.29	35.43	15.16	1.26
S = T		37.02	41.52	18.17	1.58
H = 0					
V = 100					
gS	2 – 0.6 mm	0.2	0.1	0.1	3.3
mS	– 0.2 mm	1.2	1.1	8.7	90.7
fS	– 0.06 mm	2.0	1.4	13.0	3.9
gU	– 0.02 mm	5.6	4.5	21.8	0.8
mU	– 0.006 mm	12.0	6.6	14.7	0.2
fU	– 0.002 mm	19.7	22.1	12.4	0.3
T	< 0.002 mm	59.3	64.2	29.3	0.6

Unterbrochen wird die deckenartige Verbreitung der beiden humosen Hochflutlehme nur von einigen sandbankartigen Rücken, auf denen Auengleye bis Kalkhaltige Braune Auenböden aus Hochflutlehm über Sand vorkommen.

Nähert man sich dem nächstjüngeren MS, so überlagert etwa 300 m vor dem Winterdamm ein schluffiger Hochflutlehm dammuferwallartig die beiden älteren tonigen Hochflutlehme. Hier kommen Kalkhaltige Braune Auenboden-Auengleye vor. Hinter dem Winterdamm fehlen die tonigen Hochflutlehme ganz, was indirekt beweist, daß die Dämme an MS-Grenzen unter Ausnutzung der natürlichen Reliefunterschiede angelegt wurden.

Das MS 10 ist im Untersuchungsgebiet nur mit einer kleinen Ecke im Gewann „Rheinwiese“ vertreten. Hier kommt ein Kalkhaltiger Brauner Auenboden aus schluffigem Hochflutlehm über humosem Hochflutlehm vor. Der schwarze tonige Hochflutlehm fehlt, muß also vor der Bildung dieses Systems zur Ablagerung gekommen sein.

Die Deckschichten der jüngeren MS 11/1 und 11/2 sind im Durchschnitt mächtiger als die der älteren MS (5–7). Sie sind jedoch wesentlich tonärmer und schluffreicher. Makroskopisch ist selten ein Humusgehalt festzustellen. Die Profile sind durchweg kalkhaltig bis stark kalkhaltig. Durch die landwirtschaftliche Nutzung wurde – wie auch auf den älteren MS – das ursprüngliche Relief stark ausgeglichen. In dem Auenwaldrest im Gewann „Im flachen Wert“ ist noch der ursprüngliche Wechsel von Rinnen und Rücken zu sehen. Hier wechseln Auengleye in den Rinnen mit Kalkhaltigen Braunen Auenböden auf den Rücken (Prof. 6 und Tab. 6). Die Einebnung des Reliefs in den jungen, landwirtschaftlich genutzten Gebieten (kolluviale Überdeckung bzw. Erosion) ist im Bodenprofil nicht zu erkennen, zumal diese jungen Gebiete ohnedies aus unterschiedlichen Sedimenten aufgebaut sind.

Prof. 6: Kalkhaltiger Brauner Auenboden-Auengleye aus jungen Hochflutsedimenten; ursprüngliches Relief des MS 11/1; Wechsel von Rinnen und Rücken, Auenwald; Biebesheimer Gemeindegewald, Gemarkung „Im flachen Wert“ ca. 2 km SW Biebesheim, 87,5 m ü. NN, R 345940 H 551516;

0– 10	Ah	uL, graubraun (10 YR 3/3), Krümelgefüge, kalkhaltig, stark durchwurzelt
10– 50	aM	uL, mittelbraun (10 YR 4/4), Krümelgefüge, humos, kalkhaltig, mäßig durchwurzelt
50– 80	IIaMGo	sU, hellbraun/schwarzbraun (10 YR 4/4), kalkhaltig, mäßig durchwurzelt
80– 90	IIIC	mS, grau (10 YR 4/2), kalkhaltig, unterschiedlich mächtig
90–100	IVGo	slU, hellbraungefleckt (2,5 Y 4/4), stark kalkhaltig, durchwurzelt, mit weißen Schmitzen
100–110	VCGo	u'fS, grauschwarz (2,5 Y 6/2), kalkhaltig, durchwurzelt, schrägschichtet
110–120	VIaMGo	ulS, hellbraungefleckt (2,5 Y 4/4), stark kalkhaltig
120–150+	VIIICGo	mS–gS, dunkelgrau (10 YR 3/2), kalkhaltig

Im jüngsten, vom Rhein gebildeten Bereich, kommt der Kies bis nahe unter die Oberfläche. Auch hier sorgt das Relief für eine Differenzierung in Auengleye und Kalkhaltige Braune Auenböden. Im Uferbereich des Gleithanges ist ein Auenkarbonatrohboden aus Kies vertreten.

Tab. 6. Chemische und physikalische Analysendaten, Profil 6

		Ah	aM	IlaMGo	IIIC	IVGo	VCGo	VIaMGo
pH	%	7.3	7.4	7.6	7.9	7.5	7.8	7.4
CaCO ₃	%	18.1	20.1	24.5	15.2	27.2	20.6	26.9
org. Subst.	%	2.71	1.57	0.50	0.09	0.50	0.17	0.48
Fe _o	%	0.19	0.21	0.11	0.04	0.11	0.07	0.12
Fe _d	%	0.90	0.91	0.49	0.16	0.50	0.25	0.48
Akt. Grad		0.21	0.23	0.22	0.25	0.22	0.28	0.25
Mn _o	%	0.004	0.005	0.002	0.000	0.002	0.001	0.002
Mn _d	%	0.005	0.005	0.003	0.001	0.003	0.001	0.003
P _t	%	0.16	0.15	0.10	0.05	0.08	0.07	0.09
N _t	%	0.21	0.12	0.04	0.01	0.04	0.02	0.04
C/N		7.5	7.3	7.3	5.2	7.3	4.9	7.0
C/P		22.5	13.9	6.7	2.3	8.3	3.3	7.1
P _{CAL}	mg/100 g	3.8	2.0	1.9	1.5	1.7	1.7	1.6
K _{CAL}	mg/100 g	14.0	11.2	10.0	6.8	6.8	5.8	7.2
Na	mmol/z. 100 g	0.05	0.08	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02
K	mmol/z. 100 g	0.26	0.22	0.09	0.04	0.09	0.05	0.10
Mg	mmol/z. 100 g	2.32	2.32	1.05	0.31	1.63	0.79	1.60
Ca	mmol/z. 100 g	20.47	18.48	7.54	2.18	8.10	3.47	8.37
S = T		23.10	21.10	8.70	2.54	9.89	4.32	10.09
H = 0								
V = 100								
gS	2 - 0.6 mm	0.5	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.9
mS	- 0.2 mm	2.7	0.7	0.8	58.4	1.7	14.5	3.2
fS	- 0.06 mm	9.3	7.3	32.3	34.2	27.9	70.0	38.0
gU	- 0.02 mm	24.5	21.6	40.8	2.9	29.7	8.4	27.4
mU	- 0.006 mm	23.5	24.2	10.8	1.2	23.3	2.2	12.3
fU	- 0.002 mm	19.8	20.4	7.7	1.2	7.7	2.0	8.4
T	< 0.002 mm	19.7	25.7	7.3	2.3	9.5	2.8	9.8

6. Ergebnisse und Diskussion

Der im Gelände postulierte Korngrößenunterschied zwischen rotbraunen sandigen und dunkelbraunen lehmigen Bt-Horizonten konnte im Labor nicht in der Weise bestätigt werden, wie er sich im Gelände darstellte. Die dunkelbraunen Bt-Horizonte weisen ebenfalls einen erheblichen Sandanteil auf. Im Unterschied zu den rotbraunen Bt-Horizonten sind die dunkelbraunen Bt-Horizonte schluff- und häufig auch feinsandreicher, so daß die in der Matrix der rotbraunen Bt-Horizonte vorhandene Polarisierung der Korngröße Sand und Ton nicht vorhanden ist. Dieser Umstand, sowie die steife Konsistenz dürften zur Unterschlagung des Sandanteils in der Fingerprobe geführt haben.

Alle Horizonte außer den Al-, Bt- und einigen yM-Horizonten des Hochgestades sind kalkhaltig, wenngleich verschieden stark. So hat Profil 5 gegenüber Profil 6 durchweg einen geringeren Kalkgehalt. In den Profilen des Hochgestades setzt der Kalkgehalt i. d. R. mit dem Rheinweißhorizont ein.

Die Profile des Hochgestades haben durchweg einen geringen Humusgehalt. Deutlich höhere Werte als die übrigen Horizonte zeigen die Ap- und yM-Horizonte. Sie sind mit ca. 1% organischer Substanz jedoch nur schwach humos. Aus diesem Rahmen fällt abermals der dunkelbraune Bt-Horizont heraus (vgl. Tab. 1). Er weist sogar einen geringfügig höheren Humusgehalt aus als das ihn überlagernde Kolluvium. Die beiden Rheinaue-Profile zeigen typisch sedimentär bedingte Humusverteilungen, die in Bezug zur Korngröße stehen.

Gesamtphosphor und -Stickstoff liegen etwa in derselben Größenordnung vor, wobei die Profile der Rheinaue höhere Gehalte aufweisen als die Profile des Hochgestades. Die Werte nehmen von oben nach unten etwa in der Reihenfolge Ah/Ap>Al/M>Bt> sandige Horizonte ab. Ausnahmen bilden Prof. 5 sowie erneut der dunkelbraune Bt-Horizont von Prof. 1, der denselben Gehalt an Gesamtphosphor und -Stickstoff aufweist wie das überlagerte Kolluvium. Mit den Verhältnissen C/P und C/N verhält es sich ähnlich. Sie zeigen durchweg gute Mineralisierung an.

Die pflanzenverfügbaren P und K-Werte lassen deutlich den Einfluß der Düngung erkennen. Außerdem ist erkennbar, daß Phosphor in Rheinweißhorizonten als Calciumphosphat festgelegt wird. Die Böden sind mit P_2O_5 schwach, mit K_2O schwach bis mittel versorgt, die Ap-Horizonte sind teilweise mit Kali überdüngt.

Die T-Werte der Profile dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, daß der größte Teil der Austauschplätze von Ca-Ionen besetzt ist. Die geringsten Werte haben Na und K. Die V-Werte der untersuchten Horizonte betragen stets 100.

Die Verteilung der Schwerminerale im Bodenprofil, sowie das Vorkommen bestimmter Mineralassoziationen geben Anhaltspunkte zur Alterseinstufung der Sedimente. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei dem Auftreten von LBT geschenkt. Diejenigen Horizonte der Böden des Hochgestades, die einen Schluffanteil von mehr als 10% aufweisen, haben in der Regel LBT-Minerale im Schwermineralspektrum. In Tab. 7 sind die Schwermineralspektren ausgesuchter Horizonte aufgeführt. Die Untersuchung von Musterprofilen ergab, daß die rotbraunen Bt-Horizonte stets LBT-frei sind, die dunkelbraunen Bt-Horizonte dagegen in geringem Maß LBT enthalten.

Die Möglichkeit der Entkalkung, Verbraunung, Verlehmung und Tonverlagerung bestand ausschließlich auf dem Hochgestade. Die dort verbreiteten Reliktgley-Parabraunerden sind aus Hochflutlehm, die die Niederterrasse bedecken, entstanden. Durch die jahrhundertelange intensive Nutzung sind die Al-Horizonte jedoch zumeist schon erodiert und in Ackerbergen zusammengepflügt worden, so daß Al-Horizonte der Parabraunerden nur noch sehr selten zu finden sind. Die höheren Schluffgehalte der Ap-Horizonte erodierter Profile deuten darauf hin, daß ein Teil der Al-Horizonte in den Ap-Horizonten, die oft 30 cm mächtig sind, aufgegangen ist. Ap-, Al- und yM-Horizonte sind bodenartlich ähnlich. Sie variieren vom stark sandigen Lehm bis sandig tonigem Lehm.

Aus den kolluvialen Überdeckungen konnte an keiner Stelle eine Tonverlagerung in die unterlagernden erodierten Reliktgley-Parabraunerden festgestellt werden (vgl. Prof. 1), zumal die yM-Horizonte meist im pH-Bereich um 7 liegen, in dem keine Tonverlagerung stattfindet.

KUPFAHL (1972:157ff) bezeichnet den „rotbraunen Horizont“ als einen durch Stoffzuwanderung stark überprägten Verwitterungsboden. Er soll aus einem Hochflutlehm entstanden sein, der den in der jüngeren Tundrenzzeit verblasenen und später umgelagerten Flugsand nach oben abschließt. Wenngleich die Ansprache als Bodenbildung bestätigt

Tab. 7. Schwermineralspektren ausgesuchter Horizonte der Hochgestade-Profile

Profil/Horizont	Gew. % SM an der Feinsandfraktion	Opake	br. Hornblende			Epidot	Zoisit	Granat	gn. Hornblende	Turmalin	Zirkon	Rutil	Staurolith	Sillimanit	Klinohumit	Apatit	Disthen	Andalusit	Brookit	Glaukophan	Bemerkungen
1/SyM	0.9	37.4	3.4	0.9	2.2	13.9	3.7	51.7	10.5	3.7	1.2	0.6	1.9		1.2	1.5				0.3	LBT
1/II fGo-Bt	1.0	54.9	1.5	0.5	1.4	27.2	1.0	46.6	8.3	1.9	1.0	3.5	1.9		3.9	0.5					LBT
1/III fGoc	1.0	54.5	0	0.9	1.8	12.3	1.3	52.0	17.6	4.4	0.9	0.9	3.1		1.3	1.8	0.4		0.4		ziemlich verwittert
2/ AI	0.7	48.1	6.1	2.5	4.5	20.9	2.5	38.9	9.0	5.7	1.6	0.8	1.6		3.3	1.2				1.2	LBT
2/II fGo-Bt	0.8	49.7	0.7	0.3	2.5	32.3	5.1	39.6	8.2	5.2	1.4	0.7	1.7		0.7	1.0				0.3	
3/ fGo-SwAl	1.3	36.6	3.5	0.6	1.7	20.9	2.0	57.1	3.2	3.8	1.2	0.6	2.9		0.9	1.7					LBT
3/II fGo-SdBt	1.2	39.2	0	0.8	1.2	24.1	0.8	57.7	6.7	1.2	0.8	0.8	0.8			5.1					
4/ yM	0.7	39.7	4.8	3.1	1.7	28.4	2.6	43.5	6.0	4.0	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	3.4					LBT
4/II fGoc	0.9	48.5	1.5	1.2	1.5	23.5	1.9	43.8	10.4	4.2	1.2	0.4	1.9	0.4	0.8	7.3	0.4				?LBT
4/III BtfGoc	2.6	40.5	0	0	0	12.8	1.5	70.3	5.6	2.6	2.6	1.5	1.0		1.0	0.5		0.5			

werden kann, muß doch die zeitliche Einordnung aufgrund der schwermineralogischen Ergebnisse abgelehnt werden (vgl. Tab. 7).

SCHARPF (1977:37) bezeichnet den Horizont als Bt-Horizont einer Parabraunerde, wobei das nahezu völlige Fehlen des Schluffanteils weniger für dessen schichthafte Ablagerung als Hochflutlehm spricht als vielmehr für eine Bt-Bildung, die z. T. auch über Grenzen zwischen Sand- und Kieslagen diskordant hinweggreift.

Der von SCHARPF festgestellte fehlende Schluffanteil wird auch in den rotbraunen Bt-Horizonten auf Blatt Gernsheim beobachtet. Entweder war die chemische Pedogenese im Gegensatz zu den übrigen Sedimenten besonders stark wirksam, oder die unterschiedliche petrographische Sedimentzusammensetzung führte bei gleichen bodenbildenden Bedingungen zu unterschiedlicher Ausprägung der Bodenhorizonte.

HOFFMANN & KRZYŻANOWSKI (1984) fanden neben dunkelbraunen Bt-Horizonten im Bereich des Neckaraltlaufs auch rotbraune tonige Sande als Abschluß einer sandig-kiesigen Schichtfolge über Laacher-Bimstuff-Vorkommen. In den Deckschichten sind ebenfalls pseudovergleyte Gley-Parabraunerden entstanden. Wie die rotbraunen tonigen Sande in eine stratigraphische Position über dem LBT gelangt sind, kann hier noch nicht beurteilt werden. Die eigenen Untersuchungsergebnisse sprechen jedenfalls für eine prämittelalter-rödzeitliche Ablagerung. Dagegen kann das Ausgangssubstrat der dunkelbraunen Bt-Horizonte durchaus postmittelalterrödzeitlich abgelagert worden sein, wie die LBT-Komponente vermuten läßt.

Die Sedimente der holozänen Mäandersysteme sind alle noch kalkhaltig, so daß Bodenbildung im Sinne von Verbraunung und Verlehmung nicht stattfinden konnte. Es existieren nur Böden, für die der vorhandene Kalkgehalt keine Rolle spielt. Bei hohem Grundwasserstand sind das vorwiegend hydromorphe Böden, sonst kalkhaltige Braune Auenböden und örtlich Auenpararendzinen.

7. Schriftenverzeichnis

- ANDERLE, H.-J. (1968): Die Mächtigkeit der sandig-kiesigen Sedimente des Quartärs im nördlichen Oberrhein-Graben und der östlichen Untermainebene. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 185–196, Taf. 8; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1969): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 6217 Zwingenberg, 60 S., 21 Tab., 21 Textprof.; Wiesbaden.
- BARTZ, J. (1974): Die Mächtigkeit des Quartärs im Oberrheingraben. – in: ILLIES, J. H., & FUCHS, K. (1974) Approaches to Taphrogenesis. – 650 S., 224 Abb., 13 Tab., 12 Faltkt.; Stuttgart (Schweizerbart).
- BECKER, E. (1965): Stratigraphische und bodenkundliche Untersuchungen an jungpleistozänen und holozänen Ablagerungen im nördlichen Oberrheingraben. – Diss. Univ. Frankfurt a. M., 157 S., 28 Abb., 43 Tab., 1 Kt.; Frankfurt a. M.
- (1967): Zur stratigraphischen Gliederung der jungpleistozänen Sedimente im nördlichen Oberrheingraben. – *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **18**: 5–50, 13 Abb., 9 Tab., 1 Kt.; Öhringen.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Land Hessen, Erg. Heft Rhein- und Weseranteil, Abflußjahr 1975. – Kassel (Grothus) 1978.
- Gernsheimer Heimatbuch (1981): Stadt Gernsheim 1356–1981. Beiträge zur Geschichte, Kunst, Kultur, Natur und Wirtschaft, 648 S.; Magistrat der Stadt Gernsheim.
- GREINERT, U., & HELD, H. (1984): Geoökologische Auswirkungen des Kleinreliefs im Hessischen Ried im Bereich der Neckaraltläufe bei Zwingenberg a. d. Bergstraße. – *Rhein-Mainische Forsch.*, **99**: 9–66, 16 Abb.; Frankfurt a. M..

- HERZBERG, A. (1962): Ursachen und Auswirkungen der Veränderungen im Wasserhaushalt des hessischen Rieds.-Inaug. Diss., 211 S., 28 Abb., 21 Anl.; Frankfurt a. M.
- HOFFMANN, J., & KRZYZANOWSKI, J. (1984): Laacher-Bimstuf-Vorkommen im Bereich des ehemaligen Neckarlaufes bei Zwingenberg (Bergstraße). – Geol. Jb. Hessen, **112**: 77–81, 2 Abb.; Wiesbaden.
- ILLIES, J. H., & FUCHS, K. (1974): Approaches to Taphrogenesis. – 460 S., 224 Abb., 13 Tab., 12 Faltkt.; Stuttgart (Schweizerbart).
- KUPFAHL, H.-G., & MEISL, S., & KÜMMERLE, E. (1972): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 6217 Zwingenberg, 2. Aufl., 276 S., 67 Abb., 48 Tab.; Wiesbaden.
- MANGOLD, A. (1892): Die alten Neckarbetten in der Rheinebene. – Abh. Großherzogl. Hess. geol. L.-Anst., **II,2**: 57–114, 1 Kt., 2 Taf.; Darmstadt.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1954): Munsell Color Co., Baltimore 18; Maryland, USA.
- PLASS, W. (1972): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 5917 Kelsterbach, 206 S., 40 Tab., 41 Prof., Wiesbaden.
- (1980): Böden. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25000 Blatt Nr. 5917 Kelsterbach, 117–134; Wiesbaden.
- (1981): Neuere quartärgeologisch-bodenkundliche Erkenntnisse und deren Auswirkungen auf das Ökosystem Wald. – Vorträge Tag. AFSV, **8. Folge**: 21–63, 27 Abb.; Recklinghausen (Selbstverlag).
- ROTHSCHILD, S. (1936): Zur Geschichte der Moore und Wälder im Nordteil der Oberrheinischen Tiefebene. – Beih. bot. Centralbl., **54**: 140–185; Dresden.
- SCHARPFF, H.-J. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 6316 Worms, 282 S., 42 Abb., 5 Tab.; Wiesbaden.
- SCHÄFER, W. (1978): Der Oberrhein, ökotechnisch gesehen. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **2**, 34 S.; Frankfurt a. M..
- SCHNEER, H.-D. (1978): Gliederung und Aufbau der Niederterrasse von Rhein und Main im nördlichen Oberrheingraben. – Geol. Jb. Hessen, **106**: 273–289, 4 Abb.; Wiesbaden.
- SCHÖNHALS, E. (1954): Die Böden Hessens und ihre Nutzung. – Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **2**: 1–288, 25 Abb., 60 Tab., 15 Taf.; Wiesbaden.
- (1974): Die Böden des Rhein-Neckar-Gebietes, ihre Veränderung durch Eingriffe des Menschen und ihre Erhaltung und Verbesserung. – Veröff. Akad. Raumforsch. Landespl., **81**: 127–185; Hannover.
- SCHRÖDER, D. (1979): Bodenentwicklung in spätpleistozänen und holozänen Hochflutlehmen des Niederrheins. – Habil.-Schrift, 296 S.; Bonn.
- SEITZ, R., & OEHMANN, B., & FETZER, F. (1977): Klima des nördlichen Rheingrabens und seines Rahmens. – Heidelberger Geogr. Abh., **47**: 23–50; Heidelberg.
- SEMMELE, A. (1984): Geomorphologie der BRD. – Geogr. Z. Beih., **30**, 4. Aufl., 192 S., 57 Abb.; Wiesbaden (Steiner).
- WOLLERSEN, T. (1982): Zur Boden- und Sedimententwicklung in spätpleistozänen und holozänen Hochflutlehmen von Rhein und Neckar im nördlichen Oberrheingraben. – Diss. Univ., Bonn, 260 S.; Bonn.

Manuskript eingegangen am 18. 3. 1988

Der Bergrutsch am Nordhang der Hörne bei Bad Sooden-Allendorf (Nordhessen) am 21. 7. 1985

Von

FRANZ RÖSING & BERNWARD WENZEL

Kurzfassung: Am Beispiel einer Rutschung, die nach eigenen Beobachtungen am 21. 7. 1985 am Nordhang der Hörne, begann, wurden die Bewegungsvorgänge unmittelbar nach Beginn der Rutschbewegungen sowie auch später beobachtet und untersucht.

Dabei spiegelt sich das Zusammenwirken einer Vielzahl von rutschungsauslösenden Faktoren wider. Neben der Auslaugung von Rötgips (Oberer Buntsandstein) sind insbesondere die morphologischen, morphogenetischen und geologischen Verhältnisse sowie vor allem außergewöhnliche Witterungsbedingungen zu erwähnen.

Die Rutschung an der Hörne setzt sich aus einer Fallbewegung im oberen Teil der Mittleren Bewegungszone und einer Gleit- bzw. Fließbewegung im unteren Teil der Mittleren Bewegungszone und dem Rutschfuß zusammen.

Abstract: A landslide which took place on the 21. 7. 1985 at the northern slope of the Hörne, yielded the unique possibility to study processes causing mass movements. The different stages of mass movements have been recorded and analysed in detail directly after the beginning of the movements and later on.

From this detailed investigation, several main factors controlling the mass movements can be distinguished. Besides the leaching of the Rötgyptsum (Upper Bunter), morphological, geological and – especially – extraordinary atmospheric conditions were important. The landslide of the Hörne consists of a fall movement in the upper part of the “Mittlere Bewegungszone” and a slide/flow movement in the lower part of the “Mittlere Bewegungszone” and the “Rutschungsfuß”.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	238
2. Geologie und Relief	238
2.1. Stratigraphie und Lagerungsverhältnisse	238
2.2. Relief	240
3. Bewegungsvorgänge	240
3.1. Situation vor dem Einsetzen der Rutschung	240
3.2. Bewegungsablauf vom 21. 7. bis zum 28. 7. 1985	240

* Dr. F. RÖSING, Helmholtzstraße 35, 6200 Wiesbaden. Dipl.-Geol. B. WENZEL, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Diezstraße 15, 6300 Gießen.

3.3. Situation im Oktober 1985.	241
3.4. Situation im Oktober 1986.	243
4. Bestimmung bodenmechanischer Kennwerte	244
5. Kluftsysteme in den Röt- und Muschelkalkgesteinen.	247
6. Witterungseinflüsse	248
7. Ursachen der Rutschung	248
8. Schriftenverzeichnis	250

1. Einleitung

Bergstürze und Rutschungen sind an der Röt/Muschelkalkgrenze in Nordhessen vornehmlich in der „Hessischen Schweiz“, also zwischen Bad Sooden-Allendorf und Treffurt weit verbreitet. Während pleistozäne und holozäne Bewegungen außerordentlich zahlreich sind, treten rezente Rutschungen, die nach ACKERMANN (1958) nicht älter als 100 Jahre sind, selten auf.

Der im folgenden beschriebene Berggrutsch liegt auf Blatt Nr. 4726 Grebendorf (R: 35 72 10, H: 56 80 20) am Nordhang der Hörne. Die Rutschung setzte am 21. 7. 1985 ein und konnte von den Verfassern zufällig, offensichtlich aber schon wenige Stunden nach Beginn, beobachtet und in der Folgezeit im Detail untersucht werden.

2. Geologie und Relief

2.1. Stratigraphie und Lagerungsverhältnisse

Den Sockel des Rutschgebietes bilden Gesteine des Unteren und Mittleren Buntsandsteins. Den höchsten Mittleren Buntsandstein bauen die etwa 20 m mächtigen Sandsteine der Solling-Folge auf, die von den 90–110 m mächtigen, vorwiegend tonig-salinaren Sedimenten der Röt-Folge überlagert werden (s. Abb. 1).

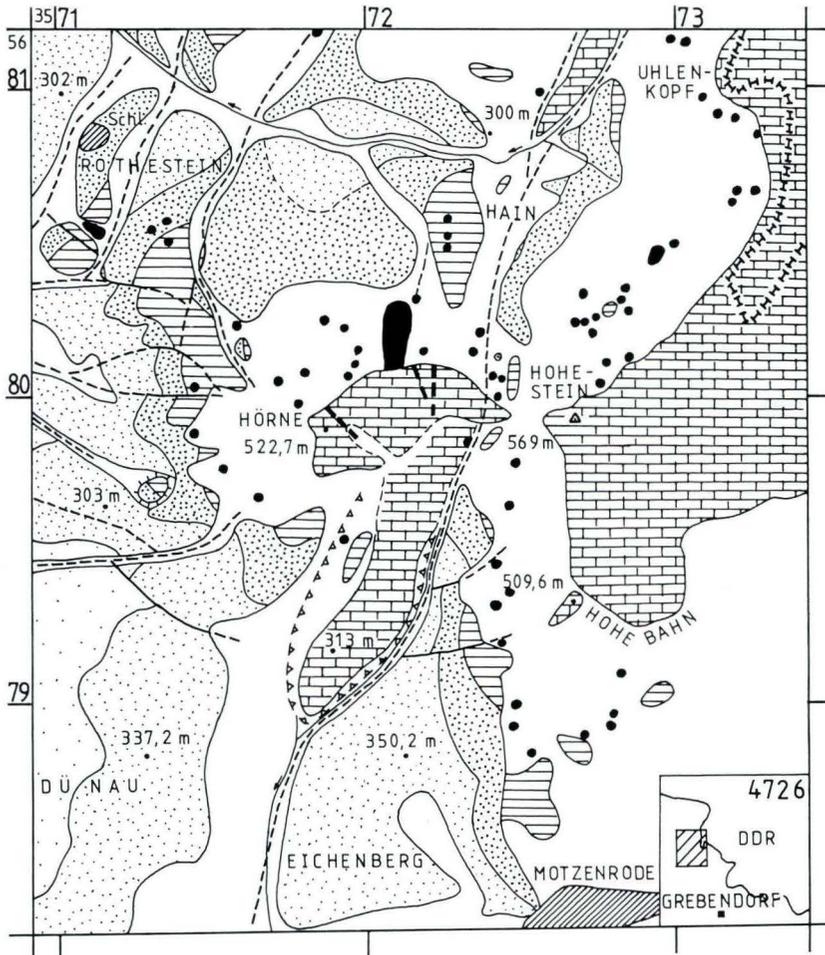
Stratigraphische Gliederung an der Hörne

ca. 110 m	Kalk- und Kalkmergelsteine des Unteren Muschelkalks (mu)
5–7 m	Ton-Mergelsteine im Wechsel mit Dolomitsteinen; im Hangenteil zwischengelagert Kalksteine (Myophorienschichten, Röt 4)
ca. 30 m	Ton- und Mergelsteine im Wechsel mit mehreren Knollengipslagen und Dolomitsteinen (Röt 3 b)
ca. 20 m	Tonsteine, polygonal bröckelig, vereinzelt Gipssteinlagen (Röt 3a)
ca. 20 m	Ton-Mergelsteine im Wechsel mit Sand- und Dolomitsteinen, z. T. oolithisch; im oberen Teil Gipssteinlagen und Knollengipse (Röt 2a)
20–30 m	Gipssteine im Wechsel mit Ton- und Mergelsteinen (Röt 1)
5–20 m	Sandsteine der Solling-Folge (sm S)

Die Kalksteine des Unteren Muschelkalks der Hörne bilden eine nach S abtauchende Mulde.



Abb. 1. Geologische Übersicht von Blatt Nr. 4726 Grebendorf (aufgenommen von B. WENZEL, 1984–1986).



- | | | | |
|---|---|---|-------------------------------|
|  | Quartär |  | Schichtgrenze, vermutet |
|  | Rutschgebiet |  | Störung, vermutet |
|  | Unterer Muschelkalk |  | abgerutschte Schollen |
|  | Röt - Folge (Oberer Buntsandstein) |  | Subrosionssenke, nachgewiesen |
|  | Solling - Folge (Mittlerer Buntsandstein) |  | Erdfall |
|  | Mittlerer Buntsandstein |  | "Kluftzonen" |
|  | Unterer Buntsandstein | | |

Im Westteil beträgt das Einfallen 15° bis 30° SE, im Ostabschnitt etwa 15° SW. Am Ostrand der Hörne sind die Gesteine des Unteren Muschelkalks entlang einer etwa 10° streichenden Störung gegenüber denen des E gelegenen Hohesteins (569 m ü. NN) um etwa 65 m abgesunken. An dieser weit aushaltenden Störung ist S der Hörne Unterer Muschelkalk infolge von Zechsteinsalinar-Auslaugung in jüngerer Zeit eingebrochen (s. Abb. 1).

2.2. Relief

Das nach S abtauchende Muschelkalkplateau der Hörne ist demnach nur am Nordrand als Wellenkalktrauf ausgebildet, während es nach S allmählich in pleistozäne und holozäne Rutschkörper übergeht. Die beiden deutlich zu erkennenden „Kluftzonen“ auf der Hochfläche der Hörne (s. Abb. 1) sind eindeutig auf das allmähliche Auseinanderbrechen des gesamten Muschelkalkplateaus zurückzuführen. Im Westteil sind an der NW – SE verlaufenden Kluftzone auf etwa 100 m Länge dolinenartige Vertiefungen aneinandergereiht, insgesamt im N nicht breiter als 4–5 m.

3. Bewegungsvorgänge

3.1. Situation vor dem Einsetzen der Rutschung

Der Nordhang der Hörne wird von mächtigen pleistozänen und holozänen Rutschmassen überdeckt, die z. T. bis in das Niveau der Solling-Folge hinabreichen. Lediglich das jetzige Rutschgebiet war nur von geringmächtigen Fließerden aus kleinstückigen Kalksteinen überdeckt. Hier stieg von der Grenze Solling-/Röt-Folge der Hang unvermittelt steil an. Am Fuß des Geländeknicks war bereits Ende 1984 ein ca. 30 m breiter, aus Röt-Material bestehender Rutschkörper vorhanden, dessen basaler Teil stark durchfeuchtet und weiter oberhalb von mehreren Abrißkanten durchzogen war. Weiter hangaufwärts schlossen sich wellig-buckelige Solifluktionsschuttdecken an, die bis über die Röt-Muschelkalkgrenze hinaufreichten.

Vom Niveau der Oolith-Zone bis zur Muschelkalkbasis waren vor dem 21. 7. 1985 schon deutlich erkennbare, 20–30 m lange und 1 bis 3 m breite Zerrspalten vorhanden, die mehr oder weniger parallel zum Hang, vereinzelt winkelig oder senkrecht angelegt waren. Einzelne Schollen waren treppenartig bis 1 m gegeneinander versetzt.

3.2. Bewegungsablauf vom 21. 7. bis zum 28. 7. 1985

Die stärksten Bewegungen müssen nach unseren Beobachtungen gegen 12 Uhr mit dem plötzlichen Abstürzen größerer Muschelkalkschollen eingesetzt haben, wobei eine ca. 20 m hohe Abrißwand entstand. Infolge der veränderten Stabilitätsverhältnisse setzten sich nachfolgend die im Mittelhang befindlichen Röt- und Muschelkalkmassen in Bewegung (Gleit- und Fließbewegungen nach KLENGEL & PASEK 1974) und wälzten sich einige Meter pro Minute talabwärts, örtlich gebremst durch zahlreiche sich verkeilende und berstende

Buchenstämme. Etwa gegen 18 Uhr war die Rutschtätigkeit vorerst zum Stillstand gekommen. In den nächsten Tagen erfolgten noch größere Nachbewegungen.

Der Rutschkörper läßt sich in Anlehnung an KLENGEL & PASEK (1974) und PRINZ (1982) in drei Abschnitte gliedern:

Abrißgebiet

Mittlere Bewegungszone

Rutschungsfuß mit Rutschungsstirn.

Bei der Beschreibung des Rutschmaterials wird zwischen blockigem Kalksteinschutt und z. T. kleinstückigem Kalksteinschutt des Unteren Muschelkalks unterschieden. Blockiger Kalksteinschutt sind im Verband erhaltene Kalksteinblöcke von etwa 1–3 m³.

Ebenfalls in den ersten Tagen brachen aus der Abrißwand überhängende, mehrere m³ große Kalksteinblöcke nach.

Die Kalksteinschuttmassen bewegten sich im Westteil der Mittleren Bewegungszone etwa 4 Tage lang um max. 5 m nach NW. An ihrem Westrand brachen in den ersten Tagen immer wieder Schollen aus Röt- und untergeordnet Kalksteinschutt aus der steilen 4–5 m hohen Abrißkante nach. Dabei erweiterte sich der Rutschkörper nach W um ca. 4 m. In diesem Abschnitt sind auch zukünftig Abbrüche möglich; denn oberhalb der jetzigen Abrißkante haben sich parallel hierzu kleinere, halbkreisförmige Spalten aufgetan. Im östlichen Teil des Rutsches wanderte nach dem 21. 7. 1985 das Schuttmaterial nur noch geringfügig nach N und kam nach etwa 3 Tagen vorläufig zum Stillstand.

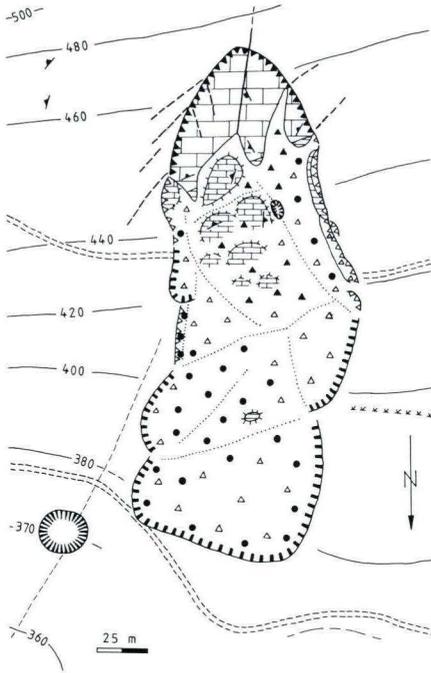
Rutschungsfuß und Rutschungsstirn bewegten sich während der ersten Woche nur noch im westlichen Abschnitt vorwärts, und zwar nicht mehr als 2 bis 3 m.

3.3. Situation im Oktober 1985

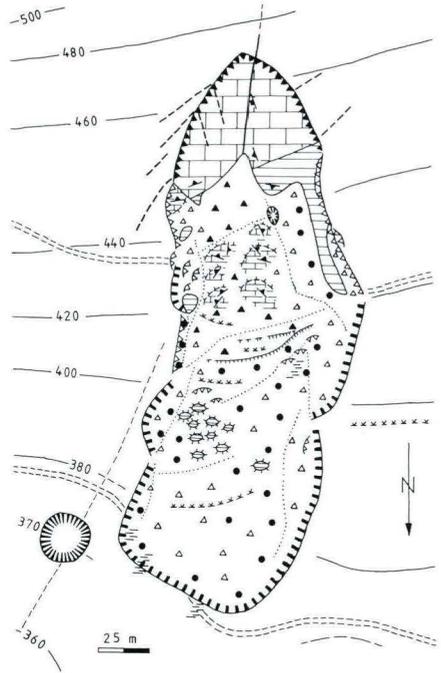
Der Rutschkörper mißt von der Rutschungsstirn bis zur oberen Abrißkante etwa 180–200 m. Die Breite am unteren Abriß beträgt ca. 80 m, in der Mittleren Bewegungszone und am Rutschungsfuß etwa 80–90 m (s. Abb. 2a).

Das Abrißgebiet bildet eine für viele Rutschungen an der Röt-/Muschelkalkgrenze typische halbkreisförmige Nische, die hier an einer tektonischen Kluft in einen westlichen und östlichen Abschnitt gegliedert ist. Im Ostteil ist die Felswand etwa 25 m hoch. Von ihr aus ziehen in die ungestörten Kalksteine mehrere markante Zerrspalten. Der abgerutschte blockige Kalksteinschutt ist im Westteil örtlich von Humus durchsetzt, was auf alte Spaltenfüllungen zurückzuführen ist. Der isolierte, ursprünglich aber noch im Verband erhaltene Kalksteinblock (10°/24° E) im unteren zentralen Teil des Abrißgebietes gehört dem Abrißgebiet an.

Die Mittlere Bewegungszone läßt sich in einen vornehmlich aus Kalksteinschutt aufgebauten oberen und einen durch Röt- und Kalksteinmaterial bestehenden unteren Teil gliedern. Eine deutliche Grenze zwischen beiden ist nicht vorhanden. Der obere Abschnitt ist gegen das Abrißgebiet durch eine rinnenartige Geländevertiefung (im E 1–1,5 m) getrennt, im W stärker vertieft, weiter im NW auslaufend. Der westlichen läuft im Ostteil eine weitere mehr oder weniger parallel. Der Kalksteinschutt ist im zentralen Teil lokal im Verband weitgehend erhalten. Die meist intern rotierten Blöcke lösen sich nach NW in blockigen bis kleinstückigen Kalksteinschutt auf. Der steile, 3–5 m hohe Westrand besteht



a: Situation im Oktober 1984



b: Situation im Oktober 1986

Abb. 2. Ingenieurgeologisch – morphologische Kartierung der Rutschung an der Hörne.

LEGENDE zu den Abb. 2, 4, 5, 6

-  Kalkstein (Unterer Muschelkalk)
-  Dolomit, Dedolomit (Myophorienschichten, so 4)
-  Ton-Mergelstein, Gipsstein (Röt-Folge)
-  Sandstein (Solling-Folge)

-  blockiger Kalksteinschutt
-  kleinstückiger Kalksteinschutt
-  "Rötschutt"

-  Unterer Muschelkalk im Verband (Kuppen)
-  Röt-Folge im Verband (Kuppen)

-  Hauptabriß
-  flache Abrisse
-  Rutschungsbegrenzung
-  Zerrspalten (gestrichelt: undeutlich)
-  Geländevertiefungen
-  Geländeknick
-  Geländekante
-  Erdfall
-  Feuchtstellen
-  Quelle
-  Schichtfläche
-  Kluft
-  Störung

aus kleinstückigem Kalksteinschutt. Im E begrenzt ein 1–2 m hoher „Kalksteinwall“ sowie eine sich N anschließende „Rutschfurche“ von 1 m Tiefe das Rutschgebiet. Der untere Abschnitt der Mittleren Bewegungszone ist in einen Ostteil, vorwiegend aus z. T. im Verband erhaltenen Röt-Gesteinen (Röt 3a und Röt 3b), aufgebaut. Der östliche Rutschrand ist etwa 2 bis 4 m hoch. Der westliche hingegen, aus kleinstückigem Muschelkalk- und Rötmaterial bestehend, ist zu einem 4–6 m mächtigen Wall aufgeschoben.

Der Rutschungsfuß ist durch eine Geländevertiefung deutlich gegen die Mittlere Bewegungszone abgegrenzt. Das die Rutschstirn wallförmig aufbauende scherbzig-bröckelige Röt-Material (Röt 2 und Röt 3) sowie kleinstückiger Kalkstein tauchen allseitig 3–4 m steil ab.

Feuchtstellen oder Wasseraustritte waren an der Rutschungsstirn nicht vorhanden.

3.4. Situation im Oktober 1986

Im März/April 1986 bewegten sich mit einsetzendem Tauwetter die inzwischen stark kompaktierten Rutschmassen des Abrißgebietes, der Mittleren Bewegungszone sowie des Rutschungsfußes (Kriech- und Fließbewegungen), während die seitlichen Randzonen der Mittleren Bewegungszone weitgehend stabil blieben (s. Abb. 2b). Bis zu 20 m vom westlichen und östlichen Rutschrand entfernt entstanden neue Geländevertiefungen, entlang derer sich die Rutschmassen hangabwärts bewegten.



Abb. 3. Im Verband erhaltene Rötschollen (Röt 3b) aus der Mittleren Bewegungszone.

Im Westteil des Abrißgebietes wurde die Grenze Röt/Muschelkalk freigelegt. Über den Rötgesteinen, die einen $50^\circ - 65^\circ$ steilen Hang bilden, standen Kalksteine des Unteren Muschelkalks an einer nahezu senkrechten Felswand an. Infolge ihres Überlagerungsdruckes und veränderter Hangstabilitäten wurden die Rötssedimente im Niveau der Myophorien-schichten nach N ausgequetscht.

In der Mittleren Bewegungszone hatten die Niederschlagswässer zahlreiche bis zu 4 m hohe Schollen (Röt 3b und Röt 3a) freigelegt (s. Abb. 3). Ihre absolute Absenkung beträgt etwa 30 m. Mehrere kleinere Abrisse lassen hier noch weitere Kriechbewegungen vermuten, unter anderem auch für den westlichen Teil der Mittleren Bewegungszone. Im Ostteil wurden hier Gesteine des Oberen Buntsandsteins freigelegt. In ihrem oberen Teil sind die abgerutschten ursprünglich noch im Verband erhaltenen Kalksteinschollen innerhalb eines Jahres stark auseinandergebrochen. Gegen den Rutschrand ist das Kerngebiet der Mittleren Bewegungszone durch stark ausgeprägte muldenartige Geländevertiefungen begrenzt (s. Abb. 5; Prof. VIII).

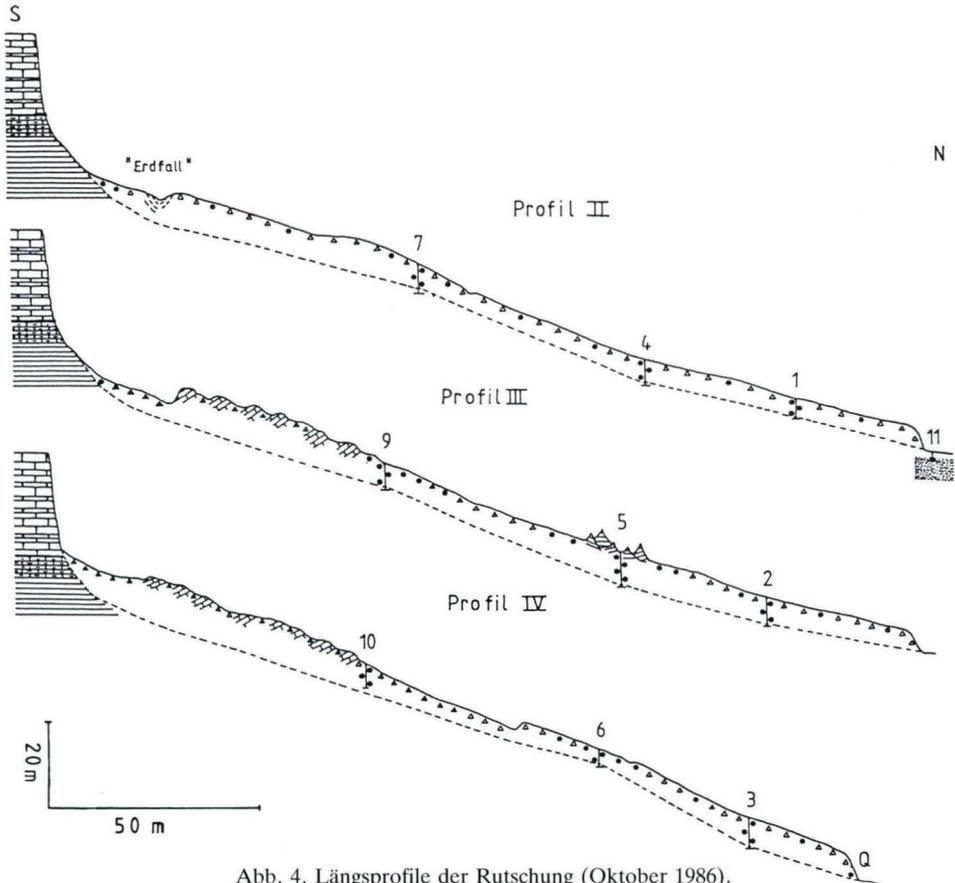


Abb. 4. Längsprofile der Rutschung (Oktober 1986).

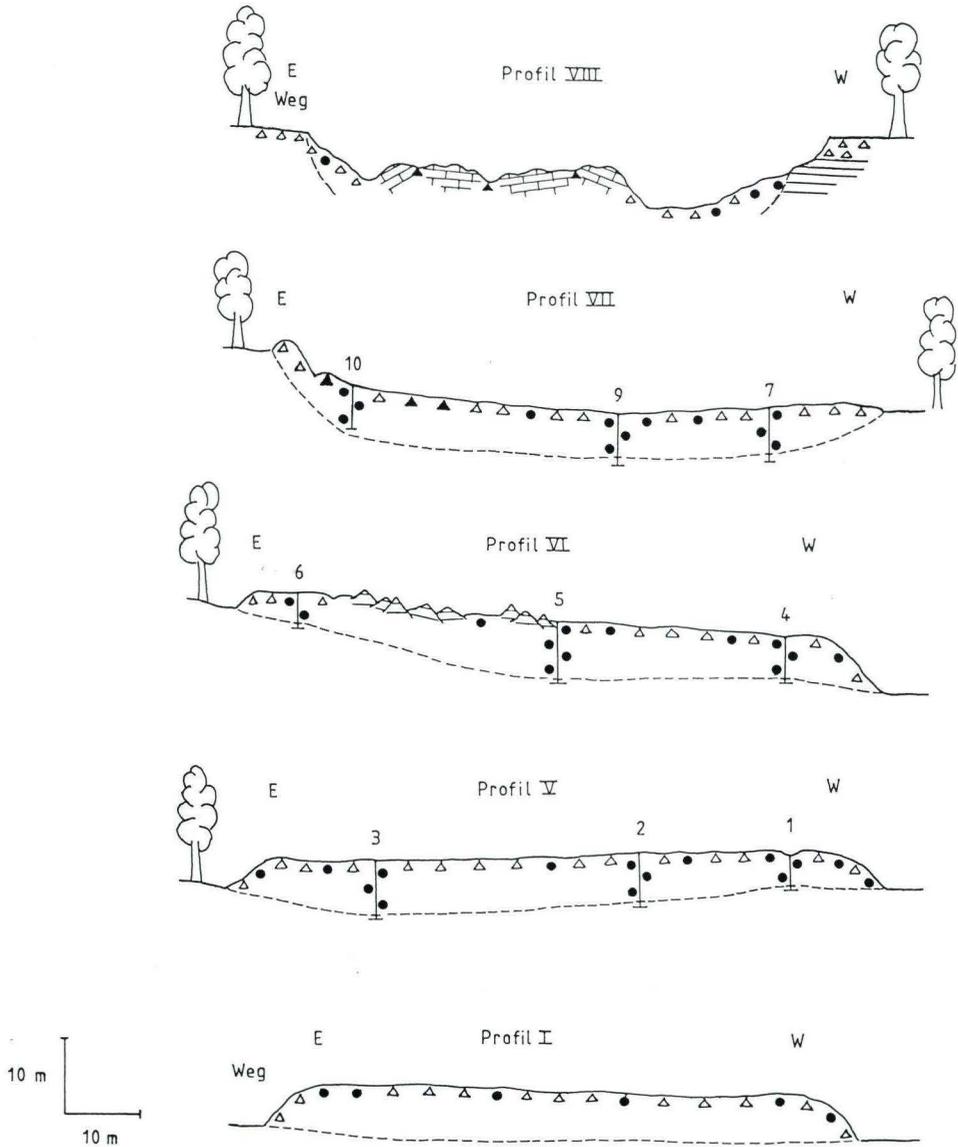


Abb. 5. Querprofile der Rutschung (Oktober 1986).

Am Rutschungsfuß wurde der im Herbst 1985 neu geschobene Waldweg von Ton-Mergelsteinen (Röt 2 und Röt 3a) sowie kleinstückigem Muschelkalk-Material erneut verschüttet. Die Rutschungstirn wanderte am nordöstlichen Rand um 5 m und am nordwestlichen Rand um etwa 25 m nach N. An drei Stellen der Rutschstirn tritt seitdem Wasser aus (Oktober 1986 ca. 0,5–1 l/sec). Möglicherweise haben die Rutschmassen nach einer langsamen Kompaktion das in ihnen gespeicherte Wasser allmählich abgegeben, werden aber durch erneute Niederschläge immer wieder gespeist.

Im Oktober 1986 wurde das Rutschareal vermessen und abgebohrt. Die entsprechenden Längs- und Querprofile sind in Abb. 4 und Abb. 5 dargestellt.

4. Bestimmung bodenmechanischer Kennwerte

Zur Klassifizierung des bodenmechanischen Verhaltens der Ton-Mergelsteine wurden am 25. 7. 1985 aus dem Röt 3b und dem Röt 4 mehrere gestörte Proben entnommen. Vom Röt 1 und Röt 2 lag kein beprobbares Material vor. Die Entnahmepunkte sind in Abb. 6 dargestellt. Die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze wurde an aufgearbeitetem (geknetetem) Material nach DIN 18 122 (Teil 1) durchgeführt.

	Probe	wl	wa	Ip	Ic	Konsistenz
Westrand	W1	34,0	21,7	12,3	0,79	steif
	W2	32,3	18,8	13,5	0,89	steif
	W7	32,8	20,9	11,8	1,02	halbfest
Rutschfurche	R1	35,5	20,9	14,5	1,03	halbfest
	R3	35,7	22,5	13,2	1,17	halbfest
Mittlere Bewegungszone	M1	35,9	22,3	13,6	1,36	halbfest
	M2	36,0	22,1	13,9	1,31	halbfest

Die Werte für die Fließ- und Ausrollgrenze sind relativ konstant. Sie entsprechen etwa den von ACKERMANN (1958) am Schickeberg und BRUNHOF (1983) in der Rhön ermittelten Werten. Aus dem Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE ist das Rötmaterial als mittel- bis leicht plastischer Ton anzusprechen. Die Wassergehalte wurden nach DIN 18 121 (Teil 1) bestimmt. Es ergaben sich folgende Werte:

		Mittelwerte (%)
Westrand		22,3
Westrand Dolomite	Röt 4	20,8
Tonsteine		15,5
Rutschfurche	Röt 3b	20,0
Mittlere Bewegungszone		17,5

Die Wassergehalte liegen zwischen 13% und 26%, wobei die geringsten Werte an grauen und roten, festen Ton- und Mergelsteinen der Mittleren Bewegungszone ermittelt wurden. Mit zunehmendem Alterationsgrad steigt der Wassergehalt bis auf 26% an, z. B. an einer Probe vom Westrand. Aus den Werten läßt sich ein größerer Wassergehalt der Proben vom

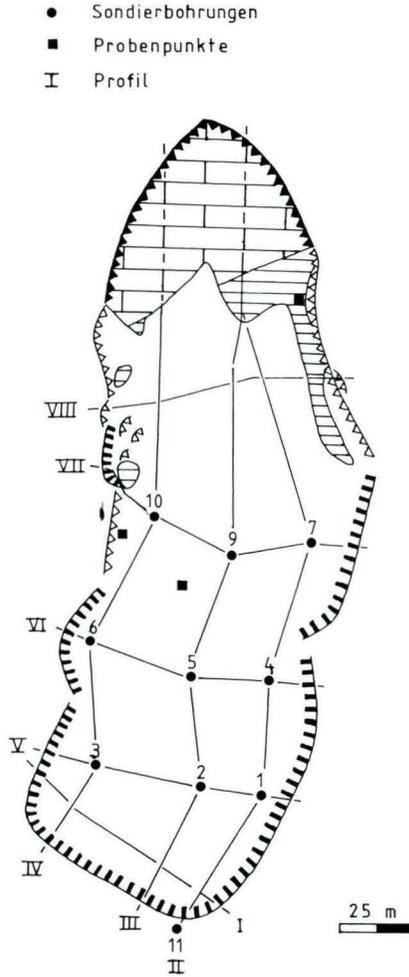


Abb. 6. Lage der Sondierbohrungen und Probenpunkte.

Westrand bzw. der Rutschfurche ableiten als in der Mittleren Bewegungszone. Insgesamt entsprechen sie weitgehend denen von FISCHER et al. (1975) und SCHUNK (1983). Die Wassergehalte lassen keine eindeutigen Rückschlüsse auf Instabilitäten zu.

5. Kluftsysteme in den Röt- und Muschelkalkgesteinen

Die Ton- und Mergelsteine des Rötts sind engständig geklüftet. Die Klüfte sind zwischen 2 und 10 cm lang und 2 und 8 cm hoch und teilweise mit Fasergips ausgefüllt. Bevorzugte Kluftflächen sind z. T. schichtparallele, glimmerreiche Lagen.

Das Kalksteinprofil an der Hörne läßt nach L. MÜLLER (1963) eine mitteldichte Klüftung erkennen. Es sind i. w. Verschiebungs-, untergeordnet Gleitungsklüfte, z. T. mit Harnischen versehen.

An der Abrißwand wurde das Trennflächengefüge aufgenommen (s. Abb. 7)

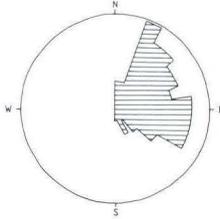


Abb. 7. Kluftdiagramm an der Abrißwand.

Die Streichwerte der Klüfte streuen stark, dennoch läßt sich ein 100° Klüftsystem und ein zweites senkrecht (20°) zu diesem erkennen. Die Schwankungen zwischen beiden Werten sind auf Bewegungsvorgänge der sich lösenden Schollen unmittelbar an der Abrißkante zurückzuführen. Das mehr oder weniger parallel zum Hang streichende Klüftsystem ist ausgeprägter als das senkrecht zu diesem angelegte.

Die tektonisch angelegte Kluft ($136^\circ/55^\circ$) im Mittelteil der Abrißwand ist mit einem stark mergeligem Material überzogen.

Die Zerrspalten weisen z. T. einen hohen Durchtrennungsgrad auf und verengen sich in der Regel nach unten, bedingt durch eine externe Rotation der einzelnen Kalksteinschollen.

6. Witterungseinflüsse

Um einen möglichen Einfluß der Witterungsverhältnisse auf das Rutschgeschehen abzuschätzen, wurden die Niederschlagsdaten der Station Eschwege analysiert. In dem relativ regenreichen Frühsommer 1985 liegen die Monatssummen der Niederschläge für die Monate Juni und Juli um 30% bzw. 17% über den langjährigen Mittelwerten. Im Juli begann es 3 Tage vor dem Hauptereignis zu regnen (21 mm). Die verstärkt anfallenden Niederschläge in den vorangegangenen Monaten konnten zwar rasch den Unteren Muschelkalk durchfließen, wurden aber auf den Ton-Mergelsteinen des Röt gestaut, was zur Plastifizierung der Ton- und Mergelsteine und zum Aufbau eines Porenwasserüberdruckes geführt hat. Die Gesteine des Röt sind nach Untersuchungen von BÜHMANN & RAMBOW (1979) im Röt 4 Smektit- und Corrensitreich, was neben Quellerscheinungen zur Herabsetzung der Scherfestigkeit führen kann.

7. Ursachen der Rutschung

Für die Rutschung am Nordhang der Hörne sind insbesondere die petrographische Ausbildung der an der Hörne anstehenden Schichten sowie deren Lagerungsverhältnisse und Auslaugungen von Bedeutung, ferner morphologische, geomechanische Faktoren sowie Witterungseinflüsse.

Die weitgehende randliche Ablaugung der mächtigen Gipssteine des tieferen Röt (Röt 1), insbesondere im Bereich der Rutschung, hat ein verkarstetes Residualgebirge hinterlassen, was sich verstärkend auf die morphogenetischen Prozesse (z. B. Hangversteilung) und die Anlage bzw. eine Verbreitung von Zerrspalten in den Kalksteinen des Unteren Muschelkalks ausgewirkt hat. Daß die Auslaugung von Rötgipsen noch nicht abgeschlossen ist, zeigt ein etwa 8 m Durchmesser aufweisender Erdfall NE der Rutschung. Dieser liegt auf einer 10° streichenden Störung (s. Abb. 1), deren Verlauf durch die Rutschmassen verdeckt wird. Einen indirekten Einfluß auf die Rutschung haben die Klüfte in den Kalksteinen des Unteren Muschelkalks. Sie bewirken eine Entfestigung des Gesteins bzw. eine Herabsetzung der Zugspannungen im kompakten Kalkgestein und tragen vor allem am Traufrand mit zur Bildung meist hangparallel verlaufender Zerrspalten bei. Damit sind die Voraussetzungen für ein allmähliches Ablösen oder ein plötzliches Abbrechen einzelner Kalksteinschollen geschaffen. Die Verbreitung der Zerrspalten an der Hörne ist auf den Nordhang beschränkt. Besonders deutlich ausgebildet waren diese im Kernbereich des heutigen Abrißgebietes.

Die Zerrspalten bedingen außerdem eine sehr gute Wasserwegsamkeit, so daß ein weitreichendes Karstsystem in den Kalksteinen des Unteren Muschelkalks entstehen kann, wie es besonders deutlich im Westteil des Hörneplateaus (Karstzonen) ausgeprägt ist. Darüber hinaus läßt sich ein kausaler Zusammenhang zwischen Lagerungsverhältnissen, hydrogeologischen Bedingungen und extremen Witterungsbedingungen an der Hörne erkennen. Das erwähnte generelle Schichteinfallen nach Süden ist dafür verantwortlich, daß am Nordhang kein auffälliger Quellhorizont an der Röt/Muschelkalkgrenze entwickelt ist. Die überdurchschnittlich hohen Niederschläge im Frühjahr 1985 führten vermutlich dazu, daß das vermehrt anfallende Wasser nicht schnell genug abfließen konnte. Es wurde an der Grenzfläche Röt/Muschelkalk gestaut, so daß sich ein Porenwasserüberdruck aufbauen konnte. Da die Kalksteine des Unteren Muschelkalks an der Hörne in Röt- und Muschelkalkfließerden „ingesunken“ sind, hat sich dieser Effekt wohl noch verstärkt.

Nach Vergleichen mit JOHNSON & KLENGEL (1973) wirkt sich der Wasserstau an der Röt/Muschelkalkgrenze vor allem negativ auf die Standfestigkeit der Ton-Mergelsteine aus. Auch ACKERMANN (1957) hat die Rutschung am Schickeberg (23. 6. 1956) mit extrem hohen Niederschlägen in Verbindung gebracht.

Der auslösende Faktor waren letzten Endes die extremen Niederschläge im Frühjahr 1985. Vorbereitende Phasen waren die noch rezent vor sich gehende Auslaugung von Rötgipsen und die damit verbundene Absenkung des Deckgebirges und deren Folgeerscheinungen.

Die Rutschmassen bewegen sich weiterhin auf den großen Erdfall am Nordostrand des Geländes zu.

Danksagung: Für die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit und die Durchsicht des Manuskriptes danken wir Prof. Dr. K. Knoblich.

8. Schriftenverzeichnis

- ACKERMANN, E (1958): Die Sturzfließung am Schickeberg südlich Eschwege. – (23. Juni 1956). – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**: 172–187; Wiesbaden.
- (1958): Bergstürze und Schuttströme an der Wellenkalk-Schichtstufe Mitteldeutschlands in Gegenwart und Vergangenheit. – Natur und Volk, **88 (4)**: 123–132; Frankfurt.
- (1959): Der Abtragungsmechanismus bei Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe. I. Bewegungsarten der Massenverlagerungen und morphologische Formen. II. Massenverlagerungen im Wechsel der klimatischen Veränderungen. – Z. f. Geomorphologie, N. F., **3**: 193–226 u. 283–304; Stuttgart.
- BÜHMANN, D., & RAMBOW, D. (1979): Der Obere Buntsandstein (Röt) bei Borken/Hessen, Stratigraphie und Tonmineralogie. – Geol. Jb. Hessen, **107**: 125–138, 1 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- BRUNHOF, W. (1983): Geomechanische Eigenschaften halbfester Tonsteine der Oberen Röt-Folge in der westlichen Kuppenrhön. – Diss. Univ. Kiel, 204 S.; Kiel.
- DIN 4022 (Teil 1) (1967): Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels, Schichtenverzeichnis für Untersuchungen und Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerntem Proben.
- DIN 18 121 (Teil 1) (1976): Wassergehalt; Bestimmung durch Ofentrocknung.
- DIN 18 122 (Teil 1) (1976): Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen); Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze.
- EINSELE, G., HEITFELD, K. H., LEMPP, CH., SCHETELIG, K. (1985): Auflockerung und Verwitterung in der Ingenieurgeologie: Übersicht, Feldansprache, Klassifikation (Verwitterungsprofile) – Einleitender Beitrag, in: HEITFELD, K. H. (1985): Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen, 2–24, 8 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo.
- FISCHER, P. et al. (1975): Ingenieurgeologische, bodenmechanische und geophysikalische Probleme beim Straßenbau im Bereich der Röt/Muschelkalkgrenze. – Z. f. angew. Geol., **21 (7)**: 332–336; Berlin.
- JOHNSON, G., & KLENGEL, J. (1972): Hangbewegungen an der Wellenkalktrauf Thüringens. – Wiss. Z. Hochsch. Verkehrs. „Friedrich List“, **19 (4)**: 1045–1053; Dresden.
- – (1973): Blockbewegungen an der Wellenkalksteilstufe Thüringens in ingenieurgeologischer Sicht. – Engineering Geology, **7**: 231–257; Amsterdam.
- KLENGEL, K. J., & PASEK, J. (1974): Zur Terminologie von Hangbewegungen. – Z. f. angew. Geol., **20 (3)**: 128–132, 2 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- MÜLLER, L. (1963): Der Felsbau, Bd I, Theoretischer Teil, Felsbau über Tage 1. Teil, 624 S., 307 Abb., 22 Taf.; Stuttgart (Enke).
- PRINZ, H. (1982): Abriß der Ingenieurgeologie, 419 S.; Stuttgart.
- SCHUNK, D. (1983): Auswirkung der Verwitterung auf Festigkeit und Mikrogefüge überkonsolidierter Tonsteine der Oberen Röt-Folge (Rhön). – Diss. Univ. Kiel, 121 S.; Kiel.

Manuskript eingegangen am 23. 8. 1988

Das internationale geomagnetische Referenzfeld (IGRF 85) von 1989. 5 für Hessen in 300 m ü. NN

Von

RAINER BLUM*

Kurzfassung: Mit den Koeffizienten des internationalen geomagnetischen Referenzfeldes (IGRF 85) werden die Elemente eines magnetischen Normalfeldes für Hessen am 1. 7. 1989 in 300 m ü. NN berechnet. Die räumlichen und zeitlichen Änderungen werden angegeben.

Abstract: The coefficients of the international geomagnetic reference field (IGRF 85) are used to develop a magnetic normal-field for Hessen at 300 m above m. s. l. on July 1st, 1989. Its variations with time and location are included.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung		251
2. Das internationale geomagnetische Referenzfeld IGRF 85		252
3. Das IGRF in Hessen zur Zeit 1989. 5		252
3.1. Änderungen des IGRF 85 in Hessen		253
4. Schriftenverzeichnis		253

1. Einleitung

Das an der Erdoberfläche beobachtete magnetische Feld stammt zu ca. 99% aus dem Erdinnern, wie sich durch eine auf Gauß (1839) zurückgehende mathematische Analyse der Feldwerte ableiten läßt. Der restliche, zeitlich stark variable Anteil, wird durch Ströme in der hohen Atmosphäre erzeugt.

Das zeitlich langsam veränderliche (Säkularvariation) innere Magnetfeld setzt sich aus dem Hauptfeld und dem Krustenfeld zusammen. Das Hauptfeld wird durch Strömungsvorgänge im Erdkern verursacht; es induziert in den magnetisierbaren Anteilen der Kruste das Krustenfeld und wird von diesem überlagert.

In der angewandten Magnetik versucht man, aus örtlichen Veränderungen im Krustenanteil, den magnetischen Anomalien, auf den Krustenaufbau zu schließen. Zur Festlegung von Anomalien benötigt man ein Referenzniveau, ein sogenanntes Normalfeld. Während früher

* Dr. R. BLUM, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden.

solche Normalfelder (z. B. BOCK 1959) durch Ausgleichung von Bodenmessungen über größere Gebiete abgeleitet wurden, bietet sich heute das aus Satellitenmessungen planetarisch gemittelte Normalfeld an. Es erlaubt u. a. weltweite Vergleiche, auch mit Messungen aus anderen Epochen (PEDDIE, 1983).

2. Das internationale geomagnetische Referenzfeld IGRF 85

Das internationale geomagnetische Referenzfeld (IGRF 85) beruht auf Messungen des MAGSAT-Satelliten von 1979 bis 1980 (PEDDIE, 1983). Es ist durch ein Modell von 120 Kugelfunktionskoeffizienten dargestellt, was einer Reihenentwicklung bis zu Gliedern 10ter Ordnung in Schmidtscher Normierung (CHAPMAN & BARTELS, 1940) entspricht. Zusätzlich enthält es Korrekturkoeffizienten, um die geschätzte Säkularvariation zwischen 1985 und 1990 mittels linearer Interpolation der Kugelfunktionskoeffizienten zu berücksichtigen. Mit den so bestimmten Koeffizienten können dann die Feldwerte zu jedem Zeitpunkt zwischen 1985 und 1990 berechnet werden. Geeignete Rechenprogramme wurden freundlicherweise vom World Data Center A (NOAA) in Boulder/USA zur Verfügung gestellt.

Die weltweite Verbindlichkeit der IGRF-Modelle wird von der „International Association of Geomagnetism and Aeronomy“ (IAGA) in 5-Jahresintervallen überprüft, bevor diese schrittweise zu endgültigen geomagnetischen Referenzfeldern DGRF (= „definitive geomagnetic reference field“) zu bestimmten Zeitpunkten erklärt werden.

Feldwerte zwischen diesen Zeitpunkten müssen durch lineare Interpolation der Koeffizienten und anschließende Reihenentwicklung bestimmt werden. DGRF-Felder existieren bis jetzt in 5-Jahresschritten von 1945 bis 1980 (IAGA, 1988).

3. Das IGRF in Hessen zur Zeit 1989.5

Die Karte (Taf. 1) enthält Isolinien für das Totalfeld F in nT, Deklinationswinkel D (= Abweichung der Horizontalkomponente H gegen geographisch N , positiv nach E) und Inklinationswinkel I (= Neigung von F gegen die Horizontale) in Grad. Zur Berechnung wurden die Kugelfunktionskoeffizienten des IGRF 85 mit den zugehörigen Korrekturkoeffizienten auf die Zeit 1989.5 (= 1. 7. 1989) extrapoliert und dann die entsprechenden Reihen entwickelt.

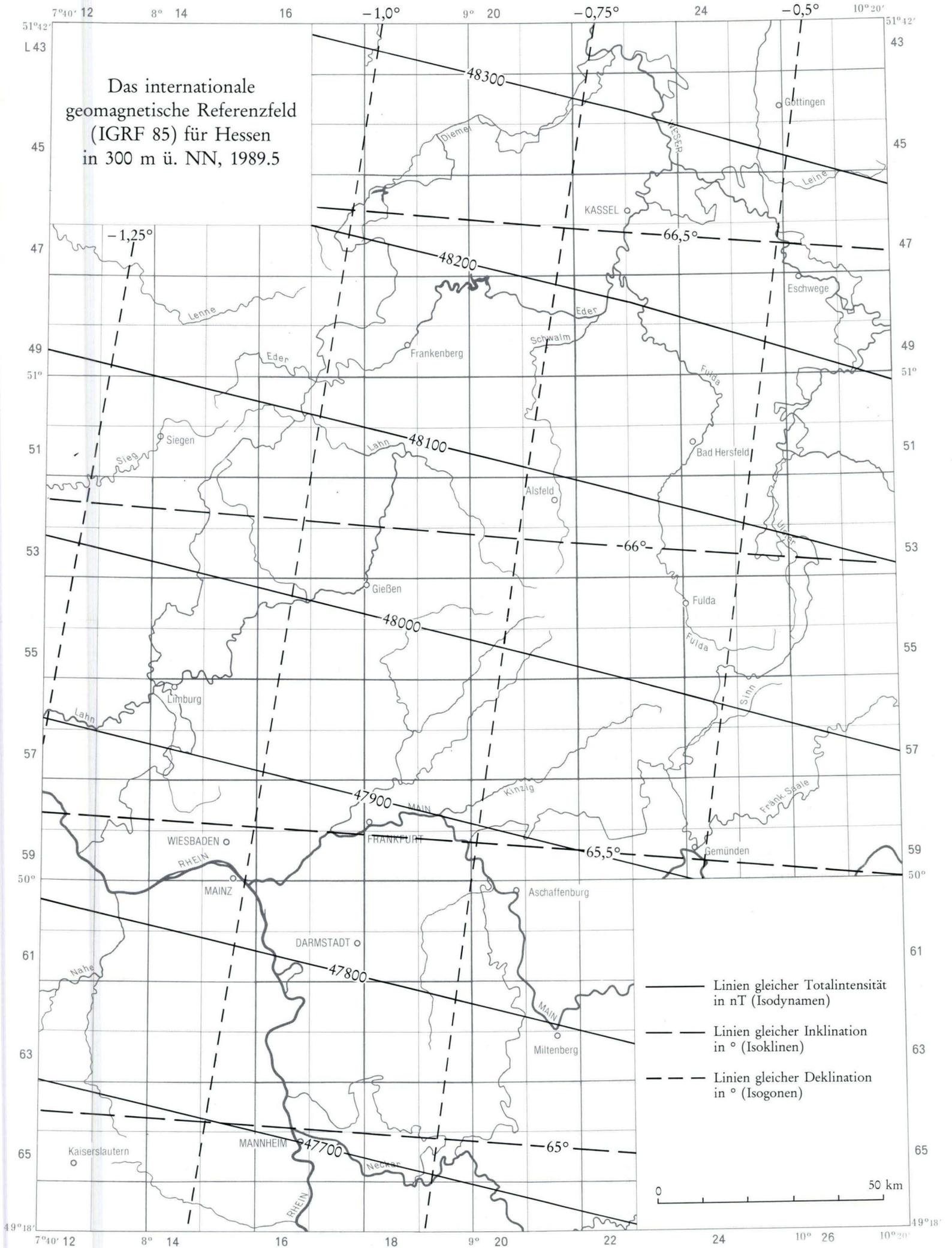
Werte für das vertikale (Z) und das horizontale (H) Normalfeld, die zur Reduktion von Komponentenmessungen benötigt werden, lassen sich daraus ableiten zu:

$$Z = F \cdot \sin I$$

$$H = F \cdot \cos I$$

Die Totalintensität steigt von 47700 nT im S gleichmäßig bis auf 48300 nT im N an, die Isodynamen streichen dabei von WNW nach ESE.

Die Inklination wächst von 65° auf $66,5^\circ$ im gleichen Gebiet, wobei die Isoklinien verglichen mit den Isodynamen mehr E-W streichen. Die Deklination des Normalfeldes liegt für Hessen zwischen 1° W im W und $0,5^\circ$ W im E.



3.1. Änderungen des IGRF 85 in Hessen

Die horizontalen Änderungen der Feldgrößen sind Taf. 1 direkt zu entnehmen. Der Vertikalgradient wurde zu 0,02 nT/m berechnet, das entspricht einer Abnahme von 2 nT bei 100 m Höhenzunahme.

Die zeitlichen Änderungen ergaben sich durch Extrapolation der Kugelfunktionskoeffizienten für verschiedene Zeitpunkte und Vergleich der jeweils resultierenden Feldwerte: Die Änderung des Totalfeldes beträgt +14,7 nT/Jahr im NE und steigt auf +16 nT/Jahr im SW. Im Mittel liegt sie also für das gesamte Gebiet bei ca. +15 nT/Jahr.

Die Inklination nimmt im NE 0.015 °/Jahr zu, im SW um 0.01 °/Jahr, (die Linien gleicher Änderungen folgen den Isodynamen).

Die Deklinationsänderung nimmt i. w. von W nach E ab und beträgt +0,128 °/Jahr im W und +0,121 °/Jahr im E.

4. Schriftenverzeichnis

- BOCK, R. (1959): A European field of the normal geomagnetic vertical intensity and its secular variation, - *Geophys. Prosp.*, **7** (4): 389–413, 14 Abb.; Den Haag.
- CHAPMANN, S., & BARTELS, J. (1940): *Geomagnetism*: 611–612; New York (Oxford University Press).
- GAUSS, C. F. (1839): *Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus, Resultate aus den Beobachtungen des Göttinger magnetischen Vereins im Jahre 1838*: 1–57; Göttingen und Leipzig.
- IAGA Division I Working Group 1 (D. R. BARRACLOUGH, chairman) (1988): International geomagnetic reference field revision 1987. - *Geophysical Journal*, **93**: 187–189; London.
- PEDDIE, N. W. (1983): International geomagnetic reference field-its evolution and the difference in total field intensity between new and old models for 1965–1980. - *Geophysics*, **48** (12): 1691–1696, 4 Abb.; Tulsa.

Manuskript eingegangen am 30. 11. 1988

Hessisches Geologisches Schrifttum 1987 mit Nachträgen aus den Jahren 1973–1986

Bearbeitet von

HARTMUT POSCHWITZ*

Nachtrag aus dem Jahre 1973

Hessische Landesanstalt für Umwelt (1973): Gewässerkundliches Flächenverzeichnis Land Hessen. – 661 S., 1 Kt.; Wiesbaden.

Nachtrag aus dem Jahre 1982

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (1982): Auswertung hydrochemischer Daten. – DVWK-Schriften, **54**, 211 S., 51 Abb., 36 Tab.; Hamburg–Berlin (Parey).

GREILING, R. (1982): Geologische Probleme bei der Abgrenzung von Naturschutzgebieten – Beispiele und Lösungen. – Akad. Naturschutz Landschaftspflege, **7**: 58–66, 3 Abb.; Laufen.

Nachtrag aus dem Jahre 1983

AHBORNER, L. (1983): Regionale Berichte für das Jahr 1980. Niederrheinische Bucht – Rheinisches Schiefergebirge – Hohes Venn. – Erdbeben i. d. Bundesrepubl. Deutschld., **1980**: 21–24, 3 Abb.; Gräfenberg.

Bundesanstalt für Gewässerkunde (1983): Hydrologische Untersuchungsgebiete in der Bundesrepublik Deutschland. – Mitt. Int. hydrolog. Progr. UNESCO, **4**, 323 S., div. Abb., div. Tab.; Koblenz. [Edersee]

CLAUSER, C. (1983): Temperaturen in Flachbohrungen des nördlichen Oberrheingraben – Notwendigkeit von Korrekturen. – Sitzungsber. FKPE-Arbeitsgruppe (Hrsg.: G. Buntebarth), TU Clausthal-Zellerfeld, 4–14, 7 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (1983): Einfluß der Landnutzung auf den Gebietswasserhaushalt. – DVWK-Schriften, **57**, 324 S., 56 Abb., 63 Tab.; Hamburg–Berlin (Parey). [Nordhess. Buntsandsteingebirge]

DÜMMER, M. (1983): Sinnvoller Einsatz von Geologen – Entwurf eines Memorandums zur Beschäftigung von Geologen bei kommunalen Dienststellen. – Nachr. dt. geol. Ges., **29**: 92–95; Hannover.

EBER, A., & THURNER, G. (1983): Dokumentation der Vortriebsarbeiten auf der Neubaustrecke Hannover–Würzburg der Deutschen Bundesbahn. – Felsbau, **3/4** (1): 125–131, 13 Abb.; Essen.

LEHNHARDT, F., BRECHTEL, H. M., & BONESS, M. K. E. (1983): Chemische Beschaffenheit und Nährstofftransport von Bachwässern aus kleinen Einzugsgebieten unterschiedlicher Landnutzung im Nordhessischen Buntsandsteingebiet. – DVWK-Schriften, **57**, 119 S., 19 Abb., 24 Taf.; Hamburg–Berlin (Parey).

* Biologe H. POSCHWITZ, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden.

- PETERS (1983): Ermittlung von Gleitflächen mit Hilfe von Inklinometermessungen. – Erfahrungsaustausch Erdarb. Straßenbau, **23**: 126–141, 6 Abb.; Köln. [Hess. Senke, Rhön]
- RICHTER, B. (1983): The IFAG Earth tide registration system. – Proceeding Ninth Internat. Symp. Earth Tides (Hrsg.: J. T. Kuo), 495–498, 2 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart).
- RUTTE, E., & WILCZEWSKI, N. (1983): Mainfranken und Rhön. 2. überarbeitete Aufl. v. Bd. 43. – Slg. geol. Führer, **74**, 217 S., 65 Abb., 2 Tab., 4 Taf.; Berlin–Stuttgart.

Nachtrag aus dem Jahre 1984

- BRÜNING, U. (1984): Zur Stratigraphie und Lithofazies des Unteren Buntsandsteins in Südniedersachsen und Nordhessen. – Diss. Uni. Würzburg, 211 S., 24 Abb., 19 Tab., 17 Taf., 7 Textprof.; Würzburg.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (1984): Spezielle Fragen zur Wassergüte in Oberflächengewässer. – DVWK–Schriften, **68**, 152 S., 31 Abb., 13 Tab.; Hamburg–Berlin (Parey). [Hess. Gewässer]
- HEINZ, J. (1984): Trinkwasserversorgung bei steigenden Umweltbelastungen. – Wasser u. Abwasser in Forschung und Praxis, **19**, 92 S., div. Abb., div. Tab.; Bielefeld (Erich Schmidt).
- KRIENER, W. (1984): Die Ausbildung von staatlich geprüften Technikern an der Bergfachschule. – Glückauf, **120** (10): 617–622, 3 Tab.; Essen.
- WEDEPOHL, K., MENGEL, K., & OEHM, J. (1984): Depleted mantle rocks and metasomatically altered peridotite inclusions in tertiary basalts from the Hessian Depression (NW-Germany). – Kimberlites–II: The mantle and crust–mantle relationships, **11B**: 191–201, 3 Abb., 2 Tab.; Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo. [Hess. Senke]

Nachtrag aus dem Jahre 1985

- ALBERTI, G. K. B. (1985): Zur biostratigraphischen Untergliederung des Greifensteiner Kalkes und der Wissenbacher Schiefer (Unter- bis Mittel–Devon, Rheinisches Schiefergebirge) mit Hilfe von *Dacryoconarida* (Tentaculiten). – Mitt. geol.–paläont. Inst. Uni. Hamburg, **59/1**: 51–56, 2 Abb.; Hamburg.
- BACKHAUS, E., & RAHNAMA–RAD, J. (1985): Zustandsbeschreibung und Verwitterbarkeit des eoazänen Messeler Ölschiefers. Bereich Verwitterung. – in: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen (Hrsg.: K. H. HEITFELD), 97–110, 6 Abb., 4 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- & SCHÖN, F. (1985): Versuche zur Abhängigkeit einfacher bodenmechanischer Parameter bei veränderten Tonmineralgehalten am Odenwälder Buntsandstein. Bereich Rutschungen. – in: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen (Hrsg.: K. H. HEITFELD), 308–315, 7 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- BÄHR, R. H. (1985): Sedimentgefüge, Fazies und Genese des Unteren Buntsandsteins im Odenwald und in Nachbargebieten, Teil 1, Text – Teil 2, Profile. – Diss. TH Darmstadt, **1985**, 228 S., 94 Abb., 16 Tab.; Darmstadt.
- BORTFELD, R. K., GOWIN, J., STILLER, M., BAIER, B., BEHR, H. J., HEINRICHS, T., DÜRBAUM, H. J., HAHN, A., REICHERT, C., SCHMOLL, J., MEISSNER, R., BITTNER, R., MILKEREIT, B., & GEBANDE, H. (1985): First results and preliminary interpretation of deep-reflection seismic recordings along profile DEKORP 2–South. – Z. Geophys., **57** (3): 137–163, 48 Abb., 2 Tab.; Berlin–West. [Hess. Senke]
- BREHM, J. (1985): Der pH-Wert von Buntsandsteinquellen und -bächen. Der Waldquell-pH-Wert nach der Höhenlage der Wasserausstritte und der Hangneigungsrichtung der Quelleinzugsgebiete im Knüllgebirge. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **21**: 53–66, 6 Abb., 3 Tab., 30 Analy.; Fulda.
- (1985): Alkalische Niederschläge bei Großelüder in Osthessen. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **21**: 67–94, 14 Abb., 9 Tab.; Fulda.

- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet. Abflußjahr 1984. – 294 S., 1 Kt.; Hildesheim (Niersächs. L.-Amt Wasserwirtsch.) 1985.
- EBHARDT, G., FRITSCH, P., & SCHMITT, M. (1985): Hydrogeologische Probleme bei der Stützung von Feuchtgebieten im Hessischen Ried durch Zuleitung von Oberflächenwasser. – *Geoökodynamik*, **6** (3): 301–319, 14 Abb.; Bensheim.
- EWERT, F.-K. (1985): Rock grouting with emphasis on dam sites. – 428 S., 225 Abb., 20 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer). [Hess. Senke]
- FINKE, M., & BREHM, J. (1985): Zur Hydrochemie des Rohrwiesenbachsystems im Schlitzerland. – *Beitr. Naturkde. Osthessen*, **21**: 7–51, 14 Abb., 27 Tab., 455 Analys.; Fulda.
- FRANKE, E., MADER, H., SCHETELIG, K., & SCHNEEWOLF, T. (1985): Anisotropie des Eigenspannungszustandes der wechsellagernden Locker- und Festgesteinschichten des Frankfurter Raumes. Bereich Vorbelastung/Eigenspannung. – in: *Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen* (Hrsg.; K. H. HEITFELD), 399–416. 11 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- FRIEDRICH, K. (1985): Der Braunkohlenbergbau der Preußischen Elektrizitäts AG (PreuBenelektra). – *Braunkohle*, **37** (9): 343–353, 17 Abb., 5 Tab.; Düsseldorf.
- FREUND, B. (1985): Strukturwandel der Landwirtschaft unter städtischen Einflüssen. – *Rhein-Mainische Forsch.*, **100**: 1–388, 41 Abb., 57 Tab.; Frankfurt a. M.
- GOCK, E., HEINRICH, G., & STOPPEL, D. (1985): Untersuchungen zur Nutzbarmachung von Baryt aus Restlagerstätten und Deponien. – *Erzmetall*, **38** (2): 90–95, 4 Abb., 4 Tab.; Stuttgart. [Sontra]
- GRONEMEIER, K., MATTHES, G., BRUNHOF, W., OHSE, W., PEKDEGER, A., SCHENK, D., & WINKLER, A. (1985): Verwitterungsabhängige geochemische, mikrostrukturelle und geomechanische Eigenschaften halbfester Tonsteine der oberen Röt-Folge (Rhön). Bereich Verwitterung. – in: *Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen* (Hrsg.; K.-H. HEITFELD): 143–155, 5 Abb., 2 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- HABERER, K., DREWS, M., KUSSMAUL, H., & MÜHLHAUSEN, D. (1985): Verhalten von organischen Schadstoffen bei der künstlichen Grundwasseranreicherung und Entwicklung von speziellen Methoden zu deren Überwachung. – *Umweltbundesamt Forschungsber.*, **38**: 1–254, 62 Abb., 33 Tab.; Berlin. [Wiesbaden–Schierstein, Main-Tal]
- & SCHREDELSEKER, F. (1985): Austrag organischer Spuren aus dem Wasser mit technischen Belüftungsanlagen. – *Gas- u. Wasserfach*, **126** (9): 483–486, 2 Abb., 2 Tab.; München. [Wiesbaden–Schierstein]
- HAGELÜKEN, M. (1985): Braunkohlenbergbau in Hessen. – *Braunkohle*, **37** (9): 338–343, 2 Abb.; Düsseldorf.
- HEITFELD, K.-H. (1985): Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen. – 695 S., 397 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer).
- HERZOG, M. (1985): Über die Standfestigkeit der Tunnelbrust. – *Felsbau*, **3** (1): 11–12, 3 Abb.; Essen.
- HEYCKENDORF, K. (1985): Die unterdevonischen Lenne-Vulkanite im nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirge. Beiträge zu Stratigraphie, Paläogeographie, Petrographie und Geochemie. – *Diss. Uni. Hamburg*, 477 S., 74 Abb., 35 Tab., 8 Taf.; Hamburg. [Rhein. Schiefergebirge]
- HINZE, G. (1985): Zeche Hirschberg GmbH Großalmerode. – *Braunkohle*, **37** (9): 353–356, 8 Abb.; Düsseldorf.
- HUNDRIESER, H.-J. (1985): Organisch-chemische Zusammensetzung von Bohrkernen und Fossilien aus der Ölschiefergrube Messel. – *Diss. Uni. Hannover, Fachber. Chem.*, 223 S., 65 Abb., 26 Tab., 400 Analys.; Hannover.
- JOHN, M., PÖTLER, R., HEISSEL, G. (1985): Vergleich verschiedener Rechenmethoden untereinander und mit Meßergebnissen. – *Felsbau*, **3** (1): 21–26, 9 Abb.; Essen. [Hess. Senke]
- KANY, M., & HAMMER, H. (1985): Statistische Untersuchungen von Rutschungen im Nordbayerischen Deckgebirge. Bereich Rutschungen. – in: *Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen* (Hrsg.; K. H. HEITFELD), 256–265, 8 Abb., 2 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer). [Hess. Senke]
- KNIPPING, B., & HERMANN, A. G. (1985): Mineralreaktionen und Stofftransporte an einem Kontakt Basalt-Carnallit im Kalisalzhorizont Thüringen der Werra-Serie des Zechsteins. – *Kali u. Steinsalz*, **9** (4): 111–124, 6 Abb., 6 Tab., 27 Analys.; Essen.

- KNOBLICH, K. (1985): Mineralbestand, Gefüge und bodenmechanisches Verhalten tropisch verwitterter Vulkanite. Bereich Verwitterung. – in: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen (Hrsg.: K. H. HEITFELD), 111–129, 7 Abb., 5 Tab.; Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo (Springer). [Vogelsberg]
- KRETZ (1985): Stabilisierung einer Rutschung mit Dübelscheiben in Verbindung mit einer Tiefdrainage. – Erfahrungsaustausch Erdarb. Straßenbau, **25**: 101–117, 8 Abb.; Köln. [Hess. Senke]
- LEHNARDT, F. (1985): Einfluß morpho-pedologischer Eigenschaften auf Infiltration und Abflußverhalten von Waldstandorten. – Schriftenr. DVWK, **71**, 231–260, 5 Abb., 5 Tab.; Hamburg–Berlin. [Rheingau, Hess. Senke, Rhön]
- LIEBL, K., & RITZ, N. (1985): Berichte über Meßprogramme zur Feststellung der Immissionsbelastung durch Staubbiederschlag und Schwebstaub sowie durch staubgebundene Schwermetalle im Belastungsgebiet Kassel. – Umweltplanung, Umweltschutz, **18**: 1–28, 3 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- MAAK, H. (1985): Felsböschungen im Buntsandstein. – Felsbau, **3** (2): 86–90, 16 Abb.; Essen. [Hess. Senke]
- MACK, W. (1985): Weitere Beiträge zum Problem der Rohstoffsicherung (Überfachliche Erwägungen). Bundestags- und Landtagsanfragen. – Veröff. Akad. Raumforsch. Landesplan. Forschungs-Sitzungsber., **160**: 184–206; Hannover.
- MÄLZER, H. (1985): Height changes and recent crustal movements in the Rheinisch Massif and in the Upper Rhine Graben Rift. – Veröff. Zentralinst. Phys. Erde, **81** (3): 105–112, 6 Abb.; Potsdam.
- MARTINI, E., & SCHAARSCHMIDT, F. (1985): Verkieselte Holzreste aus dem Unter-Oligozän von Sieblos/Rhön. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **21**: 95–98, 4 Abb.; Fulda.
- MRASS, W., & PIEST, R. (1985): Rohstoffsicherung in der Fachplanung. – Veröff. Akad. Raumforsch. Landesplan. Forschungs-Sitzungsber., **160**: 159–182; Hannover.
- MÜLLER, G. (1985): Unseren Flüssen geht's wieder besser. Weniger Schwermetalle im Sediment. – Bild d. Wissenschaft, **22** (10): 74–97, 17 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Stuttgart. [Rhein, Main, Neckar]
- NICKEL, E., & FETTEL, M. (1985): Odenwald. Vorderer Odenwald zwischen Darmstadt und Heidelberg. – Slg. geol. Führer, **65**, 231 S., 108 Abb., 6 Tab., 1 Kt.; Berlin–Stuttgart.
- PAULY, E. (1985): Geologische Exkursion in die Lahn- und Dill-Mulde 22./23. Juni 1985. – Nassauischer Verein für Naturkunde, **108**: 1–24, 25 Abb.; Wiesbaden.
- PERCIRA, R. (1985): Planungspraxis der Rohstoffsicherung. Zeichnerische Darstellung der Rohstoffsicherung. – Veröff. Akad. Raumforsch. Landesplan, **160**: 115–146; Hannover.
- POLLAK, E. (1985): Planungpraxis der Rohstoffsicherung. Textliche Darstellung der Rohstoffsicherung. – Veröff. Akad. Raumforsch. Landesplan., **160**: 86–114, 2 Abb.; Hannover.
- Regierungspräsident in Darmstadt (1985): Wasserwirtschaftlich ökologische Gesamtplanung Ried. – 296 S., div. Abb., div. Tab.; Darmstadt.
- REINERS, H. (1985): Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Rohstoffsicherung in Bund und Ländern. – Veröff. Akad. Raumforsch. Landesplan, **160**: 31–83; Hannover.
- REUL, K. (1985): Aufbau und Anordnung bruchtektonischer Homogenbereiche. – Geol. Bl. NO-Bayern, Gedenkschrift B. v. FREYBERG, **34/35**: 859–895, 9 Abb., 1 Taf.; Erlangen. [Hess. Senke]
- RICHTER, G. (1985): Zechstein-Anhydrite – Fazies und Genese. – Geol. Jb., Reihe **A** (85): 3–82, 50 Abb., 7 Taf.; Hannover.
- ROELES, G., & HELM, W. (1985): Neue Wege in der Abfallpolitik – aber zu wenig Deponien. Engpässe bei hessischen Sonderabfällen. – Umwelt, **6**: 477–479, 2 Abb.; Düsseldorf.
- RUMPF, K. (1985): Abbau von Basaltlava. – Bergbau, **36** (12): 586–587, 3 Abb.; Gütersloh. [Londorf]
- SCHMIDT, H., & BALKE, K.-D. (1985): Anforderungen an Standorte für die künstliche Grundwasseranreicherung in der Bundesrepublik Deutschland und deren Erfassung. – Umweltbundesamt, Forschungsber., **31**: 1–186, 87 Abb., 16 Tab.; Berlin.
- SCHÖFER, H. (1985): Höhere Vortriebsleistung durch den Einsatz von Gesteinssprengstoff größeren Durchmessers im Nordvortrieb des Dietershan-Tunnels. – Nobel-Hefte, **51** (3/4): 136–144, 13 Abb., 1 Tab.; Dortmund.
- SCHUMACHER, C. (1985): Kupferschieferexploration in Osthessen und Nordbayern. – Erzmetall, **38** (9): 428–432, 6 Abb.; Stuttgart.
- (1985): Die Kupfervererzungen des basalen Zechsteins im Rahmen der sedimentären Entwicklung des Werra-Fulda-Beckens. – Diss. Uni. Berlin, 142 S., 57 Abb., 27 Tab., 6 Taf.; Berlin.

- SCHWINTZER, P., REIGBER, C., & STRAUSS, R. (1985): Macrometerbeobachtungen im Deutschen Hauptdreiecksnetz (Macrometer-Netz „Hessen“) – Auswertung und Vergleich mit den terrestrisch bestimmten Punktkoordinaten. – Dt. geodät. Komm. Bayer. Akad. Wiss., Reihe B, **273**: 1–26, 1 Abb., 12 Tab.; München.
- SPRINGER, G. (1985): Beiträge zur Entstehung des Messeler Ölschiefers sowie zur Struktur von Petroporphyrinen. – Diss. Uni. Hannover, 177 S., 34 Abb., 14 Tab., 900 Analys.; Hannover.
- STEFFENS, D., & MENGEL, K. (1985): Umsatzrate und Verfügbarkeit verschiedener Phosphatformen aus langjährigen Feldversuchen. – Mitt. Dt. bodenkdl. Ges., **43** (1): 71–78, 2 Abb., 2 Tab.; Göttingen.
- TRIBUTH, H. (1985): Ein Beitrag der Tonmineralogie und Granulometrie zur Bodengenetik. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **43** (2): 805–810, 5 Abb., 1 Tab., 12 Analys.; Göttingen.
- TRISCHLER, J., & KNOPF, S. (1985): Erfahrungen mit der Fernsehsonde in Aufschlußbohrungen für die DB-NBS Hannover–Würzburg. – Geotechnik, **8** (2): 61–67, 2 Abb.; Essen.
- WELTE, E., & TIMMERMANN, F. (1985): Düngung und Umwelt. – Materialien Umweltforschung, **12**, 91 S., div. Abb.; Stuttgart–Mainz.
- WOLF, P., & SCHLOTTER, G. (1985): Zum Einfluß der Werraversalzung auf den Salzgehalt des Baggersees Freudenthal bei Witzenhausen. – Arb. u. Ber., Gesamthochsch. Kassel, **9**: 1–9, 3 Tab., 1 Taf.; Kassel.
- BRAUN, R., WESCHE, H., & LABENSKI, G. (1985): Zum Einfluß der Werraversalzung auf den Boden und das Grundwasser in der Wendershäuser Aue. – Arb. u. Ber., Gesamthochsch. Kassel, **10**: 1–18, 2 Abb., 6 Tab., 15 Analys.; Kassel.
- WRANN, A. (1985): Die Bundesbahn-Neubaustrecke Hannover–Würzburg. – Nobel-Hefte, **51** (3/4): 111–135, 28 Abb., 3 Tab.; Dortmund.
- ZIMMERLE, W. (1985): New aspects on the formation of hydrocarbon source rocks. – Geol. Rdsch., **74**: 385–416, 8 Abb.; Stuttgart. [Messel]
- ZÖBICH, M. A., & SCHELLERT, C. (1985): Eine einfache Anlage zur Demonstration von Prozessen der Wassererosion auf dem Gelände der kulturtechnischen Versuchs- und Demonstrationsanlage in Witzenhausen. – Arb. u. Ber., Gesamthochsch. Kassel, **12**: 1–26, 7 Abb., 1 Tab.; Kassel.

Nachtrag aus dem Jahr 1986

- ABEL, H. (1986): Standortkarte von Hessen, Bl. L 5516 Wetzlar, L. 5518 Gießen, L. 5714 Limburg a. d. Lahn, L. 5716 Bad Homburg v. d. H., L. 5914 Wiesbaden; Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtsch. und Forsten, Abt. Landwirtsch. und Landentw.).
- ANGERS, H. (1986): Mineralwasserschließung unter Reinhaltung des Grundwassers – Vortr. 15. 10. 1986 anl. des 82. Dt. Bädertages in Baden-Baden. – Heilbad und Kurort, **39**: 34–35; Gütersloh.
- (1986): Bohrverfahren und ihre Umweltverträglichkeit unter Berücksichtigung der ursprünglichen Reinheit. – Der Mineralbrunnen, **3** (36): 42–44; Bonn.
- Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke (1986): 43. Bericht der Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke. – 164 S., div. Abb., div. Tab.; Karlsruhe. [Frankfurt a. M., Mainz-Kastel, Wiesbaden-Schierstein]
- BACKHAUS, E., & RAHNAME-RAD, J. (1986): Zustands- und niederschlagsbedingte Instabilitäten der Grubenwände. – Forschungsgem. Ref. Geowiss., **2**: 13–14; Bonn–Frankfurt a. M.–Göttingen. [Messel]
- BLINDE, A., BLINDE, J., KIENZLE, G. (1986): Untersuchungen vertikaler Dichtwände an zwei Dichtwand-Großversuchskästen auf der Deponie Dreieich-Buchsschlag. – Mitt. Ing.- u. Hydrogeol., **24**: 185–204, 9 Abb.; Aachen.
- BOOM, G. van den (1986): Geochemische Untersuchungen im Gebiet Lohrheim/Lahn unter Verwendung gasförmiger Elemente und Verbindungen. – Geol. Jb., **D 81**: 3–19, 9 Abb.; Hannover.
- EGGERT, P., HÜBNER, J. A., PRIEM, J., STEIN, V., VOSSEN, K., WETTIG, E., SCHROEDER, N., & ZIMMER, R. (1986): Steine und Erden in der Bundesrepublik Deutschland – Lagerstätten, Produktion und Verbrauch. – Geol. Jb., **D 82**: 3–879, 17 Abb., 156 Tab.; Hannover.
- ELLENBERG, J. (1986): Zur zeitlichen Fixierung von Subrosionsprozessen im Quartär. – Z. geol. Wiss., **14** (2): 193–198, 3 Abb., 1 Tab.; Berlin/DDR. [Hess. Senke]

- ENGEL, H., & MÜRLEBACH, M. (1986): Hochwasserretention am Rhein, mögliche Maßnahmen und deren Auswirkungen. Ein Beitrag zur Diskussion um die Renaturierung ehemaliger Überflutungsflächen. – Dt. gewässerkd. Mitt., **30** (2–3): 33–43, 11 Abb., 4 Tab.; Koblenz.
- EVERLIN, G. (1986): Abbauplanung unter erschwerten geologischen und betrieblichen Bedingungen. – Glückauf **122**: 1575–1585, 9 Abb.; Essen.
- FRICKE, K. (1986): Natürliche Schwankungsbereiche von Mineralwässern bei Ergiebigkeit und Inhaltsstoffen. – Der Mineralbrunnen, **1–2** (36): 2–5; Bonn.
- HARRACH, T., SCHÖNHALS, E., WEGENER, H.-R., & ALTEMÜLLER, H.-J. (1986): Excursion A, 5th day. Soils excursion trough Central Hesse. Guidebook Tour A. Federal Republic of Germany. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **47**: 53–56; Göttingen.
- Hessische Bergämter (1986): Hessen. Geschäftsordnung für die hessischen Bergämter (GOHBA). Vom 30. Oktober 1984 (Staatsanzeiger für das Land Hessen S. 2337). – Z. Bergrecht, **127** (1): 51–58; Köln–Bonn–Berlin.
- Hessische Landesanstalt für Umwelt (1986): Richtlinien zum Aufbau und Betrieb eines Grundwasserbeschaffenheitsmeßnetzes in Hessen. – Umweltschutz und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **46**, 111 S., div. Abb., div. Tab.; Wiesbaden.
- (1986): Öffentliche Wasserversorgung und überörtliche Wasserverteilung in Hessen. – Umweltschutz, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **54**, 119 S., div. Abb., div. Tab.; 1 Kte.; Wiesbaden.
- HILDEN, H. D. (1986): Änderung in der Organisation des Geologischen Landesamts Nordrhein-Westfalen. – Glückauf, **122**: 1275–1276, 1 Abb.; Essen.
- HILLEBRECHT, E. (1986): Planung auf Ausführung einer Kombinationsdichtung – Mineralische Basisabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahn – für die zentrale Hausmülldeponie des Vogelsbergkreises, Deponie Bastwald. – In: Fortschritte der Deponietechnik 1986. (Hersg.: K.-P. Fehlau, K. Stief), 123–153, 19 Abb., 3 Tab.; Berlin (Erich Schmidt).
- HINZ, G. (1986): Einführung der automobilen Technik in den Braunkohlentiefbau der Zeche Hirschberg – ein Erfahrungsbericht (1). – Erzmetall, **39** (3): 106–111, 8 Abb.; Stuttgart. [Großalmerode]
- HÖLSCHER, G., & KUNZ E. (1986): Räumliche Orientierung vor Tage erbohrter Störungszonen. – Glückauf, **122**: 1057–1062, 9 Abb.; Essen.
- ILIC, P., & RIEGLER, G. (1986): Arbeitsbereich Wasserversorgung: Gutachten über Infiltrationsversuche zur Grundwasseranreicherung im Hessischen Ried. Ausgewählte praxisorientierte gutachterliche Arbeiten von Prof. Dr. N. WOLTERS. – Schriftenr. WAR, **25**: 285; Darmstadt.
- (1986): Arbeitsbereich Wasserversorgung; Gutachterliche Stellungnahme zur möglichen Beeinflussung des geplanten Wasserwerkes Eich und des bestehenden Wasserwerkes Petersau der Stadtwerke Mainz durch Block C und D des Kernkraftwerkes Biblis. In: Ausgewählte praxisorientierte gutachterliche Arbeiten von Prof. Dr. N. WOLTERS. – Schriftenr. WAR, **25**: 286–288; Darmstadt.
- (1986): Arbeitsbereich Abwasserreinigungs-/Gewässergütwirtschaft: Wissenschaftliches Gutachten über Fassung und Aufbereitung des Sickerwassers der geplanten Deponie Grube Messel. In: Ausgewählte praxisorientierte gutachterliche Arbeiten von Prof. Dr. N. WOLTERS. – Schriftenr. WAR, **25**: 288–290; Darmstadt.
- JANKOWSKI, B., & LITKE, R. (1986): Das organische Material der Ölschiefer von Messel. – Geowiss. in unserer Zeit, **4** (3): 73–80, 12 Abb., 1 Tab.; Weinheim.
- KAISER, G., & PILOT, J. (1986): Weitere K-Ar-Datierungen an jungen Vulkanen. – Z. geol. Wiss., **14** (1): 121–124, 1 Abb., 1 Tab., 24 Analys.; Berlin/DDR.
- KEHLBERGER, S. (1986): Luftverunreinigungen und Bioindikation im Verdichtungsraum Mainz–Wiesbaden. – Mainzer Geogr. Studien, **27**: 115–224, 34 Abb., 17 Tab., 19 Kt.; Mainz.
- KRUGEN, A. (1986): Aus dem Bericht über das Bergwesen im Lande Hessen für das Jahr 1984. – Glückauf, **122** (4): 318–319, 1 Tab.; Essen. [Hess. Senke]
- KLEMP, K. (1986): Bergbaukultur im Schelderwald. Zur Geschichte des ehemaligen Montanreviers bei Dillenburg. – Glückauf, **38** (1): 45–56, 10 Abb.; Essen.
- KRUMM, H., & WEBER, J. (1986): Ergebnisse geologischer und sedimentpetrographischer Untersuchungen in der eoänen Messel-Formation. – Dt. Forschungsgem., Ref. Geowiss., **2**: 6–10, 2 Abb.; Bonn–Frankfurt a. M. – Göttingen.

- KUHNERT, C. (1986): Die geologischen Verhältnisse des Werra-Meißner-Kreises. – Berliner geogr. Abh., **41**: 25–39, 2 Abb., 1 Tab.; Berlin-West.
- LENZ, W. (1986): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung und -mobilität im ehemaligen Blei-Zink-Revier Bad Ems/Holzappel. – Gießen Geolog. Schr., **40**, 119 S., div. Abb., div. Tab., div. Taf.; Gießen.
- LEYDECKER G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000–1981. – Geol. Jb., **E 36**: 3–83, 7 Abb., 2 Tab.; Hannover. [Raum Wiesbaden–Frankfurt a. M.]
- LIEB, K., PAUL, R., & REGELER, W. (1986): Immissionen gasförmiger Luftschadstoffe im Ostteil des Belastungsgebietes Untermain – Meßbericht. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **51**, 45 S., 14 Abb.; Wiesbaden.
- RITZ, N., & CASSENS, G. (1986): Staubimmissionen im Dilltal (Dillenburg, Herborn/Sinn). – Umweltplanung und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **45**, 52 S., div. Abb., div. Tab.; Wiesbaden.
- LOHR, W. (1986): Erfahrungen mit dem Kurzstrebabbau im Braunkohlentiefbau Stolzenbach der Preussen-Elektra Aktiengesellschaft. – Braunkohle, **38** (3): 35–39, 6 Abb., 1 Tab.; Düsseldorf. [Hess. Senke]
- (1986): Erfahrungen mit dem Kurzstrebabbau im Braunkohlentiefbau Stolzenbach. – Glückauf, **122** (1): 37–41, 4 Abb., 1 Tab.; Essen. [Borken]
- MICHEL, G. (1986): Zusammenspiel von Geologie und Mineralwassererschließung. – Der Mineralbrunnen, **4** (36): 78–90, 8 Abb.; Bonn.
- MÖLLER, K. (1986): Die Rutschungen im Innenkippenbereich des Tagebaus Kalbe (Hoher Meißner/Nordhessen). – Berliner geogr. Abh., **41**: 217–225, 10 Abb.; Berlin-West.
- MÜLLER, K., & STÄBLER, G. (1986): Die geomorphologische Karte 1: 25000, Blatt 17, 4725 Bad Sooden-Allendorf, Erkenntnisse und Anwendungen. – Berliner geogr. Abh., **41**: 227–255, 15 Abb., 1 Tab., 1 Kt.; Berlin-West.
- MUNK, C., & PICKEL, H.-J. (1986): Abdichtung von Brunnen- und Fassungsbauwerken im Hinblick auf den Status „natürliches Mineralwasser“. – Der Mineralbrunnen, **3** (36): 38–41; Bonn.
- MYCKE, B., & MICHAELIS, W. (1986): Organisch-geochemische Faziesindikatoren im Messeler Ölschiefer. – Dt. Forschungsgem. Ref. Geowiss., **2**: 11–12; Bonn–Frankfurt a. M. – Göttingen.
- NAUMANN, M. (1986): Mobile Erfassung von Temperatur und Luftfeuchte in ausgewählten Bereichen von Mainz und Wiesbaden. – Mainzer Geogr. Studien, **27**: 5–110, 10 Abb., 7 Tab., 4 Kt.; Mainz.
- NIENHAUS, H. (1986): Zum Lindenhofhausener Sauerbrunnen. – Der Mineralbrunnen, **10** (36): 326–331, 5 Abb.; Bonn.
- ONCKEN, O. (1986): Bewegungsmuster in Störungszonen des Rheinischen Schiefergebirges. – Uni. Tübingen Inst. Geol. Paläontol., 73–76, 4 Abb.; Tübingen.
- PAULY, E., & JÖSCH, W. (1986): Staat und Wirtschaft in einem Boot? Hessische Naturstein-Industrie: Wachstum und Umweltschutz austarieren. – Naturstein-Industrie, **1/87**: 22–34, div. Abb.; Baden-Baden.
- Regierung der Bundesrepublik Deutschland (1986): Gesetz über den Abbau von Salzen im Grenzgebiet an der Werra. Vom 3. Dezember 1984 (Bundesgesetzblatt Teil 1, S. 1430). – Z. Bergrecht, **127** (1): 1–12, 2 Abb.; Köln–Bonn–Berlin.
- (1986): Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland zur Durchführung des grenzüberschreitenden Kaliabbaus zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik und zu Fragen der Bergbausicherheit im Werra-Kalirevier. Vom 13. Dezember 1984 (Bulletin 1984, S. 1371/Gesetzblatt der DDR 1985 (2) S. 7). – Z. Bergrecht, **127** (1): 15–17; Köln–Bonn–Berlin.
- (1986): Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland, dem Land Hessen und der Kali und Salz Aktiengesellschaft zum grenzüberschreitenden Kaliabbau. Vom 22. November 1984. – Z. Bergrecht, **127** (1): 19–22; Köln–Bonn–Berlin.
- Regierung der Deutschen Demokratischen Republik (1986): Erklärung der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik zum grenzüberschreitenden Kaliabbau zwischen der Deutschen Demokratischen Republik und der Bundesrepublik Deutschland und zu Fragen der Bergbausicherheit im Werra-Kalirevier. Vom 13. Dezember 1984 (Gesetzblatt der DDR 1985 (2) S. 2/Bulletin 1984 S. 1372). – Z. Bergrecht, **127** (1): 17–19; Köln–Bonn–Berlin.

- RULLKÖTTER, J. (1986): Das organische Material des Messeler Ölschiefers. – Dt. Forschungsgem. Ref. Geowiss., **2**: 53–54; Bonn–Frankfurt–Göttingen.
- RUTTERT, E. (1986): Veränderungen im Nährstoffkreislauf einer Heidefläche durch Pflegemaßnahmen am Beispiel der „Jermanei“/Fuldatal. – Mitt. Ergänzungsstudium Ökolog. Umweltsicherung, 168 S., div. Abb., div. Tab.; Kassel.
- SCHMIDT, F. P., SCHUMACHER, C., SPIETH, V., & FRIEDRICH, G. (1986): Results of recent exploration for copper-silver deposits in the Kupferschiefer of West-Germany. – In: Geology and Metallogeny of Copper-Deposits, 572–582, 10 Abb.; Berlin–Heidelberg–New York–London–Paris–Tokyo. [Werra–Fulda–Trog]
- SCHMIDT, G. (1986): Kontaminierte Kokereisandorte – Wege zur Lösung eines Altlastenproblems. – Glückauf, **122**: 1140–1143; Essen.
- SCHÖNHALS, E. (1986): The landscape of Middle Hesse (Vogelsberg and Wetterau). Guidebook Tour A. Federal Republic of Germany. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **46**: 181–224, 11 Abb., 6 Tab., 106 Analys.; Göttingen.
- SCHRÖDER, D. (1986): Probleme der Bodenschätzung bei rekultivierten Böden aus Löß. – Z. Kulturtechnik Flurbereinig., **27** (5): 318–325, 1 Abb., 3 Tab.; Berlin–Hamburg. [Wetterau]
- SCHULZ-FRERICHS, K., & BAIER, B. (1986): Neuere Ergebnisse der begleitenden Untersuchungen längs DEKORP 2–Süd (nördlicher Teil). – Dt. Geol. Ges., **72**; Würzburg. [Taunus, Wetterau]
- STÄBLEIN, G. (1986): Geomorphologische Übersicht des Werra-Meißner-Landes. – Berliner geogr. Abh., **41**: 257–265, 1 Kt.; Berlin–West.
- (1986): Zechstein Leaching and Karst Landforms in the Werra-Meißner-Area/Northern Hesse. On the Base of the detailed Geomorphological Map 1:25000 (GMK 25) sheet Bad Sooden-Allendorf. – Z. Geomorpholog., **59**: 49–65, 1 Tab., 1 Kt.; Berlin–Stuttgart.
- STÄUBERT, A., SCHWERTER, R., & REUTER F. (1986): Ergebnisse von ingenieurgeologischen Klufuntersuchungen im Staßfurt-Kaliflöz einer Sattellagerstätte. – Z. geol. Wiss., **4** (14): 437–443, 7 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- Umweltschutz-Dienst (1986): Schwermetallbelastung der Böden. – **16** (26): 3; Düsseldorf.

1987

- Academy of Sciences of the GDR (1987): Symposium on Rotliegendes in Central Europe. – 63 S., 3 Abb.; Potsdam. (Hessischer Trog)
- ALBRACHT, G., HORSTMANN, H., KÖRNER, H.-J., OTT, W., PLATH, D., & TÜRCK, D. (1987): Langfristiges Meßprogramm des Landes Hessen zur Überwachung der Radioaktivität nach dem Reaktorunfall in „Tschernobyl“. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **50**, 93 S., div. Abb., div. Tab.; Wiesbaden.
- AMBERGER, A., & SCHMIDT, H.-L. (1987): Natürliche Isotopengehalte von Nitrat als Indikatoren für dessen Herkunft. – Geochimica et Cosmochimica Acta, **51**: 2699–2705, 1 Abb., 3 Tab., New York–Oxford–Beijing–Frankfurt a. M.–Sao Paulo–Sydney–Tokyo–Toronto.
- AMLER, M. R. W. (1987): Fauna, Paläogeographie und Alter der Kohlenkalk-Vorkommen im Kulm des östlichen Rheinischen Schiefergebirges (Dinantium). – Geol. Abh. Hessen, **88**, 339 S., 37 Abb., 10 Tab., 10 Taf.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1987): Entwicklung und Stand der Unterdevon-Stratigraphie im südlichen Taunus. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 81–98, 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- (1987): Das „unbekannte“ Unterdevon im südlichen Rheinischen Schiefergebirge (Vortragskurzfasung). – Zbl. Geol. Paläont. Teil I, **1987**: 2–3; Stuttgart.
- (1987): The evolution of the South Hunrück and Taunus Borderzone. In: P. A. ZIEGLER (Hrsg.): Compressional Intra-Plate Deformations in the Alpine Foreland. – Tectonophysics, **137**: 101–114, 6 Abb.; Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo.
- ARNOLD, U. (1987): Zur bilddaten- und modellgestützten Bestimmung der Schadstoffausbreitung in naturnahen Fließgewässern. – Mitt. Inst. Wasserbau u. Wasserwirtsch., **67**, 290 S., div. Abb., div. Tab.; Aachen.
- AUTH, R., & POTSCH, L. (1987): Die Topographie der Teufelskaute im Schlitzerland. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **23**: 15–19, 3 Abb.; Fulda.

- BACH, M. (1987): Die potentielle Nitrat-Belastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. – Göttinger Bodenkdl. Ber., **93**: 1–186, 5 Abb., div. Tab., 23 Kt.; Göttingen.
- BACKHAUS, E. (1987): Der Schollenbau des Odenwälder Deckgebirges. – Z. dt. geol. Ges., **138** (1): 157–171, 9 Abb.; Hannover.
- & BÄHR, R. (1987): Faziesmodelle für den Unteren Buntsandstein Südwestdeutschlands. – Facies, **17**: 1–18, 13 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Erlangen.
- BÄHR, R. H. (1987): Sedimentgefüge, Fazies und Genese des Unteren Buntsandsteins im Odenwald und in Nachbargebieten. – Nachr. Dt. Geol., Ges., **36**: 138; Hannover.
- BARGON, E. (1987): Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1986 (1. 1.–31. 12. 1986). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 509–521; Wiesbaden.
- (1987): 40 Jahre Hessisches Landesamt für Bodenforschung. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 473–507, 2 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- BECKER, D., DIEDERICH G., ENGESSER, W., FRINGS, H., HEITEL, H., LEHR, H., SCHNEPF, R., SCHWEBLER, W., & TOUSSAINT, B. (1987): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein–Neckar–Raum – Situation heute. Möglichkeiten und Grenzen künftiger Entwicklungen. – 107 S., 42 Abb., 16 Tab., 12 Anl.; Stuttgart (Min. Umwelt) – Wiesbaden (Min. Umwelt und Reaktorsicherheit) – Mainz (Min. Umwelt u. Gesundheit).
- BECKER, G., & BLESS, M. J. M. (1987): Cypridinellidae (Ostracoda) aus dem Oberdevon Hessens (Unterer Kellwasser-Kalk; Lahn-Dill-Gebiet und östliches Sauerland, Rechtsrheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 29–56, 9 Abb., 3 Taf.; Wiesbaden.
- BEHR, H. J., & HEINRICH, T. (1987): Geological Interpretation of DEKORP 2–S: A deep seismic reflection profile across the Saxothuringian and possible implications for the Late Variscan structural evolution of Central Europe. – Tectonophysics, **142**: 173–202, 12 Abb.; Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo.
- BENECKE, P. (1987): Schadstoffeintrag in den Boden durch Niederschlagswasser. – Wasser und Boden, **39**: 502–507, 3 Abb., 5 Tab; Hamburg–Berlin. [Reinhardswald]
- (1987): Stoffaustrag aus dem Boden und dessen Auswirkungen auf Oberflächen- und Grundwasser. – Wasser und Boden, **39**: 620–623, 3 Abb., 1 Tab.; Hamburg–Berlin. [Taunus, Spessart, Odenwald]
- BERGSTRÖM, D., BRIGGS, E. G., DAHL, E., ROLFE, W. D. I., & STÜRMER, W. (1987): *Nabecaris stuertzi*, a phyllocarid crustacean from the Lower Devonian Hunrück Slate. – Paläont. Z., **61**: 273–298, 14 Abb.; Stuttgart.
- BERNERTH, H., & TOBIAS, W. (1987): Vorschläge zur ökotechnischen Sanierung von Nebengewässern des staugeregelten Untermain. – Ber. Offenbacher Ver. Naturkde., **87**: 46–57, 7 Abb., 1 Tab.; Offenbach.
- BJÖRNSEN, G. (1987): Planerstellung: Abstimmung von Abbau und Folgenutzung. – Naturstein-Industrie, **3**: 28–36, 7 Abb.; Baden–Baden.
- BLUM, R. (1987): Theoretische Anomalien des magnetischen Totalfeldes für dreidimensionale Störkörper. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 381–393, 6 Abb.; Wiesbaden.
- BLUME, H.-P., & BRÜMMER, G. (1987): Prognose des Verhaltens von Schwermetallen in Böden mit einfachen Feldmethoden. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., **53**: 111–117, 9 Tab.; Göttingen.
- BOGACKI, W. (1987): Optimale Bewirtschaftung von Süß- und Salzwasser Aquifern. – Mitt. Inst. Wasserbau u. Wasserwirtsch., **65**, 176 S., div. Abb., div. Tab.; Aachen.
- BOHN, U. (1987): Beobachtungen zur spontanen Grünlandregeneration auf Fichtenräumungsflächen im Naturschutzgebiet „Rotes Moor“/Hohe Rhön. – Natur und Landschaft, **62** (9): 353–363, 4 Abb., 3 Tab.; Bonn.
- BRÄUTIGAM, F., EWERT, F. K., HOLZ, S., & PHILLIPEN–LINDT, P. (1987): Die Abdichtung des Buntsandstein-Untergrundes am Hochwasserrückhaltebecken Marbach/Haune mittels Schlitzwand und Injektionen. – Wasserwirtschaft, **77**: 321–324, 3 Abb., 3 Taf.; Stuttgart.
- BRECHTEL, H. M. (1987): Precipitation Input of Inorganic Chemicals in Forested Areas Caused by Air Pollution in the Federal Republic of Germany. – 21 S.; Hann. Münden. [Reinhardswald]
- BREHM, J. (1987): Zur anthropogenen Versauerung der Schlitzerländer Buntsandstein-Waldlandschaft. III. Der Säure- und Nährstoffeintrag durch die Niederschläge in den Jahren 1980/83. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **23**: 3–13, 14 Abb., 2 Tab.; Fulda.

- BREITKREUZ, H. (1987): Geochemische Charakteristik der Zechstein- und Oberkreide-Karbonate im Einflußbereich der Blei-Zink-Mineralisationen des Westheimer Abbruchs (NW-Hessen, E-Westfalen). – Diss. TU Braunschweig, 165 S., div. Abb., div. Tab., div. Taf.; Braunschweig.
- BREUERS, H.-G. (1987): Wasserwirtschaftsverwaltung in Hessen – Aufgaben im Wandel der Zeit. – Wasser und Boden, **39**: 14–15; Hamburg–Berlin.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (1987): Internationales Hydrologisches Programm. Jahrbuch Bundesrepublik Deutschland. Kalenderjahr 1984. – 159 S., div. Abb., div. Tab., div. Taf.; Koblenz. [Rhein, Main, Lahn, Fulda, Eder]
- Deutsche Kommission zur Reinhaltung des Rheins (1987): Rheingütebericht 1985 der Deutschen Kommission zur Reinhaltung des Rheins. – Wasser und Boden, **39**: 444–448, 1 Abb.; Hamburg–Berlin.
- Deutscher Bäderverband (1987): Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen. – Heilbad u. Kurort, **39**: 182–16, 1 Tab.; Gütersloh.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Rheingebiet Teil II, Main (mit einem Anhang Bayer. Elbegebiet). Abflußjahr 1985. – 164 S., 1 Kt.; München (Bayer. L.-Amt Wasserwirtsch.) 1987.
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Rheingebiet, Teil III, Mittel- und Niederrhein mit Ijsselgebiet. Abflußjahr 1985. – 312 S., 1 Kt.; Düsseldorf (L.-Amt Wasser u. Abfall Nordrh.-Westf.) 1987.
- DIEDEL, R., & VOGTMANN, J. (1987): Die Elementverteilung in Schwarzschiefern als Beitrag zur Klärung intraformational ablaufender Prozesse. 65. Jahrestagung der Dt. Mineralog. Ges. der TU Clausthal, 13.–18. September 1987, KLEBER-SYMPOSIUM gem. mit der Arbeitsgem. Kristallographie. – Fortschr. Miner., **65**: 38; Stuttgart. [Hess. Senke]
- DIEDERICH, G. (1987): Bruchtektonik des nördlichen hessischen Buntsandstein-Odenwaldes. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 305–313, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- EICHENTOPF, H., & GREILING, R. O. (1987): Arcuate hinge cleavage associated with welded contacts: an example. – Journ. of Structural Geology, **9** (7): 905–910, 6 Abb.; Headington Hill Hall, Oxford. [Edersee-Gebiet]
- EICHHORN, J., & BRECHTEL, H. M. (1987): Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1987 in Hessen. – Forst- und Holzwirt. **42**: 550–553; Hannover.
- EIKAMP, H. (1987): Messelreminiszenzen. – NAOM-Jber. 1985/1986. **10** (8), 120 S., 21 Abb., 2 Taf.; Obertshausen (Selbstvlg. NAOM).
- ENGEL, E. (1987): Zur Palynologie und Stratigraphie der Braunkohle von Borken (Hessen). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 171–203, 6 Abb., 3 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.
- ENGELS, B. (1987): Über die Bedeutung der „Diagonalstörungen“ im Hunsrückschiefer. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 259–284, 15 Abb.; Wiesbaden.
- ENTENMANN, W., & HOLTZ, S. (1987): Geologie und Untergrundabdichtung der Aar-Talsperre (Hauptdamm) bei Bischoffen, Lahn-Dill-Kreis (Hessen). – Wasserwirtschaft, **77**: 331–333, 5 Abb., 1 Taf.; Stuttgart.
- ERLENBACH, K.-H. (1987): Anforderungen an Wasserschutzgebiete – Konsequenzen für die Landwirtschaft. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, **28** (3): 161–166; Berlin–Hamburg.
- ERNSTBERGER, H. (1987): Bodenhydrologische Untersuchungen und Kartierungen als Grundlage zur Wiederherstellung eines Auenverbundes. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., **53**: 145–150, 1 Abb.; Göttingen. [Wetterau]
- FAUST, D. (1987): Böden und Bodenkarte des Hangelsteins und angrenzender Waldgebiete bei Gießen. – Oberhess. naturwiss. Z., **49**: 3–9, 2 Abb., 1 Tab.; Gießen.
- FESEL, U. (1987): Hessisches Gütemeßprogramm für oberirdische Gewässer – Fließgewässer. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **56**, 156 S., div. Abb., div. Tab.; Wiesbaden.
- FINNERN, H. (1987): Die bodenkundliche Kartierung in der Bundesrepublik als Grundlage für ein Bodeninformationssystem. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., **53**: 151–160, div. Abb., 1 Tab.; Göttingen.
- FLICK, H. (1987): Geotektonische Verknüpfung von Plutonismus und Vulkanismus im südwestdeutschen Variscicum. – Geologische Rundschau, **76/3**: 699–707, 5 Abb.; Stuttgart.
- & SCHMIDT, J. (1987): Eine Vulkaninsel mit Saumriff im Devon des südlichen Rheinischen Schiefergebirges. – Facies, **17**: 67–72, 4 Abb.; Erlangen. [Diez/Lahn]

- FREY, E., LAEMMERT, A., & RIESS, J. (1987): *Baryphracta deponiae* n. g. n. sp. (Reptilia, Crocodylia), ein neues Krokodil aus der Grube Messel bei Darmstadt (Hessen, Bundesrepublik Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont., **1987** (1): 15–26, 4 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- FRICKE, K. (1987): Professor Dr. Nöring wird 75. – Heilbad und Kurort, **39**: 202–203, 1 Abb.; Gütersloh.
- FROMM, K. (1987): Paläomagnetische Bestimmungen zur Korrelierung altpleistozäner Terrassen des Mittelrheins. – Mainzer geowiss. Mitt., **16**: 7–29, 16 Abb., 1 Tab.; Mainz. [Presberg]
- FUHRMANN, U., & LIPPOLT, H. J. (1987): K-Ar-Datierungen an Maintrapp-Basalten aus Bohrungen in Frankfurt a. M. nach der $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Ar-Stufenentgasungstechnik. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 245–257, 6 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- GÄRTNER, E. J. (1987): Beobachtungseinrichtungen des hessischen Untersuchungsprogrammes „Waldbelastung durch Immissionen“ (Konzeption und Aufbau). – Forschungsber. Hess. Forstl. Versuchsanst., **1**, 110 S., div. Abb., div. Tab.; Hann. Münden.
- GEHLEN, K. v. (1987): Formation of Pb-Zn-F-Ba mineralizations in SW Germany: a status report. – Fortschr. Miner., **65**: 87–113, 8 Abb., 2 Tab.; Stuttgart. [Odenwald]
- GRANER, D. (1987): Die Fossilgrabungen im Ölschiefer der Grube Messel (Messel-Formation, Mittelozän) bei Darmstadt. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **69**: 149–169, 5 Abb.; Stuttgart.
- GRIES, H., & SEIDENSCHWANN, G. (1987): Die „Lämmerspieler Artefakte“. Neue Erkenntnisse über ein umstrittenes altsteinzeitliches Inventar aus dem ehemaligen Museum des „Offenbacher Vereins für Naturkunde“. – Ber. Offenbacher Ver. Naturkde., **87**: 3–38, 21 Abb., 1 Tab.; Offenbach a. M.
- HABERER, K. (1987): Umweltradioaktivität und Trinkwasserversorgung. Teil 3: Die Belastung des Oberflächenwassers in Deutschland nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. – gwf, **128** (2): 123–127, 3 Abb., 3 Tab.; München.
- (1987): Umweltradioaktivität und Trinkwasserversorgung. Teil 4: Die Belastung der Gewässersedimente, des Bodens sowie des Grund- und Trinkwassers. – gwf, **128** (3): 188–194, 3 Abb., 12 Tab.; München.
- (1987): Rheinwasserbeschaffenheit und Trinkwasserversorgung. 10 Jahre praxisnahe Untersuchungen am Wiesbadener Institut für Wasserforschung und Wassertechnologie. – gwf, **128** (10): 533–543, 9 Abb., 2 Tab.; München.
- HAGDORN, H., HICKETHIER, H., HORN, M., & SIMON, T. (1987): Profile durch den hessischen, unterfränkischen und baden-württembergischen Muschelkalk. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 131–160, 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- HAMMES, W., & BRECHTEL, H. M. (1987): Verfahrensgang und erste Ergebnisse der forstlich-ökologischen Beweissicherung im Raum der Startbahn 18 West des Frankfurter Flughafens. – Verh. Gesell. Ökologie, Bd. XVI; Gießen.
- HARMON, R. S., HOEFS, J., & WEDEPOHL, K. H. (1987): Stable isotope (O, H, S) relationships in Tertiary basalts and their mantle xenoliths from the Northern Hessian Depression, W.-Germany. – Contrib. Mineral. Petrol., **95**: 350–369, 8 Abb., 6 Tab.; Berlin-Heidelberg (Springer).
- HEIL, R., KOENIGSWALD, W. v., LIPPMANN, H. G., GRANER, D., & HEUNISCH, C. (1987): Fossilien der Messel-Formation. – 159 S., div. Abb.; Darmstadt.
- HENTSCHEL, G. (1987): Neufunde seltener Minerale aus quartären Vulkanvorkommen der Eifel. – Mainzer geowiss. Mitt., **16**: 91–96, 5 Abb.; Mainz.
- HERRMANN, A. G. (1987): Untergrund-Deponie anthropogener Schadstoffe. – Fortschr. Miner., **65**: 307–323, 7 Abb., 1 Tab.; Stuttgart. [Herfa-Neurode]
- HERZBERG, A. (1987): Hessisches Geologisches Schrifttum 1985 mit Nachträgen aus den Jahren 1973–1984. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 449–461; Wiesbaden.
- Hessische Landesanstalt für Umwelt (1987): Biozoenotische und Hydrochemische Bestandsaufnahme der Werra und Ulster. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **58**, 173 S., div. Abb., div. Tab.; Wiesbaden.
- (1987): Aspekte Hessischer Naturschutzarbeit. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **64**, 136 S., div. Abb., div. Tab.; Wiesbaden.
- (1987): Abfallberatung in Hessen, Vorträge zu den Seminaren Sammlung, Lagerung und Entsorgung von Sonderabfall-Kleinmengen aus Haushalten, Kleingewerbe und Schulen. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenrh. der HLFU, **66**, 45 S., div. Abb.; Wiesbaden.

- Hessischer Minister für Umwelt und Reaktorsicherheit (1987): Gewässergüte im Lande Hessen. – 17 S., 2 Tab., 1 Kt.; Wiesbaden.
- (1987): Wasserwirtschaft – Jahresbericht – Hessen. – Wasser und Boden, **39**: 328–331, 2 Abb.; Hamburg–Berlin.
- Der Hessische Minister–Staatskanzlei (1987): Regionaler Raumordnungsplan Mittelhessen. – 95 S., div., Abb., div. Tab., 2 Beil.; Wiesbaden.
- HODENBERG, R. v., FISCHBECK, R., & KÜHN, R. (1987): Beitrag zur Kenntnis der Salzminerale, Salzgesteine und Salzlagerstätten, insbesondere im deutschen Zechstein. Teil I. – Aufschluß, **38** (2): 45–57, 7 Abb., 2 Tab.; Heidelberg.
- – – (1987): Beitrag zur Kenntnis der Salzminerale, Salzgesteine und Salzlagerstätten, insbesondere im deutschen Zechstein. Teil II – Aufschluß, **38** (3): 77–92, 13 Abb., 2 Tab.; Heidelberg.
- – – (1987): Beitrag zur Kenntnis der Salzminerale, Salzgesteine und Salzlagerstätten, insbesondere im deutschen Zechstein. Teil II (Schluß), Teil III. – Aufschluß, **38** (4): 109–125, 12 Abb.; Heidelberg.
- HÖLSCHER, J., & WALTHER, W. (1987): Eine Übersicht zur Boden- und Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland. – gwf, **128** (12): 635–641, 8 Abb.; München.
- HÖLTING, B., & SCHRAFT, A. (1987): Geohydrologische Aspekte bei der Wassererschließung in Kluffundwasserleitern. – In: Handbuch Wasserversorgungs- und Abwassertechnik, 2. Ausgabe, 110–118, 5 Abb., 3 Tab.; Essen (Vulkan).
- HÖTZL, H., WOHNLICH, S., MOSER, H., & STICHLER, W. (1987): Infiltration und Sickerwasserbewegung in mehrschichtigen Böden – Isotopenhydrologische und hydrochemische Untersuchungen. – 10. Tagung der Fachsektion Hydrogeologie vom 25. 05. bis 29. 05. 1987 in Regensburg. – Nachr. Dt. Geol. Ges., **36**: 31–32; Hannover. (Dreieich-Buchschatz)
- HOTTENROTT, M. (1987): Palynologie und Stratigraphie im Tertiär von Mittelhessen und Umgebung. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **175**: 65–79, 4 Abb.; Stuttgart.
- HÜHNER, G. (1987): Bohrkernlager Hessisches Landesamt für Bodenforschung. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 522–525; Wiesbaden.
- Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung (1987): 12. Wassertechnisches Seminar. Neuere Erkenntnisse beim Bau und Betrieb von Vertikalfilterbrunnen. – **32**, 333 S., div. Abb., div. Tab.; Darmstadt.
- IVEN, H. (1987): Vorsorgemaßnahmen zur Beseitigung negativer Auswirkungen von Grundwasser-Absenkungen im Hessischen Ried. – gwf, **128** (2): 77; München.
- KASS, W. (1987): Eignung und Einsatz nicht radioaktiver Markierungstoffe im Bereich der Mineral- und Thermalwasserforschung. – Heilbad und Kurort, **39**: 211–212; Gütersloh.
- KLEMENS E. (1987): Der Schollenbau des Deckgebirges im Odenwald, gedeutet anhand klassischer Bruchhypothesen. – Z. dt. geol. Ges., **138** (1): 173–188, 10 Abb.; Hannover.
- KLEUSBERG, T., & TIETZE, K.-W. (1987): Rote Zirkone in Playa-Ablagerungen des Buntsandsteins der Hessischen Senke. – Geologica and Palaeontologica, **21**: 169–172, 2 Abb.; Marburg.
- KOENIGSWALD, W. v., & TOBIEN, H. (1987): Bemerkungen zur Altersstellung der pleistozänen Mosbach-Sande bei Wiesbaden. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 227–237, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- & WUTTKE, M. (1987): Zur Taphonomie eines unvollständigen Skelettes von *Leptictidium nasutum* aus dem Ölschiefer von Messel. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 65–79, 5 Abb.; Wiesbaden.
- & SCHMITT, E. (1987): Eine pathologisch veränderte Löwentibia aus dem Jungpleistozän der nördlichen Oberrheinebene. – Natur u. Museum, **117** (9): 272–277, 7 Abb.; Frankfurt a. M.
- KORN, D., & PRICE, J. (1987): Taxonomy and Phylogeny of the Kosmoclymeniinae subfam. nov. (Cephalopoda, Ammonoidea, Clymeniida). – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **92**: 5–75, 27 Abb., 8 Taf.; Frankfurt a. M.
- KOTT, R., & WUTTKE, M. (1987): Untersuchungen zur Morphologie, Paläökologie und Taphonomie von *Retifungus rudens* RIETSCHEL 1970 aus dem Hunsrückschiefer (Bundesrepublik Deutschland). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 11–27, 1 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- KRÄMER, R. (1987): Zur Geologie des Sayntales zwischen Isenburg und Kausen (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 99–115, 5 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- KRAUSE, W. J., MUNDSCHEK, H., & ROST, W. (1987): Zur Bestimmung von Fließzeit und longitudinaler Dispersion im Main mit ³HHO als Leitstoff. – Dt. Gewässerkdl. Mitt., **31** (4): 107–119, 14 Abb., 3 Tab.; Koblenz.

- KÜMMERLE, E. (1987): Kurmainzischer Bergbau im Raum Rüdeshcim a. Rhein-Presberg. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 365–380, 7 Abb.; Wiesbaden.
- (1987): Mächtigkeit der quartären Deckschichten. Kt. 1:30000 (Stadtgebiet Frankfurt a. M.). – Hrsg. Referat Umweltschutz/Stadtvermessungsamt Stadt Frankfurt a. M.; Frankfurt a. M.
- (1987): Beschaffenheit der quartären Deckschichten. Kt. 1:30000 (Stadtgebiet Frankfurt a. M.). – Hrsg. Referat Umweltschutz/Stadtvermessungsamt der Stadt Frankfurt a. M.; Frankfurt a. M.
- (1987): Liegendes der quartären Deckschichten („Abgedeckte Karte“) i. M. 1:30000 (Stadtgebiet Frankfurt a. M.). – Hrsg. Referat Umweltschutz/Stadtvermessungsamt der Stadt Frankfurt a. M.; Frankfurt a. M.
- (1987): Geologische Profile im Stadtgebiet Frankfurt a. M. – Hrsg. Referat Umweltschutz/Stadtvermessungsamt der Stadt Frankfurt a. M.; Frankfurt a. M.
- KULICK, J. (1987): Der über Tage anstehende Zechstein in Hessen – Int. Symp. Zechstein 87, Exkf. II, 19–140, 81 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1987): Die Randfazies des Zechsteins in der Korbacher Bucht und im Frankenger Raum. – Int. Symp. Zechstein 87, Exkf. II, 141–169, 13 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- & PAUL, J. (1987): Zur Stratigraphie und Nomenklatur des Zechsteins – Glossar. – Int. Symp. Zechstein 87, Exkf. I u. II, 9–18, 2 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- KUSSMAUL, H., AL-AZAWI, A., & CORDT, T. (1987): Auswertung langjähriger Wasseruntersuchungen im Hinblick auf die Grundwasserversauerung. – Inst. Fresenius, Forschungsber. 102 02 606, i. A. Umweltbundesamt, 135 S., div. Abb., div. Tab.; Taunusstein.
- LAEMMLER, M. (1987): Neu aufgefundene tektonische Strukturen im Bereich des osthessischen Fuldaerlandes und deren genetische Deutung (Bl. 5223 Queck und 5323 Schlitz). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 285–303, 4 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- LINDSTEDT, H.-J., & ROGALLA, R. (1987): Entzerrung von Luftbildern im Einbildverfahren. Ein FORTRAN-Programmsystem für kleine Rechenanlagen. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 395–403, 3 Abb.; Wiesbaden.
- LINKENHÄGNER, W. (1987): Die Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn. – Glückauf, **123** (8): 496–502, 5 Abb.; Essen.
- LINKERSDÖRFER, S., & BENECKE, P. (1987): Auswirkungen von sauren Depositionen auf die Grundwasserqualität in bewaldeten Gebieten. Eine Literaturstudie im Auftrag des Umweltbundesamtes. – Materialien/Umweltbundesamt, **4**, 170 S., 44 Abb., 44 Tab.; Berlin.
- LYSAK, S. V. (1987): Terrestrial heat flow of continental rifts. – Tectonophysics, **143**: 31–41, 5 Abb.; Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo.
- MADER, H. (1987): Auslesegerät, Zählgerät und Kreuztisch – Ein neues automatisches Hilfsmittel für die Mikropaläontologie, Mikrofaziesanalyse und Petrographie (DBP). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **5**: 307–313, 1 Abb.; Stuttgart.
- & SCHULTZE, H.-P. (1987): Elasmobranchier-Rest aus dem Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges und des Harzes (W-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **175**: 317–346, 6 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- MALZAHN, E., & KULICK, J. (1987): *Menaspis armata* EWALD, ein histologisch interessanter Arthrodirenfund im hessischen Zechsteinkalk. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 57–64, 6 Abb.; Wiesbaden.
- MAROTZ, G. (1987): Reduzierung des Nitratreintrags in das Grundwasser durch gezielte landwirtschaftliche Bodennutzung. – Wasserwirtschaft, **77**: 490–493, 1 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.
- MARTIN, T. (1987): Artunterschiede an den Langknochen großer Artiodactyla des Jungpleistozäns Mitteleuropas. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **96**: 1–124, 134 Abb.; Frankfurt a. M.
- MARTIN, W. (1987): Die Entwicklung des technischen Ablaufes der Kartenherstellung der Internationalen Geologischen Karte von Europa und der Mittelmeergebiete 1:1500000 – Eine Dokumentation der vergangenen 100 Jahre. – Geol. Jb., **101**: 3–63, 31 Abb.; Hannover.
- MARTINI, E. (1987): Anreicherung von Muschelkalk-Hornsteinen im Tertiär von Abtsroda/Rhön. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **23**: 21–25, 5 Abb.; Fulda.
- (1987): Fossilführendes Oligozän bei Feldbach/Rhön. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **23**: 27–30, 13 Abb.; Fulda.
- (1987): Nannoplankton aus dem nordhessischen Melanienton und von Sieblos/Rhön (Unter-Oligozän). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 161–169, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.

- (1987): Nannoplankton aus den oberen Hydrobien-Schichten des Hanauer Beckens (Miozän). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 217–226, 2 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- MARXSEN, J. (1987): Untersuchungen zur bakteriellen Biomasse und zur bakteriellen Aufnahme von Glucose in 2 Bächen des Kaufunger Waldes (Nordhessen). – Abh. u. Ber. Naturkundemuseum Otteneum, **V 5**: 423–432, 1 Abb., 4 Tab.; Kassel.
- MATTHESS, G. (1987): Der Kreislauf eines Bodenschatzes – Hydrogeochemische Vorgänge im Wasser. – Forschung Mitt. der DFG, **2**: 19–22, 6 Abb.; Bonn.
- MEISER, P. (1987): Anforderungen an den Grundwasserschutz in Trinkwasserschutzgebieten. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, **28** (3): 152–161, 1 Tab.; Berlin–Hamburg.
- MEISL, S. (1987): Uranium Mineralisation in Permian Volcanics and Konglomerates of the Donnersberg Area, Saar-Nahe Through, Germany. – Monograph Series on Mineral Deposits, **27**: 107–112, 7 Abb.; Berlin–Stuttgart.
- MENDEL, H. G., & SCHULTZ, G. A. (1987): Satelliten-Fernerkundung: Anwendungsmöglichkeiten in Hydrologie und Wasserwirtschaft. – Wasserwirtschaft, **77**: 13–17, 3 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.
- MENGEL, K. (1987): Petrologie und Geochemie von Unterkrusten-Xenolithen aus Tiefen des Habichtswaldes (nördliche Hessische Senke). 65. Jahrestagung der Dt. Mineralog. Ges. der TU Clausthal, 13.–18. September 1987, KLEBER-SYMPOSIUM gem. mit der Arbeitsgem. Kristallographie. – Fortschr. Miner., **65**: 134; Stuttgart.
- MENZEL, H. M., & QUECKE, C. (1987): Bewertungshilfe für Dioxine. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, **53**: 1–57; Wiesbaden.
- MEUSER, A., ERNSTBERGER, H., & SOKOLLEK, V. (1987): Über die Wirkung eines Vegetationswandels auf das Abfluvverhalten – Ergebnisse eines Einzugsgebietsmodells. – Wasser und Boden, **39**: 628–633, 7 Abb., 3 Tab.; Hamburg–Berlin. [Gebiet Krodorf]
- Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg; Der Hessische Minister für Umwelt und Reaktorsicherheit; Ministerium für Umwelt und Gesundheit Rheinland-Pfalz (1987): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum. – 107 S., 42 Abb., 16 Tab., 12 Kt.; Stuttgart–Wiesbaden–Mainz.
- MISTEREK, D. (1987): Ein Beitrag zur umweltorientierten Stadtplanung. – Marburger Geogr. Schr., **106**, 141 S., div. Abb., div. Tab., div. Kt.; Marburg/Lahn.
- MOTZKA-NÖRING, R. (1987): mit Beitr. v. ANDERLE, H.-J., BLUM, R., DIEDERICH, G., GUNDLACH, H., HENTSCHEL, G., HERRMANN, A., HORN, M., KULICK, J., LINDSTEDT, H.-J., MALZAHN, E., PRINZ, H., REICHMANN, H., SCHADE, H., STOPPEL, D., THEUERJAHR, A.-K.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt Nr. 4925 Sontra, 296 S., 91 Abb., 14 Tab., 6 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- MÜLLER, D., & KIRCHESCH, V. (1987): Zur Auswirkung der Stauregulierung auf den Sauerstoffhaushalt von Mosel, Fulda, Saar und Donau – mikrobiologisch-biochemische Untersuchungen und Gütemodellrechnungen – Teil II. – Dt. Gewässerkdl. Mitt., **31** (1): 12–15; Koblenz.
- Naturparkarchiv der BFANL (1987): Naturparke in der Bundesrepublik Deutschland – Grunddaten, Stand 31. 1. 1987 – Natur und Landschaft, **62** (4): 151–154, 1 Abb., 4 Tab.; Bonn.
- NESBOR, H.-D. (1987): Die doleritischen Spilite der Lahnmulde (Rheinisches Schiefergebirge). Regionale Geologie und geotektonische Stellung. – Diss. Univ. Heidelberg, 163 S., div. Abb., div. Tab., div. Taf.; Heidelberg.
- & FLICK, H. (1987): Nachweis effusiver Vulkanite und Neuinterpretation des Vulkanismus in der südlichen Randfazies der Lahnmulde. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **69**: 395–407, 9 Abb.; Stuttgart.
- – (1987): Faziesgebundene Überschiebungstektonik in der Lahnmulde (Rheinisches Schiefergebirge). – Z. dt. geol. Ges., **138** (1): 121–130, 7 Abb.; Hannover.
- Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1987): Bericht über den Erdöl- und Erdgas-, Bohr- und Förderverlauf im Jahre 1986 in der Bundesrepublik Deutschland. – 452 S., div. Tab., div. Taf.; Hannover.
- OSTASZEWSKA, K. (1987): Zur Typologie der rezenten geochemischen und elementaren Landschaften im Taunus, Taunusvorland und in der Untermainebene. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 405–421, 5 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- PAULY, E. (1987): Die Rolle des Geologen im modernen Wirtschaftsablauf. – Mitteilungsbl. Bundesverb. dt. Geologen, **13**: 20–24; Bonn.

- (1987): Rohstoff-Sicherung in der Bundesrepublik Deutschland. – Ziegelindustrie International, **9/87**: 375–381; Wiesbaden.
- (1987): Jahresbericht des Nassauischen Vereins für Naturkunde für das Jahr 1985. – Jb. Nass. Ver. Naturkde., **109**: 66–73; Wiesbaden.
- (1987): Jahresbericht des Nassauischen Vereins für Naturkunde für das Jahr 1986. – Jb. Nass. Ver. Naturkde., **109**: 74–83; Wiesbaden.
- (1987): Zum Wechsel in der Schriftleitung der Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. – Jb. Nass. Ver. Naturkde., **109**: 4–7; Wiesbaden.
- PLAUMANN, S. (1987): Karte der BOUGUER-Anomalien in der Bundesrepublik Deutschland 1:1500000. – Geol. Jb., **E 40**: 3–7, 1 Taf.; Hannover.
- POREZAG, K. (1987): Bergbaustadt Wetzlar. – 480 S., 188 Abb., 1 Kt.; Wetzlar (Wetzlar-Verlag).
- PRINZ, H. (1987): Ingenieurgeologische Erkundung. – in: REIMERS, K., & LINKENHÄGNER, W. (1987): Wege in die Zukunft. Neubau- und Ausbaustrecken der Deutschen Bundesbahn. – 112–116, 4 Abb.; Darmstadt (Herta-Vlg.).
- PROBST, E. (1987): Deutschland in der Urzeit. Von der Entstehung des Lebens bis zum Ende der Eiszeit. – Zbl. Geol. Paläont. Teil II, **3/4**: 102–104; Stuttgart.
- QUADFLIEG, A. (1987): Vergleichende Untersuchungen zur kalkaggressiven Kohlensäure in Grundwässern aus dem Buntsandstein Ost Hessens. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 341–356, 6 Abb., 5 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- RASCHKE, N. (1987): Die Bodendifferenzierung im Bereich der nördlichen Lahnberge bei Marburg unter besonderer Berücksichtigung der oxalat- und dithionitlöslichen Eisenfraktionen. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 315–330, 11 Abb.; Wiesbaden.
- REENTS, H.-J. (1987): Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten auf das potentielle Stickstoff-Fixierungsvermögen (Acetylen-Reduktionstest) einer Sandparabraunerde. – Zt. Pflanzenernährung u. Bodenkd., **105** (1): 31–36, 1 Abb., 6 Tab.; Weinheim. [Rheinebene]
- REUTER, A. (1987): Implications of K–Ar ages of whole-rock and grainsize fractions of metapelites and intercalated metatuffs within an anchizonal terrane. – Contrib. Mineral. Petrol., **97**: 105–115, 7 Abb., 6 Tab.; Berlin–Heidelberg. [Östl. Rheinisches Schiefergebirge]
- RICHTER-BERNBURG, G. (1987): Das sogenannte Zechsteinkonglomerat und die Grenze Rotliegendes/Zechstein. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 117–129, 7 Abb.; Wiesbaden.
- RÖHR, C. (1987): Laacher-See-Tephra in Bad Soden am Taunus (Bl. 5817 Frankfurt a. M. West). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 239–244, 2 Abb.; Wiesbaden.
- RÜCKERT, E. (1987): Arbeitsbericht über die abgeschlossenen und laufenden Tätigkeiten der Landesanstalt/-ämter für Naturschutz und Landschaftspflege, Hessen. – Natur und Landschaft, **62** (5): 202–204, 1 Abb.; Bonn.
- RUTTE, E. (1987): Rhein, Main, Donau: wie-wann-warum sie wurden; eine geologische Geschichte. – 154 S., 72 Abb.; Sigmaringen (Thorbecke Vlg.).
- SABEL, K.-J. (1987): Schwermetallkonzentrationen des Auflagehumus und der humosen Oberböden. Kt. 1:30000 (Stadtgebiet Frankfurt a. M.). – Hrsg. Referat Umweltschutz/Stadtvermessungsamt Frankfurt a. M.; Frankfurt a. M.
- & FISCHER, E. (1987): Boden- und vegetationsgeographische Untersuchungen im Westerwald. – Frankfurter geowiss. Arb., **D 7**, 268 S., 19 Abb., 50 Tab.; Frankfurt a. M.
- SCHAAL, S. (1987): Forschungsergebnisse zu Grabungen in der Grube Messel bei Darmstadt. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **91**: 1–215; Frankfurt a. M.
- SCHABRONATH, J. (1987): Waldschadensentwicklung und Stand der Ursachenforschung in der Bundesrepublik Deutschland. – Glückauf, **123** (II): 1278–1283, 9 Abb., 2 Tab.; Essen.
- SCHARPFF, H.-J. (1987): Nachweis und Sanierung von industriellen Grundwasserverunreinigungen mittels Vertikalfilterbrunnen. – Lösemittel im Untergrund der Stadt Hanau. – Schriftenreihe WAR des Inst. f. Wasser-, Abwasservers., Raupl. TH Darmstadt, **32**: 307–327, 12 Abb.; Darmstadt.
- SCHMIDT, J., DÖPPERT, M., & BULLMANN, H. (1986/1987): WLB Handbuch Umwelttechnik. – 166 S., div. Abb., div. Tab.; Mainz.
- SCHMINCKE, H.-U., & SUNKEL, G. (1987): Carboniferous submarine volcanism at Herbornseelbach (Lahn-Dill area, Germany). – Geologische Rundschau, **76/3**: 709–734, 22 Abb., 9 Tab.; Stuttgart.
- SCHÖPS, M. (1987): Besucherbergwerk in Meißner-Abterode, Werra-Meißner-Kreis, eröffnet. – Nachr. Dt. Geol. Ges., **36**: 135–136; Hannover.

- SEMMELE, A., HILGENDORF, B., & HELD, M. (1987): Voruntersuchung zum Gewässer- und Bodenschutzplan Kreis Offenbach. – 161 S., div. Abb., div. Tab., div. Taf.; Hofheim a. Ts.
- – – (1987): Fließgewässer-, Bachrenaturierung. – 99 S., div. Abb., div. Tab., div. Taf.; Offenbach.
- SOBOTH, E. (1987): Vorzeitformen im Burgwald. – Heimatj. f. d. Frankenger Land, 109–111, 5 Abb.; Schönstadt (Burgwaldvlg.).
- SPITZER, H., & KÖSTER, H.-J. (1987): Umfang der Wasserschutzgebiete in der Bundesrepublik Deutschland. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, **28** (4): 193–197, 2 Tab.; Berlin–Hamburg.
- STEIN, K., KUNZMANN, G., & HARRACH, T. (1987): Die Vegetation als Indikator der Nährstoffversorgung – Ein Vergleich intensiv und extensiv gedüngter Grünlandstandorte. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **53**: 299–304, 3 Abb., 1 Tab.; Göttingen. [Wetterau]
- STENGEL–RUTKOWSKI, W. (1987): Die Sauerlinge des Westtaunus – Nachzügler eines neogenen Vulkanismus oder Vorboten künftiger tektonischer Aktivität?. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 331–340, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- STUEBING, L. (1987): Untersuchungen zur Empfindlichkeit der Waldbodenflora gegenüber Luftverunreinigungen im Schiffenberger Forst. – Oberhess. naturwiss. Z., **49**: 11–23, 7 Abb., 1 Tab.; Gießen.
- STOPPEL, D. (1987): Zur Entstehung der Schwespatgänge der Grube Koppe bei Siegbach-Wallenfels (Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 357–364, 3 Abb.; Wiesbaden.
- TAMM, M. (1987): Manganerze im Buntsandstein des Finkenbach- und Gammelsbachtals im südlichen Odenwald. – Aufschluß, **38** (3): 93–98, 7 Abb.; Heidelberg.
- THEWS, J.-D. (1987): Hessen heute – vor dem Hintergrund seiner geologischen Entwicklung (Vortrag, gehalten am 9. 10. 1986 zur Feier des 60. Geburtstages von Herrn Prof. Dr. BARGON und zum 40jährigen Bestehen des HLB). – Geol. Jb. Hessen, **115**: 463–472; Wiesbaden.
- THIELICKE, G. (1987): Zusammenstellung einiger wichtiger bodenchemischer und -mechanischer Laboratoriumsmethoden, ihre Anwendungen, Ergebnisdarstellungen und Fehlerquellen. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 423–448; Wiesbaden.
- TOBIEN, H., FAHLBUSCH, V., & MAYR, H. (1987): Bemerkungen zur Altersstellung der altmiozänen Säugerfauna von Frankfurt/Nordbassin und der präbasaltischen Sedimentfolgen im Untergrund von Frankfurt a. M. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 205–216, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- TONN, H., SCHMIDT, F.-P., PORADA, H., & HORN, E.-E. (1987): Untersuchungen von Flüssigkeitseinschlüssen im Zechstein als Beitrag zur Genese des Kupferschiefers. 65. Jahrestagung der Dt. Mineralog. Ges. der TU Clausthal, 13.–18. September 1987, KLEBER-SYMPIOSIUM gem. mit der Arbeitsgem. Kristallographie. – Fortschr. Miner., **65**: 184; Stuttgart. [Richelsdorfer Gebirge]
- TOUSSAINT, B. (1987): Erfahrungen mit Eignungsprüfungen von Meßstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit. – Dt. Gewässerkdl. Mitt., **31** (1): 1–10, 11 Abb., 1 Tab.; Koblenz. [Hess. Ried, Raum Darmstadt]
- (1987): Grundwasserverunreinigung durch leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe im Bereich Neu-Isenburg (Hessen). – Dt. Gewässerkdl. Mitt., **31** (2/3): 48–59, 13 Abb.; Koblenz.
- (1987): Erkundung und Sanierung einer Grundwasserverunreinigung durch leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe im Einzugsgebiet des Wasserwerkes der Stadt Neu-Isenburg (Hessen). – Umweltplanung und Umweltschutz, **9**: 3–62, 14 Abb.; Taunusstein.
- URBAN, H., & STRIBRNY, B. (1987): Die Kupfererzlagerstätte Marsberg, Rheinisches Schiefergebirge – ein Beispiel intraformationaler Lagerstättenbildung. 65. Jahrestagung der Dt. Mineralog. Ges. der TU Clausthal, 13.–18. September 1987, KLEBER-SYMPIOSIUM gem. mit der Arbeitsgem. Kristallographie. – Fortschr. Miner., **65**: 185; Stuttgart.
- WAGNER, R. (1987): Wasser-Kalender 1987, Jahrbuch für das gesamte Wasserfach. – 21. Jg., 452 S., div. Abb., div. Tab.; Berlin (Erich Schmidt Vlg.).
- WALZ, W. (1987): Interne Differentiation der Phonolithe aus der Rhön. 65. Jahrestagung der Dt. Mineralog. Ges. der TU Clausthal, 13.–18. September 1987, KLEBER-SYMPIOSIUM gem. mit der Arbeitsgem. Kristallographie. – Fortschr. Miner., **65**: 188, 1 Abb.; Stuttgart.
- WEBER, H., URBAN, H., & STRIBRNY, B. (1987): Zur Geochemie, Petrographie und Mineralogie der Nebengesteine im Bereich der Goldlagerstätte Eisenberg, Korbach-Goldhausen, Rheinisches Schiefergebirge. 65. Jahrestagung der Dt. Mineralog. Ges. der TU Clausthal, 13.–18. September 1987, KLEBER-SYMPIOSIUM gem. Mit der Arbeitsgem. Kristallographie. – Fortschr. Miner., **65**: 189; Stuttgart.

- WEDEPOHL, K. H. (1987): Kontinentaler Intraplatten-Vulkanismus am Beispiel der tertiären Basalte der Hessischen Senke. – Fortschr. Miner., **65**: 19–47, 10 Abb., 6 Tab.; Stuttgart.
- WOHLRAB, B. (1987): Wirkungen der Landnutzung auf Boden und Wasser. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, **28** (3): 131–142, 5 Tab.; Berlin–Hamburg. [Waldeck]
- WOHNLICH, S. (1987): Auswirkungen nachträglicher Grundwasserschutzmaßnahmen auf den Wasserhaushalt von Deponien unter besonderer Berücksichtigung von Oberflächenabdichtungen. – Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, **247**, div. Abb., div. Tab., div. Taf.; Karlsruhe. [Dreieich-Buchsschlag]
- WOLFF, J., & CARLS, P. (1987): Erhaltungszustand von Mikrofossilien als Indikator möglicher Wasserzirkulation in Tongesteinen – eine Methode zur Beurteilung von Deponie-Standorten. – Wasser und Boden, **39**: 178–179, 2 Abb.; Hamburg–Berlin.
- ZEPP, H. (1987): Wasserhaushalt und Verlagerung wasserlöslicher Stoffe in Lößdecken des Main-Taunus-Vorlandes. – Arb. Rhein. Landesk., 167 S., 97 Abb., 15 Tab., 1 Beil.; Bonn.
- ZIEGLER, P. A. (1987): Late Cretaceous and Cenozoic intra-plate compressional deformations in the Alpine foreland – a geodynamic model. – Tectonophysics, **137**: 389–420, 11 Abb.; Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo.
- ZIEGLER, W. (1987): Einiges zur frühen Conodonten-Forschung in Deutschland. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 5–10; Wiesbaden.



J. Autscher

Geol. Jb. Hessen	117	S. 274–292	1 Bild	Wiesbaden 1989
------------------	-----	------------	--------	----------------

FRITZ KUTSCHER †

Am 29. November 1988 verstarb in Wiesbaden nach längerer Erkrankung Prof. Dr. Friedrich Kutscher im 82. Lebensjahr. Seine Urne wurde im Kreis von Familie, Freunden, Kollegen und ehemaligen Mitarbeitern am 22. Dezember 1988 auf dem Friedhof seiner Heimatgemeinde Oberdiebach am Rande des Hunsrücks beigesetzt.

Friedrich Kutscher war einer der letzten jener Generation von Geologen, die in den dreißiger Jahren ihren Berufsweg bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt (dem späteren Reichsamts für Bodenforschung) begonnen hatten und die dann nach dem 2. Weltkrieg, oft erst nach langer Gefangenschaft, die Geologischen Landesämter in den Ländern erneut aufbauten und zu neuer Blüte brachten. Mit ihm ist ein Kollege von uns gegangen, dessen Lebensinhalt vom Streben nach der geologischen Erforschung seiner Heimat, dem Hunsrück, und, davon ausgehend, der geologischen Erforschung Hessens und Deutschlands gebildet wurde. Bis zu seiner Pensionierung, aber auch danach, bis in sein letztes Lebensjahr hinein, hat ihn die Beschäftigung mit geowissenschaftlichen Problemen ausgefüllt.

Er wurde am 23. April 1907 in Manubach, im damaligen Kreis St. Goar, als Sohn des Lehrers Friedrich Kutscher und dessen Ehefrau Charlotte, geb. Kurz geboren. Friedrich Kutscher besuchte die Volksschule in Manubach und Oberdiebach, die Realschule in Bingen und ab 1923 die Oberrealschule in Mainz, wo er Ostern 1926 die Reifeprüfung ablegte. Im Sommersemester 1926 begann er an der Universität Marburg ein Studium in den Fächern Geologie, Physik, Mathematik und Sport. Nach zwei Semestern ging er im Sommer 1927 an die Universität Heidelberg, wo er dieselben Fächer belegte, und beendete dort den turnerischen Teil seiner Ausbildung mit dem Turn- und Sportlehrerexamen am Ende des Wintersemesters 1927/28. Mit dem Sportlehrerdiplom in der Tasche setzte er dann sein Studium in Berlin an der Universität und der Technischen Hochschule fort. Zu den bereits in Marburg und Heidelberg bearbeiteten Fächern kamen nun noch Mineralogie, Chemie und Biologie. Nach drei Jahren wurde er dann am 18. 6. 1931 zum Dr. phil. promoviert. Das Thema seiner Dissertation bei J. POMPECKJ, „Zur Entstehung des Hunsrückschiefers am Mittelrhein und auf dem Hunsrück“, war dem wichtigsten Gestein seiner Heimat gewidmet und hatte ihn zeit seines Lebens nicht mehr losgelassen: Ein großer Teil seiner späteren Veröffentlichungen war den Problemen des Hunsrückschiefers zugewandt. Kutscher deutete die Hunsrückschieferablagerungen als die Sedimente eines flachen Meeres, in dem selbst Wattenablagerungen vorkommen konnten. Eine Deutung, die auch von RUDOLF RICHTER in Frankfurt veröffentlicht wurde.

Da F. Kutscher in der Zeit der Weltwirtschaftskrise in den beginnenden 30er Jahren, wie die meisten jungen Menschen damals, nicht sofort eine Anstellung als Geologe fand, setzte er seine Studien als Gasthörer an der TH Berlin fort, wandte seine Kenntnisse bei

gelegentlichen geoelektrischen und Radioaktivitäts-Untersuchungen an und vollendete gleichzeitig eine Probekartierung auf dem Bl. Kisselbach im Hunsrück.

Im Mai 1933 übernahm er für etwa ein Jahr (bis Ende Februar 1934) die 1. Assistentenstelle am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Jena. Im Anschluß daran kartierte er im Auftrag der Thüringischen Geologischen Landesuntersuchung im Oberen Buntsandstein und Muschelkalk des Thüringer Beckens auf den Blättern Keula und Schernberg (1. 3.–30. 6. 1934). Bereits vorher hatte er am 17. 5. 1933 vor dem Prüfungsausschuß der Preußischen Geologischen Landesanstalt die 1. Staatsprüfung für Geologen abgelegt und war nun staatlich geprüfter Geologe.

Am 1. 7. 1934 trat er dann seinen Dienst bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin an. Nach Absolvierung eines zweijährigen geologischen und geophysikalischen Ausbildungsdienstes und nach der 2. Staatsprüfung für Geologen, die nun die Anstellungsfähigkeit bei der Geologischen Landesanstalt bedeutete, wurde er 1936 unter Berufung in das Beamtenverhältnis zum außerplanmäßigen Geologen ernannt. Die von vielen erstrebte Karriere eines Landesgeologen konnte beginnen. Wehrdienst (zu dem er am 15. 5. 1939 einberufen wurde) und Krieg (aus dem er erst am 30. 12. 1949 aus russischer Kriegsgefangenschaft heimkehrte) haben sie für mehr als ein Jahrzehnt unterbrochen.

F. Kutscher war 1939 zu den Pionieren eingezogen worden, wurde aber bereits am 28. 12. 1939 für geophysikalische Untersuchungen (z. B. Erdölexploration im Emsland) freigestellt. Bis 1942 beschäftigten ihn seismische und magnetische Erkundungen in Norddeutschland. In diese Zeit fiel auch seine Ernennung zum Bezirksgeologen beim Reichsamt für Bodenforschung im Juni 1940.

Am 4. 1. 1942 wurde er wieder zum Militärdienst eingezogen. Er diente als Wehrgeologe im Rang eines Hauptmanns in Norwegen und, ab September 1942, in Rußland und machte so den Rußlandfeldzug bis zur Kapitulation mit. Am 9. 5. 1945 geriet er in russische Kriegsgefangenschaft und kehrte erst nach 4½ Jahren, Ende 1949, in sein Heimatdorf Oberdiebach zurück, wohin seine Familie geflüchtet war. Die Kriegsjahre und die lange Gefangenschaft waren für seine Gesundheit nicht ohne Folgen geblieben. Die seelischen und körperlichen Belastungen jener Zeit hatten Spuren hinterlassen, die ihn bis an sein Lebensende begleiteten.

F. Kutscher hatte 1933 in Berlin Wally Siedentopf geheiratet. In der glücklichen und harmonischen Ehe wurden ihnen zwei Söhne und eine Tochter geboren. Seine Frau starb 1985 nach 52jähriger Ehe.

Zunächst außerplanmäßig (seit 1. 7. 1950 planmäßig) trat er am 15. 6. 1950 den Dienst als Geologe beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden an und wurde dort 1951 unter erneuter Berufung in das Beamtenverhältnis auf Lebenszeit zum Bezirksgeologen im Hessischen Staatsdienst ernannt. Von 1954 bis zu seiner Pensionierung 1972 war F. Kutscher als Abteilungsleiter, von 1965 an als stellvertretender Amtsleiter, verantwortlich für Geologische Landesaufnahme, Paläontologie, Geophysik und für die Schriftleitung der Veröffentlichungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. Er hatte in dieser Zeit richtungweisend den Aufbau und Fortgang der geologischen Kartierung und der Geophysik beeinflußt und Niveau und Gesicht der Veröffentlichungsreihen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung geprägt. Dem Personalrat des HLB hat er von 1950 bis 1954 angehört. Für lange Jahre war er außerdem während seiner aktiven Dienstzeit als Beisitzer am Dienststrafhof des Landes Hessen in Kassel tätig.

In der Kartierung widmete er sich mit Nachdruck einem der beherrschenden Probleme der Nachkriegsjahre in Deutschland, der stratigraphischen Gliederung des Buntsandsteins. Die Bearbeitung und Kartierung der etwa ein Drittel der Fläche des Landes Hessen bedeckenden Buntsandsteingebiete wurde unter seiner Leitung bevorzugt gefördert, z. T. in enger Zusammenarbeit mit der hessischen Industrie. Die Kenntnis der Buntsandsteinstratigraphie spielte ja bei der Lagerstätten erkundung der Kaliindustrie und auch bei der Erdölgeologie eine entscheidende Rolle.

Zusammen mit den Kollegen der anderen Landesämter setzte sich F. Kutscher mit Erfolg dafür ein, die Erläuterungen zu den geologischen Karten 1:25 000 zu knappen, aber inhaltsreichen Kompendien der geologischen Verhältnisse eines Blattes zu machen.

Durch den zunehmenden Einsatz mikropaläontologischer Methoden in der stratigraphischen Gliederung paläozoischer Gesteine hatte auch die Kartierung im Rheinischen Schiefergebirge neue, entscheidende Impulse erhalten. F. Kutscher hatte das erkannt und förderte zunächst den raschen Fortgang der Forschung dadurch, daß er für die Veröffentlichung der wichtigen Ostracoden- (RABIEN 1954) und Conodonten-Arbeiten (zusammenfassend s. ZIEGLER 1987) Publikationsraum zur Verfügung stellte. Für eines seiner Lieblingsprojekte, den Conodonten-Katalog, war die Zeit noch nicht reif, der konnte erst von 1973 an publiziert werden (ZIEGLER 1987).

Probleme der angewandten Geophysik haben F. Kutscher seit der Beendigung seines Studiums beschäftigt. Aus der großen Zahl seiner Veröffentlichungen zu diesem Thema geht klar hervor, daß der Schwerpunkt seiner geophysikalischen Untersuchungen bei der Geomagnetik lag. Er hatte aber auch auf den Gebieten der Geoelektrik, der Radioaktivität, der Gravimetrie und der Seismik gearbeitet. Als Leiter eines reflexionsseismischen Meßtrupps war er z. B. maßgeblich an der Erschließung des ersten Erdölfeldes (Dahlum) im Emsland beteiligt.

Die Reihe seiner erdmagnetischen Arbeiten begann schon 1938 mit der Beschreibung einer magnetischen Anomalie zwischen Soest und Paderborn, mit der er den ersten Nachweis des Lippstädter Gewölbes (im Rahmen der magnetischen Reichsvermessung) führen konnte. Die magnetischen Anomalien werden hier durch einen tief liegenden Pluton verursacht, der wahrscheinlich im Zeitraum Oberkarbon – Unterperm intrudiert ist (CLAUSEN et al. 1982). Bei seinen Messungen im Quartärgebiet Norddeutschlands fand F. Kutscher ein weiteres magnetisches Hoch im Gebiet der Odermündung und Rügens (1942). Diese Anomalie ist nach unserer heutigen Kenntnis auf eine Hochlage des Kristallins der Osteuropäischen Tafel zurückzuführen (HOTH 1968).

Dem Einsatz erdmagnetischer Messungen bei der Erzlagerstätten suche und, nach Beginn seiner Tätigkeit im basaltreichen Hessen zunehmend mehr bei der Untersuchung und Abgrenzung von Basaltvorkommen, galt seine besondere Aufmerksamkeit. Ein großes Untersuchungsprogramm auf Eisenerze in Hessen in den 50er Jahren war nicht zuletzt auf seine Aktivitäten zurückzuführen.

Seine gute Kenntnis des Unterdevons im Rheinischen Schiefergebirge war der Grund dafür, daß ihm die Zusammenstellung dieses Abschnitts im „Lexique Stratigraphique International“ übertragen wurde (1959). F. Kutscher hat in diesem mit großer Mühe und profunder Sachkenntnis zusammengetragenen Nachschlagewerk ein wichtiges Werkzeug für alle geschaffen, die sich im Rheinischen Schiefergebirge mit stratigraphischen Fragen des Unterdevons befassen. Leider ist die von ihm geplante Fossilkartei für das Unterdevon,

vorgeschlagen auf der Tagung der Paläontologischen Gesellschaft 1952 in Osnabrück, nicht mehr endgültig fertiggestellt worden.

Seine Freude und sein Geschick bei Zusammenstellen und Sammeln wissenschaftlicher Daten zeigen auch die Registerbände, die von ihm für die Notizblattbände der Hessischen Geologischen Landesanstalt in Darmstadt und des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung herausgegeben wurden.

Von Anbeginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn zog sich jedoch durch seine Arbeiten wie ein roter Faden die Beschäftigung mit Stratigraphie, Fossilführung und Fazies des Hunsrückschiefers, mit dem sich mehr als 65 Einzelarbeiten seiner Veröffentlichungen befassen. Vielen Kollegen sind noch die Hunsrückschiefer-Exkursionen mit F. Kutscher in Erinnerung, die oft in seinem Heimatdorf Oberdiebach und bei einigen Flaschen guten Oberdiebacher Weines ausklangen. Sein Ziel war eine möglichst vollständige Dokumentation der Hunsrückschieferfossilien. Die von ihm 1962 begründete Reihe „Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers“ umfaßt allein 54 Titel, die zum größten Teil von ihm bearbeitet wurden. Leider ist es nicht mehr zu einer Zusammenfassung in einem Hunsrückschiefer-Band gekommen.

Die intensive Beschäftigung mit den Fossilien führte zur Zusammenarbeit mit anderen Bearbeitern, u. a. auch mit W. STÜRMER, der wie W. M. LEHMANN (1957) mit Hilfe von Röntgenaufnahmen viele Neuentdeckungen in und an Hunsrückschieferfossilien gemacht und beschrieben hat. Zusammen mit W. STÜRMER wurde in den 70er Jahren ein von der DFG gefördertes Forschungsprojekt begonnen, bei dem mit Hilfe einer fahrbaren Röntgenapparatur systematisch die Bundenbacher und Gemündener Dachschiefer durchmustert wurden. Zusammen mit den Arbeiten W. M. LEHMANN's hatten diese Aktivitäten ein so weltweites Echo, daß ihnen z. B. auf einer Darstellung paläontologischer Techniken in Tokio als einzigem deutschen Beitrag wesentlicher Ausstellungsraum gewidmet wurde.

In der angewandten Geologie hatte sich F. Kutscher besonders als Hydrogeologe um die Wasserversorgung des ehemaligen Kreises Usingen verdient gemacht und dort in mehr als 75 Gutachten zu hydrogeologischen Fragen Stellung genommen.

Angewandte Geophysik und Angewandte Geologie waren auch Hauptthemen seiner Vorlesungstätigkeit an der Universität Mainz. Nachdem er bereits 1952 einen Lehrauftrag erhalten hatte, wurde ihm am 20. 11. 1959 mit seiner Habilitation die *Venia legendi* für Geologie vom Senat der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz verliehen. Dem folgte 1962 die Ernennung zum außerplanmäßigen Professor.

Fritz Kutscher war langjähriges Mitglied vieler wissenschaftlicher Gesellschaften. Neben der Deutschen Geologischen Gesellschaft und der Paläontologischen Gesellschaft war er dem Nassauischen Verein für Naturkunde besonders verbunden und stellte als Schriftleiter von dessen Jahrbuch seine geologischen und redaktionellen Erfahrungen zur Verfügung. Auch hier beschäftigte er sich in seinen Veröffentlichungen besonders mit der Geschichte der Erforschung der Taunusgeologie und den daran beteiligten Geologen.

1976 wurde ihm in Würdigung seines Engagements der Verdienstorden der Bundesrepublik Deutschland verliehen.

Mit seinem Tod ist ein erfülltes Geologenleben zu Ende gegangen. Kollegen und Mitarbeitern ist er als ein humorvoller, korrekter und verständnisvoller Kollege und Vorgesetzter in Erinnerung geblieben, der für alle an ihn herangetragenen Fragen förderndes Interesse zeigte.

Angeführte Literatur:

- CLAUSEN, C.-D., JÖDICKE, H., & TEICHMÜLLER, R. (1982): Gekläarte und ungeklärte Probleme im Krefelder und Lippstädter Gewölbe. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **30**: 413–432, 2 Taf.; Krefeld.
- HOTH, K. (1968): Präkambrium oder Kryptozoikum. – Ein Grundriß der Geologie der Deutschen Demokratischen Republik. I. Geologische Entwicklung des Gesamtgebietes, 77–94, 2 Abb.; Berlin (Akademie-Verlag).
- LEHMANN, W. M. (1957): Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **21**, 160 S., 31 Abb., 55 Taf.; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1954): Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **9**, 268 S., 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.
- RICHTER, R. (1931): Tierwelt und Umwelt im Hunsrückschiefer; zur Entstehung eines schwarzen Schlammsteins. – Senckenbergiana, **13**: 299–342, 16 Abb.; Frankfurt a. M.
- ZIEGLER, W. (1987): Einiges zur frühen Conodonten-Forschung in Deutschland. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 5–10; Wiesbaden.

Veröffentlichungen

von

Prof. Dr. FRITZ KUTSCHER

(Zusammengestellt von H. POSCHWITZ)

1931

- KUTSCHER, F. (1931): Zur Entstehung des Hunsrückschiefers am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. – Jb. nass. Ver. Naturk., **81**: 177–232, 2 Taf., 2 Abb.; Wiesbaden.

1933

- (1933): Über gestreifte Schiefer in den unterdevonischen Dachschiefern von Gemünden. – Z. prakt. Geol., **41**: 131–133, 2 Abb.; Halle.

1934

- (1934): Fossilien aus dem Hunsrückschiefer I. – Jb. preuß. geol. L.-A. für 1933, **54**: 628–641, 1 Abb., Taf. 34; Berlin.
- (1934): Über eine Fauna im Hunsrückschiefer des Hahnenbachtals. – Z. deutsch. geol. Ges., **86**: 141–145, 1 Abb.; Berlin.

1935

- (1935): Die Throner Quarzite des hinteren Hunsrückgebietes. – Jb. preuß. geol. L.-A. für 1934, **55**: 213–218; Berlin.
- (1935): Ein Fossilvorkommen in den Throner Quarziten westlich von Horath. – Z. deutsch. geol. Ges., **87**: 702–703; Berlin.

1937

- (1937): Taunusquarzit, Throner Quarzite und Hunsrückschiefer des Hunsrücks und ihre stratigraphische Stellung. – Jb. preuß. geol. L.-A. für 1936, **57**: 186–237, 9 Abb.; Berlin.

1938

- (1938): Eine Taunusquarzitfauna bei Hoxel. – Jb. preuß. geol. L.-A. für 1937, **58**: 622–630, 2 Abb.; Berlin.
- (1938): Eine magnetische Anomalie zwischen Soest und Paderborn. – Jb. preuß. geol. L.-A. für 1937, **58**: 691–696, 2 Abb.; Berlin.

1939

- (1939): Magnetische Versuchsmessungen auf silikatische Eisenerze in Thüringen. – Beitr. angew. Geophysik, **7**: 350–356, 3 Abb.; Leipzig.
- (1939): Fossilvorkommen im Taunusquarzitzone Weißfels – Hujets Sägemühle – Wehlenstein des Bl. Birkenfeld-West (Hunsrück). – Decheniana, **99 A**: 105–118, 1 Taf.; Bonn.

1940

- (1940): Fossilvorkommen im Taunusquarzit des Simmerbachtals. – Z. deutsch. geol. Ges., **92**: 449–458, 1 Abb.; Berlin.
- (1940): Ophiuren-Vorkommen im Muschelkalk Deutschlands. – Z. deutsch. geol. Ges., **92**: 1–18, Taf. 1; Berlin.
- (1940): Magnetische Untersuchungen im Vulkanfelde der Bergfreiheitgrube von Schmiedeberg im Riesengebirge. – Z. prakt. Geol., **47**: 67–71, 6 Abb.; Halle.

1941

- (1941): Erdmagnetische Versuchsmessungen auf Kieslagerstätten im südlichen Riesengebirge. – Beitr. angew. Geophysik, **9**: 187–197, 4 Abb.; Leipzig.
- (1941): Die Fauna von Berresheim bei Mayen (Bl. Mayen). – Jb. R.-Stelle Bodenforsch. für 1940, **61**: 56–67, Taf. 14; Berlin.

1942

- (1942): Das Alter der Bornhofener Schichten (Unterdevon) am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. – Ber. R.-Amt Bodenforsch., 1942, 179–186, 1 Abb.; Wien.
- (1942): Erdmagnetische Messungen auf Magnetitlagerstätten im südlichen Riesengebirge. – Z. prakt. Geol., **49**: 39–45, 7 Abb.; Halle.

1944

- (1944): Die erdmagnetischen Anomalien im Odermündungsgebiet und ihre Bedeutung für die Geologie. – Jb. R.-Amt Bodenforsch. für 1941, **62**: 31–53, Taf. 2; Berlin.
- (1944): Die Taunusquarzitfauna von der Stromberger Neuhütte (Hunsrück). – Jb. R.-Amt Bodenforsch. für 1941, **62**: 272–287, Taf. 13–14; Berlin.

1951

- (1951): Unterdevonstratigraphie und Tektonik der Umgebung von Kisselbach (Hunsrück). – Geol. Jahrb., **66**: 249–256; Hannover.
- (1951): Ergebnisse erdmagnetischer Aufnahmen im Grubengebiet Georg-Josef bei Wirbelau. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1950, **102**: 391–393, 1 Abb.; Hannover.

1952

- (1952): Der geologische Aufbau Hessens. – Das Deutsche Haupthöhennetz, **6**: 49–62; Reutlingen.
- (1952): Fossilfunde im Taunusquarzit des westlichen Soonwaldes (Hunsrück). – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**: 87–90; Wiesbaden.
- (1952): Das erdmagnetische Feld in Hessen. – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**: 361–369; Wiesbaden.
- (1952): Unfallhäufigkeit beim km 512 der Autobahnstrecke Frankfurt Main/Mannheim – Wünschelrute – erdmagnetische Variometermessungen. – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**: 370–372; Wiesbaden.
- (1952): Zur Erdmagnetik der Eifel-Senke. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1951, **103**: 216–218; Hannover.
- (1952): Die stratigraphische Gliederung der Siegenstufe im Hunsrück. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1951, **103**: 333–336; Hannover.

1953

- (1953): Vom „Heft“ zum „Band“ des Notizblattes. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**: 42–51; Wiesbaden.
- (1953): Zur Devongeoologie auf Blatt Kestert im östlichen Hunsrück. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**: 129–137, 2 Abb.; Wiesbaden.
- (1953): Bemerkungen zum Einsatz erdmagnetischer Messungen in Hessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**: 348–349; Wiesbaden.
- (1953): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 1. Zusammenstellung der bisherigen speziellen erdmagnetischen Untersuchungen in Hessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**: 350–367, 9 Abb.; Wiesbaden.
- (1953): Unsere Heimat vor 350 Millionen Jahren. – 60 Jahre Hochsteinchenturm, Jahrestagung und Heimatfest des Hunsrückvereins am 27. und 28. Juni 1953 in Rheinböllen, 1 S.; Kirchberg.
- (1953): Einsatz und Ergebnisse angewandter geophysikalischer Meßmethoden im Eisenerzbergbau des Lahn-Dill-Gebietes. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1952, **104**: 288–290; Hannover.

1954

- (1954): Brunnenbohrungen im Unterdevon des östlichen Hunsrück (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb., **69**: 465–480, 2 Tab.; Hannover.
- (1954): 100 Jahre Notizblatt. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**: 7–12; Wiesbaden.
- (1954): Die Verwitterungsrinde der voroligozänen Landoberfläche und tertiäre Ablagerungen im östlichen Hunsrück (Rheinisches Schiefergebirge). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**: 202–212, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1954): Geophysikalische Forschungen zur Klärung von Lagerstättenproblemen in verschiedenen Eisenerzgebieten Hessens. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**: 317–328; Wiesbaden.
- (1954): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 2. Die erdmagnetische Vermessung der Basaltschote von Naurod im Taunus (Rheinisches Schiefergebirge). – Jb. nass. Ver. Naturk., **91**: 37–46, 6 Abb.; Wiesbaden.

1955

- (1955): Geophysikalische Forschungen in den Eisenerzgebieten Hessens. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1953, **105**: 583–584; Hannover.
- (1955): Zum hundertjährigen Bestehen des Notizblattes. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1953, **105**: 584–586; Hannover.
- (1955): Eine Fauna in der Kondelgruppe bei Rittershausen (Dillmulde, Hessen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**: 102–105; Wiesbaden.

1956

- (1956): Brunnenbohrungen im östlichen Hunsrück. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1954, **106**: 191–192; Hannover.
- (1956): Exkursion in die Umgebung von Bingen anlässlich der Tagung des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens in Wiesbaden am 3. 6. 1955. – Decheniana, **108**: 299–300, 1 geol. Übersichtskarte; Bonn.
- (1956): Eröffnung einer Diskussion zur hessischen Meeresstraße im Unterstamp. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**: 204–205; Wiesbaden.
- & ANGENHEISTER, G. (1956): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 4. Gesteinsphysikalische Untersuchungen an den Kernproben der Bohrung Weyer 1 (Lahnmulde, Hessen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**: 385–402, 8 Abb.; Wiesbaden.
- (1956): Über den neuesten Stand der Angewandten Geophysik. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1954, **106**: 562–565; Hannover.

1957

- (1957): Der Nassauische Verein für Naturkunde zu Wiesbaden. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 7–18, 1 Abb.; Wiesbaden.

- (1957): Hundertjähriges Bestehen des Standardwerkes der Gebrüder SANDBERGER über nassauische Versteinerungen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 19–23, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1957): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 5. Verfolgung einer Basaltspalte bei Dietges i. d. Rhön. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 420–424, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1957): II a 1. Überblick über Kartierung und Druck geologischer Karten. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 452–455, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1957): II a 2. Publikationsorgane des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 455–459; Wiesbaden.
- (1957): II a 3. Der paläontologische Forschungsbeitrag des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 459–460; Wiesbaden.
- (1957): II a 4. Angewandte Geophysik im Hessischen Landesamt für Bodenforschung. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 460–461; Wiesbaden.

1958

- & STEIN, A. (1958): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 3. Magnetische Vermessung eines Basaltvorkommens mit angrenzendem Eisenerzlager auf Bl. Weilburg (Lahn-Mulde). – Geol. Jb., **73**: 575–594, 14 Abb., 4 Tab.; Hannover.
 - (1958): Erdmagnetische Messungen auf Basalte in Hessen. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1957, **109** (2): 550–558; Hannover.
 - (1958): Bemerkungen zur Anlegung von Fossilkarteien. – Paläontol. Z., **32**: 16–17; Stuttgart.
 - (1958): Bemerkungen zur stratigraphischen Buntsandsteinforschung in Hessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 185–191, 1 Abb.; Wiesbaden.
 - (1958): XI. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse. – Erl. geol. Kte. Hessen, Bl. 4622 Kassel-West, 165–175, Abb. 5–9; Wiesbaden.
- MICHELS, F., & KUTSCHER, F.: Bericht über die wissenschaftliche Tätigkeit im Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, für die Zeit vom 1. 1. 1957 bis 31. 12. 1957. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 395–410; Wiesbaden.

1959

- (1959): Lexique Stratigraphique International, Vol. I EUROPE (Sous la direction du professeur P. PRUVOST), Fascicule 5 ALLEMAGNE, Fascicule 5 b DÉVONIEN (par F. KUTSCHER et H. SCHMIDT), 3–304, 355–386; Paris.
- & LANG, H. D. (1959): Exkursion D. Stratigraphie des Buntsandsteins bei Marburg. 279–280. In: Bericht über die Exkursionen anlässlich der 110. Hauptversammlung in Marburg a. d. Lahn vom 1.–9. September 1958. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1959, **111**: 255–310; Hannover.
- (1959): Exkursion F. Geologie der Umgebung von Eschwege und des Hohen Meißners. 292–294, Abb. 1. In: Bericht über die Exkursionen anlässlich der 110. Hauptversammlung in Marburg a.d. Lahn vom 1.–9. September 1958. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1959, **111**: 255–310; Hannover.

1960

- (1960): Das Luftbild als Unterlage für die geologische Aufnahme. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1959, **111**: 778–780; Hannover.
- (1960): Zur Stratigraphie und Nomenklatur des Mittleren Buntsandsteins in Hessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**: 243–245; Wiesbaden.
- (1960): Stratigraphische Tagesfragen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**: 107–121, 4 Tab.; Wiesbaden.
- (1960): Erfahrungen bei erdmagnetischen Untersuchungen auf Basaltvorkommen. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1960, **112**: 171–177; Hannover.
- MICHELS, F., & SOLLE, G. (1960): VI. Exkursion im Taunus, Rhein-Tal und Mosel-Tal. – Arbeitstagung über die Grenze und Stratigraphie von Silur und Devon, Exkursionsführer, S. VI, 1–7, 2 Tab.; Bonn–Bruxelles (deutsche, englische und französische Ausgabe).

- SOLLE, G., & STRUVE, W. (1960): VII. Exkursion in die Olkenbacher Mulde (Fortsetzung) und in die Hillesheimer Mulde (Eifel). – Arbeitstagung über die Grenze und Stratigraphie von Silur und Devon, Exkursionsführer, VII, 1–27, 1 Abb.; Bonn–Bruxelles (deutsche, englische und französische Ausgabe).

1961

- (1961): Der Buntsandstein in neuer Sicht. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1960, **112**: 586–587; Hannover.
- (1961): Anweisungen für die Verfasser beim Druck wissenschaftlicher Arbeiten in den Veröffentlichungsorganen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**: 489–502; Wiesbaden.
- (1961): Geophysikalische Forschungen in den hessischen Eisenerzgebieten. – Geol. Rdsch., **51**: 672–680; Stuttgart.

1962

- HENTSCHEL, H., KORITNIG, S., KUTSCHER, F., & RÖSING, F., (1962): Ganztagesexkursion zur Blauen Kuppe und zum Meißner am 25. Mai 1961. – Decheniana, **114**: 195–201; Bonn.
- (1962): Register für die Notizblattbände der 6. Folge, (VI) 1–(VI) 3 und 81–89. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 425–486, 1 Abb.; Wiesbaden.
 - (1962): Bemerkungen zur Einrichtung einer Veröffentlichungsrubrik „Nachrichten und Mitteilungen aus dem Hessischen Landesamt für Bodenforschung“ in den Notizblatt-Bänden. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 489–490; Wiesbaden.
 - (1962): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 2. Die Chondriten als Lebensanzeiger. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 494–498, Taf. 36; Wiesbaden.
 - (1962): Per Rössle †. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 516–520, 1 Bild; Wiesbaden.
 - (1962): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 160–164, 2 Tab.; Wiesbaden.
 - & KARSCHNY, A. (1962): Die stratigraphisch-paläontologische Sammlung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 521–524; Wiesbaden.
 - & HORN, M. (1962): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 1. Ein Fossilvorkommen im Leimbach-Tal nördlich Bacharach (Unterdevon, Mittelrhein). – Paläont. Z., H. SCHMIDT-Festband, 134–139, Taf. 13 u. 14; Stuttgart.

1963

- (1963): Register für die Notizblatt-Bände der 5. Folge, Hefte 1–20, erschienen 1916–1939. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **42**, 58 S., 1 Taf.; Wiesbaden.
- (1963): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 3. Die Anwendung der Röntgentechnik zur Diagnostik der Hunsrückschieferfossilien. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 74–86, Taf. 9–11; Wiesbaden.
- & HORN, M. (1963): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 4. Fossilien und organogener Detritus im Sediment. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 87–91, Taf. 12; Wiesbaden.
- (1963): Die Brunnenbohrung Arnoldshain 2 (Taunus; Bl. 5716 Oberreifenberg). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 341–345, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1963): Die Brunnenbohrung für die Gemeinde Eschbach im Quarzgang am Buchstein (Taunus; Bl. 5617 Usingen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 346–350, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1963): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 5. Pteropoden-Vorkommen im Hunsrückschiefer des Hunsrücks und Taunus. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 366–371, 3 Abb.; Wiesbaden.
- (1963): Stichwortregister ab Notizblatt Band 90. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 407–411; Wiesbaden.
- (1963): Bemerkungen zur Herausgabe der Karte und Erläuterungen Bl. Queck. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5223 Queck, 5–7, Abb. 1; Wiesbaden.

- (1963): Die Beziehungen des Blattgebietes Queck zum Nivellementsnetz I. und II. Ordnung. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5223 Queck, 219–222, Abb. 9; Wiesbaden.
- & WENDLER, R. (1963): XII. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Queck. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5223 Queck, 301–309, Abb. 18–21, Tab. 7; Wiesbaden.
- BANK, H., & KUTSCHER, F. (1963): Geologische Exkursion in das Hahnenbachtal am 13. Juni 1962. – *Decheniana*, **115**: 256–260; Bonn.

1964

- (1964): Carl Koch's Denkmal im Nerotal bei Wiesbaden. – Jb. nass. Ver. Naturk., **97**: 29–36, 1 Taf.; Wiesbaden.
- & KÜMMERLE, E. (1964): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 6. Die Conularien-Arten des Hunsrückschiefers. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**: 52–59, Abb. 1, Taf. 3–4.; Wiesbaden.
- (1964): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 7. Spülsäure in Schichten der Kaisergrube von Gemünden. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**: 261–264, Taf. 15; Wiesbaden.
- (1964): Die Verwendung von künstlichen Papieren (Faserprodukte) für den Druck geologischer Karten. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**: 286–291, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1964): Hinweise für richtiges Korrekturlesen. – Hess. L.-Amt Bodenforsch., 8 S., 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1964): Schriften und Geologische Karten von WILHELM WAGNER. – Hess. L.-Amt Bodenforsch., 8 S.; Wiesbaden.

1965

- (1965): Register für die Notizblatt-Bände der 4. Folge, Heft 1–35, erschienen 1880–1914. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **49**, 56 S., 1 Taf.; Wiesbaden.
- (1965): Die Verwendung von Hunsrucker Orts- und Landschaftsnamen für geologische Schichtenzeichnungen. – *Der Hunsrück*, **1**: 27–32; Bernkastel-Kues.
- (1965): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 8. *Phacops ferdinandi* KAYSER und sein Verbreitungsgebiet in der Hunsrückschieferfazies. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 19–37, 2 Abb., Taf. 3–4; Wiesbaden.
- (1965): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 9. *Weinbergina opitzi* RUD. & E. RICHTER in den Dachschiefergruben von Bundenbach. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 38–46, 2 Abb., Taf. 5; Wiesbaden.
- (1965): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 10. Die Vertreter der Klasse Blastoidea (Echinodermata) im Hunsrückschiefer von Kaub und Bundenbach. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 61–67, 1 Abb., Taf. 7; Wiesbaden.
- (1965): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 11. Röhrenbildende Würmer auf Hunsrückschieferfossilien. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 331–333; Wiesbaden.
- (1965): Petrographische Begriffe aus einer Bauernphysik des Jahres 1770. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 348–350, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1965): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 6. Erdmagnetische ΔZ -Messungen im Gebiet der Blauen Kuppe südlich Eschwege. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 351–354, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1965): Vorsicht bei Verwendung von Schutzfolien auf geologischen Karten. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 355–356; Wiesbaden.
- (1965): in: EHRENBERG, K.-H., KÜMMERLE, E., KUTSCHER, F., & MITTMAYER, H.-G.: Darustwald-Schichten am Angstfels zwischen Bodenthal und Bächergrund (Unter-Devon, Mittelrheintal). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 334–337, 2 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- (1965): Zur geologischen Kartierung und Veröffentlichung des Blattes Schlitz. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5323 Schlitz, 3–7, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1965): XI. Das Nivellementsnetz I. und II. Ordnung auf und in der Umgebung von Blatt Schlitz. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5323 Schlitz, 225–229, Abb. 29–30; Wiesbaden.

- & WENDLER, R. (1965): XII. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Schlitz – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5323 Schlitz, 230–237, Abb. 31–32, Tab. 26; Wiesbaden.

1966

- (1966): ALEXANDER FUCHS ein Förderer der Unterdevongologie am Mittelrhein und im Taunus. – Jb. nass. Ver. Naturk., **98**: 8–16, 1 Bild; Wiesbaden.
- (1966): Bemerkungen zur Herausgabe der Geologischen Karte 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen und deren Erläuterungen. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, 5–7, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1966): X. Das Nivellement I. und II. Ordnung auf dem Blatt Wolfhagen und seiner Umgebung. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, 188–197, Abb. 2–3; Wiesbaden.
- & WENDLER, R. (1966): XI. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse auf Blatt Wolfhagen. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4621 Wolfhagen, 198–215, Abb. 4–13; Wiesbaden.
- (1966): Zur Unterdevon-Gliederung im Rheinischen Schiefergebirge. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1963, **115**: 682–691; Hannover.
- (1966): Der Buntsandstein in Hessen. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1963, **115**: 692–714; Hannover.
- (1966): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 15. *Viriatellina fuchsi* (KUTSCHER, 1931) im Hunsrückschiefer und im Tentaculitenknollenkalk Thüringens. – Paläontol. Z., **40**: 274–276; Stuttgart.
- (1966): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 12. *Acanthocrinus*-Arten im Hunsrückschiefer und im übrigen rheinischen Unterdevon. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 19–26, Taf. 1.; Wiesbaden.
- (1966): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 13. Lamellibranchiaten des Hunsrückschiefers. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 27–39, 1 Abb.; Wiesbaden.
- & MITTMEYER, H.-G. (1966): Eine Fauna aus dem Unteremsium von Dillbrecht (Dill-Mulde, Bl. Ewersbach 5115). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 269–277, Taf. 18; Wiesbaden.
- (1966): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 16. Ostracodenvorkommen im Hunsrückschiefer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 371–372; Wiesbaden.
- (1966): Angewandte erdmagnetische Messungen in Hessen. 7. Erdmagnetische Messungen an den Wolkenbrüchen bei Trendelburg (Bl. 4422 Trendelburg, Hessen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 394–397, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1966): Zur Lackierfähigkeit geologischer Karten. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 398–400; Wiesbaden.
- (1966): Technische Daten zur Bodenkarte von Hessen und deren Erläuterungen. – Erl. Bodenkte. Hessen 1:25 000, Bl. 5914 Eltville, 134–137; Wiesbaden.
- (1966): HEINRICH GREBE, der Begründer einer modernen Hunsrückgeologie. – Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück, Jg. **1966**: 59–63, 1 Bild; Bernkastel-Kues.
- (1966): Der Buntsandstein und seine heutigen Probleme. – Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1964, **116**: 1031–1033, Hannover.

1967

- (1967): RUDOLF OPITZ und seine geologischen Forschungen. – Natur u. Museum, **97**: 223–228, 2 Abb.; Frankfurt a. M.
- (1967): Aufgaben und Bedeutung des Nivellements hoher Genauigkeit für die geologische Forschung und Praxis. – Z. Vermessungswesen, **92**: 303–310; Stuttgart.
- (1967): Zur geologischen Kartierung und Veröffentlichung des Bl. Eiterfeld. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5224 Eiterfeld, 5–7, Abb. 1; Wiesbaden.
- (1967): XI. Das Nivellement I. und II. Ordnung auf und in der Umgebung des Blattes Eiterfeld. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5224 Eiterfeld, 163–169, Abb. 12–15; Wiesbaden.
- (1967): Ein Fisch aus dem Hunsrückschiefer mit dem Namen *Gemuendina*. – Hunsrückkalender 1968, **24**: 39–42, 2 Abb.; Simmern.

- (1967): 20. Die museale Darstellung von Hunsrückschiefer-Fossilien mit modernen Präparationsmethoden und Röntgendiagnostik. – *Museumskunde*, **1967**: 66–75, 4 Abb.; Berlin.
- (1967): Bemerkungen zur Herausgabe der Karte und Erläuterungen Bl. Bad Hersfeld in Hessen. – *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5124 Bad Hersfeld, 5–8, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1967): XII. Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Bl. Bad Hersfeld und seiner Umgebung. – *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5124 Bad Hersfeld, 221–229, Abb. 12–14; Wiesbaden.
- (1967): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 17. Ein *Orthoceras*-Gehäuse mit angehefteten Puellen. – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**: 9–12, Taf. 1–2; Wiesbaden.
- (1967): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 18. Zur Gattung *Pentremitella* LEHMANN, 1949. – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**: 219–220; Wiesbaden.
- (1967): Zum *Chirotherium*-Problem. – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**: 227–231, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1967): Wortabkürzungen in fachwissenschaftlichen Arbeiten. – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**: 309–312; Wiesbaden.

1968

- PRINZ, H., & SCHWARZ, E. (1968): Bodenbewegungen in Hessen und ihre geologische Deutung. – *Z. Vermessungswesen*, **93**: 45–54, 6 Abb.; Stuttgart.
- (1968): Der Heimatforscher und Geologe RUDOLF OPITZ. – *Mitt. Ver. Heimatkd. Landkreis Birkenfeld u. Heimatfreunde Oberstein*, **31**: 27–43, 3 Abb.; Idar-Oberstein.
- (1968): Röntgenstrahlen lüften Hunsrückschiefer-Geheimnisse. – *Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück*, Jg. Hunsrückverein **1968**: 49–58, 6 Abb.; Bernkastel-Kues.
- PRINZ, H., & SCHWARZ, E. (1968): Junge Bodenbewegungen in Hessen. – *Umschau*, **68**: 339; Frankfurt a. M.
- (1968): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 22. Zur Fortführung und Intensivierung der Hunsrückschiefer-Forschung. – *Der Aufschluß*, **19**: 136–139; Göttingen.
- (1968): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 19. Röntgenaufnahmen von Dachschieferplatten mit Tentaculiten. – *Jb. nass. Ver. Naturk.*, **99**: 18–21, 1 Taf.; Wiesbaden.
- MICHELS, F., & KUTSCHER, F. (1968): Geologische Bemerkungen zur Spessart-Exkursion des Nass. Vereins f. Naturkunde am 2. 7. 1967. – *Jb. nass. Ver. Naturk.*, **99**: 92–97, Abb. 1; Wiesbaden.
- & SIEVERTS-DORECK, H. (1968): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 21. *Pyrgocystis*-Arten im Hunsrückschiefer und mittelhessischen Unterdevon. – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**: 7–17, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1968): Lichtechtheit von Farben geologischer Karten. – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **96**: 352–355; Wiesbaden.
- (1968): *Drepanaspis gemuendenensis*, ein altertümlicher Fisch des Hunsrückschiefer-Meeres. – *Hunsrückkalender 1969*, **25**: 61–63, 2 Abb.; Landkreis Simmern.
- (1968): Technische Daten zum Druck der Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Bl. 5815 Wehen. – *Erl. Bodenkte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5815 Wehen, Umschlag-S. 3; Wiesbaden.
- (1968): Hunderjähriges Jubiläum der Geologischen Karte 1:25 000. – *Ber. z. dt. Landeskunde*, **40**: 121–126; Bad Godesberg.
- (1968): Bemerkungen zur Herausgabe der 2. Aufl. der Geologischen Karte Bl. 5913 Presberg und der Erläuterungen. – *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5913 Presberg, 5–9, Abb. 1; Wiesbaden.
- (1968): I. Einführung in das Blattgebiet Presberg. – *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5913 Presberg, 15–20, Abb. 2; Wiesbaden.
- (1968): II. Vorausgegangene geokartographische Darstellungen. – *Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000*, Bl. 5913 Presberg, 21–22; Wiesbaden.

- (1968): VI. Montangeologie und Lagerstätten. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 104–109; Wiesbaden.
- (1968): IX. Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Presberg und den benachbarten Blättern. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 136–141, Abb. 13–14; Wiesbaden.
- (1968): XI. Die Seismizität im Bereich des Blattes Presberg und seiner Umgebung. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 150–154, Abb. 21–22; Wiesbaden.
- (1968): XII. Bemerkenswerte geologische Aufschlüsse (Geologische Naturdenkmäler). – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 155–156; Wiesbaden.
- (1968): XIII. Exkursionsziele im Blattgebiet. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 157–160; Wiesbaden.
- (1968): XV. Schriftenverzeichnis. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5913 Presberg, 184–200; Wiesbaden.
- (1968): 120 Jahre Taunusquarzit-Forschung. – Mz. Naturw. Arch., **7**: 153–167, 1 Abb., 3 Tab.; Mainz.
- (1968): Zum Stand der Geologischen Karte 1:25 000 im Gebiet Grebenau. Technische Daten zum Druck der Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, Umschl. S. 2–3, Abb. 1; Wiesbaden.
- (1968): XI. Das Nivellement I. und II. Ordnung rund um das Blattgebiet Grebenau. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5222 Grebenau, 171–175, Abb. 9; Wiesbaden.
- (1968): Zum Stand der Geologischen Karte 1:25 000 im Gebiet Hünfeld. Technische Daten zum Druck der Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, Umschl. S. 2–3, Abb. 1; Wiesbaden.
- (1968): X. Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Bl. Hünfeld und den benachbarten Blättern. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5324 Hünfeld, 98–102, Abb. 6; Wiesbaden.
- (1968): 8. Die Bibliothek. – Beih. geol. Jb., **78**: 119–122, Hannover 1968. 11. Die Veröffentlichungen, Karten- und Schriftendruck. – Beih. geol. Jb., **78**: 137–160; Hannover.
- (1968): 12. Die Vertriebsstelle. – Beih. geol. Jb., **78**: 161–163; Hannover.
- (1968): Das Nivellement hoher Genauigkeit auf Bl. Korbach und seiner Umgebung. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, 207–211, Abb. 30; Wiesbaden.
- (1968): Zum Stand der Geologischen Karte 1:25 000 im Gebiet Korbach. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4719 Korbach, 10; Wiesbaden.

1969

- (1969): AUGUST LEPPLA Förderer der Hunsrückgeologie um die Jahrhundertwende. – Jb. 1969, Bl. Mosel, Hochwald und Hunsrück, 97–103, Hunsrückverein e.V.; Bernkastel-Kues.
- (1969): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 23. Aus der Frühgeschichte der Untersuchung von Hunsrückschiefer-Fossilien. – Decheniana, **122**: 15–20, 1 Taf.; Bonn.
- (1969): The Goniatites of the Hunsrueck Slate (Renish Schiefergebirge). – Ludlow research group, Bull. No. **16**: 22–24; Univ. Coll. Swansea.
- (1969): Lower Devonian in the Middle Rhein Valley Area. Results of recent Field Investigations. – Ludlow research group, Bull. No. **16**: 24–25; Univ. Coll. Swansea.
- (1969): X. Das Nivellement auf Blatt Waldeck und den benachbarten Blättern. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4720 Waldeck, 194–198, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1969): IX. Die Nivellementlinien I. und II. Ordnung auf Blatt 5916 Hochheim und den angrenzenden Blättern. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim, 3. Aufl., 149–153, 2 Abb.; Wiesbaden.
- (1969): X. Die Seismizität im Bereich des Blattes Hochheim und der angrenzenden Blätter. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim, 3. Aufl., 154–161, 3 Abb.; Wiesbaden.
- (1969): Die Erforschung der Hunsrückschiefer-Fossilien durch WALTHER MAXIMILIAN LEHMANN mit Hilfe von Röntgenaufnahmen (Forscher, Sammler und Liebhaber der Hunsrückschiefer-Fossilien. 3). – Rhein-Hunsrück-Kalender, 1970, **26**: 47–50, 2 Abb.; Simmern.

- (1969): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 24. Die Ammonoiten-Entwicklung im Hunsrückschiefer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 46–64, 6 Abb., Taf. 5; Wiesbaden.
 - (1969): EMANUEL KAYSER und der Hunsrückschiefer (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 4). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 391–394; Wiesbaden.
 - (1969): Das Baumaterial der Kirche von Altweilnau (Bl. 5616 Grävenwiesbach). – Jb. nass. Ver. Naturk., **100**: 22–24, 1 Taf.; Wiesbaden.
 - (1969): XI. Geophysikalische Daten und Meßergebnisse. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., 165–175, Abb. 5–9; Wiesbaden.
 - (1969): Zum Stand der GK 25 im Gebiet Hochheim a. Main. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim, 3. Aufl., 9–10, 1 Abb.; Wiesbaden.
- BRASSEL, G., & KUTSCHER, F. (1969): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 26. Der „Scheinstern“ *Mimetaster hexagonalis* (GÜRICH 1931). – Mz. naturw. Arch., **8**: 181–192, 1 Abb., 2 Taf.; Mainz.

1970

- (1970): 100 Jahre Hunsrückschieferforschung. – Bl. Mosel, Hochwald, Hunsrück, Jb. Hunsrückverein 1970, 118–125, 4 Abb.; Bernkastel-Kues.
- (1970): Der Hunsrückschiefer-Kalender. Das Leben im Hunsrückschiefer-Meer vor 350 Mill. Jahren. 12 Taf., 13 Texts.; Bad Kreuznach (Jung & Co.).
- (1970): Das Devon des Hunsrücks. – Der Aufschluß, **19. Sh.**: 77–86, 2 Abb.; 1 Tab.; Heidelberg.
- (1970): Die Versteinerungen des Hunsrückschiefers. – Der Aufschluß, **19. Sh.**: 87–100, 14 Abb.; Heidelberg.
- (1970): PETER TISCHBEIN und die Hunsrückschiefer-Fossilien. – Mitt. Ver. Heimatkd. Landkr. Birkenfeld u. Heimatfrde. Oberstein, **33**: 84–87, 2 Abb.; Idar-Oberstein.
- (1970): X. Das Nivellement I. und II. Ordnung auf dem Blatt Neuhof und seiner Umgebung. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5523 Neuhof, 2. Aufl., 193–198, 2 Abb.; Wiesbaden.
- (1970): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 27. *Palaeopantopus maucheri* BROILI und *Palaeoisopus problematicus* BROILI. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 19–29, 3 Abb., Taf. 3; Wiesbaden.
- & MITTMAYER, H.-G. (1970): Unterems-Faunen (Unter-Emsium, Unter-Devon) bei der Lochmühle nordwestlich Gemünden (Taunus, Bl. 5616 Grävenwiesbach). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 42–49, 2 Abb., Tab. 5; Wiesbaden.
- (1970): ERICH HAARMANN und das Hunsrückschiefer-Meer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 257–260, 1 Abb., Taf. 16; Wiesbaden.
- (1970): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 29. Beispiel einer Fossilfalle im Hunsrückschiefer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 261–263, Taf. 17; Wiesbaden.
- (1970): Schriften von HORST FALKE. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **56**: HORST FALKE-Festschrift, 8–10; Wiesbaden.
- (1970): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. – 30. Die Echinodermen des Hunsrückschiefer-Meer. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **56**: HORST FALKE-Festschrift, 37–48, 2 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- (1970): Vor 350 Millionen Jahren. Leben im Hunsrückschiefer-Meer. Mappe mit 16 Bildern und Beschreibungen; Bad Kreuznach (Jung & Co.).
- (1970): XII. Das Nivellement I. und II. Ordnung im Blattgebiet Dillenburg und in den umgebenden Gebieten. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl., 477–482, Abb. 17–18; Wiesbaden.

1971

- (1971): Das Nivellement hoher Genauigkeit auf dem Blatt Naumburg und den angrenzenden Blättern. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4721 Naumburg, 196–200, Abb. 21; Wiesbaden.

- (1971): Das Nivellement I. und II. Ordnung auf Blatt Schlüchtern und den angrenzenden Blättern. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl., 195–199, Abb. 38–39; Wiesbaden.
 - (1971): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 31. Die Verbreitung der Crustaceengattung *Nahecaris* JAEKEL im Hunsrückschiefer-See. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 30–42, 4 Abb., Taf. 4; Wiesbaden.
 - (1971): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 32. *Palaeoscorpius devonicus*, ein devonischer Skorpion. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 82–88, 1 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
 - (1971): in BRASSEL, G., KUTSCHER, F., & STÜRMER, W.: Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 33. Erste Funde von Weichteilen und Fangarmen bei Tentaculiten. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**: HEINZ-TOBIEN-Festschrift, 44–50, 3 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
 - (1971): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 34. Crinoideengrus in einer Dachschieferplatte. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**: HEINZ-TOBIEN-Festschrift, 113–116, 1 Taf.; Wiesbaden.
 - (1971): 100 Jahre Hunsrückschiefer-Forschung und heutiger Stand. – Nachr. deutsch. geol. Ges., **4**: 23–26; Hannover.
 - (1971): Die Goniatiten des Hunsrückschiefers und ihr Aussagewert in bezug auf das Alter desselben. – Nachr. deutsch. geol. Ges., **4**: 26–29; Hannover.
 - (1971): FERDINAND BROILI, der bisher erfolgreichste Bearbeiter von Hunsrückschiefer-Fossilien (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien. 6.) – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 383–389; Wiesbaden.
 - (1971): Schieferplatten erzählen. – Bl. Mosel, Hochwald u. Hunsrück, Jg. 1971, 33–38, 3 Abb.; Bernkastel-Kues.
 - (1971): Erdbeben im Mittelrheintal und auf dem Hunsrück. – Rhein-Hunsrück-Kalender 1972, **28**: 20–23, 1 Abb.; Simmern.
 - (1971): FRANZ MICHELS 1891–1970. – Nachr. deutsch. geol. Ges., **3**: 6–11, 1 Bild; Hannover.
 - (1971): 100 Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 7–9; Wiesbaden.
 - (1971): Register für die Bände **81**, 1931, bis **100**, 1969 der Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 169–190; Wiesbaden.
 - (1971): Vorträge im Nassauischen Verein für Naturkunde im Winter 1969/1970. Vorwort. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 191; Wiesbaden.
 - (1971): Die Hunsrück-Exkursion 1970 des Nassauischen Vereins für Naturkunde. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 143–149; Wiesbaden.
 - (1971): FRANZ MICHELS †. – Geol. Jb., **89**: XXIII–XXXVII, 1 Bild; Hannover.
 - & MICHELS, F. † (1971): 1. Geleitworte. In GROSSMANN, H. † u. a.: Rheinfahrt des Nassauischen Vereins für Naturkunde von Wiesbaden nach Boppard anlässlich seines 140jährigen Bestehens. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 131–132, 1 Abb.; Wiesbaden.
 - & PAULY, E. (1971): Eine Fossilbank östlich der Landsteiner Mühle (Weiltal, Taunus). – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 59–61, 1 Abb.; Wiesbaden.
 - (1971): in MICHELS, F. †, & KUTSCHER, F. (1971): 2. Zur Geologie des Rheintales zwischen Wiesbaden und Boppard. In GROSSMANN, H. † u. a.: Rheinfahrt des Nassauischen Vereins für Naturkunde von Wiesbaden nach Boppard anlässlich seines 140jährigen Bestehens. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 132–136, 1 Abb.; Wiesbaden.
 - (1971): FRANZ MICHELS †. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 10–17, 1 Bild; Wiesbaden.
 - (1971): HORST GROSSMANN 1930–1970. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 18–20, 1 Bild; Wiesbaden.
 - (1971): in FRITZ, F. u. KUTSCHER, F.: MARIE DIETRICH †. – Jb. nass. Ver. Naturk., **101**: 22–24, 1 Bild; Wiesbaden.
- 1972
- (1972): Die Erdbeben im Gebiet des Blattes Zwingenberg und seiner Umgebung. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 6217 Zwingenberg a. d. Bergstr., 2. Aufl., 239–241, 2 Abb.; Wiesbaden.

- (1972): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 35. Eine Röntgenaufnahme mit *Bactrocrinus jaekeli* W. E. SCHMIDT und anderen Fossilien. – Mainzer naturwiss. Arch., **11**: 83–87, 1 Taf.; Mainz.
- (1972): Erdbeben im Mittelrheintal und auf dem Hunsrück. – Rhein-Hunsrück-Kal., **28**: 20–23, 1 Abb.; Landkreis Simmern.
- PRINZ, H., & SCHWARZ, E. (1972): Das Nivellement hoher Genauigkeit auf dem Blatt Zwingenberg und den angrenzenden Gebieten. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 6217 Zwingenberg a. d. Bergstr., 2. Aufl., 221–227, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1972): Durch Nivellements festgestellte Bodenbewegungen in Hessen: In: Das Unternehmen Erdmantel. DFG Forschungsbericht, 22–225, 1 Abb.; Wiesbaden (Steiner).

1973

- (1973): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 37. Zusammenstellung der Agnathen und Fische des Hunsrückschiefer-Meeress. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**: 46–79, 11 Abb.; Wiesbaden.
- (1973): OTTO JAEKEL, der Begründer der Hunsrückschiefer-Geologie und -Paläontologie (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**: 373–379, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1973): Nivellement. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 4820, Bad Wildungen, 314–317, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1973): 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**: 8–15, 5 Abb.; Wiesbaden.
- & SIEVERTS-DORECK, H. (1973): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 36. *Rhenocrinus lobatus* n. sp. aus dem Hunsrückschiefer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**: 7–15, 1 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.

1974

- (1974): 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**: 5–24, 9 Abb.; Wiesbaden.
- & KARSCHNY, A. (1974): Erdbeben – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 87–98, 2 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- PRINZ, H., & SCHWARZ, E. (1974): Nivellement. – Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. 6016 Groß-Gerau, 74–78, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.

1975

- (1975): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 40. *Rhenopterus dienstii*, ein Eurypteride im Hunsrückschiefer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **103**: 37–42, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1975): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 41. „Cystoideen“-Arten im Hunsrückschiefer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **103**: 43–52, 6 Abb.; Wiesbaden.

1976

- (1976): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 42. Die Crinoideen-Arten des Hunsrückschiefers. – Geol. Jb. Hessen, **104**: 9–24; Wiesbaden.
- (1976): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 43. Die Asterozoen des Hunsrückschiefers. – Geol. Jb. Hessen, **104**: 25–37; Wiesbaden.
- (1976): Die Geologische Karte von Hessen 1:25 000. – Jb. Nassau. Ver. Naturk., **108**: 10–12; Wiesbaden.

- (1976): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 45. Seeigel im Hunsrückschiefer des Hunsrücks mit einem Überblick über die Echinodermen allgemein. – Jb. nass. Ver. Naturk., **103**: 13–17; Wiesbaden.
- (1976): Fossilien aus dem Hunsrückschiefer. Eine Kolonie mit *Parisingulocrinus* sp. (*eneumis*-Gruppe?). – Aufschluß, **27**: 293–295, 1 Abb.; Heidelberg.
- (1976): WILHELM ERICH SCHMIDT und die Crinoideen des Hunsrückschiefers. (Forscher, Liebhaber und Sammler der Hunsrückschiefer-Fossilien). – Mainzer naturwiss. Arch., **15**: 223–228 1 Abb., Mainz.

1977

- (1977): Die Dachschiefergrube Herrnberg bei Bundenbach im Hunsrück. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **1**: 13–14; Wiesbaden.
- (1977): Ausstellung von Hunsrückschiefer-Fossilien in der Genovevaburg von Mayen. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **1**: 15–16; Wiesbaden.

1977/78

- (1977/78): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers. 47. Neu nachgewiesene Crinoideen-Arten aus dem Hunsrückschiefer in den letzten 40 Jahren. – Mainzer naturwiss. Arch., **16**: 47–50; Mainz.
- & SIEVERTS-DORECK, H. (1977): Über Holothurien im Hunsrückschiefer. – Geol. Jb. Hessen, **105**: 47–55, 2 Taf.; Wiesbaden.

1978

- (1978): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 50. Über Trilobiten des Hunsrückschiefers (Unterdevon). – Geol. Jb. Hessen, **106**: 23–52, 1 Taf.; Wiesbaden.
 - (1978): Der heutige Stand der Forschungsarbeiten im unterdevonischen Hunsrückschiefer des Rheinlandes. – Nachr. dt. geol. Ges., **18**: 102–105; Hannover.
 - (1978): Das Geologische Freimuseum der Deutschen Edelsteinstraße. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **2**: 17–18; Wiesbaden.
 - (1978): Fossilien im Westerwald. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **2**: 19–20; Wiesbaden.
 - (1978): Geologische Freizeit-Akademie in Gemünden/Hunsrück. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **3**: 1–2; Wiesbaden.
- KAHLHEBER, H., & KUTSCHER, F., (1978): Zur Exkursion des Nassauischen Vereins für Naturkunde in das Untere Lahntal am 4. September 1977. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **2**: 11–13; Wiesbaden.
- (1978): Bericht über die botanische Exkursion ins Mittelrheintal zwischen Lorch und Aßmannshausen am 30. 4. 1978. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **3**: 7–8; Wiesbaden.

1979

- (1979): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 51. Gastropoden und Tentaculiten im Hunsrückschiefer. – Geol. Jb. Hessen, **107**: 5–12; Wiesbaden.
- (1979): Die Fossilien der Grube Oberer Kreuzberg im Taunus. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **104**: 206–211; Wiesbaden.
- (1979): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 52. *Viriatellina fuchsi* (KUTSCHER) im Hunsrückschiefer von Gemünden und Bundenbach. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **104**: 212–218, 5 Abb.; Wiesbaden.
- (1979): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 49. Ein vermeintlicher Fisch aus dem Dachschiefer von Kaub am Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). – Mainzer naturwiss. Arch., **17**: 107–111; Mainz.
- (1979): Zum 150jährigen Bestehen des Nassauischen Vereins für Naturkunde. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **4**: 2; Wiesbaden.
- (1979): CHRISTIAN ERNST STIFFT, ein frühes Ehrenmitglied des Nassauischen Vereins für Naturkunde. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **4**: 3–4; Wiesbaden.

- (1979): Geologischer Hunsrück-Lehrpfad Gemünden. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **4**: 14–15; Wiesbaden.

KALHEBER, H., & KUTSCHER, F. (1979): Bericht über die botanisch-geologische Tagesexkursion in den Westerwald am 3. September 1978. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **4**: 15–16; Wiesbaden.

1980

- (1980): Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers, 54. Spongien im Hunsrückschiefer. – Geol. Jb. Hessen, **108**: 39–42; Wiesbaden.
- (1980): Zur Erinnerung an Konrektor i. R. OSKAR ROSE. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **5**: 9; Wiesbaden.
- (1980): CARL LUDWIG FRIDOLIN VON SANDBERGER, ein hervorragender Naturforscher des alten Nassaus. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **6**: 9–11; Wiesbaden.

1981

- (1981): Ein Fund von Porphyroid-Tuffit im Hunsrückschiefer der Dachschiefergrube Mühlenberg bei Bundenbach/Hunsrück. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **7**: 10–11; Wiesbaden.

1983

- (1983): Mainzer Museumsbesuch. Funde aus Messel. – Mitt. nassau. Ver. Naturk., **11**: 14–16; Wiesbaden.

Tätigkeitsbericht

des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1988 (1. 1.–31. 12. 1988)

I. Geologische und bodenkundliche Landeserforschung, Rohstoffgeologie

I 1. Geologische Landesaufnahme

Geologische Karte 1:25 000

Herausgegeben wurde das Blatt 5621 Wenings mit Erläuterungen. Mit dieser Erstausgabe ist ein weiteres, bisher unveröffentlichtes Blatt im Vogelsberggebiet erschienen. Damit verbleiben in Hessen noch 11 unveröffentlichte Blätter.

Von den hier ausgeführten Blättern liegt folgender Bearbeitungsstand vor:

4819 Fürstenberg	Feldaufnahme	5522 Freiensteinau	Feldaufnahme
4821 Fritzlar	Feldaufnahme	5619 Staden	Feldaufnahme
4923 Altmorschen	Feldaufnahme	5714 Kettenbach	Feldaufnahme
5023 Ludwigseck	Druckvorbereitung	5715 Idstein	Druckvorbereitung
5321 Stordorf	Feldaufnahme	5817 Frankfurt a.M. West	Arbeiten unterbrochen
5425 Kleinsassen	Druckvorbereitung	5818 Frankfurt a.M. Ost	Feldaufnahme.
5426 Hilders	Feldaufnahme		

Erschienen ist auch das Blatt CC 5518 Fulda der Geologischen Übersichtskarte 1:200 000, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, wissenschaftlich bearbeitet im Hessischen Landesamt für Bodenforschung (HLB). Das Blatt umfaßt einen Teil der zentralen Hessischen Senke mit Vogelsberg, NW-Rhön, Kellerwald und Richelsdorfer Gebirge und schließt damit die Lücke zwischen den schon vorliegenden Blättern CC 4718 Kassel und CC 6318 Frankfurt a. M.-Ost.

Während des Berichtszeitraumes wurden außerdem von Mitarbeitern des Dezernats zahlreiche Bohrprofile geologisch bearbeitet und Schichtenverzeichnisse erstellt sowie an lagerstättenkundlichen und ingenieurgeologischen Stellungnahmen mitgearbeitet. Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Hochschulinstituten bei der Betreuung von Diplomarbeiten und Dissertationen wurde ebenso fortgesetzt wie die Mitarbeit in der stratigraphischen Kommission der Deutschen Union für Geologische Wissenschaften. Schwerpunkte lagen bei der Bearbeitung stratigraphischer Korrelationstabellen für die Gesteine des Karbons, Zechsteins und Muschelkalks.

I 2. Bodenkunde

Bodenkundliche Landesaufnahme

Die Vorbereitung zur Herausgabe des Blattes 6317 Bensheim der Bodenkarte 1:25 000 wurde weitergeführt und die Zusammenfassung der in der Projektkartierung Hessisches Ried 1:25 000 erfaßten Bodenvielfalt zu einer Karte 1:50 000 fortgesetzt. Zusätzliche Bodenproben zur Bestimmung bodenphysikalischer und -chemischer Kennwerte wurden im Bereich der Blätter 6216 Gernsheim und 6316 Worms entnommen.

Die Kartierarbeiten für die Bodenflächeninventur im künftigen DV-gestützten Bodeninformationssystem i. M. 1:200 000 konzentrierten sich im Berichtszeitraum auf das Korbacher Land sowie anschließende Teile des Ostsauerländer Gebirgsrandes und des Kellerwaldes, auf das Gladenbacher und Marburger Bergland, auf den Hohen Vogelsberg und Teile des Unteren Vogelsberges sowie auf das Reinheimer Hügelland.

Andere bodenkundliche Untersuchungen

Folgende Arbeiten werden abgeschlossen:

- Weinbau-Standortkarte Rheingau 1:5000, Blätter Rüdesheim/Nothgottes, Kostheim/Hochheim am Main-S, Hochheim am Main-O/Rüsselsheim-NW und Massenheim/Wicker.
- Schwermetallbelastung der Böden. – In: Bericht über die Erhebung der Emissionen, Immissionen und Wirkungen sowie Maßnahmenplan zum Luftreinhalteplan Untermain.

Fortgeführt wurden die folgenden Arbeiten:

- Mitarbeit am langfristigen Meßprogramm zur Radioaktivitätsüberwachung nach dem Unfall in Tschernobyl.
- Mitarbeit im UBA-Forschungsvorhaben „Kennzeichnung der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Schwermetallen“.
- Bodenkundliche Kartierung der Weiserflächen an den Hauptmeßstationen des Untersuchungsprogrammes „Waldbelastungen durch Immissionen“.
- Entnahme von Boden- und Grundwasserproben im Rahmen der Arbeitsgruppe „Hydrogeologie/Landwirtschaft“ zur Ermittlung der Nitratauswaschung aus dem Boden in das Grundwasser.

Gutachten wurden erstattet zur Schwermetallbelastung von Böden, bodenökologischen Fragen und der Nutzung von Torfvorkommen, außerdem insgesamt 48 Gutachten über die Boden- und Grundwasserverhältnisse von Friedhofsneuanlagen und -erweiterungen. Ferner wurden über 1000 Stellungnahmen abgegeben im Rahmen der Anhörung von Trägern öffentlicher Belange bei Abweichungsverfahren (Regionale Raumordnungspläne), Bauleit- und Landschaftsplänen, Flurbereinigungsverfahren und agrarstrukturellen Vorplanungen, Naturschutzangelegenheiten und ähnlichem.

Das bodenphysikalische Labor bestimmte an 200 Bodenproben Kennwerte des Bodenwasser- und Bodenluftgehaltes.

I 3. Rohstoffgeologie

Oberflächennahe Lagerstätten

Das „Programm zur Untersuchung der Lagerstätten der Steine und Erden in Hessen“ wurde im Jahr 1988 fortgesetzt. Die aus dem Schürfprogramm 1986 noch ausstehenden Schürfe zur Erkundung von Schwespatvorkommen bei Bad Sooden-Allendorf wurden in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ausgeführt; die Schürfaufnahmen sind abgeschlossen, die Analytik des Stoffbestandes und die Endauswertung der Schürfe ist z. Z. im Gange.

Die im Jahre 1987 und früher vom HLB abgeteufte Bohrungen auf Steine- und Erdenlagerstätten wurden weiter auf die technologische Verwertbarkeit der Rohstoffe hin ausgewertet. Diese Arbeiten verlaufen wie früher in Absprache mit einer Arbeitsgemeinschaft von drei Firmen, die die Ergebnisse der vorsorgenden Rohstoff-Untersuchungen des Dezernates auf dem Sektor der Ton-Rohstoffe in die Abgrenzung neuer Lagerstättengebiete umsetzen.

Das Bohrprogramm, welches diese Arge aufgestellt hat, konnte erst gegen Ende des Jahres 1988 realisiert werden. Im Dezember 1988 wurden sechs Bohrungen auf Blatt 5219 Amöneburg abgeteuft; die keramologische Auswertung dieser Bohrungen ist in den Labors der Arge z. Z. im Gange. Nachdem die Arbeiten der Arge sich mittlerweile eingespielt haben, sollen in der folgenden Zeit auch die zwischen 1984 und 1987 erzielten Ergebnisse des Dezernates in diesem Sinne bearbeitet werden. Diese Arbeiten belegen, daß der Einsatz der vom HMUR bereitgestellten Mittel für Untersuchungsbohrungen des HLB sich wirtschaftsfördernd und positiv auf das Marktgeschehen ausgewirkt hat.

Die Lagerstätten-Kartierung Hessen 1:25 000 (LK 25) blieb weiterhin unterbrochen; lediglich sieben Arbeitstage konnte darauf verwendet werden, einige Ortsbegehungen und Befahrungen durchzuführen. Diese Kartierung, ergänzt durch Firmenbefragungen, ist die Grundlage aller landesplanerischen und rohstoffwirtschaftlichen Bewertungen. Da sie nicht in dem Maß durchgeführt werden kann, wie es zur regelmäßigen Fortführung der Grundlagenkarten und -daten notwendig wäre, leiden alle Folgearbeiten, besonders die Angaben und Zuverlässigkeit der raumordnerischen Beratung.

Die Neubewertung der Nordhessischen Braunkohlenlagerstätten wurde im Jahre 1988 weitergeführt und steht vor dem Abschluß.

Stellungnahmen zu Explorations-, Abbau- und Rekultivierungsplänen im Rahmen der verschiedensten Verfahren (Förderanträge des BMWI, Genehmigung nach BimschG, Regionalplanung, Bergaufsichtsanträge, Rahmenbetriebsplan- und Hauptbetriebsplan-Zulassung etc.) nehmen immer breiteren Raum ein. Im Jahre 1988 wurden in diesem Zusammenhang 32 Projekte bearbeitet, die z. T. noch nicht abgeschlossen sind.

Mit der Feststellung des Regionalen Raumordnungsplanes Nordhessen ist die 1. Fortschreibung der Regionalen Raumordnungspläne für ganz Hessen abgeschlossen. Hessen ist damit seit 1978 immer noch das einzige Land in der Bundesrepublik Deutschland, welches in rechtsverbindlichen Regionalen Raumordnungsplänen oberflächennahe Rohstoffe flächendeckend gesichert hat. Die Arbeiten an der 2. Fortschreibung der Regionalen Raumordnungspläne haben mit vorbereitenden Gesprächen begonnen.

Im Rahmen landesplanerischer Arbeiten wurden mehrere Gespräche mit den Planungsabteilungen der drei Regierungspräsidien und der obersten Planungsbehörde in Hessen

geführt, um die Aufstellung eines Abbau- und Lagerstättenkatasters voranzutreiben. Ebenfalls fanden mehrere Sitzungen der Arbeitsgemeinschaft Landschaftsrahmenplanung statt, die jeweils beim Regierungspräsidium Gießen und beim Regierungspräsidium Darmstadt eingerichtet wurden.

Im Rahmen der laufenden landesplanerischen Beratung wurden 1813 Objekte bearbeitet (Verfahren der verschiedensten Art). – An 12 Erörterungsterminen wurde teilgenommen; in sieben Fällen waren Ortsbegehungen und Befahrungen von Abbauen notwendig.

Der hessische Anteil der „Karte oberflächennaher Rohstoffe 1:200 000“ für das Blatt CC 4718 Kassel und CC 4726 Goslar wurde fertiggestellt.

Für die Rohstoffkarte 1:50 000 wurden die Druckunterlagen fertiggestellt und dem Hessischen Landesamt für Landwirtschaft und Landentwicklung für die Blätter L 5912 Kaub, L 6118 Darmstadt Ost, L 6316 Worms, L 6318 Erbach, L 6320 Miltenberg, L 6516 Mannheim, L 6518 Heidelberg Nord und L 6520 Buchen (Odenwald) abgegeben. Die Vorbereitung der Druckunterlagen wurde fortgesetzt für die Blätter L 5318 Amöneburg und L 5718 Friedberg (Hessen).

Die vom Bundesminister für Wirtschaft geförderten Projekte „Flammersbacher Wald“ und „Bavir“ wurden betreut (Ansetzen von Schürfen, Schürfaufnahme etc.).

Begutachtungen und Bewertungen wurden für folgende Projekte durchgeführt: Dachschiefer (Oberbergamt), Bergwerksfeld auf Braunkohle (Bergamt Kassel), Kalksteinbruch (RP Darmstadt), 2 Betriebspläne Basaltbrüche Nordhessen (Bergamt Kassel), Rahmenbetriebsplan Braunkohle (Bergamt Kassel).

Von der Hessischen Landesanstalt für Umwelt wurden die Kartensätze 1:25 000 „Forst- und Naturschutz“ und „Wasserschutzgebiete“ übernommen.

Erze, tiefliegende Lagerstätten

Zur Lösung grundlegender zukunftsorientierter Fragen zur Exploration kleiner Buntmetall- und Industriemineralvorkommen wurde die Zusammenarbeit mit der BGR und dem NLFB in Hannover sowie verschiedenen Hochschulinstituten intensiviert. Im Sinne einer interdisziplinären Bearbeitung und sinnvollen Aufgabenteilung bereiten Mitarbeiter des Dezernates diese Projekte regionalgeologisch vor, leisten Hilfe bei der Durchführung der Geländearbeiten, bringen von Anfang an den angewandten lagerstättenwirtschaftlichen Teil der Rohstoffuntersuchungen in die Projekte ein und geben Anregungen für weiterführende Untersuchungen der Projektpartner, die über das Instrumentarium für Spezialuntersuchungen auf den Gebieten Geophysik, Mineralogie, Petrologie und Altersbestimmungen verfügen.

In der Dillmulde und im Odenwald wurden zusammen mit der BGR, Hannover, mehrere Schürfprogramme durchgeführt mit der Zielsetzung, Art und Umfang der Gangmineralisationen zu erfassen. Ebenfalls mit Unterstützung der BGR wurde die 1986 begonnene Untersuchung der Barytgänge des Werra-Grauwacken-Gebirges fortgesetzt.

In Zusammenarbeit mit dem NLFB (Gemeinschaftsaufgaben Geochemie) wurde in Osthessen die geochemische Prospektion (Barytgänge, Buntmetallmineralisationen) fortgesetzt. Außerdem erfolgten Untersuchungen von Gangmineralisationen des Odenwaldes (6219 Brensbach, 6319 Erbach), von Metallen der Platingruppe in ausgewählten Bereichen der Dillmulde und von gangförmigen Buntmetallmineralisationen im Osttaunus.

Im letztgenannten Gebiet wurden auf Bl. 5617 Usingen vier Schrägbohrungen abgeteuft mit 292 m Gesamtbohrlänge (Kosten: 100160 DM). Die Bohrungen wurden geoelektrisch vermessen. Flankierend hierzu wurde im Rahmen der Gemeinschaftsaufgaben (BGR, Hannover) ein mehrjähriges geophysikalisches Untersuchungsprogramm begonnen. In einem Pilotprogramm wurde eine elektromagnetische Kartierung (Profile) in ausgewählten Gangpositionen durchgeführt.

Arbeitsgruppen der Universität Frankfurt a. M. untersuchen den Stoffbestand und die Bildungsbedingungen der Erz- und Mineralgänge des östlichen Taunus und Kellerwaldes.

Von einer Arbeitsgruppe der Universitäten Karlsruhe und Bremen wurden die Fe-Mn-Vererzungen (Typ Lindner Mark) im südöstlichen Rheinischen Schiefergebirge bearbeitet.

Verschiedenes

Eine Stellungnahme wurde abgegeben zu Nachforderungen im Tunnel- und Stollenbau im Rheingau.

Die Sanierung eines Felsrutsches in einem Pikrit-Steinbruch wurde weiter bearbeitet.

Im Jahre 1988 mußte verhältnismäßig viel Zeit aufgewendet werden um in Besprechungen mit dem Hess. Ministerium für Wirtschaft und Technik, dem Hess. Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit und den Regierungspräsidien Schwierigkeiten auszuräumen, die sich aus einer einseitigen Überbetonung der Bestrebungen ergeben, die einer sinnvollen und notwendigen Lagerstättenutzung entgegenstehen.

I. 4. Fernerkundung, Geophysik und Biostratigraphie

Fernerkundung

Im Rahmen der bruchtektonischen Übersichtskartierung von Hessen wurden gefügetektonische Satellitenbilddauswertungen aus TM-5-Bildern und SPOT-1(X)-Bildern folgender Gebiete bearbeitet: Östlicher Taunus mit Maingebiet 1:50 000 – Mittlerer Odenwald 1:100 000 – Wetterau zwischen Villingen, Hoher Vogelsberg, Frankfurt a. M. und Friedberg 1:50 000. Fertiggestellt wurde dabei flächendeckend das Gebiet der TK 50, Blatt L 5718 Friedberg (Hessen).

Das auffällige, durch das Sinnthal streichende tektonische Lineament wurde im Maßstab 1:25 000 aus Luftbildern bruchtektonisch erkundet.

Unterstützend und die geologische Spezialkartierung begleitend wurde das Gebiet der TK 25, Blatt 5619 Staden, gefügetektonisch bearbeitet.

Vorwiegend großmaßstäbig (Maßstab 1:5 000 bis 1:18 000) wurden bruchtektonische Auswertungen für Zwecke der angewandten Geologie auf kleineren Kartenausschnitten vorgenommen, wie z. B. in unmittelbarer Umgebung von Bad König und von Bad Soden-Salmünster im Hinblick auf eine geplante Mineralwassererschließung und im Hinblick auf den Heilquellenschutz – weiterhin in vier Bereichen mit Barytvorkommen bei Bad Sooden-Allendorf und bei Witzenhausen – außerdem bei Bad Vilbel in bezug auf eine eventuell beabsichtigte Anlage einer Mülldeponie – ferner auf Blatt 5519 Hungen im Hinblick auf eine mögliche Trinkwassererschließung und auf optimalen Trinkwasserschutz.

In mehreren Fällen konnten mündliche Beratungen anhand gefügetektonischer Skizzen zur kurzfristigen Klärung akuter hydrogeologischer Fragen beitragen.

Über Auswertemethoden und hier eingeführte spezielle DV-Programmkonfigurationen sowie über praktische Anwendungen im Rahmen der Landesplanung wurden zwei Vorträge vor Fachgremien gehalten.

Geophysik

Die Mitarbeit am tiefenseismischen Großprojekt DEKORP wurde sowohl bei Messungen auf hessischem Gebiet als auch in der Auswertung und Deutung der Meßergebnisse fortgeführt, so für das Meßprofil „Oberrheingraben“ und für das Profil DEKORP/2 N „Rheinisches Schiefergebirge“.

Im Rahmen der Geologischen Landesaufnahme wurden geophysikalische Messungen und Erläuterungsbeiträge für folgende Blätter der TK 25 fertiggestellt: 5425 Kleinsassen, 4819 Fürstenberg und 5715 Idstein.

Aus Meßwerten des Erdumlaufsatelliten „MAGSAT“ konnten die Berechnungen des magnetischen Normalfeldes für Hessen durchgeführt werden. Zahlreiche seismische und geoelektrische Messungen wurden zur Lösung von Aufgaben der angewandten Geologie durchgeführt, so auch für ingenieurgeologische Gutachten im Bereich der Grube Messel und in Erlensee.

In 46 Bohrlöchern sind für landeseigene Bohrungen und für wissenschaftliche Erkundungen aus anderen Bohrungen Gamma-Logs aufgezeichnet worden.

Die Erprobung und Entwicklung neuer Seismikverfahren wurde fortgeführt.

Biostratigraphie

Im Zusammenhang mit der Geologischen Landesaufnahme wurden Gesteinsproben aus wichtigen Aufschlüssen üb. Tag und als Bohrproben entnommen, aufbereitet und nach Fossilien untersucht. Es handelt sich um 764 Sand-, Mergel- und Tonproben aus dem Gebiet der Blätter 4722 Niederzwehren, 4723 Oberkaufungen, 5220 Kirtorf, 5614 Limburg an der Lahn, 5619 Staden, 5718 Ilbenstadt, 5817 Frankfurt a. M. West, 5818 Frankfurt a. M. Ost, 5819 Hanau, 5913 Presberg, 5914 Eltville am Rhein, 5915 Wiesbaden, 5916 Hochheim am Main, 5917 Kelsterbach, 5918 Neu-Isenburg und 6017 Mörfelden. Die Untersuchungen dienen dazu, das Alter der entsprechenden Gesteinsschichten zu bestimmen und damit auch deren Abfolge und Lagerungsverhältnisse. Größtenteils sind die Proben bereits ausgewertet.

Ca. 500 zusätzliche Bohrproben wurden für die Belegsammlung aufbereitet und katalogisiert. Die Eintragung der Fundpunkte wurde auf die Blätter 5715 Idstein und 5714 Kettenbach ausgedehnt.

Für die Geologischen Stadtkarten Frankfurt a. M. 1:30 000 und für das Gebiet des Kartenblattes Frankfurt a. M. Ost konnten anhand von zahlreichen biostratigraphischen Untersuchungen für viele Gesteinsproben Alterszuordnungen getroffen werden.

Erstmalig konnten relative Altersbestimmungen mit Hilfe palynologischer Auswertung in größerem Umfange begonnen werden, so für die Geologische Landesaufnahme und für die Lösung praktischer Aufgaben. Die stratigraphische Kartei wurde entsprechend fortgeführt.

I 5. Schriftleitung, Landkartentechnisches Büro, Bibliothek und Vertrieb

Schriftleitung und Kartendruck

Im Jahre 1988 wurden folgende Schriften und Karten veröffentlicht:

Geologisches Jahrbuch Hessen:

Band 116, 342 S., 75 Abb., 20 Tab., 9 Taf., 1 Bild.

Register für die Bände 90–103 des Notizblattes des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung und die Bände 104–110 des Geologischen Jahrbuchs Hessen (1962–1982), 143 S., 1 Abb.

Geologische Karte von Hessen 1:25 000:

Blatt 5621 Wenings und Erläuterungen, 267 S., 33 Abb., 24 Tab., 3 Taf., 1 Beiblatt.

Weinbau-Standortkarte Rheingau 1:5 000:

Blätter Rüdesheim/Nothgottes, Kostheim/Hochheim am Main-S, Hochheim am Main-O/
Rüsselsheim-NW und Massenheim/Wicker.

Bibliothek

Der Zuwachs im Jahre 1988 betrug 2 478 Medieneinheiten. Davon entfielen 1 943 auf Bände, 119 auf Sonderdrucke und 416 auf Karten.

Ausgeliehen wurden im Berichtsjahr 2 609 Bände und 46 Karten. 450 Bände der noch nicht im Katalog erfaßten Bestände wurden eingearbeitet.

Vertriebsstelle

Vom 1. Januar bis 31. Dezember 1988 wurden verkauft:

1 206 Geologische Karten 1:25 000	584 Übersichtskarten
326 Bodenkarten 1:25 000	836 Sonstige Veröffentlichungen (davon 209 Sonderdrucke)

II. Ingenieurgeologie und Mineralogie

II 1. bis II 4. Bereich Ingenieurgeologie

Im Berichtszeitraum wurden 111 Gutachten, 192 Stellungnahmen mit gutachtlichem Aussagewert und 594 Stellungnahmen zu Bauleit- und Flächennutzungsplänen erstellt. Dabei bestanden folgende Arbeitsschwerpunkte:

Im Jahre 1988 war wieder ein hoher Zeitaufwand für die Betreuung laufender Baumaßnahmen erforderlich. Viel Zeit hat auch die Beratung für Injektionen von Karsthöhlräumen in tertiären Kalksteinen an der BAB-Brücke bei Bad Vilbel in Anspruch genommen. Außerdem setzte 1988 wieder die laufende Beratung bei den Bauarbeiten an der BAB-Neubaustrecke A 49 (Kassel–Gießen) ein.

Im Dezernat II 2. wurde die Fremdüberwachung der Sohlabdichtung der Kreismülldeponie Limburg-Weilburg bei Beselich durchgeführt. Daneben erfolgte eine laufende Beratung für die Deponie Mainflingen. Aufgrund des Merkblattes zur Pflanzenabfall-Kompostierung wird das HLB auch zur Beurteilung der Basisabdichtung geplanter und bestehender Kompostierungsanlagen herangezogen.

Hauptarbeit des Dezernates II 3. ist eine ständige Beratung und laufende Auswertung von Meßergebnissen von Talsperren und Rückhaltebecken.

Durch das Dezernat II 4. erfolgte eine laufende ingenieurgeologische Betreuung und Beratung für den hessischen Teil der DB-Neubaustrecke Hannover–Würzburg. Außerdem wurden an dieser Strecke umfangreiche Inklinometermessungen zur Kontrolle von möglichen Hangbewegungen ausgeführt sowie mehrere Studien über das Verformungsverhalten des Buntsandsteingebirges beim Tunnelausbruch gefertigt. Diese Erkenntnisse lieferten wertvolle Hinweise auf die Kinematik der Saxonischen Tektonik. Für die DB-Neubaustrecke Köln–Frankfurt a. M. wurden zu zwei Varianten ingenieurgeologische Vorgutachten erstattet.

1988 sind die Gutachten für zwei Straßentunnel fertiggestellt worden und zwar für die Ortsumgehung Oberrieden (Werra-Meißner-Kreis) und den geplanten Schloßbergtunnel Dillenburg. Außerdem sind ergänzende Gutachten für den Saukopftunnel der Umgehungsstraße Weinheim (B 38) gefertigt worden.

Im Berichtszeitraum wurden die Erläuterungsbeiträge Ingenieurgeologie für die Bl. 5023 Ludwigseck, 5425 Kleinsassen, 5621 Wenings und 5715 Idstein fertiggestellt.

Abteilungsangehörige waren in speziellen Arbeitsgruppen und Fachausschüssen tätig.

II 5. Mineralogie und Petrologie

Im Rahmen der geologischen Landesaufnahme wurden petrographische Untersuchungen an Gesteinsproben von den 11 unter Bearbeitung stehenden Blättern durchgeführt. Zur Unterstützung dieser Arbeiten dienten ca. 600 Mineralanalysen auf je zehn Elemente in über 400 Gesteinsproben, einige Schwermineralanalysen und röntgenographische Mineralbestimmungen.

Weitere röntgenographische Mineralbestimmungen wurden an Tonproben aus dem Bohrprogramm des Dez. I 3. sowie zur Lösung verschiedener Fragestellungen der Bodenkunde und einzelner Kollegen an Proben aus ganz Hessen durchgeführt.

II 6. Zentrale Laboratorien

In den zentralen Laboratorien wurden die zur Erfüllung der Aufgaben des Amtes notwendigen Boden-, Gesteins- und Wasseranalysen sowie die Bestimmung von Erdstoff- und Gesteinskennwerten ausgeführt.

III. Hydrogeologie, Geotechnologie und Datenverarbeitung

III 1. Hydrogeologische Grundlagen

Im Rahmen hydrogeologischer Feldkartierungen wurden auf den Blättern 4819 Fürstenberg, 5314 Rennerod und 5815 Wehen Quellschüttungs- und Abflußmessungen durchgeführt.

Der hydrogeologische Teil der Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 5621 Wenings, wurde abgeschlossen und für die Blätter 5425 Kleinsassen und 5023 Ludwigseck begonnen.

Zur AGV-Standortkarte von Hessen sind die hydrogeologischen Blätter L 5524 Fulda, L 6320 Miltenberg, L 6516 Mannheim, L 6518 Heidelberg Nord und L 6520 Buchen (Odenwald) einschließlich der zugehörigen Erläuterungen fertiggestellt, desgleichen die hessischen Anteile der Blätter L 5126 Eisenach West, L 5326 Tann (Rhön) und L 5526 Mellrichstadt.

Weitere Arbeiten mit grundsätzlicher Bedeutung für die Hydrogeologie Hessens betrafen:

- Überwachung und Auswertung eines umfangreichen Pumpversuches am Wiesbadener Kochbrunnen,
- horizontierte Probenahmen aus einer Mineralwasser-Tiefbohrung im Taunusvorland zum Zwecke radioaktiver Altersdatierungen,
- Korrelationsrechnungen zur Eintrittswahrscheinlichkeit extrem hoher Grundwasserstände im nördlichen Oberrheingraben.

III 2. Regionale Hydrogeologie

Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 557 Gutachten und gutachtliche Stellungnahmen abgegeben.

Es entfielen auf die Sachgebiete

Wasserverschließung	24 Gutachten und 25 Stellungnahmen,
Schutzgebiete	38 Gutachten und 60 Stellungnahmen,
Sonstiges	84 Gutachten und 326 Stellungnahmen,
	insgesamt 146 Gutachten und 411 Stellungnahmen,

Gesamtzahl: 557.

Die gutachtliche Beratung hat sich im Vergleich zum Vorjahr nach Art und Umfang kaum verändert. Den Arbeitsschwerpunkt bildeten nach wie vor Empfehlungen zu Sanierungsmaßnahmen bei Grundwasserverunreinigungen durch chlorierte Kohlenwasserstoffe und Mineralölderivate sowie Beurteilungen des Gefahrenpotentials von Altlasten (Deponien, Standorte ehemaliger Gaswerke, Munitionsfabriken etc.). Hinzu kamen in vermehrtem Umfang Anfragen, wie erhöhten Nitratbelastungen öffentlicher Trinkwassergewinnungsanlagen begegnet werden kann.

Umfangreiche Untersuchungen wurden sowohl im Hinblick auf geplante Wasserverschließungen im Buntsandstein-Odenwald (Südhessische Gas und Wasser AG; Wasserbeschaffungsverband Nieder-Kinzig/Kirch-Brombach) durchgeführt als auch im Zusammenhang mit künstlichen Niederschlagswasser-Infiltrationen aus der Trennkanalisation der Stadt Rüsselsheim.

Die Vorarbeiten zum Beweissicherungsgutachten an der DB-Neubaustrecke Hannover-Würzburg wurden fortgesetzt und Stellungnahmen zu örtlichen Ersatzwasserverschließungen und Abfindungen abgegeben.

Für den Kreis Offenbach und den Umlandverband Frankfurt wurden in zwei umfangreichen Gutachten insgesamt 22 nach Ausschlußkriterien benannte potentielle Deponiestandorte für Abfälle der Kategorie I beurteilt.

Innerhalb des Berichtszeitraumes wurden von Mitarbeitern der Abteilung 23 Brunnenbohrungen angesetzt und betreut. Die als gewinnbar nachgewiesene Grundwassermenge betrug 180 l/s.

III 3. Qualitative Hydrogeologie

Das langfristige Beweissicherungsprogramm zur quantitativen und qualitativen Grundwasserüberwachung auf dem Flughafen Frankfurt Main wurde mit Grundwasserstandsmessungen und hydrochemischen Beprobungen fortgeführt und ausgewertet.

Im Jahresverlauf wurden gezielt Untersuchungen zur Gefährdung oberflächennahen und tieferen Grundwassers in Buntsandsteingebieten durch „saure Niederschläge“ durchgeführt. Gefördert wurden diese Forschungsarbeiten vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FE-Vorhaben Wasser 102 02 612) unter dem Titel „Mögliche Auswirkungen saurer Depositionen auf das Grundwasser in Klufft Grundwasserleitern des Buntsandsteins Nord- und Ost Hessens“.

Aufgrund der im Abschlußbericht vorgelegten bedeutsamen methodischen Forschungsergebnisse an Fallbeispielen wurde das FE-Vorhaben um ein weiteres Jahr verlängert mit der Zielsetzung, die gewonnenen Erkenntnisse zu regionalisieren und in Form von geohydrochemischen Karten darzustellen.

Abteilungsangehörige waren in verschiedenen Arbeitsgruppen, Kommissionen und Fachausschüssen tätig, u. a.: Vertretung des Landes Hessen im LAWA/DVGW-Ausschuß „Wasserschutzgebiete“, DVWK-Fachausschuß 3.2 „Grundwassernutzung“, DVWK-Fachausschuß 3.5 „Grundwasserchemie“, DVGW-Fachausschuß „Geohydrologie“, Arbeitskreis „Wasserschutzgebiete“ beim HMUR.

III 4. Geotechnologie und Infrastrukturgeologie

Die Salzwasserversenkung im Werra-Kalirevier und die Haldenwasserversenkung im Fulda-Kalirevier wurden aufgrund der Ergebnisse regelmäßiger Kontrollmessungen laufend verfolgt.

Das Gutachten zur Haldenwasserversenkung in den Plattendolomit bei Neuhoef ist abgeschlossen, ebenso der Jahresbericht 1987 über die Versenktätigkeit im Fulda-Kalirevier.

Zum Umpumptest für den Hochdruck-Gaskavernenspeicher Eiterfeld-Reckrod ist eine Vorabstellungnahme erfolgt. An der Kontrollbohrung „Obersuhl 2“ sind kontinuierliche Druckmessungen und Untersuchungen von Wasserproben eingeleitet worden.

Im Berichtszeitraum hat das Hessische Landesamt für Bodenforschung als Träger öffentlicher Belange 1796 Planungsvorhaben und -verfahren nach infrastrukturgeologischen Gesichtspunkten beurteilt. Schriftliche Stellungnahmen wurden zu folgenden Vorgängen abgegeben:

- 78 Abweichungsverfahren
- 1 Regionaler Raumordnungsplan
- 21 Fachpläne, Landschafts(rahmen)pläne
- 136 Raumordnungs-, Planfeststellungs-, Planverfahren
- 135 Flächennutzungspläne (vorbereitende Baupläne)
- 566 Bebauungspläne (verbindliche Baupläne)
- 32 Flurbereinigungsverfahren, agrarstrukturelle Vorplanungen
- 58 Naturschutzverfahren, Landschaftsschutzgebiete, Naturparks

1027

Bei der Auswahl von geologischen Naturdenkmälern wurde mitgewirkt.

III 5. Dokumentation und Datenverarbeitung

Entsprechend dem Vollzug des Lagerstättengesetzes wurden im Berichtszeitraum 236 Bohrungen im Gebiet des Landes Hessen verfolgt. Sie dienten hauptsächlich der Grundwassererkundung, -erschließung, -überwachung oder der Einrichtung von Meßstellen. Die Bohrungen wurden nach geologischen Kriterien abschließend bearbeitet (Profilaufnahme, Erstellen eines Schichtenverzeichnisses mit stratigraphischer Einstufung).

Das Fachbereichsdezernat Archiv hatte 4866 Eingänge an Gutachten, gutachtlichen Stellungnahmen, Schichtenverzeichnissen und Analysen. Daneben wurden die ABOHRKA-Datensätze von acht bereits früher bearbeiteten Kartenblättern aktualisiert und die Datensätze der Blätter 5325 Spahl, 5326 Tann (Rhön), 5419 Laubach, 5420 Schotten, 5421 Ulrichstein, 5422 Herbstein und 5618 Friedberg (Hessen) erstellt.

Ausgeliehen wurden 1311 Archivstücke; in dieser Zahl sind in den Archivräumen eingesehene Stücke (Präsenzbenutzung) nicht enthalten.

Im Fachbereich Automatische Datenverarbeitung erfolgte auf der hauseigenen DV-Anlage (DEC PDP 11/73) der Einsatz verschiedener Programme und Programmsysteme für gutachtliche Stellungnahmen, insbesondere in den Bereichen Geohydrochemie (Altlastensanierung, Ölschäden, Beweissicherung DB-NBS Köln-Rhein/Main) und Hydrogeologie (Flughafen Frankfurt Main) sowie zur Unterstützung der geologischen Landesaufnahme in den Bereichen Geochemie/Petrochemie auf verschiedenen Blättern.

In enger Zusammenarbeit mit der HZD wurden auf den dortigen DV-Anlagen u. a. graphische Darstellungen mit dem Programmsystem STAMPEDE für die gutachtliche Beurteilung der Sanierung eines ehemaligen Gaswerkstandortes sowie gefügekundlich/tektonische Untersuchungen für die geologische Landesaufnahme ausgeführt.

Die für Mitte 1988 geplante wesentliche Erweiterung der hausinternen DV-Kapazität durch Ausbau des zentralen Rechners konnte in der vorgesehenen Form nicht verwirklicht werden, da kurzfristig vom vorgesetzten Ministerium die Umdisposition auf ein völlig anderes Rechner-Betriebssystem (UNIX) sowie ein bislang hausfremdes Fabrikat (BULL) verfügt wurde.

Hierdurch wurde eine völlige Neukonzeption der Datenverarbeitung im HLB erforderlich. Eine Inbetriebnahme der neuen Rechnerkonfiguration sowie des Datenbanksystems kann frühestens Anfang 1989 erfolgen; der Einsatz des für die weitere Arbeit des Hauses vordringlichen graphischen Systems mußte wegen noch ausstehender Vorgaben derzeit zurückgestellt werden.

Hausintern bedeutet die ministerielle Entscheidung, unabhängig von gewachsenen DV-Strukturen ressorteinheitlich Rechner und Betriebssystem nur eines Herstellers einzusetzen, daß die geplante Weiterentwicklung der im hiesigen Amt vorhandenen Programme und Programmsysteme vorerst zugunsten einer Umstellung auf die neue Rechnerkonfiguration unter Beibehaltung des derzeitigen Leistungsumfanges unterbleiben muß.

Veröffentlichungen von Angehörigen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

ANDERLE, H.-J., & MITTMAYER, H.-G. (1988): Unterems im Taunus zwischen Aartal und Idsteiner Senke (Exkursion E am 8. April 1988). – Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N. F. **70**: 87–98, 6 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.

- BARGON, E. (1988): Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1987 (1. 1.–31. 12. 1987). – Geol. Jb. Hessen, **116**: 325–338; Wiesbaden.
- et al. (1988): Weinbau-Standortkarte Rheingau 1:5 000, Blatt Massenheim/Wicker; Wiesbaden.
- et al. (1988): Weinbau-Standortkarte Rheingau 1:5 000, Blatt Hochheim am Main-O./Rüsselsheim-NW; Wiesbaden.
- et al. (1988): Weinbau-Standortkarte Rheingau 1:5 000, Blatt Kostheim/Hochheim am Main-S.; Wiesbaden.
- BARTH, W. (1988): VI. Lagerstätten. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 109–115, 1 Tab.; Wiesbaden.
- & WOLLENHAUPT, H. (1988): Folgenutzung Naturschutz – Möglichkeiten für Kies- und Sandabbaustätten unter Berücksichtigung hessischer Verhältnisse. – Schriftenreihe Angewandter Naturschutz, **2**, 79 S., 8 Abb., 1 Tab., 24 Bild., 1 Kt.; Lich.
- BECKER, R. E., & LAEMMLEN, M. (1988): Geologische Verhältnisse im Altmorschen-Beisheimer-Grabenknie bei Wichte in Nordhessen. Mit Detailprofilen aus Muschelkalk und Keuper. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 45–104, 4 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- BEURER, M., & HOLTZ, S. (1988): XI. Ingenieurgeologie. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 218–226; Wiesbaden.
- BLUM, R. (1988). Geophysik. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 210–214, 5 Abb.; Wiesbaden.
- DIEDERICH, G., EHRENBERG, K.-H., & HICKETHIER, H. (1988). Geologische Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings; Wiesbaden.
- – – (1988): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings, mit Beiträgen von BARTH, W., BEURER, M., BLUM, R., HOLTZ, S., KULICK, J., QUADFLIEG, A., ROSENBERG, F., SABEL, K.-J., SCHARPFF, H.-J., 267 S., 33 Abb., 24 Tab., 3 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1988): s. DIEDERICH, G., EHRENBERG, K.-H., & HICKETHIER, H.
- FINKENWIRTH, A. (1988): Die Versenkung flüssiger Abfälle in Schluckbrunnen (deep well disposal). – In: Müll- und Abfallbeseitigung – Müll-Handbuch –, Lfg. 1/88, **8195**, 21 S.; Berlin (Erich Schmidt Verlag).
- GOLWER, A. (1988): Auswirkungen der Versiegelung auf das Grundwasser. – Bund d. Ingenieure f. Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft u. Kulturbau (BWK) e.V., Landesverband Hessen, **1**: 53–58; Wiesbaden.
- (1988). Erfahrungen mit der Versickerung von Regenwasser von befestigten Flächen. – Ber. d. Abwassertechn. Vereinigung e.V., **38**: 381–394; St. Augustin.
- HICKETHIER, H. (1988): s. DIEDERICH, G., EHRENBERG, K.-H., & HICKETHIER, H.
- HOLTZ, S. (1988): s. BEURER, M., & HOLTZ, S.
- HOSSENFELDER, A.-E., MEISL, S., & FLICK, H. (1988): Geothermometrie und Geobarometrie an Vulkanitgeröllen im Rheinoherzynikum. – Fortsch. Miner., **66**: 69; Stuttgart.
- HOTTENROTT, M. (1988): Palynologie, Stratigraphie und Paläogeographie im Tertiär von Mittelhessen und Umgebung. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 113–168, 20 Abb.; Wiesbaden.
- in: KELBER, K.-P., BAUMHAUER, P., GREGOR, H.-J., HOTTENROTT, M., & SCHMIDT, K. (1988): Exkursionspunkt: Bauersberg – bei Bischofsheim v. d. Rhön. – DEUQUA 24. Tagung, Exkursion C: 28–30; Hannover.
- HÜHNER, G. (1988): Bohrkernlager des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 339–342, 1 Tab.; Wiesbaden.
- KELTSCH, H. (1988): Paul PFEFFER †. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 317–323; Wiesbaden.
- KÜMMERLE, E. (1988): Pariser Unterwelt, beim Wort genommen. – Tours de France, April 1988: 26–28, 2 Abb.; Frankfurt a. M.
- KULICK, J. (1988): Perm. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 17–21; Wiesbaden.
- LAEMMLEN, M. (1988): s. BECKER, R. E., & LAEMMLEN, M.
- MEISL, S. (1988): Neuer Axinit-Fund im Taunus. – Fortsch. Miner., **66**: 104; Stuttgart.
- (1988): s. HOSSENFELDER, A.-E., MEISL, S., & FLICK, H.
- MOTZKA-NÖRING, R. (1988): Geologische Übersichtskarte 1:200 000, Bl. CC 5518 Fulda.

- PAULY, E. (1988): Oberflächennahe mineralische Rohstoffe am Südrand des basaltischen Westerwaldes und im Limburger Becken (Exkursion I am 9. April 1988). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **70**: 191–199, 1 Abb.; Stuttgart.
- (1988). Hans-Joachim LIPPERT zur Vollendung des 75. Lebensjahres. – Jb. nass. Ver. Naturk., **110**: 6, 1 Abb.; Wiesbaden.
- (1988): Jahresbericht des Nassauischen Vereins für Naturkunde für das Jahr 1987. – Jb. nass. Ver. Naturk., **110**: 111–119; Wiesbaden.
- POSCHWITZ, H., & HERZBERG, A. (1988): Hessisches Geologisches Schrifttum 1986 mit Nachträgen aus den Jahren 1975–1985. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 307–315; Wiesbaden.
- PRINZ, H. (1988): Ein Beitrag zur Kinematik der saxonischen Tektonik anhand der Tunnelaufschlüsse an der DB-Neubaustrecke in Ost- und Nordhessen. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 169–187, 9 Abb.; Wiesbaden.
- in: NAUMANN, G., & PRINZ, H. (1988): Tunnelbau im Buntsandsteingebirge bei geringer Überdeckung. – Bautechnik, **65**: 145–152, 2 Tab., 5 Bild.; Berlin (Ernst & Sohn).
- in: NAUMANN, G., & PRINZ, H. (1988): Ingenieurgeologische Tunnelkartierung als Bestandteil der NÖT.-Felsbau, **6**: 174–183, 2 Tab., 8 Bild.; Essen (Glückauf Vlg.).
- & VOERSTE, R. (1988): Ziele und Grenzen der Baugrunderkundung bei Großbaumaßnahmen. – Eisenbahntechn. Rundschau, **37**: 589–598, 2 Tab., 7 Bild.; Darmstadt (Hestra Vlg.).
- QUADFLIEG A. (1988): Grundwasserbeschaffenheit. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 148–168; Wiesbaden.
- & LANGGURTH, H.-R. (1988): Erste Ergebnisse hydrogeologischer Untersuchungen in der Umgebung von Jbb (Arabische Republik Jemen). – Geol. Jb. Hessen, **116**: 273–292, 9 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- REICHMANN, H. (1988). Schadstoffbelastung von hessischen Böden. – 39. Fortbildungslehrgang des BWK „Boden und Wasser“, **1**: 22–25; Friedberg.
- ROSENBERG, F. (1988): Geochemie. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 186–209, 4 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- SABEL, K. J. (1988): VIII. Böden – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 177–185, 3 Abb.; Wiesbaden.
- SCHARPFF, H.-J. (1988): Hydrogeologie. – Erl. geol. Kt. Hessen 1:25 000, Bl. 5621 Wenings: 116–176, 7 Abb., 12 Tab., 1 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- RIPPER, P., & FRÜCHTENICHT, H. (1988): Sanierung des Altölraffinerie-Standortes Pintsch Hanau. – Tagungsbericht z. 177. Seminar d. Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., „Sanierung kontaminierter Standorte 1988“, 83–96, 9 Abb.; Berlin.
- in: RIPPER, P., FRÜCHTENICHT, H., & SCHARPFF, H.-J. (1988): Umweltschadensfall Pintsch-Öl Hanau. – Wasser, Luft und Betrieb (wlb), **6**: 60–63, 7 Abb.; Mainz.
- SCHRAFT, A. (1988): Beeinflussung der Wassergüte durch den Tunnelbau bei der Spritzbetonbauweise. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 261–272; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1988): „Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Haintchen“ in: 600 Jahre Haintchen 1388–1988, Seltersdruck & Verlag ISBN 3-923811-04-7; Selters/Ts.
- (1988): Zur Geschichte Limburgs und seiner Umgebung. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **70**: 15–17; Stuttgart.
- (1988): Die Geologie der näheren Umgebung der Stadt Limburg a. d. Lahn (Exkursion A am 5. April 1988). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **70**: 19–27, 2 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- DILLMANN W., & HOHBERGER, K. (1988): Hydrogeologie des Limburger Beckens und seiner östlichen und westlichen Randgebiete (Exkursion K am 9. April 1988). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **70**: 201–213, 6 Abb.; Stuttgart.
- TANGERMANN, H. (1988). Drei Schadensfälle im südwestlichen Hessen, ein Beitrag zur Umweltgeologie. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **70**: 141–159; Stuttgart.
- WESTRUP, J. in: DRESCHER, J. (1988): Deponiedichtungen für Sonderabfalldeponien – Arbeitspapier – Teil 1 und 2 – Müll und Abfall 7/88 und 8/88.

Nachtrag

LAEMMLEN, M. (1987): Der geologische Wanderpfad an der Wasserkuppe. – 60 S., 43 Abb., 1 Kt.; 4. überarbeitete Aufl.; Fulda (Verl. Parzeller).

Fachvorträge von Angehörigen des Landesamtes

- ANDERLE, J.-H.: Das Unterems (Unterdevon) des südlichen Hintertaunus; neubetrachtet nach der Revision von Bl. 5715 Idstein. – 109. Tagung des Oberrh. Geol. Vereins, Limburg, 6. 4. 1988.
- BLUM, R.: Geoelectrical mapping and groundwater contamination. – International Symp. detection of subsurface flow phenomena by selfpotential/geoelectrical and thermometrical methods, Karlsruhe, 14.–18. 3. 1988.
- die geoelektrische Kartierung bei der Lösung geologischer Probleme. – Kolloquium Geol. Inst. der Universität Würzburg, 7. 6. 1988.
- GOLWER, A.: Auswirkungen der Versiegelung auf das Grundwasser. – 39. Fortbildungslehrgang des BWK-Landesverbandes Hessen Friedberg/Hessen, 22.–23. 3. 1988.
- HENTSCHEL, G.: Paragenesen vulkanisch entstandener Minerale – dargestellt an Beispielen aus der Eifel. – Kolloquiumsvortrag im Mineralogischen Inst. der Universität Würzburg, 9. 12. 1988.
- HÖLTING, B.: Grundwasserneubildung und Geohydraulik. – Seminar des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, Wiesbaden, 6. 7. 1988.
- HORN, M.: Paläoböden und fluviatile Sedimentation im Oberen Mitteldevon in der SW-Fortsetzung des Ebbe-Antiklinoriums. – Tagung dt. geol. Ges., Trier, 6. 10. 1988.
- HOTTENROTT, M. in: SEIDENSCHWANN, G., GREGOR, H.-J., HOTTENROTT, M., & JUVIGNE, E.: Neue Untersuchungen zum Quartär des Kinzig- und Kahl-Gebietes mit besonderer Berücksichtigung des Cromer-Komplexes (Talverschüttung). – 24. Tagung DEUQUA, Würzburg, 15. 9. 1988.
- LAEMMLEN, M.: Tunnelbau im Hessischen Bergland, Methodik und Schwierigkeiten. – Vortrag im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Kiel, 28. 6. 1988.
- PAULY, E.: Die langfristige Sicherung mineralischer Rohstoffe aus oberflächennahen Lagerstätten, von der Untersuchung bis zum Abbau. – Mitgliederversammlung 1988 des Industrieverbandes Steine und Erden Rheinland-Pfalz e.V., Stromberg, 16. 9. 1988.
- Oberflächennahe mineralische Rohstoffe und ihre Nutzung – von der Untersuchung zum Abbau. – Geowissenschaftliches Kolloquium des Institutes für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung und des Instituts für angewandte Geowissenschaften der Justus-Liebig-Universität, Gießen, 1. 11. 1988.
- Gewinnungsstellen oberflächennaher Rohstoffe und ihre Folgenutzungen. – Einführung und Leitung des Übungsseminars der Fachvereinigung Natursteine Hessen e.V., Gersfeld/Rhön, 8.–10. 11. 1988.
- Das Rechts-Instrumentarium bei der Nutzung mineralischer Rohstoffe. – Geowissenschaftliches Kolloquium des Institutes für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung und des Instituts für angewandte Geowissenschaften der Justus-Liebig-Universität, Gießen, 6. 12. 1988.
- PRINZ, H.: Ingenieurgeologische und geologische Erfahrungen bei den Tunnelbauten der DB im Buntsandsteingebirge in Osthessen. – Vortrag im Geologischen Seminar der TU München, 24. 2. 1988.
- Grenzen ingenieurgeologischer Erkundung für Tunnelbauten in triassischen Schichtgesteinen der Deutschen Mittelgebirge (DB-Neubaustrecke in Ost- und Nordhessen). – Vortragsveranstaltung „Bedeutung Geologischer und Hydrogeologischer Verhältnisse bei Großbauvorhaben“ im Haus der Technik, Essen, 3. 10. 1988.
- in: NAUMANN, G., & PRINZ, H.: Die Bedeutung richtungsabhängiger tektonischer Gebirgsauflockerung für den Tunnelbau im Buntsandsteingebirge. – Vortrag Geomechanik-Kolloquium, Salzburg, 21. 10. 1988.
- QUADFLIEG, A.: Mögliche Auswirkungen saurer atmogener Depositionen auf das Grundwasser in Kluftgrundwasserleitern des Buntsandsteins in Nord- und Osthessen. – DVWK, 4. Wissenschaftli-

- che Tagung „Hydrologie und Wasserwirtschaft“: Immissionsbelastung des Waldes und seiner Böden – Gefahr für die Gewässer?, Fulda, 28.–30. 11. 1988.
- REICHMANN, H.: Schadstoffbelastung von hessischen Böden. – 39. Fortbildungslehrgang des Bundes der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Friedberg, 22. 3. 1988.
- REUL, K.: Geologische Fernerkundung und Raumordnung – Hintergründe und Beispiele. – Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bad Godesberg, 20. 4. 1988.
- Einbild-Entzerrung von geologischen Interpretationsdaten und Programme zur tektonischen Analyse. – Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Braunschweig, 1. 12. 1988.
- SCHARPFF, H.-J.: Geologische Aspekte bei der Bearbeitung von Schadensfällen. – Lehrgang „Bearbeitung von Grundwasserschadensfällen“ für die Bediensteten der Hess. Wasserwirtschaftsverwaltung und der Wasserbehörden im Hess. Bildungsseminar für die Agrarverwaltung, Rauschholzhausen, 14.–15. 11. 1988.
- RIPPER, P., & FRÜCHTENICHT, H.: Sanierung des Altölraffinerie-Standortes Pintsch Hanau. – 177. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. „Sanierung kontaminierter Standorte 1988“, Berlin, 29.–30. 11. 1988.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Die hydrogeologischen Grundlagen für die Wasserversorgung der Gemeinde Hünstetten. – Bürgerversammlung in Hünstetten-Ketterschwalbach, 23. 11. 1988.
- THEUERJAHN, A.-K.: Kupferschiefer-Erkundung in der Bundesrepublik Deutschland (1978–1987) – Aspekte zur „Anatomie“ einer stratiformen Buntmetall-Lagerstätte. – Freunde der Geologie, Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 8. 3. 1988.
- Die Bunt- und Edelmetallmineralisation des Eisenberges südwestlich von Korbach, Hessen – Ein Beitrag zur Geochemie und Genese einer polymetallischen Lagerstätte am E-Rand des Rheinischen Schiefergebirges. – Tagung im Rahmen des IGCP-Projektes 254 („Metalliferous Black Shales“), Marsberg, 28.–29. 4. 1988.
- THEWS, J.-D.: Der geologische Rahmen des Tagungsgebietes: – 109. Tagung Oberrhein. Geol. Ver., Limburg, 6. 4. 1988.
- Aufgaben und Arbeitsweise des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. – Fortbildungskurs für Umweltberater des Naturschutz-Zentrums Hessen e.V., Wetzlar, 19. 9. 1988.
- Tätigkeitsfelder in einem Geologischen Landesamt. – Fachbereich Geowissenschaften der TH Darmstadt, 26. 10. 1988.

Hochschultätigkeit

- Direktor des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung Prof. Dr. BARGON
als Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Darmstadt (Bodenkunde)
- Geologierat Dr. BECKER
als Lehrbeauftragter an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz [Durchführung von Exkursionen (Spessart, Eifel)]
- Geologieoberrat Dr. BERNHARD
als Lehrbeauftragter an der Gesamthochschule Kassel WS 1987/88 und WS 1988/89 (Ingenieurgeologie)
- Geologiedirektor Prof. Dr. GOLWER
als Honorarprofessor an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M. (Hydrogeologie)
- Ltd. Geologiedirektor Prof. Dr. HÖLTING
als Honorarprofessor an der Philipps-Universität Marburg/Lahn [Angewandte Geologie (Hydrogeologie) Vorlesung, Übungen und Exkursionen]
- Geologiedirektor Dr. LAEMMLEN
als Lehrbeauftragter an der Christian-Albrechts-Universität Kiel (Anleitung zu selbständigem wissenschaftlichem Arbeiten)

- Geologiedirektor Prof. Dr. MEISL
als Honorarprofessor an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M. (Petrologie, Geochemie)
- Geologiedirektor Dipl.-Ing. MÜLLER
als Lehrbeauftragter an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M. (Baugrundgeologie)
- Ltd. Geologiedirektor Prof. Dr. PRINZ
als Honorarprofessor an der Philipps-Universität Marburg/Lahn (Ingenieurgeologie mit Übungen)
als Lehrbeauftragter an der Gesamthochschule Kassel (Spezielle Fragen der Ingenieurgeologie)
- Geologiedirektor Dr. REICHMANN
Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt a. M.
– Arbeitsbereich Fernstudium und Weiterbildung im didaktischen Zentrum
– Mitwirkung am Wochenendseminar mit Exkursion „Einführung in die Bodenkunde“
– als Lehrbeauftragter (bodenkundliche Übungen im Gelände)
- Geologierat Dr. SABEL
als Lehrbeauftragter an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (Bodenkundliche Vorlesung und Geländepraktika)
- Geologierat Dr. THEUERJAHR
als Lehrbeauftragter an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (Geochemie)

Geschäftsverteilungsplan (Kurzfassung)

Stand: 31. Dezember 1988

		Telefon- Durchwahl
Leiter:	Direktor Prof. Dr. BARGON	53 73 37
Vertreter:	Ltd. Geol.-Direktor Dr. THEWS	53 73 34
Abteilung I: Geologische und bodenkundliche Landesforschung, Rohstoffgeologie		
Leiter:	Ltd. Geol.-Direktor Dr. THEWS	53 73 34
Vertreter:	Ltd. Geol.-Direktor Prof. Dr. HÖLTING	53 73 38
Dezernat I 1:		
	Geologische Landesaufnahme	Geol.-Direktor Dr. HORN 53 72 76
Fachbereichsdezernate:		
I 1/1	Wissenschaftliche Grundlagen, Methoden, Kartierung der Permgebiete	Geol.-Direktor Dr. KULICK 53 72 24
I 1/2	Kartierung der Devon- und Karbongebiete	Geol.-Direktor Dr. HORN Geol.-Oberrat ANDERLE 53 72 76 53 72 33
I 1/3	Kartierung der Trias- und Juragebiete	Geol.-Direktor Dr. LAEMMLEN Geol.-Rat Dr. BECKER 53 72 41 53 72 36
I 1/4	Kartierung der Tertiär- und Quartärgebiete	Geol.-Oberrat Dr. HICKETHIER 53 72 22
I 1/5	Übersichtskarten	Geol.-Oberrätin Dr. MOTZKA-NÖRING 53 72 23
Dezernat I 2:		
	Bodenkunde	Geol.-Direktor Dr. REICHMANN 37 60 90
Fachbereichsdezernate:		
I 2/1	Wissenschaftliche Grundlagen, Methoden, bodenkundliche Beratung	Geol.-Direktor Dr. REICHMANN 37 60 90

I 2/2	Bodendauerbeobachtungsflächen, Bodenmeßnetz, Sonderuntersuchun- gen von Problemflächen	Geol.-Rat WEIDNER	37 60 90
I 2/3	Bodengrund- und -flächeninventur, Bodenkarten	Geol.-Rat Dr. SABEL	37 60 90
I 2/4	Bodenprobenbank, Bodenphysik	Geol.-Oberrat Dr. SCHRADER	37 60 90
Dezernat I 3:			
	Rohstoffgeologie	Geol.-Direktor Dr. PAULY	53 72 54
Fachbereichsdezernate:			
I 3/1	Lagerstättenerkundung	Geol.-Direktor Dr. PAULY Geol.-Oberrat Dr. HELBIG Geol.-Rat Dr. THEUERJAHN Geol.-Rat ZIEHLKE	53 72 54 53 72 57 53 72 62 53 72 55
I 3/2	Lagerstättenschutz	Geol.-Oberrat Dr. BARTH Wiss. Ang. ABEL	53 72 51 53 72 52
Dezernat I 4:			
	Fernerkundung, Geophysik und Biostratigraphie	Geol.-Direktor Dr. REUL	53 72 13
Fachbereichsdezernate:			
I 4/1	Fernerkundung	Geol.-Direktor Dr. REUL	53 72 13
I 4/2	Geophysik	Geol.-Rat Dr. BLUM	53 72 59
I 4/3	Biostratigraphie, Paläontologie und Sammlungen	Geol.-Oberrat Dr. KÜMMERLE Wiss. Ang. Dr. HOTTENROTT	53 72 27 53 72 32
Dezernat I 5:			
	Schriftleitung, Landkartentechni- sches Büro, Bibliothek und Vertrieb	Ltd. Geol.-Direktor Dr. THEWS	53 73 34
Fachbereichsdezernate:			
I 5/1	Schriftleitung	Ltd. Geol.-Direktor Dr. THEWS	53 73 34
I 5/2	Landkartentechnisches Büro	Ltd. Geol.-Direktor Dr. THEWS	53 73 34
I 5/3	Bibliothek und Vertrieb	Ltd. Geol.-Direktor Dr. THEWS	53 73 34
Abteilung II: Ingenieurgeologie und Mineralogie			
Leiter:	Ltd. Geol.-Direktor Prof. Dr. PRINZ		53 73 17
Vertreter:	Ltd. Geol.-Direktor Dr. THEWS		53 73 34
Dezernat II 1:			
	Ingenieurgeologische Grundlagen und Grundbau	Geol.-Direktor MÜLLER	53 73 15
Fachbereichsdezernat:			
II 1/1	Bodenmechanik und Grundbau, Hoch- und Ingenieurbau, Rutschun- gen, Erfassung von bodenmechani- schen Versuchsdaten	Geol.-Direktor MÜLLER Geol.-Oberrat Dr. BEURER Geol.-Oberrat Dr. FRIEDRICH	53 73 15 53 72 49 53 73 12
Dezernat II 2:			
	Deponiestandorte, Erdfälle, Boden- senkungen	Geol.-Oberrat Dr. BERNHARD	53 73 26
Fachbereichsdezernate:			
II 2/1	Ingenieurgeologische Erkundung von Ablagerungen und Altstandor-	Geol.-Oberrat Dr. WESTRUP	53 73 18

	ten, Begutachtung von Standorten für neue Abfallentsorgungsanlagen im Zusammenwirken mit technischen Fachbehörden		
II 2/2	Ingenieurgeologische Karten, ingenieurgeologische Erkundung von Erdfällen und Bodensenkungen	Geol.-Oberrat Dr. BERNHARD	53 73 26
Dezernat II 3:			
	Talsperrengeologie und Grundbautechnik für Stauanlagen	Geol.-Oberrat Dr. HOLTZ	53 73 13
Fachbereichsdezernate:			
II 3/1	Talsperrengeologie	Geol.-Oberrat Dr. HOLTZ	53 73 13
II 3/2	Grundbautechnik für Stauanlagen	N.N.	
Dezernat II 4:			
	Fels- und Tunnelbau	Ltd. Geol.-Direktor Prof. Dr. PRINZ	53 73 17
Fachbereichsdezernat:			
II 4/1	Ingenieurgeologische Gutachten und Beratung für die Standsicherheit von Bauwerken im Fels und in Felsböschungen	Ltd. Geol.-Direktor Prof. Dr. PRINZ Wiss. Ang. LINDSTEDT	53 73 17 53 73 14
Dezernat II 5:			
	Mineralogie und Petrologie	Geol.-Direktor Prof. Dr. MEISL	53 73 42
Fachbereichsdezernate:			
II 5/1	Mineralogie	Geol.-Direktor Prof. Dr. MEISL Geol.-Oberrat Dr. HENTSCHEL Geol.-Rat SUŠIĆ	53 73 42 53 72 74 53 73 54
II 5/2	Petrologie	Geol.-Oberrat Dr. EHRENBERG Geol.-Oberrat Dr. SCHRICKE	53 72 56 53 72 75
Dezernat II 6:			
	Zentrale Laboratorien	Geol.-Direktor Prof. Dr. GOLWER	53 73 25
Fachbereichsdezernate:			
II 6/1	Bodenmechanisches Labor und Werkstatt	Geol.-Direktor MÜLLER	53 73 15
II 6/2	Chemisches Labor	Geol.-Rat z. A. Dr. KELTSCH	53 72 72
II 6/3	Mineralogisches Labor	Geol.-Direktor Prof. Dr. MEISL	53 73 42
II 6/4	Geochemische Grundlagen	Wiss. Ang. Dr. ROSENBERG	53 73 48
II 6/5	Geochemische Sonderaufgaben	Geol.-Direktor Prof. Dr. GOLWER	53 73 25
Abteilung III: Hydrogeologie, Geotechnologie und Datenverarbeitung			
Leiter:	Ltd. Geol.-Direktor Prof. Dr. HÖLTING		53 73 38
Vertreter:	Ltd. Geol.-Direktor Prof. Dr. PRINZ		53 73 17
Dezernat III 1			
	Hydrogeologisches Grundlagen	Geol.-Oberrat Dr. BÖKE	53 72 78
Fachbereichsdezernate:			
III 1/1	Praxisbezogene wissenschaftliche Grundlagen, hydrogeologische Kartenwerke, überregionale Geochemie	Geol.-Oberrat Dr. DIEDERICH	53 72 21

III 1/2	Hydrogeologie des Sickerraums, Grundwasserneubildung, gewinnbare Grundwassermengen (Grundwasserbilanzen)	Geol.-Oberrat Dr. BÖKE	53 72 78
Dezernat III 2:			
	Regionale Hydrogeologie	Geol.-Oberrat Dr. RAMBOW	53 73 32
Fachbereichsdezernate:			
III 2/1	Erkundung und Schutz von Grund- und Heilwasser mit Abgrenzung von Einzugsgebieten im Regierungsbezirk Darmstadt	Geol.-Oberrat Dr. SCHARPF	53 73 33
III 2/2	im Regierungsbezirk Gießen	Geol.-Oberrat Dr. WIEGAND	53 72 79
III 2/3	im Regierungsbezirk Kassel	Geol.-Oberrat Dr. RAMBOW Wiss. Ang. QUADFLIEG	53 73 32 53 72 46
Dezernat III 3:			
	Qualitative Hydrogeologie	Ltd. Geol.-Direktor Prof. Dr. HÖLTING	53 73 38
Fachbereichsdezernate:			
III 3/1	Abgrenzung geohydrochemischer Verhältnisse gegen anthropogene Einflüsse	Wiss. Ang. Dr. SCHRAFT	53 72 26
III 3/2	Hydrogeologische Erkundung von Grundwasserbelastungen bei Altablagerungen, Altstandorten oder Schadensfällen zur Vorbereitung hydrogeologischer Konzepte zur Sanierung, hydrogeologische Erkundung von Standorten für neue Abfallentsorgungsanlagen im Zusammenwirken mit technischen Fachbehörden	Geol.-Oberrat Dr. TANGERMANN	53 72 18
Dezernat III 4:			
	Geotechnologie und Infrastruktur-geologie	Geol.-Direktor Dr. FINKENWIRTH	53 73 43
Fachbereichsdezernate:			
III 4/1	Geotechnologie, unterirdische Speicher und unterirdische Deponien	Geol.-Direktor Dr. FINKENWIRTH Geol.-Rat Dr. PÖSCHL	53 73 43 53 73 60
III 4/2	Infrastrukturgeologie, Federführung und Koordination in Sachen regionale Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren, Flächennutzungs- und Bauleitpläne, Flurbereinigungsverfahren u. ä.	Geol.-Oberrat Dr. KAUFMANN	53 73 30
Dezernat III 5:			
	Dokumentation und Datenverarbeitung	Geol.-Direktor Dr. STENGLER- RUTKOWSKI	53 73 28
Fachbereichsdezernate:			
III 5/1	Vollzug des Lagerstättengesetzes	Geol.-Direktor Dr. STENGLER- RUTKOWSKI	53 73 28

III 5/2	Archiv	Geol.-Oberrat Dr. DIEDERICH	53 72 21
III 5/3	ADV	Geol.-Rat STRECKER	53 72 50

Dem Amtsleiter direkt unterstellt:

Dezernat V:			
Verwaltung		Oberamtsrat FRÖHLICH	53 73 22

Personalstand am 31. Dezember 1988

	Telefon- Durchwahl		Telefon- Durchwahl
Direktor des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung: Dipl.-Landwirt Prof. Dr. ERNST BARGON			
53 73 37			
Leitende Geologiedirektoren:			
Dipl.-Geologe Prof. Dr. BERNWARD HÖLTING	53 73 38	Dipl.-Geologe Dr. JOE-DIETRICH THEWS	53 73 34
Dipl.-Geologe Prof. Dr. HELMUT PRINZ	53 73 17		
Geologiedirektoren:			
Dipl.-Geologe Dr. ALFRED FINKENWIRTH	53 73 43	Dipl.-Ingenieur KARL-HANS MÜLLER	53 73 15
Dipl.-Geologe Prof. Dr. ARTHUR GOLWER	53 73 25	Dipl.-Geologe Dr. ERNST PAULY	53 72 54
Dipl.-Geologe Dr. MANFRED HORN	53 72 76	Dipl.-Geologe Dr. HELMUT REICHMANN	37 60 90
Dipl.-Geologe Dr. JENS KULICK	53 72 24	Dipl.-Geologe Dr. KONRAD REUL	53 72 13
Dipl.-Geologe Dr. MANFRED LAEMMLEN	53 72 41	Dipl.-Geologe Dr. WITIGO STENGEL-RUTKOWSKI	53 73 28
Dipl.-Geologe Prof. Dr. STEFAN MEISL	53 73 42		
Geologieoberräte:			
Dipl.-Geologe HANS-JÜRGEN ANDERLE	53 72 33	Dipl.-Geologe Dr. SIEGFRIED HOLTZ	53 73 13
Dipl.-Geologe Dr. WALTER BARTH	53 72 51	Dipl.-Geologe Dr. EBERHARD KAUFMANN	53 73 30
Dr. HORST BERNHARD	53 73 26	Dipl.-Geologe Dr. EBERHARD KÜMMERLE	53 72 27
Dipl.-Geologe Dr. MARTIN BEURER	53 72 49	Dipl.-Geologin Dr. RENATE MOTZKA-NÖRING	53 72 23
Dr. ECKHARD BÖKE	53 72 78	Dipl.-Geologe Dr. DIETRICH RAMBOW	53 73 32
Dipl.-Geologe Dr. GISBERT DIEDERICH	53 72 21	Dipl.-Geologe Dr. HANS-JÜRGEN SCHARPFF	53 73 33
Dipl.-Geologe Dr. KARL-HEINZ EHRENBERG	53 72 56	Dipl.-Landwirt Dr. LUDOLF SCHRADER	37 60 90
Dr. KUNIBERT FRIEDRICH	53 73 12	Dipl.-Geologe Dr. WILLI SCHRICKE	53 72 75
Dipl.-Geologe Dr. PETER HELBIG	53 72 57	Dipl.-Geologe Dr. HANS TANGERMAN	53 72 18
Dr. GERHARD HENTSCHEL	53 72 74	Dipl.-Geologe Dr. JENS WESTRUP	53 73 18
Dipl.-Geologe Dr. HELMUT HICKETHIER	53 72 22	Dipl.-Geologe Dr. KLAUS WIEGAND	53 72 79
Geologieräte:			
Dipl.-Geologe Dr. ROLAND BECKER	53 72 36	Dipl.-Chemiker MARIAN SUŠIĆ	53 73 54
Dipl.-Geophysiker Dr. RAINER BLUM	53 72 59	Dipl.-Mineraloge GERHARD STRECKER	53 72 50
Dipl.-Chemiker Dr. HEINER KELTSCH*	53 72 72	Dipl.-Geologe Dr. ALBERT-KARL THEUERJAH	53 72 62
Dipl.-Geologe Dr. WERNER PÖSCHL	53 73 60	ERHARD WEIDNER	37 60 90
Dr. KARL-JOSEF SABEL	37 60 90	Dipl.-Geologe CARL-PETER ZIEHLKE	53 72 55
* Geologierat z. A.			
Oberamtsrat:			
WALTER FRÖHLICH	53 73 22		
Wissenschaftliche Angestellte:			
Dipl.-Geologe HEINRICH ABEL	53 72 52	Dipl.-Geologe KURT-ARNOLD QUADFLIEG	53 72 46
Dipl.-Geologe Dr. MARTIN HOTTENROTT	53 72 32	Dipl.-Mineraloge Dr. FRED ROSENBERG	53 73 48
Dipl.-Geologe HANS-JOACHIM LINDSTEDT	53 73 14	Dipl.-Geologe Dr. ADALBERT SCHAFT	53 72 26
Bibliothek:			
Leitung: WERNER FUCHS	JUTTA KAEPPPEL	ANNETTE KOLLNER	
GISELA BECK	CHRISTINE KINDSVOGEL	KLARA SCHÜLER	
Vertriebsstelle:			
DIETER HOMANN			
Technische Bedienstete:			
Dipl.-Ing. UTE ARAGON	Dipl.-Ing. GERNOT HÜHNER	Dipl.-Ing. NORBERT SCHOLZ	
LIENHARD BARNETT	GERHARD KNAB	MONIKA SCHRECKENBACH	
OTTO BEINSTEIN	FRITZ KRUGER	ECKHARD SCHULZ	
Dipl.-Ing. NORBERT BLECK	MARIANNE MÜLLER	Ing. (grad.) ALOIS SEDLATSCHKE	

EDMUND BREMSER Dipl.-Ing. EWALD CLOEREN PETER DIEZ GÜNTER DZUBA ROLF ETZ PETER FUHRMANN Dipl.-Ing. LUDWIG GRÜBER Ing. (grad.) WERNFRIED HÜBLER	MARKUS NIX Biologe HARTMUT POSCHWITZ ILSE POSUR NORBERT PREISNER Dipl.-Ing. WINFRIED ROSENBERGER SUSANNE SALCHER Dipl.-Ing. HANS-HEINRICH SCHMIDT Dipl.-Ing. RUDI SCHNEIDER	HORST SÖNGEN SIEGFRIED STEINER Dipl.-Ing. OTTO STIEGLER WILHELM TERME Dipl.-Ing. ERWIN THIEL Ing. (grad.) GEORG WENZEL Dipl.-Ing. ROLAND WIEDERER URSULA ZÖLLER
Landkartentechnisches Büro: Leitung: HERMANN BRENNER JÜRGEN BARTHOLOMAY JENS DENGLER JUTTA VON DZIEGIELEWSKI	EVELYN FRUCK Designer (grad.) ADELHEID HICKETHIER MARTINA PETER MONIKA RETZLAFF	WOLFGANG RUPPERT NORBERT SINZIG MANFRED SWIHOTA MICHAEL STRYJ
Archiv: Leitung: Geologieoberrat Dr. GISBERT DIEDERICH ROSEL FISCHER	SUSANNE KÜTTNER-BAHR HEINZ LEICK	CORNELIA ROHDE GISELA WÜRFEL
ADV: Leitung: Geologierat GERHARD STRECKER	Dipl.-Geologe RUDOLF ROGALLA	ERIKA HUPPERT
Verwaltung: Leitung: Oberamtsrat WALTER FRÖHLICH CHRISTA ECKSTEIN	URSULA KOPP DOROTHEE SCHULZ	BERND STIEGLER URSULA STOBER
Schreibbüro: ELISABETH BAUER HEIDRUN GEBAUER SILKE KERN	MARION KIRALL INGEBORG KLEINERT ILSE SCHMITZ	INGEBORG STRANGFELD DAGMAR TANGERMANN
Lohnempfänger: Fahrer FERDINAND FLIESS Fahrer NORBERT HÖPFNER Fahrer KARL-HEINZ REUTER Fahrer SIEGFRIED WENZKE	Fahrer/Bohrarbeiter KLAUS-DIETER GEIS Fahrer/Bohrarbeiter MICHAEL SNYDER Fahrer/Bohrarbeiter STEFFEN SCHÄFER Verwaltungsarbeiter SIEGFRIED BIERBRAUER	Bohrkernlagerverwalter HORST HÖHLER Hausmeister HORST LOH Hausgehilfe EDWIN KLEINSCHMIDT Hausgehilfe KLAUS SCHUHMACHER
Freiwillige Mitarbeiter: Prof. Dr. phil. habil. HANS HENTSCHEL, Regierungsdirektor a. D., Fontanestraße 2, 6200 Wiesbaden Prof. Dr. HANSJOACHIM LIPPERT, Geologiedirektor a. D., Walkmühlstr. 63a, 6200 Wiesbaden Dr. ARNOLD RABIEN, Geologiedirektor a. D., Schwedenstraße 71, 6203 Hochheim a. M. Prof. Dr., Dr. hc. ARNO SEMMEL, Geogr. Inst. der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Senckenberg-Anlage 36, 6000 Frankfurt a.M. Prof. Dr. HEINZ TOBIEN em., Paläontolog. Inst. der Johannes-Gutenberg-Universität, Saarstraße 21, 6500 Mainz		
Ausgeschieden in der Zeit vom 1. 1. 1986–31. 12. 1988		
14. 2. 1986 FRITZ MEILINGER 8. 4. 1986 KARL FINK 31. 1. 1987 KARL HIELSCHER 28. 2. 1987 ANNEROSE FUCHS 30. 4. 1987 GEORG DOMES	30. 6. 1987 IRENE HEUSER 30. 6. 1987 WILHELM STICH 30. 9. 1987 Dr. ANNELIES HERZBERG 30. 9. 1987 GERTRAUDE KRIEGER- SCHÄFER	31. 12. 1987 ALBERT KARSCHNY 30. 4. 1988 HARALD GEIST 31. 5. 1988 HUBERTUS CHRISTIAN 30. 6. 1988 ALBERT ROMSCHINSKI 30. 6. 1988 EDELTRAUD ZIERZ 31. 8. 1988 KLAUS LAMPRECHT (27. 2. bis 31. 8. 1988)

ERNST BARGON

Bohrkernlager des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Die nachfolgende Aufstellung ergänzt die im Geologischen Jahrbuch Hessen, **114**: 347–356, **115**: 522–525 u. **116**: 342 veröffentlichte Zusammenstellung von eingelagerten Proben geologisch wichtiger Bohrungen. Erläuterung der Abkürzungen siehe Geol. Jb. Hessen, **114**: 347.

Blatt-Nr. u. -Name	Bezeichnung	R-Wert	H-Wert	Teufe m	Strat. Bezeichnung, z. T. Gesteinsart	A.E.
4423 Oedelsheim	Reinhardswald 1 (1955)	3541750	5710060	1020,00	Quartär; Tertiär; Trias: sm, su; Perm: z.A.	2009
4619 Mengerschinghausen	Meng.-Glockenbrunnental (1960/62)	3497870	5691740	310,10	Quartär; Trias: su; Perm: z.A.	st.
4622 Kassel West	BK 2 (1988)	3527430	5693810	34,00	Grenzbereich Röt/Muschelkalk. KB, A	1998
4622 Kassel West	BK 3 (1988)	3527750	5693550	46,70	Grenzbereich Röt/Muschelkalk. KB, A	1998
4622 Kassel West	Wilhelmshöhe 3 (1978/79)	3529997	5686249	674,00	Quartär; Trias: so, smS, smH, smD, smV	st.
4719 Korbach	EAU/78-B 1 (1978)	3488402	5679550	93,80	Grenzschiechten Oberdevon/Karton. KB	st.
4719 Korbach	EAU/78-B 7 (1978)	3488505	5680103	35,70	Unterkarbon: cdl. KB	st.
4722 Niederzwehren	Brunnen 1 (1961)	3526420	5681220	207,50	Tertiär; Trias: soRö, sm. A	st.
4722 Niederzwehren	Großenritte (=Baunatal III [1963])	3526160	5680690	150,00	Quartär; Tertiär; Trias: soRö, smS	st.
4723 Oberkaufungen	Brg. 5/47, Z. Freudenthal (1947)	3544158	5684082	71,10	Pleistozän; Tertiär: mi, olo. A.	st.
4723 Oberkaufungen	Brg. 9/47, Z. Freudenthal (1947)	3543993	5684230	19,65	Tertiär: olo. A	st.
4921 Borken (Hessen)	B 3306 (1987)	3523072	5653978	135,00	?Quartär; Tertiär: olo, olu, e. KB, A	1990
5120 Neustadt (Hessen)	Pegelbrunnen (1955)	3500940	5631080	40,10	Trias: ?sm4, sm3. A	st.
5416 Braunfels	Fortuna 37 (1958)	3458440	5604520	208,30	Devon (mehrere Schuppen mit Fe-Grenzlager). KB, A	2008
5514 Hadamar	Brg. 4 A (1988)	3432550	5588210	220,00	Quartär; Tertiär: pl-mi; Mitteldevon	st.
5522 Freiensteinau	Bannerod (1965)	3527760	5595920	48,00	Holozän/Pleistozän; Tertiär (Tuffe, Basalt)	1998
5617 Usingen	A/88-B 1 (1988), Schrgbrg.	3469900	5577120	100,50	Quarzgang im Unterdevon. KB	1993
5617 Usingen	A/88-B 2 (1988), Schrgbrg.	3469520	5577450	65,00	Quarzgang im Unterdevon. KB	1990
5617 Usingen	A/88-B 3 (1988), Schrgbrg.	3471060	5577830	60,00	Quarzgang im Unterdevon. KB	1990
5617 Usingen	A/88-B 4 (1988), Schrgbrg.	3470860	5577780	60,00	Quarzgang im Unterdevon. KB	1990
5623 Schlüchtern	Brg. 1 (410) (?1982)	3547380	5573860	15,50	Holozän; Pleistozän; Trias: ku. KB	1999
5623 Schlüchtern	Brg. 208/60 (1983)	3546425	5582465	20,00	Tertiär: mi; Trias: smH. KB	1999
5623 Schlüchtern	Brg. 208/61 (1983)	3546435	5582420	32,00	Tertiär: mi. KB	1999
5720 Bidingen	Baumwieseschof (1952)	3503970	5563660	–	Rotliegendkalk-Probe (b. 49,5 m)	1998
5816 Königstein im Taunus	Kelkheim (1955)	3460860	5557920	120,00	Quarzgang-Probe (zw. 75–79,8 m)	st.
5817 Frankfurt a.M. West	Brunnenbohrung 1 (1959)	3465740	5559080	49,50	Pleistozän; Tertiär: mi, ol. A	st.
5818 Frankfurt a.M. Ost	Hassia-Sprudel (1936–38)	3481660	5560870	322,85	Holozän; Pleistozän; Perm (Tholeyer Sch.); Karbon. KB, A	st.
5915 Wiesbaden	K 2 (1951), Fa. Kalkhof	3445260	5543860	58,90	Quartär; Tertiär	1998
5915 Wiesbaden	VB Wasserwerk Schierstein (?1953)	3441730	5545220	40,00	Holozän; Pleistozän; Tertiär: olo. A	1998
5917 Kelsterbach	VB 1 (1964), Phrix-Werke	3465140	5547040	133,30	Tertiär: pl. A	2008
5918 Neu-Isenburg	Henninger Bräu (1988)	3478410	5551175	247,00	Tertiär: Perm: r	st.
6013 Bingen	VB 3 (1962), Pflänzer 1	3426465	5539810	19,30	Pleistozän; ? Tertiär. A	st.
6317 Bensheim	Einhausen 21 (1965)	3464830	5501930	100,00	Pleistozän. A	1998
6317 Bensheim	Einhausen 22 (1965)	3464930	5501580	100,00	Pleistozän. A	1998

Stand: 31. Januar 1989

GERNOT HÜHNER

NOTIZBLATT DES HESSISCHEN LANDESAMTES
FÜR BODENFORSCHUNG ZU WIESBADEN

VI. Folge, Heft 1, 1950: 344 S., 35 Abb., 6 Tab., 11 Taf.	17,50 DM
VI. Folge, Heft 2, 1951: 256 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
Band 103, 1975: 400 S., 152 Abb., 19 Tab., 18 Taf., 1 Bild.	81,- DM

GEOLOGISCHES JAHRBUCH HESSEN

Band 104, 1976: 328 S., 53 Abb., 18 Tab., 19 Taf., 1 Bild	72,- DM
Band 105, 1977: 294 S., 47 Abb., 7 Tab., 16 Taf., 3 Bilder.	65,- DM
Band 106, 1978: 460 S., 91 Abb., 57 Tab., 30 Taf.	98,- DM
Band 107, 1979: 330 S., 93 Abb., 15 Tab., 4 Taf.	88,- DM
Band 108, 1980: 277 S., 68 Abb., 22 Tab., 10 Taf.	62,- DM
Band 109, 1981: 238 S., 48 Abb., 22 Tab., 4 Taf., 1 Bild	40,- DM
Band 110, 1982: 297 S., 76 Abb., 37 Tab., 9 Taf.	50,- DM
Band 111, 1983: 366 S., 36 Abb., 39 Tab., 19 Taf.	60,- DM
Band 112, 1984: 339 S., 164 Abb., 19 Tab., 3 Taf.	60,- DM
Band 113, 1985: 342 S., 76 Abb., 50 Tab., 8 Taf., 1 Bild	66,- DM
Band 114, 1986: 356 S., 102 Abb., 29 Tab., 5 Taf., 1 Kt.	66,- DM
Band 115, 1987: 525 S., 120 Abb., 26 Tab., 20 Taf.	103,- DM
Band 116, 1988: 342 S., 75 Abb., 20 Tab., 9 Taf., 1 Bild	61,- DM