

Geologica Bavarica

83

München 1982

Herausgeber und Verlag
Bayer. Geologisches Landesamt

GEOLOGICA BAVARICA

Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt

83

Neue Tiefbohrungen in Nordbayern

Mit Beiträgen von

K. BADER	D. MAHADJER
K. BRAM	W.-D. OTT
U. EMMERT	S. PLAUMANN
K. FROMM	M. SALGER
H. GUDDEN	H. SCHMID
H. HAUNSCHILD	P. SCHMITT
K. E. HELMKAMPF	W. A. SCHNITZER
D. KAISER	J. SCHWARZMEIER
W. KANZ	A. WILD
J. KUHLMANN	

Nachrufe auf

B. v. FREYBERG, F. HEIM und F. KOHL

Herausgeber und Verlag:

Bayerisches Geologisches Landesamt, Prinzregentenstraße 28, 8000 München 22

Redaktion:

HERMANN SCHMIDT-KALER

München 1982

Geologica Bavarica	83	281 S.	40 Abb.	13 Tab.	5 Beil.	München 1982
--------------------	----	--------	---------	---------	---------	--------------

Inhaltsverzeichnis

	Seite
HAUNSCHILD, H. u. OTT, W.-D.: Profilbeschreibung, Stratigraphie und Paläogeographie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001.	5– 55
SALGER, M.: Mineralogie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001.	57– 66
PLAUMANN, S.: Dichtebestimmung an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001 . . .	67– 73
FROMM, K.: Magnetische Untersuchungen an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001	75– 85
BADER, K.: Die seismischen Geschwindigkeiten bis zum Grundgebirge bei der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001	87– 88
OTT, W.-D.: Die Verteilung der Spurenelemente in der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001 .	89– 93
GUDDEN, H.: Konzeption, Ablauf und Deutung der Ergebnisse der Forschungsbohrung Berching 1977	95–112
BAUBERGER, W. u. OTT, W.-D.: Der in der Forschungsbohrung Berching 1977 erschlossene Granit	113–116
SALGER, M.: Zur Mineralogie der Forschungsbohrung Berching 1977	117–121
BADER, K.: Die Grundgebirgstiefe längs eines Profils von Burghann bis Beilngries aufgrund refraktionsseismischer Messungen	123–127
BRAM, K.: Geothermische Untersuchungen in der Forschungsbohrung Berching 1977	129–133
WILD, A.: Analytisch-chemische Untersuchungen an Proben der Forschungsbohrung Berching 1977	135–138
SCHMID, H. u. MIELKE, H.: Die Cluster-Analyse geochemischer Daten als Hilfsmittel zur stratigraphischen Gliederung, untersucht am Bohrprofil der Forschungsbohrung Berching 1977	139–143
SALGER, M. u. SCHMID, H.: Die Forschungsbohrung Eschersthofen 1981 (Vorläufige Mitteilung).	145–161
SCHMID, H.: Die Forschungsbohrung Kallmünz (Kurzz Mitteilung).	163–165
HELMKAMPE, K. E., KUHLMANN, J. u. KAISER, D.: Das Rotliegende im Randbereich der Weidener Bucht	167–186
SCHMITT, P.: Die Mineralwasserbohrung von Bad Königshofen im Grabfeld mit dem Kurzprofil einer neuen Tiefbohrung	187–193
EMMERT, U.: Beschreibung der Bohrung Bindlach 1980 (Mittlerer Buntsandstein bis Zechstein) sowie der tektonischen und paläogeographischen Ergebnisse	195–208
SALGER, M.: Mineralogie des Bohrprofils Bindlach 1980	209–212
SCHNITZER, W. A. u. MAHADJER, D.: Ergebnisse der Bestrahlungsanalyse an Quarzen der Bohrung Bindlach 1980	213–215
OTT, W.-D.: Die geochemische Bearbeitung der Bohrung Bindlach 1980	217–219
SCHMID, H.: Neue Bohrergebnisse als Beitrag zur Kenntnis der bleiführenden randnahen mittleren Trias bei Weiden-Grafenwöhr (Opf.)	221–244
SCHWARZMEIER, J.: Die Mineralwasser-Untersuchungsbohrung Knetzgau	245–253
KANZ, W., MAHADJER, D. u. SCHNITZER, W. A.: Stratigraphie und Sedimentologie der Bohrung Brüders I (Oberfränkisches Bruchschollenland, südöstlich von Bayreuth). . .	255–261

Nachruf auf B. v. FREYBERG	263–269
Nachruf auf F. HEIM	271–275
Nachruf auf F. KOHL	277–281

Verzeichnis der Beilagen

- Beilage 1: Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. Gesteinsfolge (HAUNSCHILD), Sedimentpetrographie (SALGER) und Geochemie (OTT).
- Beilage 2: Forschungsbohrung Berching 1977. Gesteinsfolge und stratigraphische Gliederung (GUDDEN), Sedimentpetrographie (SALGER) und Geochemie (WILD).
- Beilage 3: Forschungsbohrung Eschertshofen 1981. Gesteinsfolge (SCHMID) und Sedimentpetrographie (SALGER).
- Beilage 4: Rotliegendprofile der Ziegeleigrube Keller in Weiden und der Bohrung V16 Bechtsrieth (HELMKAMPF, KUHLMANN & KAISER).
- Beilage 5: Untersuchungsbohrung Bindlach 1980. Stratigraphische Gliederung (EMMERT), Sedimentpetrographie (SALGER) und Geochemie (OTT).

Die Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

Mit Beilage 1

1. Profilbeschreibung, Stratigraphie und Paläogeographie der FB Dinkelsbühl 1001 (HAUNSCHILD & OTT)
2. Mineralogie der FB Dinkelsbühl 1001 (SALGER)
3. Dichtebestimmungen an Kernen der FB Dinkelsbühl 1001 (PLAUMANN)
4. Magnetische Untersuchungen an Kernen der FB Dinkelsbühl 1001 (FROMM)
5. Die seismischen Geschwindigkeiten bis zum Grundgebirge bei der FB Dinkelsbühl 1001 (BADER)
6. Die Verteilung der Spurenelemente in der FB Dinkelsbühl 1001 (OTT)

Geologica Bavarica	83	5-55	München 1982
--------------------	----	------	--------------

Profilbeschreibung, Stratigraphie und Paläogeographie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

Von HELLMUT HAUNSCHILD und WOLF-DIETRICH OTT

mit Beiträgen von HANS HAGDORN, Künzelsau, THEO SIMON, Stuttgart, HANS-ULRICH SCHWARZ, Bochum, und mikropaläontologische Bestimmungen von HANS RISCH, München

Mit 7 Abbildungen, 2 Tabellen und Beilage 1

Kurzfassung

Die Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001 wurde nahe der Obergrenze des Mittleren Buntsandsteins (Mittlerer Keuper, vgl. Tab. 2) im Wirkungsbereich der Gammesfelder Barre zur Erkundung des Deckgebirges und des Grundgebirgs-Sockels angesetzt. Sie durchteufte nahezu die gesamte Trias, das Oberrotliegende und erreichte in Teufe 376,00 m das Grundgebirge.

Im einzelnen wurden durchbohrt (von oben nach unten): 185,10 m Keuper (Gesamtmächtigkeit rd. 250 m), darunter 114,84 m mächtiger Muschelkalk mit einem wider Erwarten hohen Gehalt an Sulfatgesteinen in der mittleren Abteilung, sodann 63,42 m Buntsandstein in randnaher Ausbildung und schließlich Oberrotliegendes in einer Mächtigkeit von 12,64 m. Bei Teufe 562,00 m ist die Bohrung nach Durchsinken einer 186,00 m langen Gneisstrecke eingestellt worden.

Die Bohrung Dinkelsbühl 1001 hat somit erstmalig ein fast durchgehendes Trias-Profil aus dem randnahen südfränkischen Becken erschlossen, das – mit einer gewissen Einschränkung für das Stockwerk des Oberen Muschelkalkes – nicht nur eine Gliederung im Detail erlaubt, sondern gewissermaßen auch als

Anschriften der Verfasser: Studienrat HANS HAGDORN, Konsul-Übele-Str. 14, 7118 Künzelsau; Diplomgeologe Dr. HELLMUT HAUNSCHILD, Bayer. Geolog. Landesamt, Prinzregentenstr. 28, 8000 München 22; Diplomgeologe Dr. WOLF-DIETRICH OTT, Bayer. Geolog. Landesamt, Prinzregentenstr. 28, 8000 München 22; Diplomgeologe Dr. HANS RISCH, Bayer. Geol. Landesamt, Prinzregentenstr. 28, 8000 München 22; Prof. Dr. HANS-ULRICH SCHWARZ, Institut für Geologie der Ruhruniversität, Postfach 102 148, 4630 Bochum 1; Diplomgeologe Dr. THEO SIMON, Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Zweigstelle Stuttgart, Urbanstr. 53, 7000 Stuttgart 1.

„stratigraphisches Bindeglied“ zwischen der im Norden verbreiteten Beckenfazies und dem stark terrestrisch geprägten Ablagerungsraum im Süden gelten kann. In den geringmächtigen Rotliegendensedimenten wird der nördliche Ausläufer des Riestroges vermutet.

Die Bändergneise mit dm-mächtigen tuffitischen und granitischen Einschaltungen lassen sich gut in die monotonen Serien des Präkambriums im Grenzbereich Saxothuringikum/Moldanubikum eingliedern.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung (H. HAUNSCHILD)	6
2. Daten zur Bohrung und Bearbeitungshinweise	8
3. Gesteins- und Schichtbeschreibung der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001	8
3.1. Petrographie und Chemismus der Gneise (W.-D. OTT)	8
3.1.1. Petrographie und Lagerungsverhältnisse	8
3.1.2. Chemie	10
3.1.3. Zusammenfassung	10
3.2. Schichtenfolge des Deckgebirges (H. HAUNSCHILD)	10
3.2.1. Oberrotliegendes.	11
3.2.2. Buntsandstein	11
3.2.2.1. Mittlerer Buntsandstein	12
3.2.2.2. Oberer Buntsandstein	13
3.2.2.3. Paläogeographie	13
3.2.3. Muschelkalk	14
3.2.3.1. Unterer Muschelkalk (H.-U. SCHWARZ)	14
3.2.3.2. Mittlerer Muschelkalk	17
3.2.3.3. Oberer Muschelkalk (nach Profilaufnahme HAGDORN & SIMON)	19
3.2.3.3.1. Trochitenkalk (mo1)	19
3.2.3.3.2. Oberer Hauptmuschelkalk (mo2/3)	20
3.2.3.4. Paläogeographie	20
3.2.4. Keuper	21
3.2.4.1. Unterer Keuper	21
3.2.4.2. Mittlerer Keuper	23
3.2.4.2.1. Myophorienschichten bzw. Benker Sandstein	23
3.2.4.2.2. Estherienschichten	25
3.2.4.2.3. Schilfsandstein	27
3.2.4.2.4. Lehrbergsschichten	27
3.2.4.2.5. Blasensandstein im weiteren Sinne	29
3.2.4.2.6. Burgsandstein	30
3.2.4.3. Paläogeographie	31
3.2.5. Quartär	33
4. Profilbeschreibung	33
5. Literatur	51

1. Einleitung

(H. HAUNSCHILD)

Im Herbst 1979 ist im Talbereich der Wörnitz in der Gemeinde Wilburgstetten, Landkreis Ansbach, Regierungsbezirk Mittelfranken, eine 562,00 m tiefe Bohrung niedergebracht worden (vgl. Abb. 1). Sie trägt die Bezeichnung „Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001“ und wurde im Rahmen „Geowissenschaftlicher Gemeinschaftsaufgaben“ geplant und mit Mitteln der Gemeinschaft finanziert. Ansatz und Durchführung der Bohrung lag in der Verantwortung des Bayerischen Geologischen Landesamtes.

Im Zusammenhang damit gebührt besonderer Dank Herrn Präsidenten Prof. Dr. H. VIDAL für seinen Einsatz beim Zustandekommen der Forschungsbohrung und ebenso Herrn Ltd. Reg.-Direktor Dr. H. Gudden für seine geleistete Arbeit im Stadium der Vorbereitung, die er freundlicherweise übernommen hatte. Nicht minder schulden wir auch Herrn Bürgermeister Günter Weiß von der Gemeinde Wilburgstetten Dank für sein rasches Handeln bei der Wahl und der kostenlosen Zurverfügungstellung des Bohrplatzes.

Ziel des Tiefenaufschlusses war die Klärung der stratigraphischen Verhältnisse in der gesamten, weitgehend noch unbekanntem Trias des südfränkisch-württembergischen Grenzgebietes sowie der eventuelle Nachweis von Rotliegendem. Weiterhin sollte der Bau, die regionale Zuordnung und die Hochlage des autochthonen präpermischen Nordsaums der Vindelizischen Schwelle erkundet und neue Erkenntnisse über die substantielle Beschaffenheit des Basements im Hinblick auf Lagerstätten gewonnen werden.

Zur allgemeinen Information fand am 27. 6. 1980 auf Einladung des Bayerischen Geologischen Landesamtes in München eine Besichtigung mit Erläuterung des fortlaufend ausgelegten Kernmarsches statt, an der Vertreter des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, der Geologischen Landesämter, des Bayerischen Oberbergamtes, der Fachinstitute der Universitäten sowie der Erdölindustrie in großer Zahl teilgenommen haben.

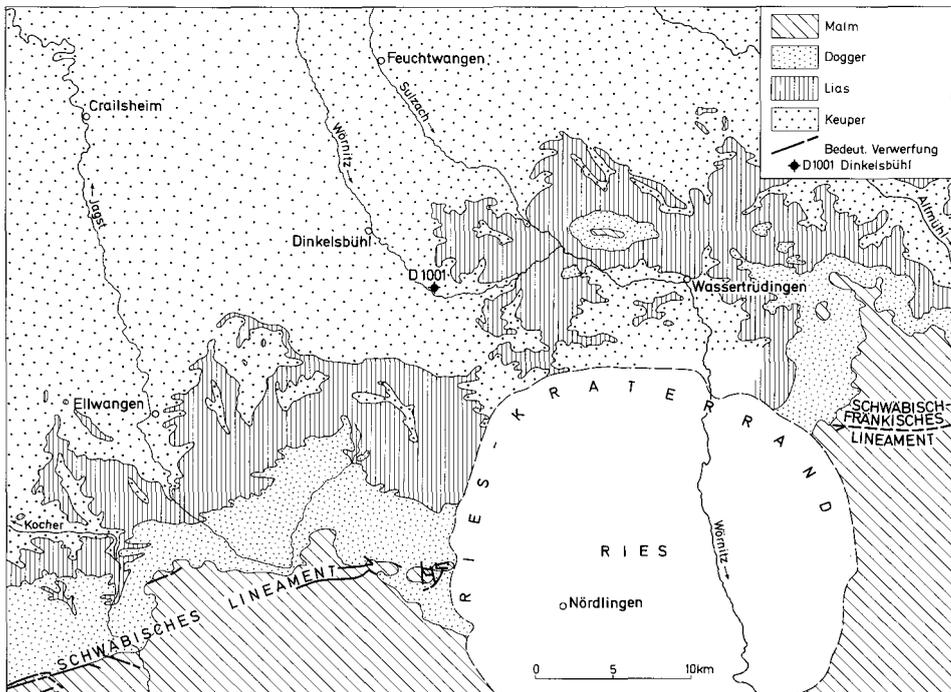


Abb. 1. Geologisches Übersichtskärtchen mit Bohrpunkt Dinkelsbühl 1001 (unter Verwendung der Geol. Übersichtskarte des Ries-Meteoriten-Kraters 1:100 000, München 1978, der Geol. Übersichtskarte 1:200 000 Bl. Nr. CC 7126 Nürnberg, Hannover 1977, und eigenen Ergänzungen).

2. Daten zur Bohrung und Bearbeitungshinweise

Lage: TK 25 Nr. 6829 Weiltingen

R: 36 00 780, H: 54 34 020

Ansatzhöhe: 441,33 m ü. NN

Ausführende Firma: F. Aufschläger GmbH & Co. KG München-Simbach

Bohrzeit: 3. 9. – 27. 11. 1979

Bohrverfahren: Spülbohrung bis 42,80 m

Kernbohrung bis 562,00 m [ET]

Kerngewinn: 100%

Kernbehandlung: Die Kerne wurden vertikal orientiert und mit nach unten zeigenden Pfeilen gekennzeichnet. Sämtliche Kerne wurden von Herrn H. PARTHEYMÜLLER, BGLA, farbig fotografiert.

Kernenddurchmesser: 63,5 mm

Bohrlochenddurchmesser: 96 mm

Temperatur in Teufe 562 m: 29 °C

Bohrlochphysikalische Messungen: Fa. Schlumberger und Bayerisches Geologisches Landesamt

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

Bohrlochphysik: ES, IES, BHC, Sonic, FDC, CNL, KAL, GR,
Cyberlook (Fa. Schlumberger & BGLA)

Geothermische Messungen, Dichtebestimmungen und Gesteinsmagnetik: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover

Paläontologie, Petrographie und Geochemie: Bayerisches Geologisches Landesamt

Daneben wurden Gesteinsproben für Spezialuntersuchungen an das Institut für Geologie der Universität Würzburg (Prof. Dr. W. A. SCHNITZER) und an das Institut für Mineralogie der Universität Erlangen-Nürnberg (Prof. Dr. W. M. BAUSCH) abgegeben.

Aufnahme: Keuper (0–185,10 m): H. HAUNSCHILD

Oberer Muschelkalk (–233,58 m): H. HAGDORN & T. SIMON

Mittlerer Muschelkalk (–271,28 m): H. HAUNSCHILD

Unterer Muschelkalk (–299,94 m): H. – U. SCHWARZ

Buntsandstein (–363,36 m): H. HAUNSCHILD

Oberrotliegendes (–376,00 m): H. HAUNSCHILD

Grundgebirge (–562,00 m): W. – D. OTT

Das Bohrloch wurde nicht verfüllt, sondern aufgrund der Vereinbarung vom 1. 10. 1980 der Gemeinde Wilburgstetten zur weiteren Verwendung überlassen.

3. Gesteins- und Schichtbeschreibung der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

3.1. Petrographie und Chemismus der Gneise

(W. – D. OTT)

In der Bohrung Dinkelsbühl 1001 wurden in einer Teufe von 376 m Gneise angefahren und auf eine Länge von 186 m erbohrt. Die Bohrkerne wurden mit dem Ziel bearbeitet:

1. die Gneise petrographisch zu beschreiben und ihre Lagerungsverhältnisse festzustellen, sowie
2. den Chemismus und eventuelle Änderungen über das kristalline Bohrprofil ausfindig zu machen.

3.1.1. Petrographie und Lagerungsverhältnisse

Makroskopisch handelt es sich bei dem erbohrten Kristallin um eine eintönige Abfolge zeiliger bis gebänderter Gneise mit vereinzelt schön gefalteten Lagen. Die Bänderung spiegelt allem Anschein nach die alte Sedimentstruktur wider.

Idiomorphe Kalifeldspat- bzw. Cordieritgroßkristalle sproßten gelegentlich in diesem lamellaren Gefüge auf und verleihen den Gneisen das Aussehen von Augengneisen. Diese monotone Gneisfolge wird durch tuffitische bzw. granitische Einschaltungen im dm-Bereich aufgelockert und belebt. Auch cm-mächtige pegmatitische Einschaltungen sind zu beobachten. Die Gneise sind selten frisch. Die typisch blaugraue Farbe sowie die hellen Eigenfarben der magmatischen Einschaltungen werden durch sekundär hydrothermale Überprägung von dem Rotbraun des Eisenhydroxydes überdeckt. Der äußere Eindruck dieser Bändergneise wird durch die **Dünnschliff**untersuchung bestätigt. Es existieren beinahe keine Feldspäte mehr im frischen Zustand. Sie sind zersetzt und fast vollständig mit Hellglimmeraggregate ausgefüllt. Dem gleichen Hydratisierungs-Prozeß waren Cordierite und Biotite unterworfen. Leicht lösliche Elemente wie Kalium wurden herausgelöst. Zum Teil sind sie weggeführt, zum Teil sind sie wie Titan und Eisen als Ilmenit (FeTiO_3) bzw. Rutil (TiO_2) oder Eisenhydroxyd auf den Fugen der Glimmerblättchen bzw. in feinen Rissen neu auskristallisiert. Lediglich die Quarze sind noch schön erhalten. In unterschiedlichen Mengen sind vorhanden: Sillimanit, Apatit, Zirkon, Turmalin, Granat und Sulfidminerale, mit ihrem Hauptvertreter Pyrit, der jedoch häufig „verrostet“ ist.

Über die Lagerungsverhältnisse ist es leider nicht möglich genauere Aussagen zu machen. Nur soviel kann festgestellt werden, daß die Bohrung Dinkelsbühl 1001 in einen Störungsbereich hereingefahren ist. In ihm sind die meisten Gesteinspartien verstellt und großenteils so stark tektonisch beansprucht, daß nur noch Mylonite, die überwiegend aus Tonmineralien bestehen, als Reste der ursprünglichen Gesteine (z. B. Teufe 534 m und im Bereich zwischen 549 m und 562 m) übriggeblieben sind.

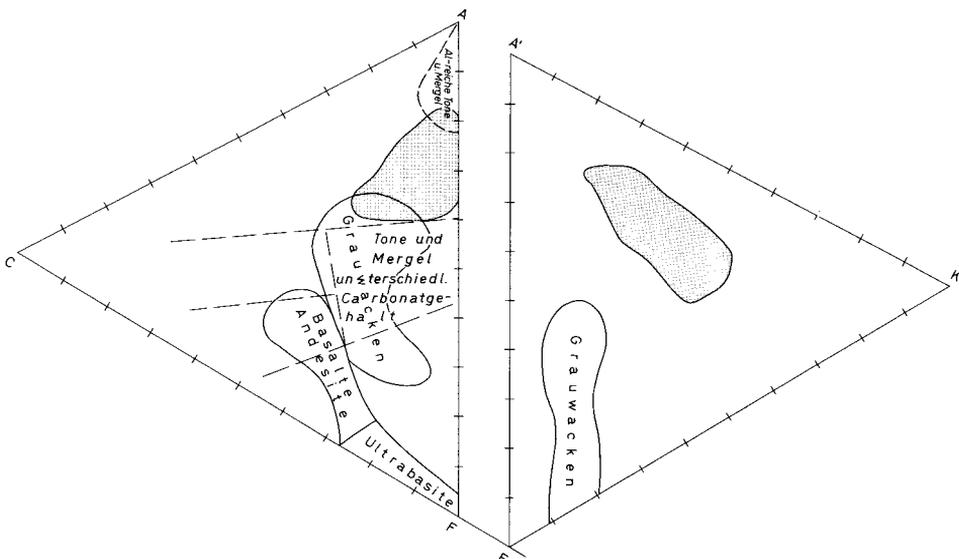


Abb. 2. Lage der Gneise der Bohrung Dinkelsbühl im ACF- und A-KF-Diagramm (WINKLER 1979).

3.1.2. Chemie

Der kristalline Untergrund wurde auf die Spurenelemente Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Y, Zn, Zr, Ux, T und Th, die gesondert in einem anderen Zusammenhang betrachtet werden, und auf die Gehalte der Hauptelemente untersucht.

Die Durchsicht der 126 Hauptelementanalysen erlaubt es Durchschnittswerte zu errechnen. So sieht der Pauschalchemismus folgendermaßen aus:

SiO ₂	68.44 Gew. %
Al ₂ O ₃	15.44 Gew. %
Fe ₂ O ₃ (Gesamteisen)	5.85 Gew. %
MnO	0.09 Gew. %
MgO	1.49 Gew. %
CaO	0.91 Gew. %
Na ₂ O	0.02 Gew. %
K ₂ O	7.13 Gew. %
TiO ₂	0.68 Gew. %
P ₂ O ₅	0.20 Gew. %

(Die Einzelwerte können im Archiv des GLA eingesehen werden.) Bei der Betrachtung der Zahlenreihe fallen einige Werte auf, die im Gesamtbild etwas ungewöhnlich sind wie Fe₂O₃ (Gesamteisen) mit 5.85%, Na₂O mit 0.02% und K₂O mit 7.13%. Hier macht sich die mylonitische Überprägung der Gneise wohl stark bemerkbar. Es wurden Eisen und Kalium relativ angereichert, Natrium hingegen fortgeführt. Die Eintragung aller 136 chemischen Analysen in ACF bzw. AKF-Diagramm (Abb. 2) nach H. G. F. WINKLER (1979) läßt auf ein sedimentäres Ausgangsmaterial dieser Bändergneise schließen, das sich aus Aluminium- und kaliumreichen Tonen zusammensetzte.

3.1.3. Zusammenfassung

Die kristallinen Gesteine der Bohrung Dinkelsbühl 1001 sind Bändergneise mit einer wechselnden Führung von Cordierit und Sillimanit. Sie sind sekundär hydrothermal verändert und partienweise mylonitisiert. Ihr Chemismus ist sehr eintönig. Das sedimentäre Ausgangsmaterial waren Tone und Mergel. Sporadisch enthalten die Bändergneise dm-mächtige tuffitische und granitische Einschaltungen. Ähnliche Gneise wurden von G. GRAUP (1975) aus dem Nördlinger Ries beschrieben, als er die kristallinen Trümmernmassen bearbeitete. Im Ostbayerischen Moldanubikum sind im Grenzbereich Saxothuringikum/Moldanubikum solche Bändergneise anzutreffen, die nach G. STETTNER und H. MIELKE (freundliche mündliche Mitteilung) im Rahmen der monotonen Serien des Präkambriums auftreten.

3.2. Schichtenfolge des Deckgebirges

(H. HAUNSCHILD)

Mit Beiträgen von H.-U. SCHWARZ (Unterer Muschelkalk) und
H. HAGDORN & T. SIMON (Oberer Muschelkalk)

3.2.1. Oberrotliegendes, ro (Teufe 376,00–363,36 m = 12,64 m)

Erste Hinweise auf mögliche unterpermische Sedimente im Bereich des Rieses gehen auf BENTZ (1928) zurück, der unter anderem in gut gerundeten Grundgebirgsgeröllen im Suevit bei Altenbürg (westlicher Riesrand) Rotliegendensedimente zu erkennen glaubte. Diese bislang einzigartigen Beobachtungen konnten durch seismische Untersuchungen, die von BREYER (1955) und speziell von ANGENHEISTER & POHL (1969) im westlichen Vorries durchgeführt wurden, insoweit erhärtet werden, als unter Bezug auf die mutmaßliche Grundgebirgsoberfläche und unter Heranziehung aller paläogeographischen Daten für das mesozoische Deckgebirge noch mit einer Rotliegendefüllung gerechnet werden mußte (vgl. auch HAUNSCHILD 1969, GALL et al. 1977).

Für das Gebiet östlich des Rieses erbrachten die Bohrungen Daiting 1 (WIRTH 1969, 1970) und Treuchtlingen (SALGER & SCHMIDT-KALER 1978) erstmals den sicheren Beweis für das Vorhandensein von Rotliegendesteinen in Mächtigkeiten von >80 bis 115 m. Ausgehend von diesen Erkenntnissen und den daraus skizzierbaren, allerdings noch schemenhaften paläogeographischen Umrissen eines Ries-Troges, der im Westen wahrscheinlich mit dem Schramberger Trog in Verbindung steht und im Osten bis über Treuchtlingen hinausreicht, wurde der Übergangsbereich zwischen diesem Trog und der nach Norden sich ausbreitenden Süddeutschen Hauptschwelle (v. FREYBERG 1935, 1969 und TRUSHEIM 1964) um Dinkelsbühl erwartet. Die Bohrung Dinkelsbühl 1001 (etwa 5 km südöstlich der Stadt) hat nun glücklicherweise gerade noch 12,64 m sowohl lithostratigraphisch als auch sedimentologisch klar abgrenzbares Rotliegendes erbracht, dessen Schichtgrenzen auch durch die Bohrlochphysik exakt fixierbar sind. Die daraus ableitbare paläogeographische Situation für das nördliche Vorries wurde bereits in die Abb. 2 der Erläuterungen zur Geol. Karte v. Bayern 1 : 500 000, 3. Auflage, übernommen.

Die erbohrte Kernstrecke zeigt eine Wechselfolge aus sandigen mit vindelizischem Grundgebirgsschutt durchsetzten Tonsteinen und reinen Schuttpackungen. Aufbau und Gesteinshabitus des durchteuften Abschnitts sprechen für Oberrotliegendes, das hier große Ähnlichkeit mit den Vorkommen im Bereich der Nordabdachung des Naabgebirgsvorsprungs östlich von Schnaittenbach (HAUNSCHILD 1979b) aufweist, wo das Oberrotliegende ebenfalls direkt auf das Grundgebirge transgrediert.

Für den Zeitabschnitt des Zechsteins muß eine Schichtlücke gefolgert werden, da die üblicherweise als Festlandsbildungen gedeuteten Karneol-Dolomit-Krusten (wie z. B. zwischen Bayreuth und Kemnath) im Bohrprofil nicht angetroffen wurden. Der Beckenrand des Zechsteinmeeres verlief weiter nordwestlich, etwa zwischen Gammesfeld und Bad Mergentheim-Ingelfingen.

3.2.2. Buntsandstein, s (Teufe 363,36–299,94 m = 63,42 m)

Da bisher in den nahe gelegenen Riestrümmern keine belegbaren Beweise von Buntsandsteinzeugen gefunden wurden, lag es unter Berücksichtigung der vom Ries ausgehenden Schwelle (Riesbarre) und der daraus rekonstruierbaren paläogeographischen Gesamtfiguration nahe, den südlichen Rand des Buntsandsteinbeckens in etwa mit dem nördlichen Riesrand zusammenfallen zu lassen (HAUNSCHILD 1980

und HAUNSCHILD & SALGER 1981). Die nächsten Aufschlüsse, die allesamt aus Bohrungen stammen, liegen weit ab (40–60 km) und haben daher nur einen bedingten Aussagewert in bezug auf die vorgegebene Lokation; es sind dies im einzelnen: Bad Überkingen (CARLÉ 1972), Bad Windsheim (TRUSHEIM 1964), Nürnberg (WURM 1929, BIRZER 1936) und Treuchtlingen (SALGER & SCHMIDT-KALER 1978). Abgesehen von der Bohrung Daiting 1 (WIRTH 1969, 1970), in der kein Buntsandstein mehr vermutet wird (HAUNSCHILD 1969, GALL et al. 1977), ist auch die Parallelisierung mit dem 40 km entfernt liegenden Profil aus der Bohrung Treuchtlingen schwierig, weil dieses infolge seiner extremen Randlage vorerst nur nach schwermineralanalytischen Befunden und nicht nach lithostratigraphischen Kriterien angesprochen werden kann. Deshalb kann der Weg der Korrelation nur über solche Profile weitergeführt werden, die – bei etwa gleicher Position zum Beckenrand – in wesentlichen Zügen der Lithofazies und der Mächtigkeit übereinstimmen. Diese bieten sich aus dem durch Kartierung und durch die Auswertung zahlreicher Bohrprofile gut erkundeten Sedimentgürtel am Ostrand der Schnaittenbacher Mulde an (STEINLEIN 1953, HAUNSCHILD 1979b). Die Kongruenz in Gesteinsausbildung und Mächtigkeit sowie die Bleichung und Kaolinisierung einzelner Profilabschnitte in den über 100 km auseinanderliegenden Profilen ist frappierend. Auch in der Schnaittenbacher Senke wird der Buntsandstein über Oberrotliegendem – und unter Ausfall terrestrischen Zechsteins – mit einem Basiskonglomerat eingeleitet (HAUNSCHILD 1979b), das früher (BAUBERGER und HAUNSCHILD 1960) in Anlehnung an die weiträumigen Untersuchungen STEINLEINS (1953) als dem Kulmbacher Konglomerat äquivalent aufgefaßt wurde. SCHRÖDER (1969) konnte jedoch nachweisen, daß diese stratigraphische Zuordnung hinfällig und das Basiskonglomerat nach „lithostratigraphischen Daten in den höheren Mittleren Buntsandstein, in den sm 2“ zu stellen ist (vgl. auch HAUNSCHILD 1979b). Analog dazu darf auch im Profil Dinkelsbühl davon ausgegangen werden, daß die Schichtlücke nicht nur den Zeitabschnitt des Unteren Buntsandsteins, sondern auch tiefere Teile der mittleren Abteilung umfaßt.

3.2.2.1. Mittlerer Buntsandstein, sm (Teufe 363,36–332,00 m = 31,36 m)

Mit einem scharfen lithologischen Schnitt, der sowohl durch die Ton- und Schwermineralanalyse (SALGER, ds. Bd.) als auch durch das Gammalog abgesichert ist, steht das Basiskonglomerat des Buntsandsteins im diskordanten Kontakt mit dem Oberrotliegenden.

Das im bergfrischen Zustand rotbraune bis grauweiße Basiskonglomerat setzt sich aus bis zu 7 cm großen, kantengerundeten Quarz- und Grundgebirgsgeröllen zusammen, welche durch kiesige Sandzwischenlagen verbacken sind. Wegen der Zäsur in Teufe 359,84 m, die durch eine abrupte Geröllverkleinerung (maximal 2,5 cm) und durch den völligen Ausfall von Grundgebirgsmaterial gekennzeichnet ist, wird die Obergrenze des Basiskonglomerats in diese Teufe gelegt. Der anschließende Schichtenstoß, der bis zur Grenze gegen den Oberen Buntsandstein hinaufreicht, wird fast ausschließlich aus gröber klastischen bis kiesigen Sandsteinen mit kleineren Quarzgeröllen, die lagenweise das Gestein durchsetzen, aufgebaut. Einzelne dünne Tonsteinbänder, die wohl nur als Linsen oder Schmitzen zwischengeschaltet sind, bieten keine Handhabe für eine weitere Untergliederung, geschweige denn, daß eine

Verknüpfung mit den Schichtfolgen des Beckens hergestellt werden könnte. Besonders auffällig ist die Bleichung und Kaolinisierung verschiedener Sandsteinpartien, die in dieser Zusammensetzung eine überraschend große Ähnlichkeit mit den betreffenden Serien zwischen Weiden und Hirschau-Schnaittenbach zeigen. Die Deckungsgleichheit der Profile betrifft aber nicht nur die Farbe, sondern auch die Lithofazies und die Mächtigkeit, so daß im Raum Dinkelsbühl eine in etwa ähnliche Distanz – mit den gleichen paläogeographischen Bedingungen – zum moldanubischen Liefergebiet im Süden (Vindelizisches Land) bestanden haben dürfte, wie im Gebiet um Schnaittenbach zum dortigen Festland.

3.2.2.2. Oberer Buntsandstein, so (Teufe 332,00–299,94 = 32,06 m)

Die Festlegung der Grenze zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein ist i. w. durch den Schwermineraleinschnitt in Teufe 332,00 m bestimmt (SALGER, ds. Bd.) und beruht nicht auf besonders herausragenden lithostratigraphischen Merkmalen. Zwar treten im Teufenabschnitt 332,00 bis 330,67 m vermehrt dünne rotbraune und grüne Tonsteinbänder auf, die m. E. als Beginn eines neuen Sedimentationszyklus' im Sinne B. v. FREYBERGS (1965b) gesehen werden könnten, die aber ohne das Ergebnis aus der Schwermineralanalyse kein ausreichendes stratigraphisches Kriterium darstellen würden.

Der hangende Schichtenstoß beinhaltet in etwa den gleichen monotonen Gesteinsaufbau wie der Mittlere Buntsandstein ohne das Basiskonglomerat. Ein besonders wichtiges Charakteristikum des randnahen Oberen Buntsandsteins im Vorfeld des Naabgebirges ist die Karneolführung sowie die nicht unbedeutenden Einkieselungen (STEINLEIN 1953, SCHNITZER 1957, SCHRÖDER 1969, HAUNSCHILD 1979b), die in allen Profilabschnitten auftreten und gelegentlich bis an seine Obergrenze aufsteigen können. Auch im Profil Dinkelsbühl wurden solche Einschaltungen bereits 7 m über der unteren Horizontgrenze gefunden, so daß eine Zuordnung zum Oberen Buntsandstein gerechtfertigt erscheint.

Die Hangendgrenze kann, da kein Rötton-Äquivalent ausgebildet ist, nur durch die klar definierbare Muschelkalkbasis markiert werden.

3.2.2.3. Paläogeographie

Während die Gammesfelder Barre zur Zeit des Rotliegenden nicht in Erscheinung getreten zu sein scheint (TRUSHEIM 1964), sind die paläogeographischen Verhältnisse während der Zeitspanne des Buntsandsteins im nordwestlichen Riesvorland durch eine anfängliche Hochlage des nach NW ausbuchtenden Vindelizischen Festlandes gekennzeichnet. Erst zu Beginn des höheren Mittleren Buntsandsteins wird die Erweiterung des Beckens über Dinkelsbühl hinaus nach Süden durch das Basiskonglomerat eingeleitet. Unter semiariden bis ariden Klimaten wurde überwiegend grobklastisches, von Quarzgeröllen durchmisches Verwitterungsmaterial vom nahen Festland eingeschüttet. Während des Oberen Buntsandsteins kam es dann zu Einkieselungsvorgängen und zur Bildung von Karneolen, die – wenn man analoge Verhältnisse zum Burgsandstein des Mittleren Keupers annehmen will – nach SALGER (in HAUNSCHILD 1967b) in Sedimentationspausen entstanden sein

dürften. Als Entstehungsmilieu wird dabei an kleine Tümpel gedacht, in denen es zur Konzentration von Verwitterungslösungen einer kaolinitischen Verwitterung (Kaolinsandsteine!) gekommen ist. Der eingangs aufgezeigte Verlauf des Beckenrandes im Ries und seiner Umgebung ist durch die Bohrung in seinen wesentlichen Zügen bestätigt worden.

3.2.3. Muschelkalk, m (Teufe 299,94–185,10 m = 114,84 m)

3.2.3.1. Unterer Muschelkalk, mu (Teufe 299,94–271,28 m = 28,66 m; Abb. 3)

(nach H.-U. SCHWARZ)

Über den terrestrisch geprägten Kaolinsandsteinen des Oberen Buntsandsteins ist die Formationsgrenze zum Unteren Muschelkalk durch den Milieuschwung zur marinen, schwach dolomitischen Feinsandfazies fixiert. Eingeleitet wird die Schichtenfolge von einer Konglomeratlage (Abb. 3) mit nach oben zunehmender Feinkörnigkeit der Sandsteine, die von einzelnen Grobsandschüttungen unterbrochen werden. Insgesamt besteht der Hauptteil des Profils aus einer monotonen Tonmergelsteinfolge, der häufig Feinsandlagen zwischengeschaltet sind. Die Schichtung ist überwiegend eben bis laminiert, abschnittsweise auch flaserig. Einzelne Lagen sind auch bioturbat verändert. In den gröberklastischen Bereichen wurden Bleiglanzvererzungen beobachtet, daneben treten auch Gipsresiduen in Form von Hohlräumen und Drusen auf.

Mit Hilfe der sicher identifizierbaren mausgrauen Basisdolomite des Mittleren Muschelkalkes kann die Hangendgrenze des Unteren Muschelkalkes gut festgelegt werden.

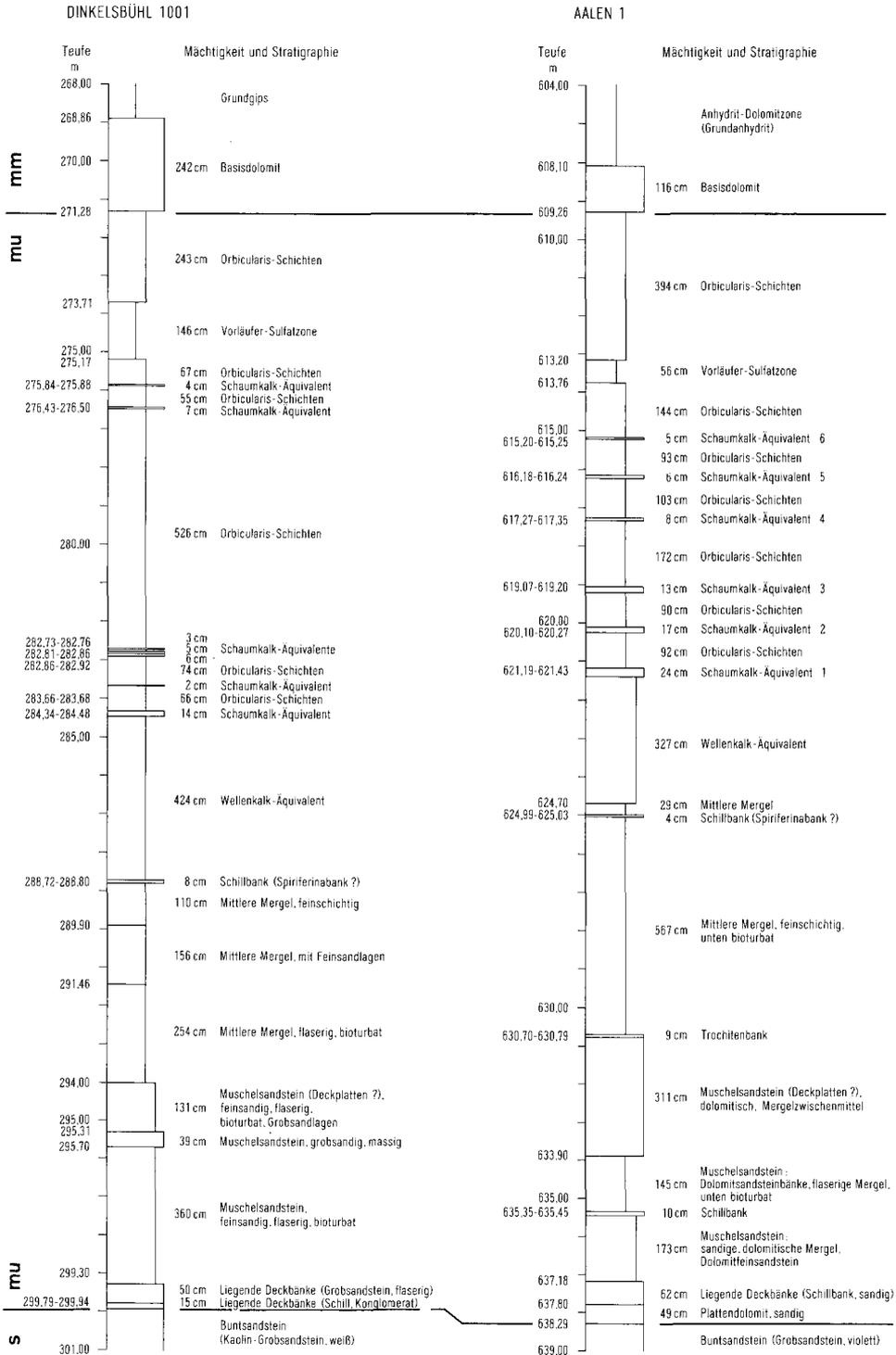
Die relativ randnahe Position des Profils Dinkelsbühl, die sich in häufigen Sandschüttungen und in einem zurückgehenden Dolomitgehalt äußert, würde auf sich alleine gestellt eine Anknüpfung an die Beckenfolge schwierig, wenn nicht unmöglich machen. Erst die Ergebnisse aus der Thermalwasserbohrung Aalen 1, deren subtile Gliederung von SCHWARZ & ZIMMERMANN (in BRUNNER et al. 1981) erarbeitet worden ist, überbrücken diese stratigraphische Lücke und ermöglichen eine bis ins Detail gehende Untergliederung und Interpretation und lassen somit eine Korrelation äquivalenter Einheiten im Dinkelsbühler Profil vornehmen.

Plattendolomit

Äquivalente des Plattendolomits sind hier im Gegensatz zum Profil Aalen 1 (SCHWARZ & ZIMMERMANN in BRUNNER et al. 1981) nicht nachweisbar. Die Basis des Unteren Muschelkalkes wird in Dinkelsbühl von den Liegenden Deckbänken gebildet.

Liegende Deckbänke (Teufe 299,94–299,30 m = 0,64 m)

Graue, flaserige, dolomitische Grobsandsteinbänke, deren untere 15 cm als schillführende Konglomerate vorliegen.



H.-U. SCHWARZ 1981

Abb. 3. Profile des Unteren Muschelkalkes am südöstlichen Beckenrand.

Muschelsandstein (Teufe 299,30–294,00 m = 5,30 m)

Schwach dolomitischer, toniger, hellgrauer, flaseriger, bioturbater Feinsandstein mit Zwischenschaltung einer gelblichgrauen, stark porösen, dolomitischen, kaolinigen, dichten Grobsandsteinlage von 295,70–295,31 m.

Mittlere Mergel (Teufe 294,00–288,80 m = 5,20 m)

Der Horizont der Mittleren Mergel läßt sich nach lithologischen Merkmalen in drei Abschnitte unterteilen:

im oberen Meter dunkelgraue, schwach dolomitische, laminierte Tonmergel, in den mittleren eineinhalb Metern dunkelgraue, schwach dolomitische, feinsandige, ebenschichtige, bioturbate Tonmergel mit feinschichtigen, dolomitischen Feinsandsteinlagen und

in den unteren zweieinhalb Metern dunkelgraue, siltig-feinsandige, schwach dolomitische, flaserige, bioturbate Tonmergel mit cm-starken Feinsandlagen.

Spiriferina-Bank? (Teufe 288,80–288,72 m = 0,08 m)

In der grauen, mit Bleiglanz-vererzten und Grobschill beinhaltenden Dolomitsteinbank wird das Äquivalent der Spiriferina-Bank vermutet, die möglicherweise auch im Profil Aalen 1 durchsunken wurde (SCHWARZ & ZIMMERMANN in BRUNNER et al. 1981).

Wellenkalk-Äquivalent (Teufe 288,72–284,48 m = 4,24 m)

Das Schichtpaket, das von der vermuteten Spiriferina-Bank nach unten begrenzt wird, ist aus dunkelgrauen, ebenschichtigen bis feinflaserigen, bioturbaten, feinsandigen, dolomitischen Tonmergeln aufgebaut, deren Aufeinanderfolge von dolomitischen Feinsandbänken unterbrochen wird. Zum Teil treten in den sandigen Lagen Bleiglanz-Imprägnationen auf.

Orbicularis-Schichten (Teufe 284,48–271,28 m = 13,20 m)

Das obere Stockwerk des Unteren Muschelkalkes, die Orbicularis-Schichten, läßt sich durch eine zwischengeschaltete Sulfat-Zone („Vorläufer Sulfat-Zone“) in einen unteren und in einen oberen Horizont untergliedern.

Untere Orbicularis-Schichten (Teufe 284,48–275,17 m = 9,31 m)

In die Mächtigkeit sind hier die Schaumkalk-Äquivalente mit einbezogen. Insgesamt können im Profil Dinkelsbühl m. V. fünf Schaumkalk-Äquivalente ausgeschieden werden. Nach ihrer lithologischen Zusammensetzung handelt es sich bei den Orbicularis-Schichten um graue, ebenschichtige bis feinstflaserige dolomitische Tonmergel, die nach unten in Dolomitmergel übergehen sowie um dünne, hellgraue, ebenschichtige, dolomitische Feinsandsteine und Dolomitsteinlagen. Für die Schaumkalk-Äquivalente sind von unten nach oben schwächer werdende, hellgraue, feinsandige Dolomitbänke mit Bruchschill, die z. T. mit Bleiglanz vererzt sind, kennzeichnend. Im oberen Bereich fällt der Schillkalk aus und die Fazies geht in die Dolomitfeinsandbänke über.

Vorläufer Sulfat-Zone (Teufe 275,17–273,71 m = 1,46 m)

Die hellgraue, schlierig-wolkige Gips-Anhydrit-Lage kann gewissermaßen als „Vorläufer“ des Mittleren Muschelkalkes gesehen werden. Sie wurde auch in der Bohrung Aalen 1 (SCHWARZ & ZIMMERMANN in BRUNNER et al. 1981) angetroffen, allerdings in wesentlich geringerer Mächtigkeit.

Diese Sulfat-Zone erhält besonderes stratigraphisches Gewicht unter dem Gesichtspunkt einer neuen Grenzfestlegung zwischen Unterem und Mittlerem Muschelkalk, die von SIMON (1982) auf der Basis salinärer Zyklen erarbeitet und in Vorschlag gebracht worden ist. Dieser Anregung zufolge würde der Mittlere Muschelkalk über der „Vorläufer Sulfat-Zone“ beginnen und die hier noch in den Unteren Muschelkalk gestellten Oberen Orbicularis-Schichten mit einschließen. Aus den wenigen alten bzw. älteren Bohrprofilen (zwischen Rothenburg o. d. T., Burgbernheim und Bad Windsheim), die den Unteren Muschelkalk erreicht bzw. durchteuft haben, kann aufgrund der vorliegenden Schichtaufzeichnungen hierzu kein weiterführender Diskussionsbeitrag geleistet werden.

Obere Orbicularis-Schichten (Teufe 273,71–271,28 m = 2,43 m)

Mit den dunkelgrauen, laminierten dolomitischen Tonmergeln, die untergeordnet Bleiglanz-impregnierte und Pyrit-führende, dolomitische Feinsandlagen führen, schließt die Schichtfolge des Unteren Muschelkalkes nach oben ab.

3.2.3.2. Mittlerer Muschelkalk, mm (Teufe 271,28–233,58 m = 37,70 m)

Die Abgrenzung des Mittleren Muschelkalkes nach unten und oben kann aufgrund der mausgrauen Färbung der Liegend- und Hangenddolomite recht gut durchgeführt werden. Sie beschließen ein Gesteinspaket, das sich durch einen hohen Dolomit- und Sulfatgehalt auszeichnet und in dem Steinsalz nicht angetroffen wurde. Besondere Bedeutung für eine stratigraphische Unterteilung erlangen die Residualbereiche, die in Übereinstimmung mit SCHWARZ (in BRUNNER et al. 1981)¹⁾ „auf die ehemalige Existenz von Steinsalzhorizonten“ hindeuten, „die teils vor, meist aber nach einer geringen Überlagerung wieder aufgelöst worden sind“. Ausgehend von diesen Residual-Zonen wird eine Korrelierung mit der Schichtenfolge in der Bohrung Aalen 1 versucht (Tab. 1), die aber nicht mehr als ein vorläufiges Schema sein kann.

Als relativ kompakte Serie gleichmäßig mausgrau gefärbter kryptokristalliner Dolomit- und Dolomitmergelsteine, z. T. mit wechselnden Gipsbeimengungen, wird der Basisdolomit (271,28–268,86 m = 2,42 m) im Liegenden von den Orbicularis-Schichten des Unteren Muschelkalkes und im Hangenden vom Grundgips scharf begrenzt. Seine Mächtigkeit ist gegenüber dem Profil Aalen 1 auf das Doppelte angewachsen.

¹⁾ Herrn Prof. Dr. H.-U. SCHWARZ, Bochum, bin ich für viele Hinweise und die rege Diskussion sehr zu Dank verpflichtet.

Über dem Basisdolomit läßt sich der Grundgips zwischen Teufe 268,86 und 268,00 m im Profil klar abtrennen. Ihn überdecken zuerst Dolomitsteinlagen mit geringem Gipsgehalt, welche im Hangenden von Tonmergelsteinen ebenfalls mit Beimengungen von Gips abgelöst werden. Zwischen 263,60 und 262,35 m lagert ein hellgrauer Dolomit mit deutlich erkennbaren Intraklasten. Eine der Residualzone 1 in Aalen 1 (SCHWARZ in BRUNNER et al. 1981:55) äquivalente Lage ist im Dinkelsbühler Profil nicht zu erkennen, so daß dieser Abschnitt vorerst zusammengefaßt werden muß.

Für die weitere stratigraphische Untergliederung kommt der durch stärkere Deformationsmerkmale geprägten Residualzone in Teufe 253,79–253,30 m insofern eine wichtige Indikatorfunktion zu, als sie – vorbehaltlich noch folgender sedimentologischer Untersuchungsergebnisse – durchaus der Residualzone 2 im Profil Aalen 1 (SCHWARZ in BRUNNER et al. 1981), wenn auch stark reduziert, entsprechen könnte. Unter dieser Voraussetzung böte sich dann die Korrelierung der durch einen mehrfachen Wechsel von Dolomit- bzw. Tonmergelsteinen und Gips charakterisierten Folge unter 253,79 m mit der Bänderanhydritsequenz in Aalen an, so daß zumindest eine teilweise Unterteilung vorgenommen werden kann.

Im höheren Stockwerk können zwei weitere Residualzonen zwischen 252,00–248,47 m und zwischen 247,04–244,49 m ausgeschieden werden, die ihrerseits durch sulfathaltige Dolomit- und Tonmergelsteinschichten getrennt sind. Abfolge und stratigraphische Höhe legen den Bezug zu den Residualzonen 3 und 4 im Profil Aalen 1 nahe und ermöglichen dadurch den Versuch eines Vergleiches mit dem Standardprofil des Heilbronner Raumes (WILD 1980, SCHWARZ in BRUNNER et al. 1981).

Tabelle 1: Der Mittlere Muschelkalk in den Bohrungen Dinkelsbühl 1001 und Aalen 1 (SCHWARZ in BRUNNER et al. 1981).

Teufe in m:	m	Dinkelsbühl 1001; mo: Zwergfaunenschichten-Äquivalent	m	Aalen 1; mo: Zwergfaunenschichten
233,58-240,48	6,90	Obere Dolomite	5,99	Obere Dolomite
-244,49	4,01	Tonmergelstein und Anhydrit mit einer Residuallage	3,89	Obere Anhydritregion
-247,04	2,55	Residualzone	1,20	Residualzone 4
-248,47	1,43	Tonmergelstein mit Gipslagen	1,98	Anhydritzone
-252,00	3,53	Residualzone	1,69	Residualzone 3
-253,30	1,30	Dolomit-Gipszone	1,03	Dolomit-Anhydritzone
-253,79	0,49	Residualzone	4,76	Residualzone 2
		Bänderanhydritzone (?),	4,54	Bänderanhydrit und -dolomit
-263,60	9,81	Dolomit- und Tonmergelstein mit Gips,	6,16	Anhydritzone mit Dolomit
		z.T. Anhydrit wechsellagernd und Residuallage	4,44	Residualzone 1
-268,00	4,40	Tonmergelstein mit Dolomit- und Gipslagen	4,00	Anhydrit-Dolomitzone (Grundanhydrit)
-268,86	0,86	Grundgips		
-271,28	2,42	Basisdolomit	1,16	Basisdolomit

mu: Orbicularis-Schichten

Unter den den Mittleren Muschelkalk abdeckenden typisch mausgrau gefärbten Oberen Dolomiten schiebt sich ein z. T. feinsandiges Tonmergelsteinpaket mit Intraklasten, das mit einer Deformationszone abgeschlossen wird. Die Hangengrenze ist durch den Gesteinswechsel von den Oberen Dolomiten zu den dunkelgrauen Tonmergelsteinen der Zwergfaunenschichten-Äquivalenten scharf markiert.

3.2.3.3. Oberer Muschelkalk, mo (Teufe 233,58–185,10 m = 48,48 m)

(nach Profilaufnahme durch HAGDORN & SIMON 1981)

Der in seiner gesteinsmäßigen Zusammensetzung durch seine Lage auf der Gammesfelder Barre geprägte Obere Muschelkalk läßt sich mangels exakt festlegbarer Leithorizonte vorerst nur in zwei Unterabteilungen gliedern, nämlich: In den Trochitenkalk (mo1) und in den Oberen Hauptmuschelkalk (mo2/3).

3.2.3.3.1. Trochitenkalk, mo1 (Teufe 233,58–206,00 m = 27,58 m)

Zwergfaunenschichten? (Teufe 233,58–230,54 m = 3,04 m)

Über den im Profil deutlich erscheinenden mausgrauen Oberen Dolomiten des Mittleren Muschelkalkes setzt der Trochitenkalk mit einer schwach feinsandigen Tonmergelsteinlage ein, die ihrerseits von einer Dolomitfolge überlagert und im Hangenden von einem glimmerigen, nur 5 cm starken Tonmergelstein abgedeckt wird. In Anlehnung an das Profil Aalen 1 (HAGDORN & SIMON in BRUNNER et al. 1981) ist in der vorliegenden trochitenfreien Gesteinsfolge die Fazies der Zwergfaunenschichten nicht zu erkennen. Unter Vorbehalt können in ihr jedoch Äquivalente der Zwergfaunenschichten vermutet werden, die – wenn man diese Deutung zugrunde legen will – mit 3,04 m Mächtigkeit gegenüber dem Aalener Profil stark reduziert sind.

Hassmersheimer Horizont? (Teufe 230,54–216,97 m = 13,57 m)

Für das hier unter Bezugnahme auf das Aalener Profil als Hassmersheimer Horizont angesprochene Schichtpaket bestehen die gleichen lithostratigraphischen Schwierigkeiten in der Abtrennung wie für die Zwergfaunenschichten. Da die Sedimente weitgehend in der dolomitischen Krinoidenfazies vorliegen, die nach HAGDORN & SIMON (in BRUNNER et al. 1981) als Randfazies des eigentlichen Hassmersheimer Horizontes aufzufassen sind, können die Trochitenbänke bzw. ihre Äquivalente (in Aalen 1 noch 1–4) profilmäßig nicht näher lokalisiert werden. Nach den Untersuchungen von HAGDORN & SIMON (in BRUNNER et al. 1981) liegen die Mächtigkeitsmaxima im beckenrandnahen Bereich, so daß die in der Dinkelsbühler Folge angenommene Mächtigkeit durchaus in den paläogeographischen Rahmen passen würde.

Schichten zwischen dem Hassmersheimer Horizont und dem Bereich der Spiriferina-Bank (Teufe 216,97–207,80 m = 9,17 m)

Wie in Aalen 1, so fehlen auch um Dinkelsbühl die Trochitenbänke des Normalprofils (HAGDORN & SIMON in BRUNNER et al. 1981). Im ganzen gesehen kann der betreffende Profilabschnitt mit seiner tonig-dolomitischen Fazies ebenfalls dem Randbereich des Oberen Muschelkalk-Beckens zugeordnet werden. Die von

NW in Richtung Dinkelsbühl sich abschwächende Mächtigkeit ist nach HAGDORN & SIMON (in BRUNNER et al. 1981) „darauf zurückzuführen, daß die liegende Krinoidenfazies in Beckenrandnähe auch stratigraphisch jüngere Schichten umfaßt“, das heißt, die Faziesgrenze steigt nach SE an.

Bereich der Spiriferina-Bank (Teufe 207,80–206,00 m = 1,80 m)

Ohne das Leitfossil *Spiriferina fragilis* gelingt eine stratigraphische Ansprache nur über den Vergleich mit den Profilen um Crailsheim. Nach SCHÄFER (1973) ist dort im Übergangsbereich zur Schwellenfazies eine Zunahme der Mächtigkeit zu beobachten, die auf den Einfluß der Gammesfelder Barre bzw. auf Untiefen im Raum um Crailsheim zurückzuführen ist. Auch im Profil Dinkelsbühl tritt im stratigraphischen Abschnitt der Spiriferina-Bank ein 1,80 m mächtiger, von Ton-schlieren und Feinsand durchsetzter Dolosparit auf. Im Vergleich mit der in Aalen durchteuften Kalksandsteinfazies (HAGDORN & SIMON in BRUNNER et al. 1981) ist demnach das Dinkelsbühler Profil infolge seiner terrestrischen Einflüsse ebenfalls in eine küstennahe Position zu stellen.

3.2.3.3.2. Oberer Hauptmuschelkalk, mo_{2/3} (Teufe 206,00–185,10 m = 20,90 m)

Die lithologische Eintönigkeit im Stockwerk des Oberen Hauptmuschelkalkes läßt eine Untergliederung auf der Basis typischer Leithorizonte oder ihrer Äquivalente derzeit noch nicht mit Sicherheit vornehmen. Zwar lagert etwa 4 m über der unteren Schichtgrenze ein Tonmergelstein, der aber ohne stratigraphischen Bezug nur schwer mit einem der Tonhorizonte α – δ des Normalprofils parallelisiert werden kann. Vielleicht deutet sich in den Bruchschill- und Muschelschalen-führenden, feinknauerigen bis feinsparitischen Dolomitsteinen in Teufe 200,31–198,40 m ein Äquivalent der *cycloides*-Bank (γ) an. Dann wäre zumindest eine Grobgliederung des insgesamt rd. 21 m mächtigen Schichtenstoßes möglich. Auch im Hangenden fehlen entweder ansprechbare Leithorizonte oder sie sind soweit unkenntlich geworden, daß man nur mit Hilfe des Profils Aalen 1 einen Indizienschluß wagen kann. So wird dort eine dolomitische Schillbank (packstone) mit vereinzelt Sphaerocodien als Obere Schalenrümmerbank bestimmt (HAGDORN & SIMON in BRUNNER et al. 1981), der im Profil Dinkelsbühl die Schicht 188,85–188,40 m nach Position, Schillgehalt und Sphaerocodienführung entsprechen könnte. Das gleiche gilt auch für die Grenzlage des Oberen Muschelkalkes, dem Grenzbonebed, das ebenfalls nicht in seiner typischen Fazies vorliegt, aber nach Gesteinshabitus und Feinsandführung durchaus als Äquivalent gesehen werden darf.

3.2.3.4. Paläogeographie

Die paläogeographische Nähe zum Vindelizischen Land beeinflusst auch zu Beginn des Muschelkalkes unser Gebiet. Abgesehen von der konglomeratischen Basislage, mit der die Sedimentation über dem Buntsandstein einsetzt, ist für den Raum um Dinkelsbühl an eine Lage im äußeren marinen Randbereich eines terrestrischen Schüttungslobus (Vindelizische Schwelle) zu denken. Im Gegensatz dazu liegt das Profil Aalen 1 infolge seiner vollständigen Dolomitisierung in einer noch größeren Randnähe, aber außerhalb des terrestrisch beeinflussten Saumes (SCHWARZ, frdl. schr. Mitt. vom 14. 11. 1981). Während des Mittleren Muschelkalkes kam es

dann zur Ausweitung des Beckens nach SE, denn die zahlreichen Sulfatausscheidungen erweisen eine landferne Lage, zumindest aber keine bedeutende klastische Schüttung vom Festlandssockel her. Im Oberen Muschelkalk gleicht die paläogeographische Situation weitgehend der während des Unteren Muschelkalkes. Hoher Dolomitierungsgrad und zunehmend terrigene Einflüsse zeigen für das Gebiet um Dinkelsbühl wieder eine größere Beckenrandnähe an (Gammesfelder Barre).

3.2.4. Keuper, k (Teufe 185,10–0 m)

Da die Bohrung nahe der Obergrenze des Mittleren Bursandsteins (Mittlerer Keuper) angesetzt wurde, ist die Gesamtmächtigkeit des Keupers nicht direkt am Bohrprofil ablesbar, sondern muß mit Hilfe der Werte, die bei der Kartierung gewonnen wurden (HAUNSCHILD 1979a), bis zur Keuper/Lias-Grenze ergänzt werden. Mit rd. 35 m für den darüber austreichenden Bursandstein und rd. 30 m für Feuerletten (und Rhät) kann die Gesamtmächtigkeit des Keupers mit rd. 250 m recht exakt bestimmt werden (vgl. auch GK 500 v. Bayern, 3. Auflage, 1981, Abb. 6).

3.2.4.1. Unterer Keuper, ku (Teufe 185,10–177,70 m = 7,40 m; Abb. 4)

Auch die Sedimentfolge im unteren Teil des Unteren Keupers ist – wie im Oberen Muschelkalk – von ihrer Lage auf der Gammesfelder Barre geprägt. Während in der unteren Hälfte Dolomit- und Mergelsteine vorherrschen, nehmen im oberen Bereich die klastischen Einschüttungen überhand. Für die Gliederung des Gesamtprofils kommt dem schwach karbonatischen, feinkörnigen Sandstein und der ihn überlagernden Dolomitsteinlage (181,60–181,00 m) mit Fischzähnen insofern eine besondere Bedeutung zu, als sie nach Fazies und stratigraphischer Position mit dem Hauptsandstein und der Alberti-Bank korreliert, bzw. als deren Äquivalente aufgefaßt werden können.

Unter dieser Voraussetzung müssen dann die sonst durch eine große Mannigfaltigkeit der Gesteine ausgezeichneten unteren Schichtserien zusammengefaßt werden, weil ihre Einzelglieder bzw. auch ihre Äquivalente weitgehend unkenntlich geworden sind (Crailsheimer Kalkfazies: BRUNNER 1977). Lediglich der von dünnen kohligem Sandsteinbänkchen unterbrochene Mergelstein von Teufe 182,86–181,60 m könnte nach der Lithofazies und unter Berücksichtigung der Barrenlage in die stratigraphische Höhe der Estherienschiefer gerückt werden.

Über dem Hauptsandstein-Alberti-Bank-Komplex leiten graublau dolomitische Tonsteine in einer Mächtigkeit von 0,30 m das hangende Stockwerk ein, die in den Abschnitt der Sandigen Pflanzentone gestellt werden könnten. Als erste markante Dolomitsteinbank erscheint im Profil dann die Anthrakonitbank in Teufe 180,70–180,22 m mit bis zu 5 cm großen, gut gerundeten Dolomitsandsteingerollen und einem schwachen Bleiglanzgehalt. In den höheren Bereichen verstärkt sich der Einfluß des Beckenrandes durch die Zunahme klastischen Materials immer augenfälliger. Die dadurch bedingte Eintönigkeit in der faziellen Abfolge läßt eine feinstratigraphische Ansprache nur noch bedingt, teilweise überhaupt nicht mehr zu. Nur unter Vorbehalt kann deshalb in der Dolomitsteinbank von 179,65–179,46 m das Äquivalent der Anoplophora-Dolomite vermutet werden, mit deren Hilfe wenigstens eine Grobgliederung bis zum Grenzdolomit vorgenommen werden könnte.

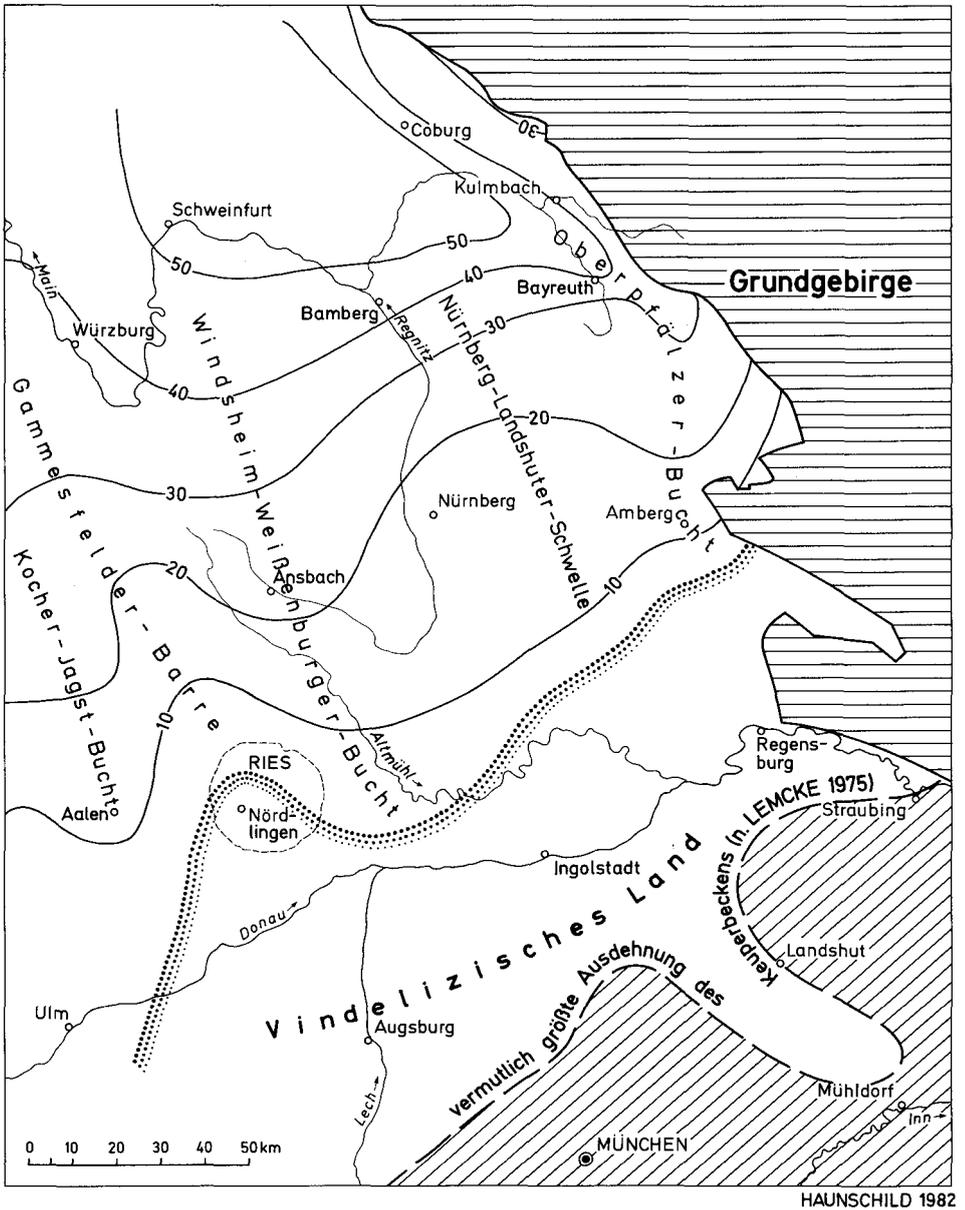


Abb. 4. Verbreitung und Paläogeographie des Unteren Keupers in Nordbayern (unter Verwendung von BRUNNER et al. 1981, GUDDEN 1981b, HAUNSCHILD 1981c und SCHRÖDER 1971).

Mit dem Grenzdolomit, der hier in zwei Bänke aufgespalten und 0,46 m mächtig ist (178,16–177,70 m) wird der Untere Keuper beschlossen. In der Fazies eines feinkörnigen dolomitisch gebundenen Sandsteins zeigt er eine auffallende Übereinstimmung mit den Vorkommen bei Gersbach (HAUNSCHILD 1981b) am Südostrand des Keuperbeckens, wo er allerdings – im Gegensatz zum Profil Dinkelsbühl – noch fossilführend erbohrt worden ist. Als besonderes charakteristisches lithostratigraphisches Indiz konnte von SALGER (in HAUNSCHILD et al. 1977) am älteren Bohrprofil Gersbach VII eine „Kaolinitzspitze“ im Tonmineralspektrum nachgewiesen werden, die auch im Kernmarsch – streng an diesen Profilabschnitt gebunden – auftritt, so daß die vorgenommene Einstufung auch von mineralogischer Seite gestützt und abgesichert ist (vgl. Beilage 1).

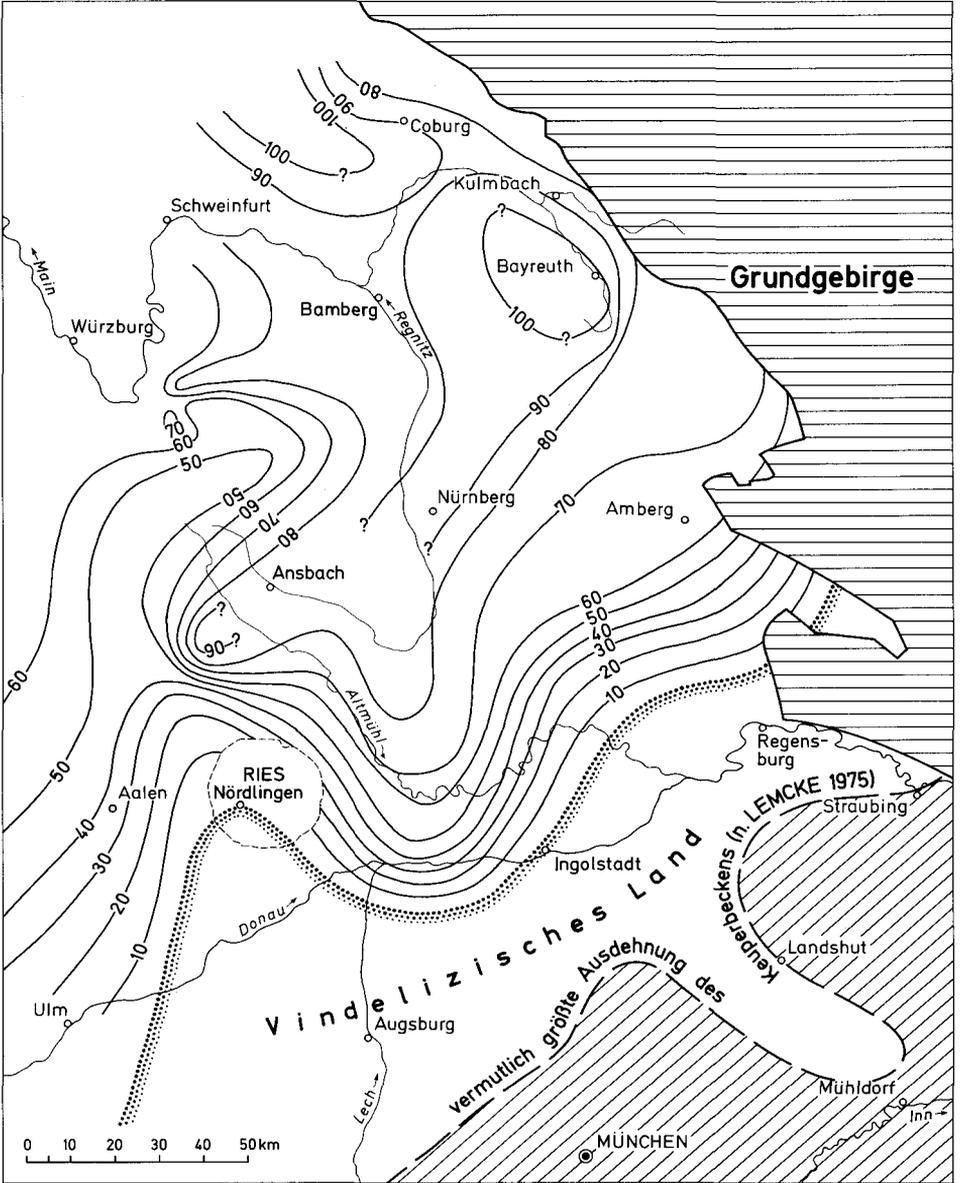
3.2.4.2. Mittlerer Keuper, km (Teufe 177,70–0 m)

3.2.4.2.1. Myophorienschichten bzw. Benker Sandstein, kmM (Teufe 177,70–157,23 m = 20,47 m; Abb. 5)

Die unterste Stufe des Gipskeupers stellen die Myophorienschichten dar, die randwärts vom Benker Sandstein faziell vertreten werden. Von zwei charakteristischen Leitbänken eingeschlossen – im Liegenden der Grenzdolomit des Unteren Keupers, im Hangenden der *Acrodus*-*Corbula*-Horizont der Estheriensichten – sind sie nicht nur bei der Feldaufnahme gut auszukartieren, sondern lassen sich auch in Bohrprofilen meist zweifelsfrei ansprechen. Ihre Mächtigkeit unterliegt im fränkischen Keuperbecken Schwankungsbreiten von rd. 50 m am Fuße der Frankenhöhe und des Steigerwaldes bis über 90 m bei Feuchtwangen und im Nürnberger Raum (Abb. 5). Im Verbreitungsgebiet der gipshaltigen Ton-/Mergelsteinfazies des Beckens wird der Schichtenstoß durch die Bleiglanz-Bank, die in der Regel etwas unterhalb der Mitte durchzieht, in zwei Abteilungen unterteilt. Auch im Bohrprofil Dinkelsbühl ist die Lokalisierung der Bank schon anhand der makroskopisch erkennbaren Bleiglanz- und Zinkblendekristalle möglich (vgl. auch geochemische Ergebnisse), so daß zunächst die Zweiteilung in Untere und Obere Myophorienschichten gewährleistet ist.

Untere Myophorienschichten

Die Unteren Myophorienschichten setzen von der Basis her mit einem graublauen Tonstein ein und zeichnen sich insgesamt durch eine sulfatfreie Dolomit- und Tonsteinwechselfolge aus. In den dünnen Feinsandsteinbändern im unteren Drittel machen sich bereits die Vorläufer der Benker Sandsteinfazies bemerkbar. Von Teufe 176,00 m aufwärts ist eine Änderung der Farbverteilung innerhalb der Tonsteinfolge von graublau nach graugrün zu beobachten, die sich bis Teufe 172,55 m fortsetzt und oberhalb der Dolomitsteinbank von 172,55 bis 172,08 m – mit Ausnahme einer nur 0,11 m starken Lage – wiederum in eine überwiegend dunkelgraue bis graue Färbung umschlägt. Unter Bezug auf die weiter nördlich aufgenommenen Rohrgrabenprofile (HAUNSCHILD 1982), die vollständige Profilserien erbracht haben, kann in der abdeckenden Dolomitsteinbank ein Äquivalent der Bochinger-Bank und in der violettrotten Lage von 172,00–171,89 m eine dem „Dunkelvioletten Grenzlager“ korrelierbare Schicht vermutet werden.



HAUNSCHILD 1982

- 70 — Linien gleicher Mächtigkeiten im tieferen Gipskeuper in m (Mittelwerte, errechnet und nach Gutdünken ergänzt)
- - - - - Vermuteter südöstlicher Beckenrand im tieferen Gipskeuper

Abb. 5. Verbreitung und Paläogeographie des tieferen Gipskeupers (Myophorienschichten, Benker Sandstein) in Nordbayern (unter Verwendung von HAUNSCHILD 1981b).

Bleiglanz-Bank

Zwischen 169,09 und 169,00 m ist die Bleiglanz-Bank mit Hilfe der Mineralbeimengungen und -konzentrationen sowie nach ihrer stratigraphischen Position fest verankert.

Obere Myophorienschichten

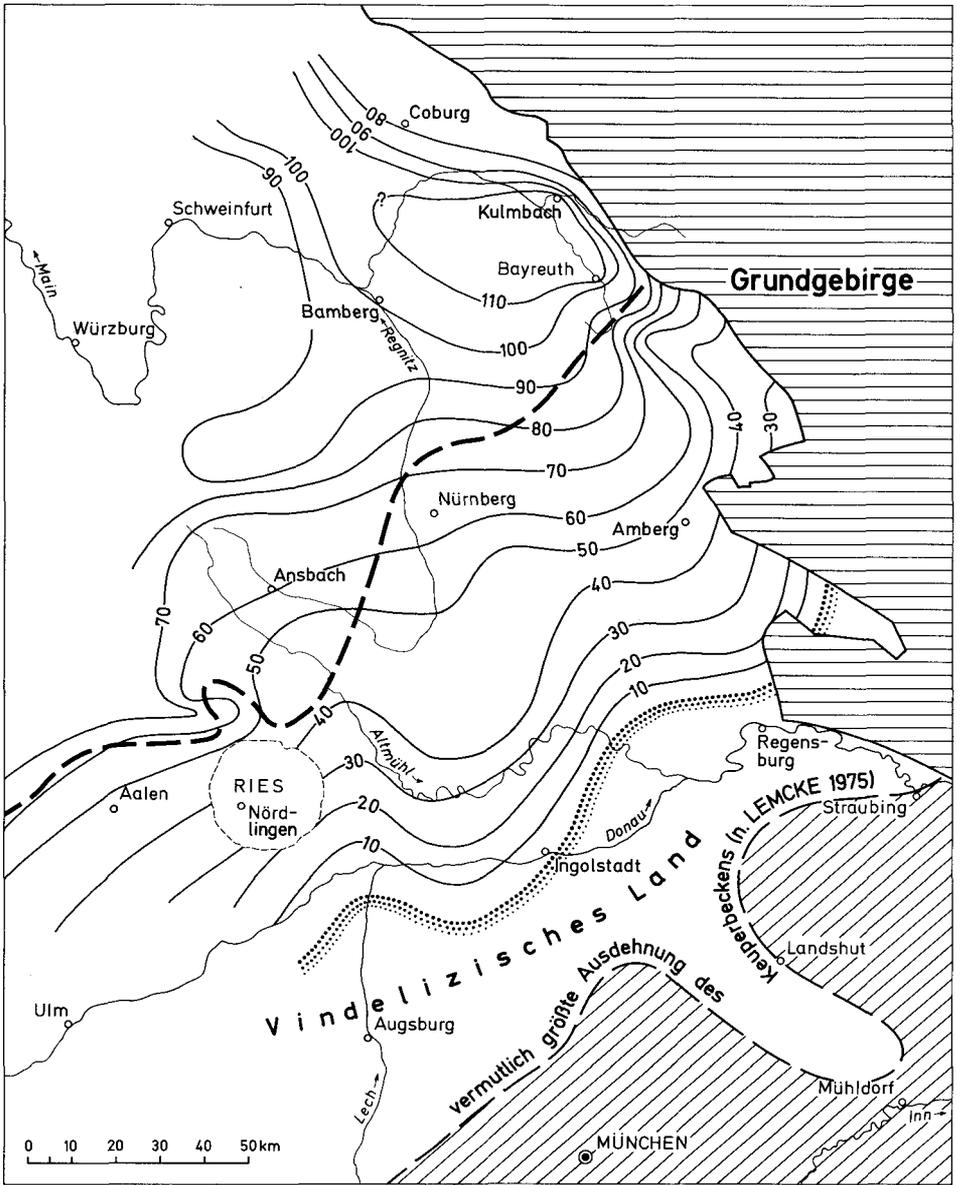
Innerhalb der Oberen Myophorienschichten vollzieht sich ein auffälliger Fazieswechsel in der Vertikalen. Während die Lithofazies der Unteren Myophorienschichten noch durch ihre Lage auf der Gammesfelder Barre bestimmt wird, bahnt sich in der 7,30 m mächtigen Ton-Mergelsteinfazies über der Bleiglanz-Bank der Übergang zur Beckenfazies an. Einen weiteren lithologischen Einschnitt stellt das Auftreten der ersten Sandsteinbank in Teufe 161,70 m dar, mit der wiederum eine Veränderung in der paläogeographischen Lage im Becken verbunden ist. Die Sandschüttungen (Benker Sandstein) zeigen eine zunehmende terrestrische Beeinflussung an, die auf größere Randnähe hindeutet. Die z. T. noch vorhandene karbonatische Bindung der Sandsteinfolge, ihre Feinkörnigkeit (mit Ausnahme im unteren Bereich) sowie die Zwischenschaltung einer Dolomitsteinlage rücken den Ablagerungsraum in den noch marin beeinflussten Übergangsbereich zwischen Becken- und extremer Randfazies. Mit dem Auftreten der grünen Tonsteine am Ende der Myophorienschichten (157,50–157,23 m) gleicht die erschlossene Schichtenfolge bereits weitgehend dem typischen Benker Sandstein-Profil.

3.2.4.2.2. Estherienschichten, kmE (Teufe 157,23–156,75 m = 0,48 m)

Die hier extrem niedrig erscheinende Mächtigkeit der Estherienschichten – praktisch nur die Dolomitsteinbank von 157,23–156,75 m – ist nicht auf einen primären Mächtigkeitsschwund, sondern auf die Ausräumung bereits abgelagerter Estherienschichten und einer darauffolgenden Verfüllung mit Sedimenten des Schilfsandsteins zurückzuführen. Ähnliche Profile sind im fränkischen Keuperbeken keine Seltenheit und wurden in analoger Abfolge auch in jüngster Zeit im Gebiet von Lichtenau östlich Ansbach erbohrt (HAUNSCHILD, unveröff.).

Nach THÜRACH (1888) läßt man die Estherienschichten mit dem *Acrodus-Corbula*-Horizont beginnen, einer etwa 2–3 m mächtigen Folge aus der liegenden *Corbula*-Bank, darüber folgenden Zwischenmergeln und der abdeckenden *Acrodus*-Bank. Dieses Normalprofil erfährt in Richtung zum Beckenrand insoweit eine Abänderung als die *Corbula*-Bank und dann auch die Zwischenmergel sukzessive ausfallen, so daß nur noch die *Acrodus*-Bank als Bezugshorizont zur Verfügung steht, unter der dann die Schichtgrenze gezogen wird. Aus Beobachtungen in neuen Aufschlüssen bei Oestheim (HAUNSCHILD 1982), etwa 30 km nördlich des Bohrpunktes gelegen, kann gefolgert werden, daß auch um Dinkelsbühl nur noch eine, nämlich die *Acrodus*-Bank entwickelt ist. Dementsprechend wird die 0,48 m mächtige Dolomitsteinlage von 157,23–156,75 m mit dieser Bank parallelisiert und als Basislage der Estherienschichten aufgefaßt.

Bezüglich der hangenden, hier aber erodierten Gesteinsfolge kann insoweit eine Aussage gewagt werden, als aus einer rd. 7 km entfernten Wasserbohrung in der Stadt Dinkelsbühl ein Vergleichsprofil zur Verfügung steht, in dem die unversehrten



- 70 — Linien gleicher Mächtigkeiten im höheren Gipskeuper in m
 (Mittelwerte, errechnet und nach Gutdünken ergänzt)
- - - Südöstliche Verbreitungsgrenze der Lehrbergbänke im Gipskeuper
- Vermuteter südöstlicher Beckenrand im höheren Gipskeuper

Abb. 6. Verbreitung und Paläogeographie des höheren Gipskeupers (Estherienschiefer + Schilfsandstein + Lehrbergschichten) in Nordbayern (unter Verwendung von HAUNSCHILD 1981b).

Estheriensichten vollständig durchsunken wurden (HAUNSCHILD 1969). In Analogie zu diesem Profil darf angenommen werden, daß die ursprünglichen Estheriensichten noch in der Gesteinsausbildung des Beckens und in einer Mächtigkeit von rd. 30 m angestanden sein dürften.

3.2.4.2.3. Schilfsandstein, kmS (Teufe 156,75–112,79 m = 43,96 m)

Der Schilfsandstein gehört aufgrund seiner hohen Mächtigkeit (rd. 44 m) und nach seinem Gesteinsaufbau in den Ablagerungsraum einer Rinne. Nach den bis jetzt bekannten, relativ spärlichen Daten aus Bohrungen in Südfranken läßt sich das Bild eines von NE nach SW ziehenden, dem Vindelizischen Festland etwa parallel verlaufenden Stranges (WURSTER 1964) rekonstruieren, der etwa von Wicklesgreuth über Lichtenau/Schlauersbach-Heide (südwestlich Arberg) in Richtung Wilburgstetten – Aalen (BRUNNER et al. 1981) zu streichen scheint und der – mit Ausnahme von Aalen – überall in etwa die gleichen absoluten Eintiefungsbeträge erreicht (HAUNSCHILD 1981b).

Aufgebaut wird die Stufe des Schilfsandsteins aus Sand- und Tonsteinsfolgen, die nach ihrer gesteinsmäßigen Zusammensetzung hier eine Dreiteilung erlauben. Im unteren Teil (156,75–142,22 m) steht ein kompakter, überwiegend karbonatisch gebundener, feinkörniger Sandstein mit dünnen kohligten Lagen und Pyritkristallen an. Darüber folgen dann Sand-/Tonsteinwechselschichten (von 142,22–122,89 m) welche nach oben hin in blau- und rotgraue, gelbstreifige, z. T. feinsandige Tonsteine übergehen. Die hier auf der Basis zusammenfaßbarer Gesteinseinheiten vorgenommene Untergliederung läßt sich jedoch nicht ohne weiteres auf entsprechende Profile in gleicher Situation übertragen, da schon innerhalb einer Rinne ein solch vielfältiger Fazieswechsel besteht, daß sogar nahe beieinander liegende Aufschlüsse oftmals nur schwer miteinander parallelisierbar sind. Randliche Einflüsse, wie sie im Gebiet von Lichtenau-Milmersdorf aufgrund der Grobkörnigkeit und der Geröllführung (Sekundär-Rinne) gefolgert werden müssen, wurden nicht festgestellt.

Bezüglich der Abgrenzung des Schilfsandsteins gegen das Liegende und Hangende bestätigt sich auch am vorliegenden Profil die anderwärts gemachten Beobachtungen, daß die Schichtgrenze nach unten scharf und eindeutig definiert werden kann, dagegen nach oben mit Faziesübergängen zu rechnen ist.

3.2.4.2.4. Lehrbergsschichten, kmL (Teufe 112,79–89,10 m = 23,69 m)

Unter der stratigraphischen Bezeichnung „Lehrbergsschichten“ werden entsprechend der Grenzziehung auf den amtlichen geologischen Karten die Gesteine zwischen dem Schilfsandstein und der ersten Sandsteinbank des Blasensandsteins zusammengefaßt; sie schließen demnach sowohl die Unteren Grenzletten (Dunkle Mergel) als auch die Oberen Grenzletten (Schichten zwischen der oberen Lehrbergbank und der ersten Sandsteinbank des Blasensandsteins) mit ein. Der Hauptsteinmergel, dem normalerweise eine wichtige stratigraphische Funktion bei der Grenzziehung gegen den Schilfsandstein zukommt, ist im vorliegenden Profil nicht kenntlich, möglicherweise besteht aber eine Äquivalenz zur quarzitischen Feinsand-

Tabelle 2: Gliederung des Mittleren Keupers in Franken und Nordostwürttemberg (unter Verwendung von GWINNER 1980, HAUNSCHILD 1970b, Tab. 6; 1980, Beilagen 1 und 2 und HAUNSCHILD & SALGER 1978, Tab. 1).

		nach GWINNER (1980)	Westfranken	Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001	Nordostwürttemberg		
Oberer Keuper (Rhät) (ko)							
Feuerletten (km F), Knollenmergel (km 5)							
Mittlerer Keuper (km)	Coburg - Folge	Sandsteinkeuper	Burgsandstein (kmB)	Oberer Burgsandstein (kmBo) mit kmBo - Basisletten	4. u. 3. Stuben- sandstein	Oberer Stubensandstein (km 4)	
				Mittlerer Burgsandstein (kmBm) mit Ochenbach-Schicht kmBm - Basisletten	Mittlerer Burgsandstein mit kmBm - Basisletten		Mittlere Hangendletten 2. Stuben- sandstein mit Ochenbach-Schicht Untere Hangendletten
				Unterer Burgsandstein (kmBu) mit kmBu - Basisletten (früher Grenzkarbonatletten)	Unterer Burgsandstein mit kmBu - Basisletten	1. Stuben- sandstein	Unterer Stubensandstein
				Coburger Sandstein (kmC) mit kmC - Basisletten	Coburger Sandstein mit kmC - Basisletten	Obere Bunte Mergel	
				Blasensandstein i.e.S. (kmBL) Blasensandsteinbasisbank	Blasensandstein i.e.S. Blasensandsteinbasisbank	Kieselsandstein	
	Ansbach-Folge		Oberer Gipskeuper Lehrbergsschichten (kmL)	Oberer Grenzletten Horizont der Lehrbergbänke	Oberer Grenzletten untere Lehrbergbank	Lehrbergsschichten	
	Stuttgart-Folge	Gipskeuper		Berggips - Ansbacher Sandstein schichten Hauptsteinmergel Untere Grenzletten	Lehrbergsschichten mit Lehrbergssandsteinen Hauptsteinmergel ?	Lehrbergsschichten Untere Bunte Mergel (Rote Wand) Hauptsteinmergel	
				Schilfsandstein (kmS)	Untere Grenzletten (?) Schilfsandstein in Rinnenbildung	Dunkle Mergel Schilfsandstein (km 2)	
	Grabfeld - Folge	Unterer Gipskeuper Myophorienschichten (kmM) Estherienschichten (kmE)	Estherienschichten	Oberer bunte Estherienschichten -h Bank -Anatina-(f)-Bank	(Estherienschichten erodiert)	Estherien - -Anatina-Bank	Gipskeuper (km 1)
				Mittlere graue Estherienschichten -Modiola-Bank	Acrodus - Bank	Engelhofer Platte	
Untere bunte Estherienschichten Acrodus-Corbula-Horizont				Oberer Myophorienschichten mit Benker Sandstein	Mittlerer Gipshorizont		
Obere Myophorienschichten mit Grundgips				Abt. D mit Basisletten Abt. C mit Basisletten Abt. B mit Basisletten Abt. A mit Basisletten	Bleiglanz-Bank Untere Dunkelrote Mergel Bochinger Bank Grundgipschichten		
Unterer Keuper (ku)							

bank in Teufe 112,79–112,60 m, unter der hier die Schichtgrenze angenommen wird und die sich auch im Bohrlochdiagramm deutlich heraushebt. Dann wären allerdings die Unteren Grenzletten bereits Schilfsandstein-ähnlich und als solche nicht mehr von diesem abtrennbar (vgl. Tabelle 2).

Über der quarzitischen und geröllführenden Sandsteinbank (Äquivalent des Hauptsteinmergels?) setzen die Lehrbergsschichten mit einer überwiegend tonigen Folge ein, in welcher der Horizont des Ansbacher Sandsteins nicht zu erkennen ist. Mit dem Auftreten von Ton- und Sandsteinwechselfolgen wird dann ein weiterer Abschnitt eingeleitet, in dem die Lehrbergssandsteine i. S. v. FREYBERGS (1954b) bereits stärker in Erscheinung treten und der mit dem Steinmergelpaar in Teufe 99,61–99,35 m abrupt sein Ende findet. Bis zur nächsthöheren Steinmergelbank, die schon in den Horizont der Lehrbergbänke gehört, schließen erneut rotbraune und graugrüne, gelegentlich feinsandige Tonsteine an, die durchaus wieder den üblichen Beckenabfolgen vergleichbar sind.

Für die Korrelierung des Steinmergels in Teufe 94,95 m bis 94,86 m mit einer der üblichen drei Lehrbergbänke spricht die knollige Ausbildung, die häufig im Überlappungsbereich von Becken- und Randfazies zu beobachten ist (THÜRACH 1888); für ihre Einstufung als untere Lehrbergbank ist ihr Abstand zur Blasensandsteinbasis ein gewichtiges Kriterium (vgl. HAUNSCHILD 1980).

Abgeschlossen werden die Lehrbergsschichten von einer Ton-Sandsteinwechselfolge, die unter Ausfall der oberen zwei Lehrbergbänke bis an die Blasensandsteinbasis heranreicht und die im unmittelbaren Kontaktbereich mit dem Blasensandstein die typische Grünfärbung aufweist.

3.2.4.2.5. Blasensandstein i. w. S. (Teufe 89,10–49,42 m = 39,68 m)

Unter dem Blasensandstein im weiteren Sinne (i. w. S.) wird in der fränkischen Abfolge das Schichtpaket zwischen den Lehrbergsschichten und dem Basisletten des Burgsandsteins (kmBu-Basisletten, Obere Bunte Mergel: HAUNSCHILD 1970b und HAUNSCHILD & SALGER 1978) verstanden. Die weitere Unterteilung in Blasensandstein i. e. S. (im engeren Sinne) und Coburger Sandstein geschieht im Verbreitungsgebiet der Randfazies auf der Basis durchhaltender Tonsteinlagen, den sogenannten „Basisletten“, die relativ gute Bezugsflächen bilden, aber ausschließlich Faziesgrenzen darstellen.

Blasensandstein i. e. S., kmBL (Teufe 89,10–67,60 m = 21,50 m)

Der Blasensandstein i. e. S. wird über den grünen Tonsteinen der Oberen Grenzletten mit der ersten Sandsteinbank eingeleitet, die im gesamten Bereich der Frankenhöhe fast immer aus einer im bergfrischen Zustand hell- oder rotbraun gefärbten, feinkörnigen, plattig-bankigen Folge besteht. Darüber folgen normalerweise Sand-/Tonsteinwechsellagen, teils mit Steinmergelknollenlagen, die in dieser Beschaffenheit noch eine klare Trennung im Unteren und Oberen Blasensandstein i. e. S. erlauben. Mit Annäherung an den Beckenrand keilen die in verschiedenen stratigraphischen Niveaus durchsetzenden Tonsteine allmählich aus, bzw. werden durch Sandsteine ersetzt, so daß der gesamte Horizont mehr und mehr zu einer geschlossenen Sandsteinfolge zusammenwächst.

Das Profil Dinkelsbühl liegt nun gerade in jenem Beckenstreifen, in dem die Versandung bereits soweit fortgeschritten ist, daß von seiten des petrographischen Charakters der Sandsteine keine Gliederungsmöglichkeit mehr besteht. Von besonderer Bedeutung ist dagegen die feinsandige, von Tonsteinen unterbrochene Dolomitsteinbank von 78,40–76,00 m, die nach Fazies, stratigraphischer Höhe und unter Bezug auf das Profil Weinberg (HAUNSCHILD 1965: 28) den oberen Lagen des Unteren Blasensandsteins i. e. S. äquivalent sein dürfte. Unter dieser Voraussetzung böte sich dann eine weitere Unterteilung der sonst eintönigen Sandsteinserie in einen 13,10 m mächtigen Unteren und in einen 8,40 m mächtigen Oberen Blasensandstein i. e. S. an.

Coburger Sandstein, kmC (Teufe 67,60–49,42 m = 18,18 m)

Für die Grenzziehung zwischen Blasensandstein i. e. S. und Coburger Sandstein wird der von dolomitisch gebundenen, grauen feinkörnigen Sandsteinbänkchen unterbrochene Tonsteinhorizont in Teufe 67,60 bis 67,11 m herangezogen. Ihm zugeschlagen wird auch der ohne scharfe Grenze anschließende, stark karbonatische, ebenfalls graue und feinkörnige Sandstein, weil er nach seinem Aussehen und seiner Beschaffenheit mehr zum Liegenden als zum Hangenden gehört, so daß beide zusammen hier den „kmC-Basisletten“ ausmachen.

Entsprechend seiner paläogeographischen Stellung folgt im Profil Dinkelsbühl über dem kmC-Basisletten eine karbonat- und fast tonfreie, überwiegend mittel- und grobkörnige Sandsteinserie mit lagenweiser Geröllführung. Etwa in der Mitte befindet sich ein Tonstein mit Dolomitsteineinlagerungen, der von einer Kalksteinbank begleitet wird, die sich beide als lagunäre „Ausläufer“ in den vindelizischen Schüttungsfächer hineinschieben.

Mit einer Sand-/Tonsteinwechselfolge, die zunehmend auch feinkörnige Lagen beinhaltet, klingt der Coburger Sandstein aus.

3.2.4.2.6. Burgsandstein, kmB (Teufe 49,42–1,30 m)

Der Burgsandstein (Stubensandstein) erreicht in der Umgebung von Wilburgstetten eine Gesamtmächtigkeit von rd. 85 m (HAUNSCHILD 1979a), von der die Bohrung unter Berücksichtigung des Ansatzpunktes unter 1,30 m mächtigen quartären Sanden nur 48,12 m erschlossen hat. Das entspricht stratigraphisch dem Unteren und Mittleren Burgsandstein z. T. Insgesamt wurde der aufgefahrene Schichtenstoß in der Nürnberger- oder Randfazies angetroffen, der mit Hilfe durchhaltender und z. T. charakteristischer Leitletten (Basisletten) auch hier untergliedert werden kann.

Unterer Burgsandstein, kmBu (Teufe 49,42–27,50 m = 21,92 m)

An der Basis des Unteren Burgsandsteins liegt ein im fränkischen Keuperbecken weithin verfolgbare und nach seiner Gesteinsbeschaffenheit typischer Karbonathorizont, der in der Regel von Tonsteinen begleitet wird (kmBu-Basisletten). Innerhalb dieses Horizontes treten die mannigfaltigsten Faziesverknüpfungen auf: Neben plattig-bankigen Dolomitsteinbänken mit wechselnden Tonsteinzwischenlagen, sind auch knollig-knauerige Bildungen mit grünen „Höfen“ häufig, die mit Annäherung an den Beckenrand schrittweise von roten bis rotbraunen, gelegentlich noch grün gestreiften Tonsteinen mit zunehmendem Sandgehalt abgelöst werden. Soweit aus

Tiefenaufschlüssen östlich Dinkelsbühl (HAUNSCHILD & SALGER 1978) Rückschlüsse auf die paläogeographischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet gezogen werden konnten, hätte man im Abschnitt des kmBu-Basisletten bereits mit einer karbonatarmen oder -freien Tonsteinfole rechnen müssen. Die Bohrung Dinkelsbühl 1001 durchsank jedoch einen 0,60 m mächtigen, von Tonsteinen gerahmten Dolomitstein (49,42–48,00 m), der nach seiner Fazies und Mächtigkeit große Ähnlichkeit mit dem kmBm-Basisletten einschließlich der Ochsenbach-Schicht besitzt (vgl. HAUNSCHILD 1979a). Für das in Frage stehende Gebiet muß deshalb mit einer aus NW vorgreifenden Zunge der Beckenfazies gerechnet werden, die bis ins westliche Ries gereicht haben dürfte.

Nach seiner Stellung im Profil ist der kmBu-Basisletten als Beckenrand-Äquivalent sowohl der Gipsmergel der Heldburgstufe (v. FREYBERG 1954a) als auch der Oberen Bunten Mergel aufzufassen (HAUNSCHILD 1970 und HAUNSCHILD & SALGER 1978).

Das im Hangenden anschließende Gesteinspaket zeigt in Aufbau, Farbe und Mächtigkeit große Übereinstimmung mit den weiter nördlich übertage austreichenden Vorkommen. Es besteht aus einer eintönigen Folge mittel- bis grobkörniger Sandsteine ohne nennenswerten Tonbeimengungen jedoch mit Quarzgeröllen im unteren Drittel.

Mittlerer Burgsandstein, kmBm (Teufe 27,50–1,30 m)

Bei der Abtrennung des Mittleren vom Unteren Burgsandstein wird von dem Tonstein in Teufe 27,50 bis 26,40 m ausgegangen, der hier zwar keine hervorstechenden lithologischen Kriterien mehr aufweist, dessen Korrelation mit dem kmBm-Basisletten im Vergleich mit benachbarten Profilen (HAUNSCHILD 1979a) aber durchaus vertretbar erscheint.

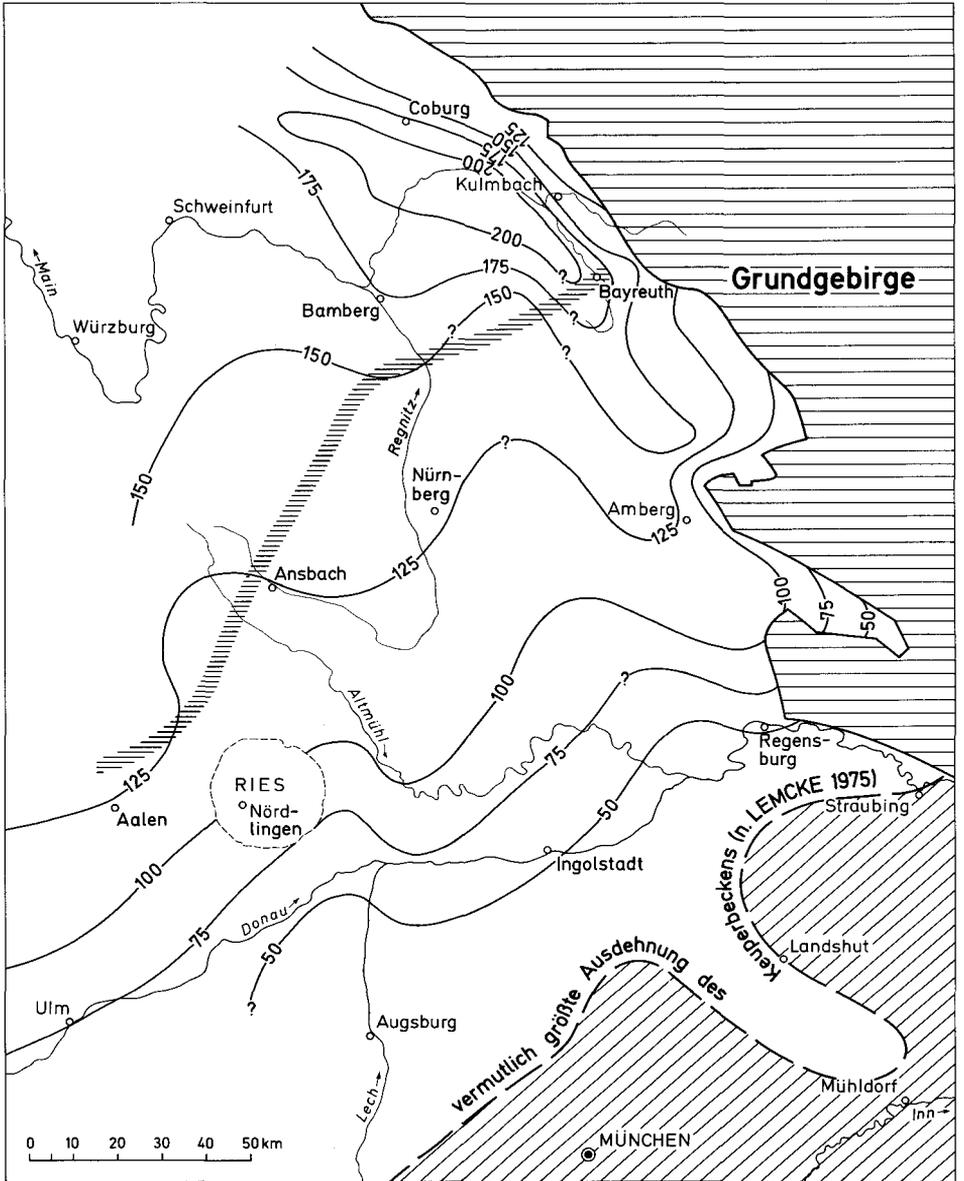
Ein besonderes Charakteristikum des hangenden Mittleren Burgsandsteins ist – wie in der gesamten Randzone des Keuperbeckens – die ungleichmäßige Schichtenfolge, die durch einen raschen Wechsel in der Gesteinsausbildung hervorgerufen wird. In Übereinstimmung mit dem Feldbefund und den Ergebnissen aus zahlreichen Bohrprofilen um Dinkelsbühl befinden sich die tonigen Partien im unteren und mittleren Teil, während der obere Teil fast ausschließlich von mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen gebildet wird. Insgesamt weist der Mittlere Burgsandstein hier wie im nördlichen Vorries einen überraschend hohen Tonsteinanteil auf. Das Fehlen jeglicher Karbonateinschaltungen stellt die Abfolge in das Verbreitungsgebiet der Nürnberger Fazies.

Knapp unter der Schichtgrenze gegen den Oberen Burgsandstein endet das Keuper-Profil (vgl. Tab. 2).

Die Mächtigkeitsverhältnisse im Sandsteinkeuper (ohne Feuerletten) Nordbayerns sind in Abb. 7 dargestellt.

3.2.4.3. Paläogeographie

Hand in Hand mit der seit Beginn der Trias anhaltenden Absenkung des Vindelizischen Kristallinrückens erfährt auch das Keuperbecken eine immer stärkere Ausweitung nach Süden, so daß um Dinkelsbühl im Vergleich zu Buntsandstein und



HAUNSCHILD 1982

- 10 — Linien gleicher Mächtigkeiten im Sandsteinkeuper ohne Feuerletten in m (Mittelwerte, errechnet und nach Gutdünken ergänzt)
- ==== Südostbegrenzung der Heldburgfazies im Sandsteinkeuper

Abb. 7. Verbreitung und Paläogeographie des Sandsteinkeupers ohne Feuerletten (unter Verwendung von SCHRÖDER 1971).

Muschelkalk erheblich größere Mächtigkeiten erreicht werden. Während das Sedimentationsgeschehen zu Anfang des Keupers noch unter dem direkten Einfluß der Gammesfelder Barre (Ries-Tauber-Barre) abläuft, gerät der Ablagerungsraum zur Gipskeuperzeit immer mehr in den Bereich des Vindelizischen Randsaums, in dem sich in vielfältiger Weise marin-lagunäre Sedimente des nordischen Keupers (WURSTER 1964) mit lateral vorstoßenden Schuttlagen des südlichen Festlandes verzahnen. Diese paläogeographische Entwicklung findet an der Wende zum Sandsteinkeuper ihren Abschluß. Mit dem Einsetzen der Blasensandsteinschüttung überziehen mächtige Schuttfächer aus dem Vindelizischen Land unser Gebiet (Vindelizischer Keuper: WURSTER 1964) und drängen die germanische Beckenfazies weit nach Norden und Nordwesten ab. Mächtige Arkosen mit randwärts zunehmenden Korngrößen bauen unter Zwischenschaltung vorwiegend roter Tonsteine, die nach WURSTER (1964) aquatisch entstanden sein dürften, und einzelnen nicht marinen Dolomitbänken den hier erschlossenen Sandsteinkeuper auf.

3.2.5. Quartär (Teufe 1,30–0 m)

Mit einer 1,30 m mächtigen Schwemmsanddecke endet das Profil.

4. Profilbeschreibung

Nach H. HAUNSCHILD, H. HAGDORN & T. SIMON, W.-D. OTT
und H.-U. SCHWARZ sowie H. RISCH (Mikropaläontologie)

- 0,30 m Humus
- 1,30 m Sand braun, mittelkörnig, tonig

Quartär

Mittlerer Keuper:
Mittlerer Burgsandstein

- 2,50 m Sandstein graugrün, feinkörnig, mürb
- 5,50 m Sandstein rotbraun, fein- und mittelkörnig, tonig, Quarzgerölle
- 6,10 m Sandstein rotbraun, mittel- bis grobkörnig
- 9,40 m Sandstein rötlichgrau, mittel- bis grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 12,20 m Tonstein rotbraun mit grünen Flecken, schwach sandig
- 15,50 m Sandstein rotbraun, mittelkörnig, tonig, Quarzgerölle bis 0,5 cm Ø
- 15,90 m Sandstein hellrotbraun, mittelkörnig, kaolinige Nester und Tonsteinlagen
- 17,40 m Tonstein dunkelrotbraun, sandig
- 17,80 m Tonstein rotbraun, sandig
- 18,90 m Sandstein hellbraun, mittel- und grobkörnig
- 25,40 m Tonstein rotbraun und rotbraune Sandsteinlagen
- 26,40 m Sandstein hellbraun, mittel- und grobkörnig, schwach tonig
- 27,50 m Tonstein rotbraun, stark sandig

Mittlerer Burgsandstein

Unterer Burgsandstein

- 31,70 m Sandstein rotgrau, mittel- und grobkörnig, tonig
- 34,10 m Sandstein grauweiß, grobkörnig, weiße Tongallen, kaolinig
- 36,40 m Sandstein weiß, grobkörnig, kaolinig
- 37,40 m Sandstein rot, grobkörnig, stark tonig

- 39,60 m Sandstein grau, mittelkörnig, tonig
- 40,30 m Sandstein grauweiß, mittelkörnig, tonig
- 42,80 m Sandstein braun, fein- und mittelkörnig, tonig
- 43,00 m Sandstein violett, grau, grün, rötlich, fein- bis mittelkörnig, hart
- 43,60 m Sandstein grauweiß, fein- und mittelkörnig, hart
- 43,67 m Tonstein grün
- 43,78 m Sandstein graugrün, feinkörnig, hart
- 44,00 m Sandstein hellrötlichbraun, grobkörnig bis kiesig, hart, Quarzgerölle bis 0,4 cm Ø
- 44,26 m Sandstein rötlichbraun, mittel- und grobkörnig, hart, fleischfarbene Feldspäte bis 0,5 cm, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 44,27 m Tonstein grün
- 44,78 m Sandstein hellrötlichbraun, grobkörnig bis kiesig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 45,00 m Tonstein dunkelblau mit Harnisch
- 45,15 m Tonstein dunkelblau
- 46,13 m Sandstein graugrün, rotbraun gestreift, fein- bis mittelkörnig
- 47,90 m Sandstein rotbraun bis braun, auch grün, mittel- und grobkörnig, Quarzgerölle bis 0,5 cm Ø, rote und grüne Tongallen
- 48,00 m Sandstein graubraun, fein- und mittelkörnig, tonig
- 48,10 m Tonstein grün
- 48,38 m Dolomitsteinlage feinsandig mit Kaoliniteinschlüssen
- 48,70 m Dolomitstein graugrün, feinsandig, porig
- 49,00 m Tonstein graugrün, feinsandig, kalkig
- 49,42 m Tonstein graugrün, kalkig

 Unterer Burgsandstein

Coburger Sandstein

- 49,80 m Tonstein rotbraun und bunt, auch graugrün in Wechsellagerung mit feinkörnigen, bis 3 cm starken Sandsteinlagen
- 51,00 m Sandstein hellbraun und graugrün, feinkörnig
- 51,22 m Sandstein hellbraun, fein- und mittelkörnig
- 52,18 m Tonstein überwiegend blaugrau, untergeordnet rotbraun, teilweise feinsandig mit Harnisch
- 52,76 m Sandstein graubraun, feinkörnig, mit cm-dünnen, graugrünen Tonsteinlagen
- 52,90 m Tonstein blaugrau
- 53,00 m Sandstein graugrün, feinkörnig
- 54,00 m Sandstein grau und rötlichbraun, mittel- und grobkörnig, mürb, grüne Tongallen bis 2 cm Ø und Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 55,80 m Sandstein braun, grobkörnig, mürb, Quarzgerölle bis 0,4 cm Ø
- 56,39 m Sandstein hellrötlichbraun, feinkörnig, mürb
- 58,00 m Sandstein grauweiß und hellbraun, mittelkörnig
- 59,00 m Sandstein grau, grobkörnig, grüne Tongallen bis 2 cm Ø, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 60,00 m Sandstein grau, mittelkörnig, grüne Tongallen bis 5 cm Ø
- 60,27 m Sandstein braun, grobkörnig bis kiesig
- 60,38 m Tonstein rotbraun, grün gefleckt, flaserig und Dolomitsteinlagen
- 60,62 m Kalk- und Dolomitstein graugrün, etwas Tonmergelstein
- 61,00 m Sandstein graugrün, feinkörnig
- 61,70 m Sandstein graugrün, mittelkörnig
- 62,00 m Sandstein rotbraun, grobkörnig
- 63,26 m Sandstein graugrün, grobkörnig bis kiesig
- 63,32 m Tonstein graugrün
- 63,47 m Sandstein graugrün, mittel- und grobkörnig, tonig
- 63,78 m Sandstein graugrün, mittel- und grobkörnig, starke Mn- und Fe-Fleckung
- 65,00 m Sandstein graugrün und violettrot, grobkörnig bis kiesig
- 65,52 m Sandstein hellgrau, grobkörnig, grüne Tongallen 1 cm, Quarzgerölle bis 2 cm Ø
- 66,00 m Sandstein grauweiß, mittelkörnig
- 66,66 m Sandstein hellgrau, mittelkörnig
- 66,92 m Sandstein grau, mittelkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 67,11 m Sandstein grau, feinkörnig, schwach karbonatisch
- 67,60 m Tonstein rotbraun und grün, dolomitische und feinkörnige, graue Sandsteinlagen

Coburger Sandstein

Blasensandstein i. e. S.

- 68,00 m Sandstein grau, grobkörnig, grüne Tongallen
- 68,08 m Tonstein grün, feinsandig
- 68,57 m Sandstein grau, fein- und mittelkörnig, z. T. mit grünen Tonfasern
- 68,77 m Sandstein rotbraun, mittel- und grobkörnig
- 69,35 m Sandstein hellgrau, fein-, mittel- und grobkörnig, färbt sich mit verdünnter HCl gelbgrün
- 69,43 m Sandstein braun, grobkörnig
- 69,60 m Sandstein hellgrau, fein-, mittel- und grobkörnig, färbt sich mit verdünnter HCl gelbgrün
- 70,00 m Sandstein braun, grobkörnig, grüne Tongallen
- 70,17 m Sandstein grauweiß, feinkörnig
- 70,47 m Sandstein braun, grobkörnig
- 72,00 m Sandstein grauweiß, feinkörnig, einzelne mittelkörnige Lagen, karbonatisch
- 73,00 m Sandstein grauweiß, fein-, mittel- und grobkörnig
- 73,63 m Sandstein grauweiß, fein-, mittel- und grobkörnig, karbonatisch
- 73,88 m Sandstein braun, grobkörnig
- 74,00 m Sandstein grauweiß, fein- und mittelkörnig
- 74,14 m Tonstein grün, dolomitisch, mit feinsandigen, grauen Dolomitknollen
- 76,00 m Sandstein grauweiß, mittelkörnig, dolomitisch
- 78,40 m Dolomitsteinlage grauweiß, schlierig, feinsandig, von blaugrauen Tonsteinen durchsetzt
- 79,37 m Sandstein grauweiß, feinkörnig
- 79,65 m Sandstein graublaustreifig, feinkörnig
- 82,00 m Sandstein grau, feinkörnig, auch mittelkörnig
- 83,68 m Sandstein hellgrau, feinkörnig
- 85,00 m Sandstein hellbraun, grobkörnig, rote Tongallen, Quarzgerölle bis 2 cm Ø
- 89,10 m Sandstein graugrün, rotbraun, z. T. braun gefleckt, feinkörnig

Blasensandstein i. e. S.

Lehrbergsschichten

- 89,35 m Tonstein graugrün, feinsandig
- 89,42 m Sandstein braun, feinkörnig
- 89,53 m Tonstein graugrün, feinsandig, glimmerig
- 90,00 m Tonstein rotbraun, feinsandig, glimmerig
- 90,05 m Mergel blaurot, feinsandig, dolomitisch
- 90,24 m Tonstein rotbraun und grün, feinsandig, glimmerig
- 90,46 m Sandstein hellbraun, feinkörnig
- 90,80 m Tonstein grün und rotbraun, feinsandig
- 91,23 m Sandstein hellrotbraun, feinkörnig und mm-dünne, rotbraune und grüne Tonsteinlagen
- 91,46 m Tonstein graugrün, rotbraun gefleckt
- 91,75 m Sandstein hellrötlichbraun, feinkörnig, Schrägschichtung
- 91,97 m Tonstein graugrün
- 92,88 m Tonmergelstein rotbraun, schwach dolomitisch
- 93,00 m Tonstein rotbraun, grün gefleckt
- 93,68 m Sandstein hellbraun, feinkörnig, in Wechsellagerung mit graugrünen Tonsteinen
- 94,86 m Tonmergelstein rotbraun
- 94,95 m Steinmergel grauweiß (knollige Lage), dolomitisch
- 96,76 m Tonmergelstein rotbraun
- 96,85 m Tonmergelstein rotbraun und grün
- 98,76 m Tonmergelstein rotbraun
- 98,83 m Tonmergelstein hellrötlich
- 99,00 m Tonmergelstein rotbraun, schluffig
- 99,23 m Tonmergelstein rotbraun und graugrün gebändert
- 99,35 m Tonmergelstein graugrün
- 99,48 m Steinmergelbank grauweiß, dolomitisch
- 99,58 m Tonstein graugrün

- 99,61 m Steinmergelbank grauweiß, dolomitisch
- 99,72 m Tonstein graugrün
- 99,87 m Tonstein rotbraun
- 99,88 m Sandstein hellgrau, feinkörnig, mit reichlich dunklem Glimmer
- 100,00 m Tonstein rotbraun, schluffig
- 100,16 m Tonstein rotbraun, schwach dolomitisch
- 100,28 m Tonstein graugrün, schwach dolomitisch
- 100,66 m Sandstein hellbraun, rotbraun und graugrün, feinkörnig, schwach dolomitisch
- 100,96 m Tonstein graugrün, stark feinsandig
- 101,00 m Tonstein graugrün, sandig
- 102,11 m Sandstein lagenweise grau, graugrün und rotbraun, feinkörnig
- 102,47 m Tonstein rotbraun und graugrün gestreift, sandig
- 102,51 m Sandstein hellbraun, feinkörnig
- 102,56 m Tonstein graugrün
- 102,59 m Sandstein hellbraun, feinkörnig
- 102,73 m Tonstein graugrün
- 103,00 m Sandstein hellbraun, feinkörnig
- 103,24 m Sandstein hellrötlichbraun, feinkörnig, mit graugrünen Tongallen
- 104,29 m Sandstein rotbraun, hellbraun und graugrün, z. T. gebändert, feinkörnig, glimmerig
- 104,40 m Tonstein graugrün
- 105,52 m Tonstein rotbraun, feinsandig, glimmerig
- 105,59 m Tonstein graugrün, feinsandig
- 107,63 m Sandstein graubraun, feinkörnig, feinschichtig
- 108,00 m Tonstein rotbraun
- 108,22 m Tonstein graugrün, feinsandig, glimmerig
- 108,50 m Sandstein grauweiß, feinkörnig, grüne Tongallen
- 108,73 m Wechsellagerung grauweißer, feinkörniger Sandsteine und graugrüner Tonsteine
- 108,96 m Tonstein graugrün, feinsandig, schwach dolomitisch
- 111,35 m Tonstein rotbraun, schluffig, glimmerig, schwach dolomitisch
- 112,40 m Tonstein rotbraun und graugrün, stark feinsandig
- 112,60 m Wechsellagerung von grünen Tonsteinen und weißen, feinkörnigen Sandsteinlagen (Aufarbeitungshorizont)
- 112,79 m Sandstein grauweiß, z. T. grünstichig, feinkörnig, quarzitisches, kleine Sandsteingerölle

 Lehrbergsschichten

Schilfsandstein

- 114,30 m Tonstein rotgrau, gelbstreifig, feinsandig
- 115,00 m Tonstein graublau, gelbstreifig, feinschichtig
- 122,89 m Tonstein graublau, schluffig, z. T. glimmerig, z. T. Pflanzenhäcksel
- 124,30 m Wechsellagerung von graublauen Tonsteinen und hellgrauen, feinkörnigen, kohligen Sandsteinlagen (zwischen 124,00 und 124,05 m Fließwülste)
- 124,56 m Tonstein graublau
- 125,25 m Sandstein grau, feinkörnig, glimmerig, dolomitisch
- 125,73 m Tonstein graublau und mm-dünne, graue Feinsandlagen
- 125,80 m Sandstein grau, feinkörnig
- 127,59 m Tonstein graublau und mm-dünne, graue, glimmerige, kohlige Feinsandlagen
- 127,64 m Sandstein grau, feinkörnig, wellig geformt
- 127,76 m Tonstein graublau
- 127,94 m Sandstein grau, feinkörnig
- 128,00 m Tonstein graublau
- 129,45 m Tonstein graublau und mm-dünne, graue, glimmerige, kohlige Feinsandlagen
- 130,00 m Sandstein grau, feinkörnig, tonig, glimmerig, kohlig
- 130,20 m Tonstein graublau, feinsandig
- 131,42 m Sandstein grau, feinkörnig, karbonatisch, kohlig
- 132,00 m Tonstein blaugrau, feinsandig
- 132,23 m Sandstein grau, feinkörnig, feinschichtig, dolomitisch, kohlig und graue Tonsteine, schräggeschichtet

- 135,80 m Tonstein graublau, feinschichtig, mit mm-dünnen, karbonatischen, kohligen Feinsandlagen, schrägschichtet
- 136,72 m Sandstein grau, feinkörnig, schwach bis stark karbonatisch, kohlig und graublaue Tonmergelsteinzwischenlagen
- 142,22 m Wechsellagerung aus feinschichtigen, feinkörnigen, grauen, karbonatischen, kohligen Sandsteinlagen und graublauen Tonsteinschichten
- 142,70 m Sandstein graugrün, feinkörnig, kohlig
- 142,83 m Wechsellagerung aus feinschichtigen, feinkörnigen, grauen, z. T. karbonatischen, kohligen Sandsteinlagen und graublauen Tonsteinlagen
- 150,00 m Sandstein graugrün, feinkörnig, karbonatisch, kohlig (geschlossene Folge) mit Pyrit; stark kohlige Lage zwischen 149,71–149,74 m (n. WILD, BGLA, hat die Probe folgende Zusammensetzung: Wasser (105 °C) 9,37%, Verkokungsprobe (flüchtige Bestandt.) 51,58%, Aschegehalt 39,04%, Gesamtschwefel (S) 17,57% und Kohlenstoff (C) 24,27%)
- 151,00 m Sandstein graugrün, feinkörnig (geschlossene Folge), schwach karbonatisch
- 152,00 m Sandstein braun, feinkörnig (geschlossene Folge), schwach karbonatisch
- 155,65 m Sandstein graubraun, feinkörnig (geschlossene Folge), schwach karbonatisch, kohlig
- 155,88 m Sandstein graugrün, feinkörnig, mit grauen Tongallen bis 2 cm Ø, kohlig
- 156,75 m Sandstein graubraun, feinkörnig, mit grauen Tongallen bis 7 cm Ø, kohlig

 Schilfsandstein

 Acrodus-Bank
 (Estherienschichten)

- 157,23 m Dolomitsteinlage graugrün, bankig mit Zähnchen und Tonmergelsteinzwischenlagen, graugrün, feinsandig

 Myophorienschichten
 (Benker Sandstein)

- 157,41 m Tonstein rotbraun, feinsandig
- 157,50 m Tonstein grün, sandig
- 158,00 m Sandstein rotbraun, grobkörnig, dolomitisch, mit Quarzgeröllen bis 3 mm Ø
- 158,41 m Sandstein grauweiß und rotbraun, feinkörnig, dolomitisch
- 158,81 m Sandstein braun, mittelkörnig
- 158,92 m Tonstein graugrün, feinsandig, schwach dolomitisch
- 159,09 m Tonstein rotviolett, schwach dolomitisch
- 159,14 m Tonstein rotviolett mit grauweißen Steinmergelbrocken (Aufarbeitungshorizont)
- 159,37 m Steinmergel grau und hellrötlichbraun, feinsandig
- 160,00 m Sandstein graugrün, feinkörnig, dolomitisch, Intraklasten
- 160,42 m Sandstein grau und rotbraun, feinkörnig, mit grünen Tongallen
- 160,59 m Tonstein grün, feinsandig
- 160,64 m Sandstein rotbraun, feinkörnig, mit eingelagerten Steinmergelbrocken bis 9 mm Ø
- 160,83 m Sandstein braun, feinkörnig, in Wechsellagerung mit grünen Tonsteinlagen
- 161,00 m Sandstein braun, fein- und mittelkörnig, quarzitisches
- 161,18 m Sandstein grau, feinkörnig mit grünen Tongallen bis 6 cm Ø
- 161,70 m Sandstein grauweiß, mittelkörnig, schwach dolomitisch, grüne Tongallen bis 2 cm Ø
- 161,80 m Tonmergelstein grün
- 161,94 m Tonmergelstein rotbraun
- 162,00 m Tonmergelstein grün
- 162,45 m Tonmergelstein rotbraun
- 162,52 m Tonmergelstein graugrün
- 163,26 m Tonmergelstein rotbraun
- 163,30 m Tonmergelstein graugrün
- 163,76 m Tonmergelstein rotbraun
- 163,81 m Tonstein rotbraun, mit grauen Steinmergelgeröllen
- 164,41 m Tonstein rotbraun
- 164,44 m Tonstein grün

- 164,56 m Dolomitstein grau bis graugrün
- 164,72 m Tonstein grün
- 166,00 m Tonstein dunkelgraublau, graurot und bunt, feinschichtig, mit karbonatischen, mm-dünnen Feinsandlagen
- 166,64 m Tonstein dunkelblaugrau
- 166,88 m Dolomitstein grauweiß, Bleiglanz
- 167,40 m Tonstein graugrün und bunt
- 167,48 m Dolomitstein grauweiß
- 167,57 m Tonstein grau
- 167,61 m Dolomitstein grauweiß
- 167,63 m Tonstein grau
- 168,20 m Dolomitstein grauweiß
- 168,25 m Tonstein blaugrau
- 169,00 m Dolomitstein grauweiß
- 169,09 m Dolomitstein grauweiß mit gut gerundeten, dunkelgrauen, feinkörnigen und hellgrauen, grobkörnigen Dolomitsteinbrocken, Bleiglanz, daneben weiße Barytnester (bis 1 cm Ø) und braungelb glänzende Zinkblendekristalle (bis 0,8 cm Ø); **Bleiglanz-Bank**
- 169,10 m Tonmergelstein graublau
- 169,53 m Dolomitstein grauweiß
- 169,63 m Tonstein grau
- 169,73 m Dolomitstein grau
- 170,00 m Tonmergelstein grau
- 170,14 m Tonmergelstein graugrün
- 170,52 m Tonmergelstein hellgrau
- 170,54 m Dolomitstein grau, feinsandig
- 170,81 m Tonmergelstein dunkelgrau
- 170,91 m Dolomitstein grauweiß und dunkelgrauer Tonstein
- 171,00 m Tonmergelstein dunkelgrau
- 171,07 m Dolomitstein grau
- 171,44 m Tonstein dunkelgrau, schwach karbonatisch
- 171,68 m Dolomitstein grauweiß
- 171,74 m Tonmergelstein grau
- 171,89 m Dolomitstein grauweiß
- 172,00 m Tonstein violettrot
- 172,08 m Tonstein graugrün
- 172,55 m Dolomitstein grau mit Intraklasten
- 172,82 m Tonmergelstein dunkelgraugrün
- 172,90 m Sandstein grauweiß, feinkörnig, hart, dolomitisch
- 173,13 m Mergelstein graugrün
- 173,37 m Dolomitstein grauweiß
- 173,39 m Tonstein graugrün
- 173,40 m Dolomitstein grauweiß
- 173,44 m Tonmergelstein graugrün
- 173,70 m Dolomitstein grauweiß, sandig
- 174,00 m Tonstein schwarzgrau mit Feinsandschlieren
- 174,41 m Tonmergelstein blaugrau mit einem Stich ins Grünliche
- 174,70 m Tonmergelstein schwarzgraublau
- 174,86 m Dolomitstein grauweiß
- 175,43 m Tonmergelstein dunkelgrau
- 175,74 m Tonmergelstein graugrün
- 175,83 m Dolomitstein grauweiß
- 176,00 m Tonmergelstein grüngrau
- 176,58 m Tonmergelstein graublau
- 177,17 m Dolomitsteinknollenlage und Tonstein, etwas glimmerig
- 177,21 m Sandstein grauweiß, feinkörnig, schwach dolomitisch
- 177,31 m Dolomitstein grauweiß
- 177,33 m Sandstein grauweiß, feinkörnig, schwach dolomitisch
- 177,45 m Dolomitstein grauweiß mit graublauen Tonsteinen
- 177,70 m Tonstein dunkelgraublau, dolomitisch

Mittlerer Keuper:
 Myophorienschichten
 (Benker Sandstein)

 Unterer Keuper:
 Grenzdolomit

- 178,00 m Sandstein hellgrau, feinkörnig, dolomitisch, Tongallen und Tonbänder
 - 178,16 m Sandstein hellgraubraun, feinkörnig, dolomitisch
-
- 178,18 m Tonstein schwarzgraublau, dolomitisch, Pflanzenreste
 - 178,59 m Sandstein grau, feinkörnig, karbonatisch, feinschichtig, mit mm-dünnen Tonsteinlagen
 - 178,70 m Sandstein grau, feinkörnig und Tonstein graugrün – Wechselschichten
 - 178,90 m Sandstein grau, feinkörnig, karbonatisch
 - 179,00 m Sandstein grau, feinkörnig, glimmerig und Tonstein-Wechselschichten
 - 179,17 m Sandstein grau, feinkörnig, mit mm-dünnen Tonsteinlagen, dolomitisch, Glimmer, Pflanzenhäcksel, Kohlestückchen
 - 179,23 m Sandstein grau, feinkörnig, karbonatisch
 - 179,46 m Sandstein grau, feinkörnig, mit mm-dünnen Tonsteinlagen, karbonatisch
 - 179,65 m Dolomitstein grauweiß
 - 180,00 m Sandstein grau, feinkörnig und graublauer Tonstein (mit kugeligen Sandsteingeröllen bis 2 cm Ø) in Wechsellagerung, lagenweise karbonatisch, Zähnchen (*Saurichtys*), ? Foraminiferen (röhrenförmige Sandschaler)
 - 180,21 m Sandstein grau, feinkörnig, dolomitisch; oben und unten bis 1 cm starke, graue Tonsteinschichten
 - 180,22 m Tonstein graublau, sandig
 - 180,70 m Dolomitstein grauweiß mit weißen Kalzitnestern (bis 22 mm Ø) und Geröllen aus gerundetem Dolomitsandstein (bis 5 cm Ø), ein Bleiglanzkrystall
 - 181,00 m Tonstein graublau, dolomitisch, Zähnchen *Saurichtys*, *Colobodus* u. a.), ? Foraminiferen (röhrenförmige Sandschaler)
 - 181,10 m Dolomitstein hellgrau, feinsandig, Zähnchen, (*Saurichtys*, *Colobodus*)
 - 181,60 m Sandstein grau, feinkörnig, mit tonigen Einschlüssen, glimmerig, schwach karbonatisch, kohliges Pflanzenhäcksel
 - 182,86 m Mergelstein blaugrau bis schwarzgrau mit einzelnen feinkörnigen, graugrünen, dolomitischen, glimmerstaubigen und kohligen Sandsteinbänkchen (bis 2 cm Ø)
 - 183,50 m Dolomitstein, ockergrau, Tonhäutchen mit Glimmerbelägen, Placoidschuppen (von Sela-chiern) Zähnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*?, *Acrodus*), Gastropoda
 - 183,75 m Dolomitstein, nach oben tonflaserig, durch Tonhäutchen abgeschlossen
 - 183,95 m Dolomitstein mit ca. 10% Intraklasten (Ø 0,5 cm), an der Basis flaserig
 - 185,10 m Dolomitstein, bankig (10–30 cm), durch Tonmergelstein-Fugen, mit Glimmer getrennt *Gyrolepis*-Schuppen, *Acrodus*-Zähnchen; an der Basis kurze Styloolithen (Residualtone)

Unterer Keuper

 Oberer Hauptmuschelkalk
 (mo3/mo2)

- 185,71 m Dolomitstein (sparitisch), schwach feinsandig, schwach porös, kleine grüne Intraklasten führend; Schalenhohlräume von *Costatoria goldfussi* u. a. *Bivalvia*, von 185,51–185,71 m dolomitisierte Sphaerocodien (= *Girvanella*-Onkoide), Zähnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*, *Acrodus*) Placoidschuppen
- 186,85 m Dolomitstein (sparitisch) schwach feinsandig, schwach porös, Intraklasten, lagenweise grobflaserig bis gebankt (Bänke 20 cm dick), Tonhäutchen, Styloolithen
- 186,90 m Dolomitstein, grau, feinsandig, nach oben zunehmend tonig
- 187,70 m Dolomitstein (sparitisch), grau, flaserig, (bis 10 cm) mit Tonmergelstein, glimmerig, schwach feinsandig, *Gyrolepis*-Schuppen, von 187,15–187,27 m bis 1 cm dicke Tonsteinschmitzen und Intraklasten, bei 187,55 m Flaserschichtung mit Feinsandgehalt und einer Lage schlecht gerundeter Tonsteinklasten, Bleiglanz

- 187,71 m Dolomitstein, stark feinsandig und glimmerig
- 188,40 m Dolomitstein (sparitisch), nach unten zunehmend feinsandig, grobflaserig, Bänke von 10–15 cm Dicke; bei 187,95 m dolomitisierte? Ooide
- 188,85 m Dolomitstein (sparitisch), feinsandig, mit Intraklasten bis 5 mm Ø, dolomitierter Schill (Arten unbestimmbar)? Sphaerocodien
- 189,20 m Dolomitstein (sparitisch), stärker feinsandig, tonig, mit Intraklasten, feinflaserig geschichtet, von 189,05–189,10 m Tonstein, dolomitisch, glimmerig, an der Basis: Cephalothorax von *Pemphix sueuri* (bei 189,20 m) (Bestimmung: Dr. R. FÖRSTER, München), Placoidschuppen, (*Saurichtys*), Zähnen
- 189,88 m Dolomit-Mergelstein, nach unten zunehmend grobflaserig, lagenweise dolomitischer Knauer
- 190,20 m Dolomitstein, nach unten zunehmend feinsandig bis stark feinsandig, tonflaserig, Zahnreste
- 190,50 m Dolomitstein, hellgrau, grobflaserig, 3 cm dicke Dachbank aus schwach glimmerigen Tonmergelstein, unterste 10 cm mit dolomitisiertem Schill (packstone): u. a. ? *Pleuromectites laevigatus*
- 190,94 m Dolomitstein (sparitisch), grobflaserig
- 191,10 m Dolomitstein (sparitisch, grobkristallin), feinsandig, mit Tonmergelstein-Fugen
- 191,32 m Dolomitstein, grau, feinsandig, stark tonflaserig, schwach porös
- 192,43 m Dolomitstein, grobflaserig, von 191,70–191,80 m ebenschichtig, stark tonig; 2 cm dicke Tonsteinschicht bei 192,00 m; bis 192,10 m schwach feinsandig, dann zunehmender Feinsandgehalt, stark flaserig mit Tonmergellagen bis 0,5 cm Dicke
- 193,66 m Dolomitstein (nach unten zunehmend grobsparitisch), bis 193,15 m lagenweise feinflaserig, darunter grobflaserig mit Knauern, dünnen, glimmerigen Tonmergel-Lagen; Feinsandgehalt nach unten abnehmend
- 193,78 m Dolomitstein, grau, feinsandig, grobflaserig; an der Basis Bleiglanz
- 194,14 m Dolomitstein (sparitisch, grobkristallin), tonflaserig (Flaser im mm-Bereich), Stylolithen, Gleitharnische, Placoidschuppen, Zähnen (*Saurichtys*, *Acrodus*)
- 194,73 m Dolomitstein (sparitisch, feinkristallin), schwach flaserig, Bankdicke 7–10 cm, lagenweise kavernös, bei 194,25 m Echinodermen-Ossikel
- 195,58 m Dolomitstein (sparitisch), lagenweise feinflaserig (Tonflaser bis 1 cm dick) schwach feinsandig, oben auch Schalenreste in den Tonschlieren, *Gyrolepis*-Schuppen; Tongehalt in der Mitte am geringsten, sonst schwach tonig; gröbere Klasten in einzelnen Lagen an der Basis von tonigeren Partien
- 196,00 m Dolomitstein (sparitisch), schwach feinflaserig; in den Schlieren kleine, dunkle Intraklasten
- 196,70 m Dolomitstein (sparitisch), lagenweise stark tonflaserig bis knauerig, besonders in der oberen Hälfte
- 196,79 m Dolomitstein (sparitisch), grobkristallin, zahlreiche Glaukonitkörner bis 1 mm (10–20%)
- 197,19 m Dolomitstein (sparitisch) mit Tonmergelsteinfasern (1–10 mm dick) mit dunklen Intraklasten im mm-Bereich
- 197,66 m Dolomitstein, feinkörnig, lagenweise durch Tonschlieren schwach flaserig, Bank zweigeteilt, Zähnen (*Saurichtys*), Kiefernbruchstück, Ostracodenreste, ? Foraminiferen (rotaliide Kalkschaler)
- 197,88 m Dolomitstein (feinsparitisch) mit feinverteiltem Ton; bis 197,92 m 2 cm dicke, schräg einfallende Tonschliere
- 198,40 m Dolomitstein (feinsparitisch), tonig, mit feinen Kohleschmitzen (?), Feinschichtung, lagenweise höherer Tongehalt; unebene Tonbänkchen bis 2 cm dick (Placoidschuppen, Zähnen (*Saurichtys*))
- 199,43 m Dolomitstein, feinflaserig bis wolkig (feinknauerig); in den Tonmergelstein-Flasern (1 mm bis 2 cm dick) wenig kleine Echinodermen-Ossikel, *Gyrolepis*-Schuppen, 2 mm große *Lingula*; kleine, dunkle Intraklasten (unter 1 mm Ø), z. T. schlecht gerundet, bei 199,20 Bruchschill (packstone)
- 200,31 m Dolomitstein (feinsparitisch) mit schwach welligen Tonfasern; bei 199,77 m größere Muschelschalen; die oberen 15 cm mit erhöhtem Tongehalt
- 200,91 m Dolomitstein (grobsparitisch), bei 200,88 m Tonmergelstein-Flaser von 3–4 mm, Glaukonitkörner
- 201,92 m Dolomitstein, schwach flaserig (Tonflaser bis 3 mm dick), Placoidschuppen, Zähnen (*Saurichtys*, *Colobodus*)
- 202,10 m Tonmergelstein, blaugrau
- 204,30 m Dolomitstein (feinsparitisch), grau, lagenweise dünne, fast eben geschichteter dolomitischer Tonmergelstein; Residualtonlagen trennen einzelne Bänke

- 204,60 m Dolomitstein (sparitisch), porös, mit wenigen kleinen Echinodermen-Ossikeln
- 204,88 m Dolomitstein (sparitisch), schlecht sortierter Schill (packstone bis grainstone), Hohlräume mit drusigem Kalzit, porös
- 206,00 m Dolomitstein (sparitisch), von 205,90–206,00 m stark tonig, mit 2 cm dicken Styloolithen-zügen

Oberer Hauptmuschelkalk
(mo3 / mo2)

Trochitenkalk (mo1): Bereich
der Spiriferina-Bank

- 207,80 m Dolosparit, lagenweise mit Tonschlieren (glaukonitisch), auf Tonschlieren *Gyrolepis*-Schuppen, feinsandig, Placoidschuppen, Zähnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*), Crinoidenreste

-
- 208,70 m Dolomitstein (mikritisch), feinflaserig, (Flaser von Haarrißdicke bis 1 cm); in hellgrauen Kalkflasern Feinschill und dunkle, gutgerundete Körner, bei 208,10 m mehrere große Trochiten von *Encrinurus liliformis*; in diesem Bereich erhöhter Tonanteil, von 208,50–57 m dolomitischer Tonmergelstein Zähnchen (*Saurichtys*, ? Foraminiferen (*Rotaliidae*))
 - 209,26 m Dolomitstein (sparitisch) dunkelgrau, leicht grünlich (Glaukonit)
 - 209,60 m Dolomitstein (sparitisch) tonreich, feinflaserig geschichtet; lagenweise überwiegend tonig; in den Tonsteinlagen Glimmer
 - 209,73 m Dolomitstein (sparitisch), grau
 - 213,28 m Tonstein mit dünnen Dolomitlinsen (Flaserschichtung) Tonstein von Haarrißdicke bis 5 cm; in den sparitischen Dolomitlinsen, Bruchschill, kleine dunkle Intraklasten; Linsen bis 10 cm Dicke; im Tonstein einzelne Trochiten, *Coenothyris*-Bruchschill, Placoidschuppen, Zähnchen (*Saurichtys*)
 - 213,45 m Dolomitstein (sparitisch) mit mäßig sortiertem Feinbruchschill, Intraklasten, Trochiten (unter 5%) an der Basis Tonflasern
 - 213,60 m Tonstein mit mm-dicken Dolomitsteinlinsen in Flaserschichtung
 - 213,97 m Dolomitstein (bis 213,45 m), Drucksuturen, Trochiten, Placoidschuppen, Zähnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*), Gastropoda (*Spirorbis*), Seeigelplatte
 - 214,05 m Tonstein grau, mit Dolomitsteinlagen
 - 214,11 m Dolomitstein (grob-sparitisch)
 - 214,56 m Tonstein grau, schwach blätterig, mit Dolomitsteinbänkchen (sparitisch) bis 2 cm Dicke, Zähnchen (*Saurichtys*), Echinodermenreste
 - 216,97 m Wechselfolge von Dolomitsteinbänkchen (bis 7 cm Dicke), mit dolomitischen Tonmergelbänken (bis 3 cm Dicke), dazwischen immer wieder in mergeligeren Partien in Flaserschichtung Dolomitstein

Hassmersheimer Horizont?

- 219,00 m Dolomitstein (grob-sparitisch) mit über 10% Bruchschill und Krinoiden, Tonmergelflasern, Styloolithen, Residualtonlagen; Krinoidenführung schwankend, Placoidschuppen, Zähnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*), Gastropoda (*Spirorbis*)
- 219,55 m Dolomitstein, linsig bis flaserig geschichtet (Flaser bis 3 cm dick) z. T. dunkle Intraklasten, Tonmergelsteinlagen mit cm-dicken Dolomitsteinlinsen; schräge (10–15°) Kluft bei 219,05–219,25 mit Kalzit und Bleiglanz
- 220,00 m Dolomitstein (grob-sparitisch, porös), Bruchschill, einzelne Trochiten, bei 219,60 m dunkler, scharf abgegrenzter Bereich Ø 1 cm mit Kupferkies in der oberen Hälfte
- 222,30 m Wechselfolge von Dolomitsteinbänken (bis 10 cm Dicke) mit Tonmergelflasern bis -bänken (bis 4 cm dick), im Tonmergelstein Residualtonlagen, Styloolithen, Feinsand; im Dolomitstein Trochiten bis 5%.
- 223,33 m Dolomitstein (grob-sparitisch), leicht porös, Feinbruchschill in guter Sortierung und starker Fragmentierung; wenige Tonflasern
- 223,55 m Dolomitstein, an der Basis ganz schwach tonflaserig; ca. 10% Krinoiden-Ossikel

- 224,50 m Dolomitstein (grobspartisch), mit großen Trochiten (ca. 15%), Hohlräumen auf Klufflächen bis 2 cm Ø; bis 224,20 m etwas toniger; Placoidschuppen, Zähnnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*), Gastropoda (*Loxonema*)
- 226,15 m Tonstein, dolomitisch und Dolomitsteinbänke in Wechselfolge, bis 225,70 m grobflaserig geschichtet, bis 225,90 m feinflaserig mit deutlich geringerem Dolomitsteinanteil, bis 226,15 m wieder grobflaserig; Trochiten bis 5%
- 226,50 m Tonstein, dolomitisch, mit Dolomitsteinknollen
- 226,85 m Tonstein, mit einzelnen knauerigen Dolomitsteinlagen, oben feinflaserig geschichtet, nach oben zunehmend Trochiten
- 227,37 m Tonstein mit Dolomitsteinknauern, von 226,90–226,95 m Dolosparit mit Muschelschill, Krinoidenanteil bis 5%, Zähnnchen (*Placodus* u. a. Selachier)
- 228,19 m Tonstein, dolomitisch, oben bei flaseriger Schichtung mit stärkerem Dolomitgehalt, unten feingschichtet, Trochiten unter 1%
- 228,46 m Dolomitstein, dunkelgrau, mit starkem Tonmergelgehalt, von 228,20–228,30 m Trochiten bis 10%, Flaserschichtung
- 229,18 m Tonmergelstein, dolomitisch, glimmerig, schwach feinsandig, *Gyrolepis*-Schuppen, oben stark mergelige Dolomitsteinknauern; in den obersten 2 cm einzelne Trochiten
- 229,25 m Dolomitstein mit Bruchschill; nach oben zunehmend mikritisch
- 230,00 m Tonmergelstein, dolomitisch, mit Dolosparit-Knauern in den obersten 2 cm, sehr vereinzelt Trochiten, in den unteren 20 cm Bruchschillbank mit Intraklasten, Zähnnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*) Gastropoden (hochtrochospiral: ? *Loxonema pseudoplanspiral*), ? Foraminiferen (*Rotaliidae*)
- 230,23 m Dolomitstein, tonflaserig, glaukonitisch; *Gyrolepis*-Schuppe, Spuren von Quarz und Gips
- 230,54 m Tonstein (überwiegend), dolomitisch, auf Schichtfugen glimmerig, vereinzelt Kohleschmitzen, Gastropodensteinkern, Echinodermenrest, schwach feinsandig

Hassmersheimer Horizont?

Zwergfaunenschichten?

- 230,59 m Tonmergelstein, dolomitisch, glimmerig
- 231,00 m Dolomitstein, stark tonflaserig
- 232,00 m Dolomitstein, dünn gebankt (bis 5 cm), Tonsteinfugen bis 1 cm (glimmerig); im Dolomitstein bis 0,5 cm große Intraklasten (z. T. gehäuft), Zähnnchen, Gastropode
- 232,19 m Dolomitstein, tonflaserig, glimmerig, stark feinsandig, an der Basis 2 cm mit stärkerem Feinsandgehalt
- 233,58 m Tonmergelstein, dunkelgrau, mit Dolomikritlagen, Flaserschichtung, schwach feinsandig, Zähnnchen (*Saurichtys*, *Colobodus*, *Hybodus*), Gastropoden

Trochitenkalk (mo1):
Zwergfaunenschichten?

Mittlerer Muschelkalk:
Obere Dolomite

- 233,91 m Dolomitstein mausgrau, mergelig, feinschichtig
- 234,24 m Dolomitstein mausgrau, feinschichtig, an der Basis dunkelgrauer Tonmergelstein, Pyrit auf Klüften, Spuren von Gips
- 234,31 m Dolomitstein hellgrau, massig, feinkristallin, Pyrit auf Klüften
- 234,32 m Tonmergelstein dunkelgrau, feinschichtig, dolomitisch
- 234,81 m Dolomitstein hellgrau, feinschichtig
- 236,59 m Dolomitstein hellgrau, massig
- 236,90 m Dolomitstein hellgrau, porös und Kalkspatdrusen, etwas Mergel
- 238,58 m Tonmergelstein hell- und dunkelgrau, feinschichtig
- 239,58 m Dolomitstein grau, massig
- 239,75 m Dolomitstein grau, porös, mit kleinen Kalkspatkristallen
- 239,93 m Dolomitstein grau, dicht, mit Intraklasten
- 240,00 m Tonmergelstein dunkelgrau
- 240,48 m Dolomitstein hellgrau, feinschichtig

Obere Dolomite

-
- 240,81 m Residualzone: Schichtungsstörung, schlierige Vermengung grauer Tonsteine mit etwas Anhydrit
 - 242,64 m Tonmergelstein grau, feinschichtig
 - 244,49 m Tonmergelstein grau mit Intraklasten
 - 244,63 m Residualzone: Schichtungsstörung, wellig-schlierige Tonmergelsteine grau
 - 245,20 m Tonmergelstein grau
 - 246,16 m Residualzone: Schichtungsstörung, brecciös verbackener grauer Tonmergelstein mit Spuren von Gips, große Intraklasten (Dolomit), feinsandig
 - 246,28 m Tonmergelstein grau, feinschichtig
 - 247,04 m Residualzone: Schichtungsstörung, schlierige graue Tonmergelsteine
 - 248,47 m Tonmergelstein hellgrau mit Gipslagen bei 247,40–247,41 m, 247,50 m, 247,60 m, 248,02–248,03 m, 248,09–248,10 m, 248,25 m, 248,45–248,46 m
 - 252,00 m Residualzone: Schichtungsstörung, graue Tonmergelsteine mit Gipslagen und großen Intraklasten, Feinsand
 - 253,30 m Dolomitstein grau, körnig, mit Gipseinschlüssen
 - 253,79 m Residualzone: Schichtungsstörung, graue Tonmergelsteine mit Gips und Intraklasten, Feinsand-Schluff
 - 254,00 m Dolomitstein grau, dicht, mit Gipslagen bis 1 cm, Kluffüllungen bestehen aus Gips
 - 254,35 m Dolomit- und Mergelstein grau, feinschichtig
 - 254,36 m Fasergipslage
 - 255,30 m Dolomitstein grau mit Anhydrit
 - 255,62 m Tonmergelstein grau mit Gipsbändern wechselnd
 - 256,20 m Tonmergelstein grau und Gipslagen bis 1,5 cm sowie Dolomitstein in Wechsellagerung
 - 256,94 m Residualzone: Schichtungsstörung, hellgraue Tonmergelstein mit Gips und Intraklasten, etwas Glimmer
 - 262,35 m Tonmergelstein grau mit zahlreichen Gipslagen bis 4 cm und dolomitischen Lagen im Wechsel
 - 263,60 m Dolomitstein hellgrau mit Gipslagen bis 2 cm und kleinen gerundeten Intraklasten und dünnen Tonmergelzwischenlagen
 - 263,62 m Gips hellgrau
 - 263,95 m Tonmergelstein dunkelgrau mit Gipslagen
 - 265,40 m Tonmergelstein dunkelgrau mit Dolomitstein- und Gipslagen bis 2 cm
 - 265,61 m Dolomitstein grau, massig, feinkristallin
 - 267,80 m Tonmergelstein dunkelgrau mit Gipslagen bis 4 cm und dünnen Dolomitsteinzwischen-schichten, Klüfte mit Gips ausgefüllt
 - 268,00 m Dolomitstein grau mit dolomitischem Tonmergelstein, feinschichtig
-

Grundgips

- 268,86 m Gips bräunlichweiß-grauweiß, grobkristallin, massig, an Basis massiger Fasergips, oben z. T. dichte Berggipslagen
-

Basisdolomit

- 269,21 m Dolomitstein (Dolomitmergelstein) gelblichgrau, (mausgrau), kryptokristallin, tonig, laminiert-ebenschichtig, zahlreiche frühdiagenetische Risse, mit ca. 40% Fasergipslagen
- 269,46 m Dolomitstein (Dolomitmergelstein) gelblichgrau (mausgrau), kryptokristallin, tonig, laminiert-ebenschichtig, zahlreiche frühdiagenetische Risse, mit ca. 40% Fasergipslagen, Fasergipsanteil nach unten abnehmend
- 269,78 m Dolomitstein (Dolomitmergelstein) gelblichgrau (mausgrau), kryptokristallin, tonig, laminiert-ebenschichtig, zahlreiche frühdiagenetische Risse, in der Mitte eine Fasergipslage von 1 cm
- 269,90 m Dolomitstein (Dolomitmergelstein) gelblichgrau (mausgrau), kryptokristallin, tonig, laminiert-ebenschichtig, zahlreiche frühdiagenetische Risse, jedoch stark porös (Gipsresiduen), zahlreiche Berg- und Fasergipseinlagen

- 270,08 m Dolomitstein (Dolomitmergelstein) gelblichgrau, (mausgrau), kryptokristallin, tonig, laminiert-ebenschichtig, zahlreiche frühdiagenetische Risse, z.T. auch schräggeschichtet und flaserig, keine Gipslagen
- 271,28 m Dolomitstein (Dolomitmergelstein) gelblichgrau, (mausgrau), kryptokristallin, tonig, laminiert-ebenschichtig, zahlreiche frühdiagenetische Risse, z.T. auch schräggeschichtet und flaserig, mit sulfidischen verzerrten Rissen

Mittlerer Muschelkalk:
Basisdolomit

Unterer Muschelkalk:
Obere Orbicularisschichten

- 271,30 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, laminiert homogen, einzelne Zweischaler
- 271,48 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, laminiert homogen, einzelne Zweischaler mit 2 Fasergipslagen von 2 mm
- 271,58 m Dolomitstein dunkelgrau, fein lamelliert, Fissuren mit Pyrit gefüllt
- 271,82 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, laminiert homogen, einzelne Zweischaler
- 271,83 m Feinsandstein hellgrau, dolomitisch, gradiert-ebenschichtig, mit PbS imprägniert
- 272,19 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, laminiert homogen, einzelne dolomitische Feinsandsteinlagen bis 2 mm
- 272,20 m Feinsandstein hellgrau, dolomitisch, schräggeschichtet, mit PbS imprägniert
- 272,62 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, laminiert, homogen, einzelne schwach dolomitische Feinsandsteinlagen bis 5 mm
- 272,63 m Feinsandstein hellgrau, dolomitisch, ebenschichtig mit Pyrit imprägniert
- 273,71 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, laminiert homogen, nach HCl-Test hellgelblichgrau ausbleichend, einzelne Zweischaler

Obere Orbicularisschichten

Vorläufer-Sulfatzone

- 274,22 m Gips hellgrau, grobkristallin, massig, wolkig-schlierig, einige dünne Tonhäute
- 274,48 m Gips flaserig
- 274,64 m Anhydrit hellgrau, kryptokristallin, dicht, massig, als in-situ-Breccie von grobkristalliner Gipsmatrix durchdrungen, oben nimmt der Gipsanteil zu, was den Eindruck einer Anhydritbank erweckt
- 275,05 m Gips hellgelblichgrau, tonfrei, schlierig-wolkig, mit einzelnen reliktschen Anhydritlinsen, deren Anteil nach oben zunimmt
- 275,17 m Berggips hellgrau-gelblichgrau, tonig, feinkörnig, laminiert, jedoch nur in stark gestörten Restschollen erhalten, brecciöses Gefüge, dazwischen massiger, grobkristalliner, transparenter Gips, von Fasergipslagen durchzogen

Vorläufer-Sulfatzone

Untere Orbicularisschichten

- 275,44 m Mergelstein gelblichgrau, dolomitisch, sulfatisch, homogen-massig, mit Fasergipslagen bis 1 cm
- 275,49 m Gipsmergel grau, tonig, dolomitfrei, derbmassig, oben toniger, von Fasergipschnüren durchzogen
- 275,52 m Tonmergelstein grau, schwach dolomitisch, sulfatisch, ungestört, homogen, Fasergipslagen bis 5 mm
- 275,64 m Tonmergelstein grau, dolomitisch, laminiert, ungestört, zahlreiche mm-starke dolomitische Siltlagen, oben ein 1 cm starke Anhydritlage, massig, als Abschluß 2 mm Fasergips
- 275,84 m Wechsellagerung: Tonmergelstein grau, dolomitisch und Feinsandstein, hellgrau, siltig, ebenschichtig, nur vereinzelt bioturbat, Groblagen bis 1 cm Stärke
- 275,88 m Dolomitfeinsandstein hellgrau, siltig, laminiert-massig, dicht
- 276,43 m Wechsellagerung: Tonmergelstein grau, dolomitisch; Feinsandstein, hellgrau, siltig, ebenschichtig, nur vereinzelt bioturbat, Groblagen bis 1 cm Stärke

- 276,50 m Feinsandstein hellgrau, dolomitisch, siltig, ebenschichtig, ungestört, in 2 Lagen, durch 1 cm Tonmergel getrennt
- 276,96 m Wechsellagerung: Tonmergelstein grau, dolomitisch und Feinsandstein, hellgrau, siltig, ebenschichtig, nur vereinzelt bioturbat, Groblagen bis 1 cm Stärke
- 277,00 m Feinsandstein hellgrau, dolomitisch, siltig, ebenschichtig, ungestört, oben in Tonmergel übergehend
- 279,88 m Tonmergelstein grau, dolomitisch, siltig, ebenschichtig-laminiert, wechselnd bioturbat, aus gradierten Schüttungssequenzen (dolomitischer Feinsandstein, Silt-Tonmergel) aufgebaut, jeweils max. 5 cm mächtig, mit erosiver Basis, Grobanteil stets ebenschichtig, mit rundlichen Hohlräumen bis 5 mm Ø (Gipsresiduen), z.T. auch Gipsknöllchen noch vorhanden, einzelne Abschnitte nicht bioturbat
- 280,82 m Tonmergelstein grau, dolomitisch, siltig, feinstflaserig, bioturbat, pyritisierte Fossilreste, mit Feinsandstein-/Siltlagen in Aufarbeitungsrelikten
- 280,88 m Feinsandstein hellgrau, gradierte Sequenz, oben in Tonmergel übergehend, ebenschichtig, Basis erosiv
- 281,11 m Tonmergelstein grau, dolomitisch, ebenschichtig, feinstflaserig, oberste 2 cm bioturbat, feinsandig
- 281,17 m Tonmergelstein grau, dolomitisch, ebenschichtig, feinstflaserig, oberste 2 cm bioturbat, feinsandig, mit einem Fossilrest *Beneckeia buchi?*)
- 282,73 m Tonmergelstein grau, dolomitisch, ebenschichtig, flaserig, wechselnd bioturbat, mit dolomitischen Feinsandsteineinlagerungen bis 1 cm, ebenschichtig
- 282,74 m Dolomitstein hellgrau, flaserig, Grobschill
- 282,76 m Dolomitstein hellgrau, feinsandig, ebenschichtigmassig, dicht
- 282,81 m Mergelstein grau, dolomitisch, ebenschichtig mit einer dolomitischen Feinsandsteineinlagerung
- 282,86 m Dolomitstein hellgrau, feinsandig, Grobschill ohne Schalenerhaltung, mit PbS imprägniert, mit linsigen, drusigen Hohlräumen bis 1 cm Ø (Gipsresiduen)
- 282,92 m Dolomitstein grau, feinsandig, flaserig, stark mit PbS imprägniert
- 283,16 m Dolomitmergelstein grau, tonig, schwach feinsandig, flaserig, stark bioturbat, eine Kluft mit PbS vererzt
- 283,53 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, feinsandig, ebenschichtig, mit einzelnen dünnen ebenschichtigen Feinsandsteinlagen, einzelne Grabgänge
- 283,68 m Dolomitstein hellgrau, feinsandig, Grobschill mit PbS imprägniert
- 283,88 m Dolomitmergelstein gelblichgrau, tonig, fest, ebenschichtig, schwach bioturbat, wenige Feinsandsteinreste in Grabgängen
- 284,34 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach dolomitisch, ebenschichtig-laminiert, mit einzelnen dünnen, ebenschichtigen Feinsandsteinlagen bis 5 mm
- 284,48 m Dolomitstein:
 - 2 cm hellgrau, feinsandig, Bruchschill mit PbS imprägniert, linsige Hohlräume bis 15 mm Ø (Gipsresiduen)
 - 2 cm gelblichgrau, tonig-siltig, homogen-massig
 - 5 cm hellgrau, feinsandig, Grobschill, mit PbS imprägniert, mit linsigen Drusen (Gipsresiduen)
 - 5 cm gelblichgrau, tonig-siltig, homogen-massig

Untere Orbicularisschichten

Wellenkalk-Äquivalent

- 285,57 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach dolomitisch, feinsandig, ebenschichtig-laminiert bis feinstflaserig, mit dolomitischen, ebenschichtigen Feinsandsteinlagen bis 1 cm, z.T. mit PbS imprägniert
- 286,29 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach dolomitisch, feinsandig, ebenschichtig-laminiert bis feinstflaserig, mit dolomitischen, ebenschichtigen Feinsandsteinlagen bis 1 cm, z.T. mit PbS imprägniert, vereinzelt Grabgänge
- 287,20 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach dolomitisch, feinsandig, ebenschichtig-laminiert bis feinstflaserig, mit dolomitischen, ebenschichtigen Feinsandsteinlagen bis 1 cm, z.T. mit PbS imprägniert, schwach bioturbat
- 287,80 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, feinsandig-feinflaserig, bioturbat, mit einzelnen ebenschichtigen Feinsandsteinlagen bis 1 cm

- 287,83 m Feinsandstein grau, dolomitisch, ebenschichtig einzelne Grabgänge
- 288,31 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, feinflaserig, bioturbat
- 288,72 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, einzelne dünne, dolomitische Feinsandsteinlagen, ebenschichtig-laminiert, wenige bioturbate Lagen

 Wellenkalk-Äquivalent

Spiriferina-Bank?

- 288,77 m Dolomitstein grau, Grobschill (Terebrateln?) stark mit PbS imprägniert (z. T. Schalenkarbonatverdrängung), auch Pyrit u. a. Sulfide
- 288,80 m Dolomitstein grau, feinkristallin, massig, mit PbS imprägniert

Spiriferina-Bank?

 Mittlere Mergel

- 289,90 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach dolomitisch, schwach feinsandig, laminiert, unten schwach bioturbat, oben ungestört und etwas stärker dolomitisch
- 289,93 m Feinsandstein hellgrau, dolomitisch, ebenschichtig, oben bioturbat
- 290,93 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach dolomitisch, laminiert-ebenschichtig, schwach bioturbat, mit einzelnen Feinsandsteineinlagerungen bis 2 cm
- 290,97 m Mittelsandstein hellgrau, dolomitisch, massig, oben eine 1 cm starke, flaserige Tonmergellage eingeschaltet
- 291,07 m Tonmergelstein dunkelgrau, dolomitisch, stark bioturbat, mit mehreren Mittelsandsteinlagen
- 291,10 m Mittelsandstein hellgrau, dolomitisch, massig
- 291,37 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach dolomitisch, feinsandig, laminiert-ebenschichtig, bioturbat
- 291,46 m Wechsellagerung: Feinsandstein, hellgrau, dolomitisch, ebenschichtig-laminiert und Tonmergel, dunkelgrau, schwach dolomitisch, laminiert, bioturbat
- 292,00 m Tonmergelstein dunkelgrau, feinsandig, dolomitisch, flaserig bis ebenschichtig, bioturbat, bei 291,90 m: Knochenstück 2 mm breit, 50 mm lang, Apatit, horizontal liegend, innen segmentiert, Hohlräume z. T. sulfidisch vererzt, spitz auslaufend (Saurierrippe?)
- 292,78 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach feinsandig, schwach dolomitisch, laminiert
- 292,89 m Tonmergelstein dunkelgrau, schwach feinsandig, schwach dolomitisch, feinflaserig, bioturbat
- 293,37 m Tonmergelstein grau, feinsandig, schwach dolomitisch, glimmerführend, bioturbat mit dolomitischen Feinsandsteinlagen, mit zahlreichen linsigen Hohlräumen bis 7 mm Ø (Gipsresiduen)
- 294,00 m Tonmergelstein grau, feinsandig, schwach dolomitisch, glimmerführend, flaserig, bioturbat, mit dolomitischen Feinsandsteinlagen bis 1 cm

 Mittlere Mergel

Muschelsandstein

- 294,17 m Feinsandstein grau, mergelig-dolomitisch, flaserig, bioturbat
- 294,18 m Feinsandstein hellgrau, dolomitisch, ebenschichtig
- 294,20 m Dolomitstein hellgrau, grobsandig, massig-knauerig; oben in dunkelgrauen Tonmergel übergehend, mit isolierten Dolomitkristallen, blättrig
- 294,93 m Feinsandstein grau, mergelig-dolomitisch, glimmerführend, flaserig, bioturbat, mit einzelnen Mittelsandsteinlagen
- 295,31 m Dolomitfeinsandstein grau, mergelig, glimmerführend, schwach flaserig
- 295,60 m 1 cm Grobsandstein weißgrau, kaolinig, dolomitisch, porös, massig
10 cm Dolomitsandstein gelblichgrau, grobkörnig, kaolinig, dicht, massig
7 cm Grobsandstein weißgrau, kaolinig, dolomitisch, porös, massig
3 cm Dolomitsandstein gelblichgrau, grobkörnig, kaolinig, dicht, massig
8 cm Grobsandstein weißgrau, kaolinig, dolomitisch, porös, massig

- 295,70 m Grobsandstein weißgrau, kaolinig, dolomitisch, porös, massig
- 295,93 m Feinsandstein hellgrau, tonig, schwach dolomitisch, glimmerführend, flaserig, stark bioturbat
- 295,94 m Mittelsandstein weißgrau, kaolinig, dolomitisch, massig
- 296,07 m Feinsandstein hellgrau, tonig, schwach dolomitisch, glimmerführend, flaserig, stark bioturbat
- 296,56 m Feinsandstein hellgrau, tonig, schwach dolomitisch, glimmerführend, flaserig, stark bioturbat, von 296,30–296,38 m: linsige Hohlräume bis 2 cm Ø (Gipsresiduen)
- 298,00 m Feinsandstein hellgrau, tonig, schwach dolomitisch, glimmerführend, flaserig, stark bioturbat
- 299,23 m Feinsandstein hellgrau, tonig, dolomitisch, glimmerführend, feinflaserig, stark bioturbat, mit schwarzen Tonfasern
- 299,30 m Mittel-Feinsandstein hellgrau, tonig, dolomitisch, glimmerführend, feinflaserig, stark bioturbat, mit schwarzen Tonfasern

 Muschelsandstein

Liegende Deckbänke

- 299,37 m Grobsandstein grau, dolomitisch, flaserig, mit schwarzen Tonfasern
- 299,58 m Grobsandstein grau, dolomitisch, flaserig, mit schwarzen Tonfasern, bioturbat
- 299,86 m Konglomerat grau, grobe Grobsandsteingerölle (Aufarbeitungsprodukte aus Teufe bis 299,94 m) bis 4 cm Ø, Milchquarzgerölle und metamorphe Gesteinsbruchstücke bis 5 mm Ø, Matrix kaolinig, dolomitisch
- 299,94 m Dolomitstein gelblichgrau, konglomeratisch, Gerölle aus Quarz und Gesteinsbruchstücken bis 1 cm Ø, Schill, keine Schalenerhaltung, drusig mit calcitischem Besatz, tonig, Erzimplägnationen, Grabgänge

 Unterer Muschelkalk:
 Liegende Deckbänke

 Oberer Buntsandstein

- 300,00 m Sandstein weißgrau, grobkörnig, kaolinig, sehr porös, Schrägschichtung
- 300,06 m Sandstein weißgrau, mittel- bis grobkörnig, kaolinig, sehr porös, massig
- 300,31 m Sandstein weißgrau, mittelkörnig, porös, massig, unten einzelne dunkelgraue Tonlamellen
- 301,08 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig, sehr porös, schlecht sortiert, grobe Schrägschichtung, einzelne Gesteinsbruchstücke bis 2 mm Ø
- 301,22 m Sandstein graugrün, feinkörnig mit dünnen Tonbändern
- 301,54 m Sandstein weißgrau, kaolinig, mittel- bis grobkörnig
- 301,66 m Sandstein weißgrau, kaolinig, feinkörnig, Schrägschichtung
- 301,87 m Sandstein grau, mittel- bis grobkörnig
- 302,68 m Sandstein grau, graugrün, weißgrau, fein- bis mittelkörnig, mit Tonsteinlagen in mm-Stärke
- 304,58 m Sandstein hellgrau, kiesig, mit Quarzgeröllen bis 3 mm Ø
- 304,78 m Sandstein hellgrau, mittelkörnig
- 306,60 m Sandstein hellgrau, grobkörnig bis kiesig
- 307,00 m Sandstein rotbraun, mittel- bis grobkörnig
- 307,19 m Sandstein hellgrau, grobkörnig, mit Tongallen bis 3 cm Ø
- 307,70 m Sandstein grau und rotbraun, grobkörnig
- 308,30 m Sandstein rotbraun, grobkörnig bis kiesig
- 308,73 m Sandstein rotbraun, grobkörnig
- 308,83 m Sandstein grau, grobkörnig bis kiesig
- 308,89 m Sandstein grau, mittel- bis grobkörnig
- 310,00 m Sandstein rotbraun, grobkörnig
- 310,70 m Sandstein grau, grobkörnig bis kiesig
- 311,00 m Sandstein violettbraun, feinkörnig
- 311,10 m Tonstein grün und violett, sandig
- 311,37 m Sandstein rotbraun und grau, mittel- bis grobkörnig
- 311,84 m Sandstein grau, mittelkörnig, rotbraun gebändert

- 311,88 m Sandstein grau, grobkörnig, mit Quarzgeröllen bis 3 cm Ø
- 312,00 m Sandstein violettbraun, mittelkörnig, tonig
- 312,14 m Sandstein rotbraun, mittelkörnig
- 312,58 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig bis kiesig
- 314,50 m Sandstein grau, grobkörnig bis kiesig
- 315,20 m Sandstein rotbraun, mittel- bis grobkörnig, einzelne Quarzgerölle bis 0,5 cm Ø
- 316,43 m Sandstein grau, grobkörnig, Quarzgerölle bis 3 cm Ø
- 318,63 m Sandstein rotbraun und grau, grobkörnig, Quarzgerölle bis 3,5 cm Ø, lagenweise Schrägschichtung
- 321,66 m Sandstein rotbraun und grau, grobkörnig, z. T. kiesig, einzelne Quarzgerölle und Feldspäte bis 1 cm Ø
- 321,68 m Sandstein rotbraun, feinkörnig
- 324,69 m Sandstein rotbraun und grau, grobkörnig bis kiesig; mit knolligen, hellgrauen Karneolen
- 328,00 m Sandstein rotbraun und grau, lagenweise violett, grobkörnig bis kiesig, mit kugeligen bis röhrenförmigen kieseligen Einschaltungen, zwischen 224,80–325,00 m
- 328,12 m Sandstein hellgrau, feinkörnig
- 328,44 m Sandstein rotbraun und hellgrau, feinkörnig, tonig, Quarzgerölle bis 3,5 cm Ø
- 329,23 m Sandstein weißgrau, mittel- bis grobkörnig, z. T. kiesig
- 330,67 m Sandstein weißgrau, grobkörnig bis kiesig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø, Schrägschichtung
- 330,68 m Tonstein grün
- 330,77 m Tonstein rotbraun, sandig
- 331,09 m Sandstein hellgrau, mittelkörnig
- 331,10 m Tonstein grün
- 331,20 m Sandstein weißgrau, grobkörnig bis kiesig
- 331,30 m Sandstein grau, mittelkörnig
- 331,92 m Sandstein weißgrau, grobkörnig bis kiesig
- 332,00 m Tonstein rotviolett

 Oberer Buntsandstein

Mittlerer Buntsandstein

- 332,40 m Sandstein graugrün, rotbraun und grau, mittelkörnig, feinschichtig, Schrägschichtung
- 333,12 m Sandstein weißgrau, grobkörnig bis kiesig
- 333,14 m Tonstein rotbraun
- 333,16 m Tonstein grün
- 333,86 m Sandstein weißgrau, grobkörnig, mit Tongallen
- 333,91 m Sandstein weißgrau, kiesig
- 333,93 m Tonstein grün
- 334,30 m Sandstein weißgrau, kiesig, mit zahlreichen Quarzgeröllen bis 1 cm Ø
- 334,90 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig, lagenweise kiesig
- 335,76 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig bis kiesig
- 335,80 m Sandstein weißgrau, kaolinig, kiesig, mit Quarzgeröllen bis 2 cm Ø
- 336,90 m Sandstein graugrün, grobkörnig bis kiesig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 336,96 m Sandstein graugrün, mittelkörnig, gebändert
- 337,09 m Sandstein tiefrotbraun, mittelkörnig
- 337,55 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig bis kiesig, Quarzgerölle und Tongallen bis 1 cm Ø
- 337,93 m Sandstein graugrün, mittelkörnig, lagenweise grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø, Schrägschichtung
- 338,20 m Sandstein weißgrau, kaolinig, kiesig
- 338,80 m Sandstein graugrün und grauweiß, mittel- bis grobkörnig, Schrägschichtung
- 338,88 m Sandstein weißgrau, kiesig, rote Quarzgerölle (kantig) bis 1 cm Ø
- 339,19 m Sandstein graugrün, mittelkörnig, schichtig
- 339,53 m Sandstein grau, grobkörnig bis kiesig, rote und grüne Tongallen
- 339,90 m Sandstein weißgrau, grobkörnig
- 340,00 m Sandstein graugrün, kiesig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 340,12 m Sandstein graugrün, mittel- bis grobkörnig
- 341,70 m Sandstein weißgrau, kiesig, Quarzgerölle bis 2 cm Ø

- 341,90 m Sandstein weißgrau, kaolinig, mittel- bis grobkörnig, Schrägschichtung
- 348,27 m Sandstein weißgrau, überwiegend kiesig, Quarzgerölle bis 2 cm Ø, rote und grüne Tongallen bis 2,5 cm Ø, Schrägschichtung
- 348,36 m Sandstein rotbraun, grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø, Schrägschichtung
- 348,45 m Sandstein graugrün, mittelkörnig, Schrägschichtung
- 348,51 m Sandstein rotbraun, mittelkörnig
- 348,65 m Sandstein weißgrau, kaolinig, mittelkörnig, Schrägschichtung
- 348,72 m Sandstein rotbraun, mittelkörnig, tonig
- 349,17 m Sandstein weißgrau, grobkörnig bis kiesig
- 349,21 m Sandstein graugrün, feinkörnig, glimmerig, tonig
- 349,27 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 349,42 m Kieslage weißgrau, kaolinig, Quarzgerölle bis 2 cm Ø
- 349,57 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig, Schrägschichtung
- 349,68 m Kieslage weißgrau, dichtgepackt, Quarzgerölle bis 2,5 cm Ø
- 350,00 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig
- 350,03 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig, weißer Ton
- 350,08 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig
- 350,11 m Kieslage weißgrau, kaolinig
- 350,77 m Sandstein weißgrau, grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 350,84 m Sandstein hellgrün, grobkörnig
- 351,00 m Sandstein weißgrau, grobkörnig bis kiesig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 351,14 m Sandstein weißgrau, grobkörnig
- 351,52 m Sandstein weißgrau, kaolinig, kiesig, lagenweise grobkörnig, Quarzgerölle bis 2 cm Ø
- 351,77 m Sandstein weißgrau, kaolinig, grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 352,00 m Sandstein grauweiß, grobkörnig bis kiesig, Tongallen bis 2 cm Ø
- 352,39 m Sandstein hellgrau, kiesig, Quarzgerölle bis 2 cm Ø
- 352,48 m Sandstein hellgrün, mittelkörnig, glimmerig, tonig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 352,55 m Sandstein rotbraun, mittelkörnig, tonig
- 353,26 m Sandstein hellbraun, kiesig, Quarzgerölle bis 2 cm
- 353,54 m Sandstein grauweiß, grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 353,55 m Sandstein rot, grobkörnig, tonig
- 354,00 m Sandstein hellgrau, grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 354,06 m Sandstein weißgrau, kiesig, Quarzgerölle bis 2,5 cm Ø
- 354,55 m Sandstein hellgrau bis grauweiß, grobkörnig, Quarzgerölle bis 0,7 cm Ø
- 354,83 m Sandstein rötlich, grobkörnig, Tongallen bis 2 cm Ø
- 355,00 m Sandstein graugrün bis grauweiß, grobkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 355,96 m Sandstein rötlich, grobkörnig, gestreift, Quarzgerölle bis 0,5 cm Ø
- 356,39 m Sandstein grauweiß bis hellrötlich, grobkörnig bis kiesig
- 357,02 m Sandstein rotbraun, grobkörnig bis kiesig, tonig
- 357,11 m Sandstein graugrün bis hellrötlich, grobkörnig, Schrägschichtung
- 357,22 m Tonstein rotbraun, mit mittelkörnigem Sandstein
- 357,27 m Sandstein rotbraun, grobkörnig bis kiesig
- 357,37 m Sandstein lichtbraun, grobkörnig bis kiesig
- 357,45 m Sandstein rotbraun, kiesig
- 357,64 m Sandstein braun, mittelkörnig, mit kiesiger Zwischenlage, Schrägschichtung
- 358,40 m Sandstein rotbraun, feinkörnig, auch grobkörnige Lagen, tonig
- 359,00 m Sandstein rot- und lichtbraun, grobkörnig, mit Quarzgeröll-Lagen bis 1,5 cm Ø
- 359,10 m Sandstein hellgrau, grobkörnig bis kiesig
- 359,16 m Sandstein rotbraun, feinkörnig, glimmerig, tonig
- 359,21 m Quarzgeröll-Lage grau (Ø bis 1,5 cm) und grauer, grobkörniger Sandstein
- 359,32 m Sandstein rotbraun, feinkörnig, glimmerig, tonig
- 359,33 m Tonstein rotbraun
- 359,40 m Sandstein grauweiß, mittelkörnig, Quarzgerölle bis 1 cm Ø
- 359,59 m Sandstein rotbraun, feinkörnig, mit eckigen Quarzlagen bis 1 cm Ø, etwas tonig
- 359,69 m Sandstein grauweiß, mittel- bis grobkörnig
- 359,84 m Sandstein lagenweise rotbraun, grün und grau, mittelkörnig, tonig
- 363,36 m Konglomeratlage rotbraun und grauweiß, mit kiesigen Sandzwischenlagen, die Quarzgerölle sind milchigweiß bis grau, kantengerundet mit einem Ø bis 7 cm; daneben, aber untergeordnet, Grundgebirgsgerölle

Mittlerer Buntsandstein

Oberrotliegendes

- 364,00 m Tonstein tiefrotbraun, sandig mit Grundgebirgsschutt
- 364,30 m Grundgebirgsschuttpackung (bis 7 cm Ø) tonig
- 368,10 m Tonstein tiefrotbraun, sandig, mit dichten Grundgebirgsschuttpackungen (bis 6 cm Ø)
- 369,74 m Tonstein tiefrotbraun, sandig mit grobbröckligem Grundgebirgsschutt (9 cm Ø)
- 376,00 m Tonstein tiefrotbraun, grobsandig mit dichten Grundgebirgsschuttpackungen (5 cm Ø)

Oberrotliegendes

Grundgebirge

- 382,50 m gerötete Gneise, mittelkörnig, paralleltexturiert, verfaltete, mit Augengneiseinschaltungen
- 383,50 m rötlich-grünliche Biotit-Plagioklas Lagengneise, fein- bis mittelkörnig, verfaltete
- 386,50 m gerötete Biotit-Plagioklas Lagengneise, fein- bis mittelkörnig, verfaltete und tektonisch beansprucht
- 392,00 m gerötete Bändergneise, feingefältelt, mit Cordieritgroßkristallen
- 393,00 m gerötete Bändergneise, deutliche Gefügelösung mit nebulitischen Bereichen
- 394,50 m rötliche Gneise mit großen Cordieritdioblasten, teilweise in Nestern, feinverfaltete
- 402,30 m rötlicher Bändergneis mit Resten feingefalteter Biotit-Plagioklas Lagengneise
- 403,00 m graugrüne Bändergneise
- 405,80 m rötliche Biotit-Plagioklas Lagengneise, feingefältelt, mit schmalen, pegmatitischen Einschaltungen mit idiomorphen Cordieriten
- 407,20 m rötlich-grünliche Bändergneise, feingefältelt
- 409,00 m granitisch, aplitische Einschaltungen mit Schollen von Biotit-Plagioklas Lagengneisen, die feinverfaltete sind
- 412,50 m rötlich-grünliche Gneise, deutlich gefaltete mit granitisch aplitischen Einschaltungen, die ihrerseits eine Feldspat- und Cordieritanreicherung erkennen lassen
- 413,60 m granitisch, aplitische Einschaltung oder nebulitisch aufgelöste Gneisgefüge mit Schollen oder Resten von Biotit-Plagioklas Lagengneisen, die deutlich verfaltete sind.
- 415,80 m graugrüne Gneise, mittelkörnig, zeilig mit Augengneistextur; die Größe der Feldspat-Augen liegt im Durchschnitt bei 1 cm
- 418,80 m graugrüne-rötliche, homogene Cordieritgneise mit Lagentextur, mittelkörnig
- 420,80 m rötliche Biotit-Plagioklas Lagengneise, fein-mittelkörnig gefältelt mit Augengneistextur, die Größe der Feldspatblasten erreicht 2 cm Kantenlänge
- 421,50 m rotgefärbte, granitisch, aplitische Einschaltung
- 424,50 m graugrüne Bändergneise mit Augengneistextur und granitischen Einschaltungen
- 427,00 m grün-rote Gneise, stark gefaltete mit Augengneistextur, die Klufflächen sind stark vergrünt (chloritisiert)
- 429,20 m grünliche Gneise mit sich auflösendem Parallelgefüge, mit granitisch, aplitischen Einschaltungen
- 432,00 m rötliche Bändergneise mit lagigen Cordierit-Anreicherungen
- 436,30 m rötlich, grünliche, Bändergneise mit Resten von Lagengneisen; schmale (3 cm breite), pegmatitische Gängchen mit id. Cordieriten
- 440,00 m rötlich-grünliche Bändergneise; die sich auflösenden Lagen stark gefältelt
- 441,50 m rötlich-grünliche, homogene Gneise mit pegmatitischen Cordieritanreicherungen
- 454,50 m rötliche Lagengneise, mittelkörnig, gefältelt und durchbewegt
- 455,00 m granitisch, aplitische Einschaltung
- 455,53 m Mylonit rot, im Bereich der stärksten mechanischen Deformation dunkle Tone
- 460,15 m rötliche Bändergneise, stark durchbewegt
- 461,30 m grünliche, granitische Gneise, stark durchbewegt, stark geklüftet, auf den Klufflächen Chlorit
- 463,80 m rötlich-grünliche Bändergneise und Granitgang, ca. 10 cm mächtig mit Salband, fein-mittelkörnige Bestandteile
- 465,30 m braungrüne Gneise, feinkörnig, inhomogen
- 466,50 m rötlich, grünliche Bändergneise, durchbewegt, mit pegmatitischen Cordieritanreicherungen
- 469,20 m graugrüne Lagengneise, mit beginnender Gefügelösung mit Schollen von biotitreichen Augengneisen

- 469,80 m quarzitische Einschaltungen in den Bändergneisen
- 472,20 m braungrünliche Bändergneise mit Epidot-reichen Zwischeneinschaltungen
- 473,50 m braungrünliche Bändergneise mit unterschiedlich großen Feldspatungen
- 474,00 m rötlich-braune Bändergneise
- 475,10 m rötliche, pegmatitische Einschaltungen
- 479,50 m rotgraue Gneise, lagig, durchbewegt, mit amphibolitischer Einschaltung bei 479,00 m
- 485,30 m graubraune lagige Gneise, gefaltet mit Augengneistextur, Epidot auf Klüften
- 488,10 m graubraune lagige Gneise, gefaltet
- 488,30 m quarzitische Einschaltung
- 492,00 m rötliche Lagengneise, stark durchbewegt
- 494,80 m bunte Gneise, stark durchbewegt (mit Epidot und Turmalin auf Klüften und Rissen)
- 503,00 m bunte Gneise
- 505,10 m graugrüne Gneise, gebändert mit Cordieritflecken
- 507,30 m graue Lagengneise, z. T. mit idiomorphen Cordieriten
- 507,90 m graue Gneise, gebändert mit idiomorphen Cordieriten
- 510,60 m braungrüne Lagengneise mit teilweiser Augengneistextur
- 511,00 m graugrün-rötliche Gneise
- 513,80 m braungrüne Gneise, mit Cordieritidioblasten
- 514,80 m braungrüne Gneise, mit schwacher Augengneistextur, Feldspatungen bis zu 1 cm Ø
- 515,00 m Quarz-Feldspat Pegmatit
- 515,50 m granit. Einschaltung (Ganggranit)
- 518,40 m graugrüne Gneise, mit idiomorphen Cordieriten
- 519,90 m braungraue Gneise mit Augengneistextur, Größe der Feldspatblasten bis 1,5 cm
- 523,00 m graue Gneise, granitische Einschaltungen, z. T. Augengneistextur
- 524,40 m rötliche Gneise, durchbewegt
- 524,60 m dunkelroter Mylonit
- 528,80 m rot-grüne Gneise, gebändert
- 531,70 m rot-grüne Gneise, gebändert mit dunkelroten mylonitischen Einschaltungen bei 528 9 m, 529,1 m, 529,5 m, 530,9 m, 531,2 m, 531,4 m, 531,7 m
- 538,50 m bunte Gneise, gebändert mit idiomorphen Cordieriten und kl. pegmatitischen Einschaltungen
- 542,50 m bunte Gneise mit Augengneistextur, die Größe der Feldspatblasten liegt bei 1,5 cm. Mylonitische Einschaltungen sind bei 539,1 m, 541,7–541,9 m
- 543,00 m graue Gneise mit bis zu 1 cm großen, idimorphen Pyritkristallen
- 549,00 m bunte Gneise
- 562,00 m Mylonitische Zone [ET].

5. Literatur

- ALDINGER, H. (1951): Über eine Tiefbohrung im Muschelkalk bei Rudersberg (Kr. Schorndorf, Nordwürttemberg). – Jh. Geol. Abt. württemb. Statist. L.-Amt, 1: 9–14, Stuttgart 1951.
- ANGENHEISTER, G. & POHL, J. (1969): Die seismischen Messungen im Ries von 1948–1969. – *Geologica Bavarica*, 61: 304–326, München 1969.
- AUST, H. (1969): Lithologie, Geochemie und Paläontologie des Grenzgebietes Muschelkalk – Keuper in Franken. – Abh. Naturwiss. Ver. Würzburg, 10: 1–176, Würzburg 1969.
- BAUBERGER, W. & HAUNSCHILD, H. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6438 Schnaittenbach. – 127 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1981): Geol. Kt. Bayern 1:500 000, 3. Aufl., Erl., 168 S., München 1981.
- BENTZ, A. (1928): Geologische Beobachtungen am westlichen Riesrand. – Z. dt. geol. Ges., 79 A: 405–438, Berlin 1928.

- BIRZER, F. (1936): Eine Tiefbohrung durch das mesozoische Deckgebirge in Fürth in Bayern. – Zbl. Mineral. etc., Abt. B, **1936**: 425–433, Stuttgart 1936.
- (1958): Bohrprofile aus dem Keuper im südlichen Franken und der angrenzenden Oberpfalz. – Erlanger geol. Abh., **26**: 24 S., Erlangen 1958.
- BRENNER, K. (1973): Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Mittelkeupers in Südwest-Deutschland. – Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, N.F. **68**: 101–222, Stuttgart 1973.
- BREYER, F. (1955): Ergebnisse seismischer Messungen auf der süddeutschen Großscholle besonders im Hinblick auf die Oberfläche des Varistikums. – Z. dt. geol. Ges., **108**: 21–36, Hannover 1955.
- BRUNNER, H. (1977): Zur Stratigraphie und Sedimentpetrographie des Unteren Keupers (Lettenkeuper, Trias) im nördlichen Baden-Württemberg. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **59**: 169–193, Stuttgart 1977.
- BRUNNER, H., ETZOLD, A., HAGDORN, H., SCHRÖDER, B., SCHWARZ, H.-U., SIMON, T., WURM, F. & ZIMMERMANN, E. (1981): Schichtenfolge und geologische Bedeutung der Thermalwasserbohrung Aalen 1. – Jh. Ges. Naturkde. Württemberg, **136**: 45–104, Stuttgart 1981.
- CARLÉ, W. (1972): Geologie und Hydrogeologie der Mineral- und Thermalwässer von Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **14**: 69–143, Freiburg im Breisgau 1972.
- DORN, P. (1937): Paläogeographie der „Riesbarre“. – N. Jb. Mineral. usw., **77**. Beil.-Bd., Abt. B: 1–44, Stuttgart 1937.
- EISENHUT, E. (1958): Stubensandstein und Obere Bunte Mergel in Nordostwürttemberg. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **40**: 145–169, Stuttgart 1958.
- (1967): Kieselsandstein und Lehrbergsschichten in Nordost-Württemberg. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **49**: 61–74, Stuttgart 1967.
- FRANK, M. (1930): Stratigraphie und Bildungsgeschichte des süddeutschen Gipskeupers. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **19**: 25–77, Stuttgart 1930.
- FREYBERG, B. v. (1935): Zur Paläogeographie des Jungpaläozoikums in Deutschland. – Z. dt. geol. Ges., **87**, Jg. 1935: 193–209, Berlin 1935.
- (1954a): Der Blasen- und Semionotensandstein im oberfränkischen Randgebiet. – Geol. Bl. NO-Bayern, **4**: 136–144, Erlangen 1954.
 - (1954b): Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benker Sandstein in Franken. – Erlanger geol. Abh., **11**: 1–47, Erlangen 1954.
 - (1965a) Der Coburger Bausandstein (Mittl. Keuper) von Zeil – Ebelsbach als Beispiel einer epikontinentalen Schichtenfolge. – Erlanger geol. Abh., **58**: 60 S., Erlangen 1965.
 - (1965b): Cyklen und stratigraphische Einheiten im Mittleren Keuper Nordbayerns. – Geologica Bavarica, **55**: 130–145, München 1965.
 - (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. – Erlanger geol. Abh., **77**: 81 S., Erlangen 1969.
- FROMM, K. (1982): Magnetische Untersuchungen an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – Geologica Bavarica, **83**: (ds. Bd.), München 1982.
- GALL, H., HÜTTNER, R. & MÜLLER, D. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rieses 1:50000. – Geologica Bavarica, **76**: 191 S., München 1977.
- GRAUP, G. (1975): Das Kristallin im Nördlinger Ries. Petrographische Zusammensetzung und Auswurfmechanismus der kristallinen Trümmersmassen, Struktur des kristallinen Untergrundes und Beziehungen zu Moldanubikum. – 176 S., Diss. Univ. Tübingen, Tübingen 1975.
- GUDDEN, H. (1981a): Über Thermal-Mineralwasser-Bohrungen im Coburger Land. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **63**: 229–252, Stuttgart 1981.
- (1981b): Der Untere Keuper in Bohrungen zwischen Eltmann und Rodach. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**: 448–462, Erlangen 1981.

- GWINNER, M. P. (1980): Eine einheitliche Gliederung des Keupers (Germanische Trias) in Süddeutschland. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh. **1980**: 229–234, Stuttgart 1980.
- HAGDORN, H. (1978): Muschel/Krinoiden Bioherme im Oberen Muschelkalk (mo1, Anis) von Crailsheim und Schwäbisch Hall (Südwestdeutschland). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **156**: 31–86, Stuttgart 1978.
- HATZOLD, W. (1981): Zum Quaderkalk (Trias, mo) Frankens. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **63**: 211–217, Stuttgart 1981.
- HAUNSCHILD, H. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Bl. Nr. 6728 Herrieden. – 70 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.
- (1967a): Der Gipskeuper in den Bohrungen Weinberg 1 und 2. – Geol. Bl. NO-Bayern, **17**: 99–106, Erlangen 1967.
 - (1967b): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Bl. Nr. 6829 Ornbau. – 135 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.
 - (1969): Die Trias im Ries und Vorries. – *Geologica Bavarica*, **61**: 43–58, München 1969.
 - (1970a): Bohrung der Stadt Dinkelsbühl. – Geol. Bl. NO-Bayern, **20**: 147–150, Erlangen 1970.
 - (1970b): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Bl. Nr. 6827 Feuchtwangen West. – 111 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.
 - (1979a): Geologische Karte Bayern 1:25 000, Erl. 6928 Weitingen. – 87 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.
 - (1979b): Die Bohrungen Neudorf bei Luhe A und B und ihre geologischen Befunde. – Geol. Bl. NO-Bayern, **29**: 147–166, Erlangen 1979.
 - (1980): Geologische Karte Bayern 1:25 000, Erl. 6828 Feuchtwangen Ost. – 96 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1980.
 - (1981a): Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1 (Vindelicikum 2), Bayern. – In: Tätigkeitsbericht Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Geowiss. Gemeinschaftsaufgaben) 1979/1980: 45–46, Hannover 1981.
 - (1981b) Ein Beitrag zur Lithologie und zur Stratigraphie des Unteren Gipskeupers im südlichen Franken sowie zur Mächtigkeitentwicklung des gesamten Gipskeupers. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **63**: 293–313, Stuttgart 1981.
 - (1981c): Zur Faziesentwicklung und zur Paläogeographie des Unteren Keupers in Mittelfranken, insbesondere zwischen Marktbreit – Langensteinach und der Umgebung von Wolframs-Eschenbach. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**: 242–257, Erlangen 1981.
 - (1981d): Die Bohrungen Heide 5 und 6 südwestlich Arberg/Mfr. und ihre Bedeutung für die Stratigraphie des tieferen Gipskeupers im südlichen Franken. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**: 463–482, Erlangen 1981.
 - (1982): Geologische Aufnahme des Rohrgrabens der Ferngasleitung zwischen Wetrtingen und Schönbronn in Westmittelfranken. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **64**: 101–115, Stuttgart 1982.
- HAUNSCHILD, H., HÖRAUF, H. & SALGER, M. (1977): Hydrogeologische, geologische und sedimentologische Untersuchungen am Bohrbrunnen Gersbach VII (Wasserversorgung der Stadt Ansbach). – Geol. Bl. NO-Bayern, **27**: 97–114, Erlangen 1977.
- HAUNSCHILD, H., & SALGER, M. (1978): Der Sandsteinkeuper im fränkisch-württembergischen Grenzgebiet unter besonderer Berücksichtigung neuer Tiefenaufschlüsse. – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**: 177–202, Erlangen 1978.
- HAUNSCHILD, H. & SALGER, M. (1981): Keuper. – In: Thermal- und Schwefelwasservorkommen von Bad Gögging. – *Schrift. Bayer L.-Amt Wasserwirtschaft*, **15**: 86–89, München 1981.
- HERRMANN, A. (1962): Epirogene Bewegungen im germanischen Buntsandsteinbecken und deren Bedeutung für lithostratigraphische Parallelisierung zwischen Nord- und Süddeutschland. – Geol. Jb., **81**: 11–72, Hannover 1962.

- KÖSTER, H. M. (1974): Ein Beitrag zur Geochemie und Entstehung der Oberpfälzer Kaolin-Feldspatlagerstätten. – Geol. Rdsch., **63** (2): 655–689, Stuttgart 1974.
- (1978): Entstehung und Alter der ostbayerischen Kaolinlagerstätten. – Schriftenr. geol. Wiss., **11**: 109–114, Berlin 1978.
- LEMCKE, K. (1975): Molasse und vortertiärer Untergrund im Westteil des süddeutschen Alpenvorlandes. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **57**: 87–115, Stuttgart 1975.
- MERTEN, U. & SCHNITZER, W. A. (1981): Zur Genese der „Karbonatkauern“ in den Letten des fränkischen Sandsteinkeupers. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **63**: 181–199, Stuttgart 1981.
- OTT, W.-D. (1982): Die Verteilung der Spurenelemente in der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.), München 1982.
- PLAUMANN, S. (1982): Dichtebestimmungen an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.), München 1982.
- RIETZLER, J. (1981): Vergleichende Bohrprofile im Jura und in der Trias im Bereich der Südlichen Frankenalb. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**: 499–514, Erlangen 1981.
- SALGER, M. (1982): Mineralogie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.), München 1982.
- SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1978): Trias und Rotliegendes in der Tiefbohrung Treuchtlingen. – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**: 28–37, Erlangen 1978.
- SCHÄFER, K. (1973): Zur Fazies und Paläogeographie der Spiriferina-Bank (Hauptmuschelkalk) im nördlichen Baden-Württemberg. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **143**: 56–110, Stuttgart 1973.
- SCHNITZER, W. A. (1954): Der Schwermineralgehalt der Randfazies des fränkischen Mittleren Keupers in Tiefbohrprofilen. – Erlanger geol. Abh., **11**: 49–66, Erlangen 1954.
- (1957): Die Lithologie und Paläogeographie des Buntsandsteins am Westrand der Böhmisches Masse. – Erlanger geol. Abh., **24**: 130 S., Erlangen 1957.
- (1977): Die Quarzkornfarben-Methoden und ihre Bedeutung für die stratigraphische und paläogeographische Erforschung psammitischer Sedimente. – Erlanger geol. Abh., **103**: 28 S., Erlangen 1977.
- SCHRÖDER, B. (1969): Buntsandstein-Gliederung in der Trias-Randfazies im Ostteil der Süddeutschen Scholle. – Z. dt. geol. Ges., **118**: 240–246, Hannover 1969.
- (1971): Strukturell-fazielle Entwicklung Nordbayerns während Trias und Jura. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **138**: 101–118, Stuttgart 1971.
- SCHWARZ, H.-U. (1970): Zur Sedimentologie und Fazies des Unteren Muschelkalkes in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. – 297 S., Diss. Univ. Tübingen, Tübingen 1970.
- (1975): Sedimentary structures and facies analysis of shallow marine carbonats (Lower Muschelkalk, Middle Triassic, Southwestern Germany). – Contr. Sedimentology, **3**: 1–100, Stuttgart 1975.
- SIMON, T. (1982): Zur Fazies der *orbicularis*-Schichten im nördlichen Baden-Württemberg und eine neue Festlegung der Grenze zum Mittleren Muschelkalk. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **64**: 117–133, Stuttgart 1982.
- STEINLEIN, H. (1953): Der Buntsandstein am Westrand der Böhmisches Masse. – Erlanger geol. Abh., **8**: 94 S., Erlangen 1953.
- THÜRACH, H. (1888/89): Uebersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleiche zu den benachbarten Gegenden. – Geogn. Jh., **1**: 75–162, Cassel 1888, sowie **2**: 1–90, Cassel 1889.
- TRUSHEIM, F. (1964): Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953–1960. – Geologica Bavarica, **54**: 92 S., München 1964.

- WAGNER, G. (1913): Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des Oberen Hauptmuschelkalks und der Unteren Lettenkohle in Franken. – Geol. Paläont. Abh., N. F. 12 (3): 180 S., Jena 1913.
- WEINELT, W. (1955): Beiträge zur Paläogeographie und Lithogenese der Bleiglanz-Bank des Mittleren Keupers im Raume zwischen Klettgau und Coburg. – 106 S., Diss. Univ. Würzburg, Würzburg 1955 (Mskr.).
- WILD, H. (1980): Das Salzlager des Mittleren Muschelkalkes im süddeutschen Raum, Schichtenfolge und Ausbildungs-Rückschlüsse auf die Genese. – 5th Symp. on Salt, Vol. 1: 185–192, Stuttgart (Schweizerbart) 1980.
- WINKLER, H. G. F. (1979): Petrogenesis of metamorphic rocks. – Springer-Verlag New-York–Heidelberg–Berlin 1979.
- WIRTH, E. (1969): Ein Profil vom Malm bis ins Rotliegende südöstlich des Rieses. Kurzprofil der Erdölaufschlußbohrung Daiting 1. – Geologica Bavarica, 61: 41–42, München 1969.
- (1970): Die Schichtenfolge der Erdölaufschlußbohrungen Eichstätt 1 und Daiting 1, Fränkische Alb. – Geologica Bavarica, 63: 39–85, München 1970.
- WURM, A. (1929): Die Nürnberger Tiefbohrungen. – Abh. geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, 1: 1–44, München 1929.
- WURSTER, P. (1964): Geologie des Schilfsandsteins. – Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 33: 140 S., Hamburg 1964.

Geologica Bavarica	83	57-66	München 1982
--------------------	----	-------	--------------

Mineralogie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

VON M. SALGER

Mit 1 Tabelle und Beilage 1

Kurzfassung

Es wurden bestimmt der Gesamtmineralbestand, die Tonminerale und die Schwerminerale. Die Mineralogie der Bohrung ist weitgehend charakterisiert durch ihre Lage im Grenzbereich von Becken- und Randfazies. Es ergibt sich ein Sedimentationsschema mit kontinuierlich zunehmendem Einfluß der Beckenfazies vom Mittleren Buntsandstein bis einschließlich Oberen Muschelkalk und ein Pendeln zwischen Becken- und Randfazies im Unteren und Mittleren Keuper.

1. Methodik

Es wurden bestimmt

1. die Schwerminerale 0,1 – 0,25 mm Ø; Anreicherung durch Sichern; Opake und Neubildungen wie Baryt und Anatas wurden nicht mitgezählt; ihre Anwesenheit in den Präparaten ist im Diagramm am Rande vermerkt.

2. Tonminerale. An Texturpräparaten der Fraktion < 0,002 mm wurden aus den Intensitäten der Basisreflexe die relativen Konzentrationen der Tonminerale röntgendiffraktometrisch bestimmt. Karbonate, Eisenoxide und Quarz wurden nicht berücksichtigt. Kaolinit geht mit ein Viertel, die übrigen Tonminerale mit der vollen Intensität in die Berechnung der relativen Konzentration ein.

3. Gesamtmineralbestand. Bestimmung von Quarz, Feldspat, Karbonaten, Eisenoxiden und Gips röntgendiffraktometrisch an Pulverpräparaten. Karbonate und Gips wurden außerdem thermogravimetrisch bestimmt, die Eisenoxide mit Röntgenfluorimetrie kontrolliert. Der nicht bestimmte Rest enthält die Tonminerale < 0,002 mm und Glimmer und Chlorite der größeren Fraktionen.

2. Ergebnis

Das Untersuchungsergebnis ist in Mineraldiagrammen (Beilage 1) dargestellt. Eine zusammenfassende Übersicht über die Schichtglieder zeigt Tabelle 1.

3. Erläuterungen

Burgsandstein (kmB)

Da nur die untersten 6,5 m gekernt wurden, standen fast nur Spülproben zur Verfügung. In diesen ist offenbar Rutil mit der Spülung in die Proben gekommen; denn in den Kernproben wurde er nicht gefunden.

Table 1: Mittlere Mineralgehalte der Schichtglieder in der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001
(Angaben in %)

	Gesamtmineralbestand										Tonminerale <2 μ							Schwerminerale 0,1-0,25 mm				
	Karbonat	Feldspat	Quarz	Ton + Glimmer	Gips	Hämatit	Fsp Fsp+Q	reguläre Wechsel- schicht- chlorite	irreguläre Wechsel- schicht- chlorite	Vermiculit und Mont- morillonit	Illit	Kaolinit	Chlorit	Granat	Zirkon+ Monazit	Tourmalin	Rutil	Apatit	Sauroolith			
KmB	14,4	13,3	46,3	25,8	-	0,2	22,3	35,0	-	0,4	59,2	5,1	0,3	34,5	58,5	2,1	3,3	1,3	0,3			
kmBl	8,0	12,6	20,0	57,7	-	1,7	38,8	49,5	1,9	0,3	43,3	3,4	1,6	58,4	23,9	1,8	0,1	15,7	0,1			
kmL	2,4	12,1	39,6	45,8	-	0,1	23,4	-	0,3	0,2	74,0	2,5	18,4	40,2	8,5	4,8	0,1	46,4	-			
kmS	14,9	2,3	17,8	64,3	-	0,7	10,9	-	9,0	1,7	52,1	14,2	23,0	54,7	9,3	4,4	0,8	30,8	-			
kmM	32,4	8,9	32,7	26,0	-	-	21,3	-	0,7	0,1	94,5	2,1	2,6	-	74,0	24,5	1,5	-	-			
ku	75,0	1,0	3,3	20,7	-	-	23,2	-	1,4	1,0+2,0	86,8	8,8	-	38,5	7,2	24,3	0,5	24,5	-			
mo	48,1	5,1	6,6	31,4	8,8	-	43,5	-	-	-	94,6	5,4	-	-	-	-	-	-	-			
mm	27,2	9,2	22,7	40,9	-	-	28,8	-	-	-	88,3	10,4	1,3	-	-	-	-	-	-			
mu	52,0	4,6	9,4	30,7	3,3	-	33,0	-	-	-	92,8	7,2	-	-	-	-	-	-	-			
m gesamt	0,4	11,0	67,5	20,3	-	0,8	14,0	-	-	-	92,5	7,5	-	0,8	31,6	66,0	1,3	0,3	-			
so	1,8	7,1	71,4	19,0	-	0,7	9,1	-	0,3	96,6	3,1	-	-	-	65,9	33,8	0,3	-	-			
sm	-	1,8	41,4	51,8	-	5,0	4,2	-	0,3	80,6	13,1	6,0	-	-	28,2	4,4	0,1	67,3	-			
ro	-	1,8	41,4	51,8	-	5,0	4,2	-	15,4	84,0	0,6	-	-	2,5	56,0	32,9	3,8	4,8	-			

Schwerminerale: Stark schwankende Granat- und Zirkon-Monazitgehalte (Granat 3–81%, Zirkon und Monazit 17–97%), etwas Turmalin, vereinzelt Apatit und Staurolith.

Tonminerale: In den Sandsteinen erscheint neben Illit in stark wechselnder Menge ein regelmäßiger Wechselschichtchlorit (6–72%). Nach seiner 060-Linie bei 1,503 Å handelt es sich hierbei nicht um Corrensit, wie in Dinkelsbühl 8 angenommen (SALGER in HAUNSCHILD & SALGER, 1978), sondern um Tosudit, einer Wechselschichtlagerung aus 50% Sudoit (Aluminiumchlorit) und 50% Montmorillonit.

In den Sandsteinen zwischengeschaltete Letten sind fast rein illitisch; Vermikulit, Kaolinit und Chlorit liegen zusammen unter 10%. Tosudit fehlt. Daher kann man schließen, daß der Wechselschichtchlorit erst nach der Ablagerung in den porenreicheren Sandsteinen entstanden ist. Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kommt KULKE (1969) bei der Diskussion der Genese des Tosudit im Stubensandstein von Tiefbohrungen bei Memmingen.

Blasensandstein i. w. S. (kmBL+kmC):

Schwerminerale: Granat steigt von oben gegen die Mitte (36–80%), geht dann wieder zurück auf 36% und steigt an der Untergrenze wieder auf 78%. Zirkon + Monazit fallen in der oberen Hälfte von 60% auf 12%, in der unteren Hälfte pendelt der Zirkongehalt unregelmäßig zwischen 4% und 33%. Apatit wird im Unterteil des Blasensandsteins vorherrschend. Turmalin ist untergeordnet (0–7%), sporadisch erscheint Rutil und Staurolith (1–2%).

Neubildungen: Baryt

Opake: Ilmenit, Magnetit

Tonminerale: In den Sandsteinen herrscht Tosudit vor (bis über 90%). Illit geht stark zurück, Kaolinit bleibt etwa gleich (1–20%); in den tonigen Sandsteinen tritt Chlorit an die Stelle von Kaolinit; hier ist auch der Tosuditgehalt geringer als in den reinen Sandsteinen. Die Letten sind teils rein illitisch, teils enthalten sie neben Illit noch Vermikulit und Chlorit in Mengen unter 10%. Der Dolomit zwischen 75 und 80 m führt an Stelle des Vermikulit einen ungeordneten Wechselschichtchlorit (7–13%), der dolomitische Sandstein 71–74 m überwiegend Tosudit. Tosudit scheint demnach in der Frühdiagenese etwa gleichzeitig mit den Karbonaten über die Vorstufe eines unregelmäßigen Wechselschichtchlorits gebildet zu werden.

Gesamtmineralbestand: Dolomit ist mit 1–2% fast durchgehend vorhanden. In der Schichtenfolge eingelagerte Dolomitbänke nehmen von oben 24% bis auf 77% Dolomit in der untersten zu. Der Quarzgehalt in den Sandsteinen streut zwischen 40% und 80% in den dolomitischen Bänken zwischen 5% und 60%, in den Letten zwischen 20 und 30%. Der Feldspat in den Sandsteinen schwankt zwischen 10% und 25%; im oberen Profilteil treten auch saure Plagioklase neben Kalifeldspat auf. Das Feldspat/Quarz-Verhältnis $\frac{F_{sp}}{F_{sp}+Q_{uartz}}$ streut zwischen 15% und 33%. Der Hämatit erreicht in den roten Letten 4%.

Lehrbergsschichten (kmL)

Schwerminerale: Die aus den sandigen Partien gewonnenen Schwerminerale zeigen eine Vormacht von Apatit (50–82%) in der Mitte der Schichtenfolge; im unteren Teil tritt Apatit zugunsten von Granat und Zirkon + Monazit zurück.

Neubildungen: Baryt

Opake: Ilmenit und Magnetit

Tonminerale: Die Wechselschichtchlorite klingen ab; unter 95 m sind sie verschwunden. In den darunter folgenden Schichten enthalten die Letten 80–90% Illit und 10–20% Chlorit, die Sandsteine 40–60% Illit, 5–28% Kaolinit und 22–45% Chlorit, von dem nach der erhöhten 003-Intensität zu urteilen, wenigstens ein Teil als Sudoit (Al-Chlorit) vorliegt.

Gesamtmineralbestand: Die Folge ist durch die Dolomitbänke bei 94 und 96 m unterteilt. Die Sandsteine über ihnen schließen in ihrem Quarzgehalt nahtlos an den Blasensandstein an; die darunter folgenden Gesteine sind oben tonig mit Quarzgehalten unter 10% und werden nach unten kontinuierlich sandiger. Das Maximum des Sandgehaltes (Quarz + Feldspat) ist bei 106 m erreicht (86%). Darunter pendelt sich der Sandgehalt auf den des liegenden Schilfsandsteins ein (um 40%). Das Feldspat-/Quarzverhältnis streut zwischen 11% und 43%. Hämatit ist mit Gehalten von 0,5–5% fast durchwegs vorhanden. Er fehlt nur in der oberen Dolomitbank und in dem darüber folgenden Sandstein.

Schilfsandstein (kmS)

Schwerminerale: Der Schilfsandstein ist gekennzeichnet durch die Schwermineralgesellschaft Granat-Apatit, wobei im oberen Profilteil der Apatit, im unteren der Granat vorherrscht. Zirkon tritt zurück und erreicht nur in einzelnen Bänken Konzentrationen über 20%. Turmalin streut zwischen 0% und 30%, Rutil zwischen 0% und 2%. Staurolith und Hornblende kommen sporadisch in Spuren (< 1%) vor. In einigen Proben wurde Glaukonit gefunden.

Neubildungen: Baryt

Opake: wie oben

Tonminerale: In den obersten 10 m herrscht Illit vor (60–65%), daneben Chlorit (20–30%) und geringe, aber durchweg vorhandene Mengen Kaolinit. Nach unten nimmt der Chlorit zugunsten des Kaolinit ab, wobei die Gesamtkonzentration der beiden Minerale etwa gleich bleibt (um 40%). Gleichzeitig treten zuerst Vermikulit, dann unregelmäßige Chlorit/Montmorillonit-Wechselschichten auf, die nach unten zu den Illit zurückdrängen.

Gesamtmineralbestand: Der Sandanteil (Quarz + Feldspat) ist in den oberen 10 m konstant bei etwa 40% und nimmt nach unten im Mittel auf 60% zu. Gleichzeitig steigt das Feldspat/Quarz-Verhältnis von 10% auf 30%. Karbonat ist im oberen Teil sporadisch als Dolomit vorhanden, ab 130 m erscheint auch Kalzit; zwischen 135 und 145 m ist er das einzige Karbonatmineral. Die Konzentration der Karbonate streut zwischen 1% und 13%. Sie bevorzugen im allgemeinen die

tonigeren Partien. Nahe der Basis tritt Hämatit (1–2%) auf. Die Grenze selber bildet die Dolomitmergelbank (30–50% Dolomit) bei 156,5–157,5 m (Acrodus-Bank).

Turmalinfarben: Der Anteil der rosa-blaugrauen (Gruppe 1 nach BLOOS 1976) streut im oberen Teil um 20%, erreicht in der Mitte 40% und geht nach unten auf ca. 15% zurück. Direkt über der Acrodus-Bank verschwindet die Gruppe 1 und taucht auch in den darunter folgenden Myophoriensandsteinen nur untergeordnet auf. Die hellgelben – dunkelgelben Turmaline (2) erreichen im oberen Profilteil nur maximal 12%. Ihr Schwergewicht liegt im unteren Profilteil, wo sie 40% erreichen.

Blaue Turmaline (5) wurden nur in zwei Proben (2% und 8%) beobachtet.

Im allgemeinen herrschen die olivfarbenen und braunen (3+4) vor.

BLOOS (1976) sieht eine starke Beteiligung der Farbgruppe 1 (über 20%) als Indiz einer marinen Beckenfazies an. Demnach könnte man das Abnehmen der Gruppe 1 nach unten als ein Vorrücken des Beckenrandes deuten.

Myophorienschichten (kmM)

Die Schwerminerale unterscheiden sich deutlich vom hangenden Schilfsandstein. Granat und Apatit sind verschwunden. Zirkon und Turmalin herrschen vor.

Neubildungen wie bisher. An Opaken erscheinen neben dem Ilmenit vor allem Bleiglanz in der Profilmittle (Bleiglanzbank).

Die Tonminerale zeigen entgegen der Beckenfazies am Steigerwald und in Crailsheim keine Unterschiede zwischen corrensischen Oberen und illitischen Unteren Myophorien. Sie sind durchwegs illitisch. In zwei Sandsteinen des oberen Teils erscheinen noch Chloritgehalte von 22% und 36% und Kaolinit von 8–14% und 3–12% unregelmäßige Wechselschichtchlorite. In den tonigen Profilteilen kommen neben Illit maximal 4% Kaolinit oder Chlorit vor.

Gesamtmineralbestand: Die Oberen Myophorienschichten sind eine Sand-Tonstein-Wechselfolge, die nach unten in einen dolomithaltigen Tonstein übergeht. Die Quarzgehalte in den Sandsteinen streuen zwischen 70 und 94%. Feldspat ist meist nicht vorhanden. Die Dolomitgehalte des tonigen Teils liegen zwischen 12 und 22%; hier beträgt der Quarzanteil nur 3%, der Hämatitgehalt 3–4%. Gegen die Mitte des Profils steigt der Dolomitgehalt bis auf 68% (Bleiglanzbank).

Die Unteren Myophorienschichten sind tonig mit vereinzelt Dolomitbänken (20–60% Dolomit). Der Quarzgehalt liegt zwischen 5% und 12%, nur in einem Bänken steigt er auf 24%. Feldspat ist durchwegs vorhanden (2–5%). Feldspat/Quarz-Verhältnis 16–36%.

Unterer Keuper (ku)

Die Schwerminerale sind ähnlich wie im Schilfsandstein Granat, Turmalin, Apatit, untergeordnet Zirkon + Monazit. Sie streuen stark: Granat 2–72%, Turmalin 5–61%, Apatit 7–44%, Zirkon 0–15%.

Neubildungen: Neben Baryt vor allem Kugeliges Apatit offenbar organischen Ursprungs.

Opake: Neben den Durchläufern Ilmenit und Magnetit Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit.

Tonminerale: Die Obergrenze des Unteren Keuper ist markiert durch einen kurzzeitigen starken Anstieg des Kaolinitgehaltes von 1% auf 45%. Diese Schicht wird analog zu der Bohrung Gersbach VII (SALGER in HAUNSCHILD et al. 1977) als Äquivalente des Grenzdolomits angesehen. Darunter fällt der Kaolinitgehalt rasch wieder auf Werte von maximal 10% in den Sandsteinen und 2% in den tonigen Partien ab. Daneben erscheinen in den Sandsteinen noch Wechselschichtchlorite und Vermikulite. Eine Grenze gegen den Muschelkalk ist tonmineralogisch nicht ausgeprägt.

Gesamtmineralbestand: Der Untere Keuper besteht aus einer schnell wechselnden Folge von Sand und Tonsteinen mit eingelagerten stärker dolomitischen Schichten. Die Quarzgehalte streuen zwischen 3% und 16% in den Tonsteinen und 40% und 80% in den Sandsteinen. Die Dolomitgehalte liegen in den Tonen bei 0–2%, in Mergeln über 50%, in den Sandsteinen 2–20%, Feldspat/Quarz-Verhältnis 25–40%. Bei der Grenzziehung nach oben wäre es erwägenswert, die Dolomitbank über dem Kaolinsandstein noch in den Grenzdolomit einzubeziehen. Dadurch würde die Obergrenze etwa um 1 m höherrücken. Die Mächtigkeit des Grenzdolomits würde etwa 1,5 m betragen. Die mineralogische Grenze zum Muschelkalk bildet die Oberkante des geschlossenen Karbonatblocks des Oberen Muschelkalks. Sie liegt 2 m über der stratigraphischen Grenze.

Muschelkalk (m)

Schwerminerale in quantitativ auswertbaren Mengen konnten nur von einem Sandstein knapp unterhalb der stratigraphischen Grenze zum Unteren Keuper und in 6 Proben am Liegenden des Unteren Muschelkalks gewonnen werden. In allen Proben ist Turmalin stark vertreten (20–98%); Granat und Apatit erscheinen nur sporadisch in geringer Konzentration (maximal 3%). Zirkon + Monazit erreichen am Liegenden 80%; Rutil liegt zwischen 0% und 8%.

An Neubildungen erscheinen im Oberen Muschelkalk vor allem an der Grenze zum Unteren Keuper organische Apatite, im Mittleren Gips. Baryt und vereinzelt Anatas treten nur im sandigen Unteren Muschelkalk auf.

An Opaken wurden neben Ilmenit Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit im Oberen, Zinkblende und Tennantit (Arsenfahlerz) im Unteren Muschelkalk beobachtet.

Tonminerale: Illit herrscht vor. Kaolinit ist mit Ausnahme einer ca. 6 m mächtigen Schicht im gipsigen Mittleren Muschelkalk durchgehend vorhanden. Seine Konzentration reicht im Oberen Muschelkalk von 2% bis 12%, im sandigen Teil des Mittleren Muschelkalks von 8% bis 22%, im dolomitischen Teil des Unteren Muschelkalks von 3% bis 6%, in seinem sandigen Teil von 10 bis 34%. Chlorit kommt nur im gipsigen Teil mit Konzentrationen von 2–13% vor.

Gesamtmineralbestand: Der Obere Muschelkalk (mo) ist vorherrschend karbonatisch (57–97%). Dolomit überwiegt. Auch Crinoidenstielglieder im oberen

Teil sind dolomitisch. Kalzit ist auf die sandfreien Partien des mittleren und unteren Teils des mo beschränkt, kommt aber auch da nicht durchgehend vor. Die Konzentrationen streuen von 2–75%. Der obere Teil des mo weist eine Anzahl von Schichten mit stärkerem, nach unten abnehmendem Sandgehalt auf (34–16%). Feldspat/Quarzverhältnis 14–24%. Ab 197 m ist der mo praktisch sandfrei. Erst knapp über dem Liegenden setzt ein erneuter Sandvorstoß ein, der zum Mittleren Muschelkalk überleitet.

Der Mittlere Muschelkalk (mm) kann in einen oberen sandigen Dolomit und in einen unteren dolomitisch-tonig-gipsigen Teil mit vereinzelt sandigen Lagen gegliedert werden. Nach dem Verlauf des Sandgehaltes können im oberen Teil drei Zyklen ausgewiesen werden, von denen der oberste in den Oberen Muschelkalk überleitet, so daß auch hier, ähnlich wie gegen den Unteren Keuper, die mineralogische Grenze höher als die stratigraphische liegt. Die Zyklen beginnen jeweils unten mit 20–30% Sand, der nach dem Top auf unter 10% sinkt. Schon im untersten sandigen Zyklus erscheinen absätzig Gipsgehalte um 30%. Im unteren gipsig-tonigen Teil erreicht der Gips in den beprobten Abschnitten bis 90%. Dolomit ist im oberen Teil bis 80%, im unteren bis 60% vorhanden.

Der Untere Muschelkalk (mu) besteht zum Großteil aus sandigen Mergeln mit Sandgehalten zwischen 10% und 20% und Dolomitkonzentrationen meist zwischen 30% und 40%. Die untersten 5 m sind stärker versandet (40–100% Sand) und leiten zum liegenden Buntsandstein über. Es sind hier aber im Gegensatz zum Buntsandstein noch dolomitische Bänke zwischengeschaltet. An der Untergrenze der letzten dolomitführenden Schicht wird die Grenze zum Buntsandstein gezogen. Feldspat/Quarzverhältnis der Sandsteine 20–45%.

Buntsandstein (s)

Schwerminerale: Schwermineralogisch ist eine Unterteilung in eine obere Abteilung mit Zirkon + Monazit und Turmalin und eine untere mit meist vorherrschendem Apatit möglich. Diese beiden Abteilungen werden dem Oberen und Mittleren Buntsandstein gleichgesetzt. Der Turmalingehalt geht im Oberen Buntsandstein von maximal 57% nach unten kontinuierlich bis auf 15% zurück, dementsprechend steigt Zirkon + Monazit. Granat fehlt.

Der Apatit erreicht im Mittleren Buntsandstein schon 3 m unter der Obergrenze 80%. Die Serie kann in drei etwa gleich mächtige Zyklen gegliedert werden, die jeweils unten mit geringeren Apatitgehalten beginnen, die nach oben in etwa kontinuierlich zunehmen. Sie sind unabhängig von der Korngröße.

Neubildungen: Baryt und Anatas.

Opake: Neben Ilmenit und Magnetit erscheint Pyrit in den hellen Sandsteinen des ganzen Buntsandsteins, im unteren Teil des Mittleren Buntsandsteins wurden Tennantit und Bleiglanz beobachtet.

Tonminerale: Der an der Untergrenze des Muschelkalks stark gestiegene Kaolinitgehalt klingt im Oberen Buntsandstein rasch auf 2–0% ab. Illit erreicht 100%. Im Mittleren Buntsandstein nimmt der Kaolinitgehalt besonders in den

Grobsandsteinen stark zu. Im unteren Teil tritt, nach dem Verhältnis I_{001}/I_{003} zu urteilen, noch Sudoit hinzu, so daß ein Gehalt von ca. 40% Kaolinit + Sudoit erreicht wird. In den feinkörnigen Partien geht Kaolinit stark zurück, Sudoit ist nicht vorhanden.

Gesamtmineralbestand: Dolomit ist ab 314 m fast durchwegs in Mengen von 1–6% vorhanden. Meist in den karbonatfreien Partien tritt Hämatit auf (1–7%). Der Sandgehalt schwankt unregelmäßig zwischen 30% und maximal 95%. Das Feldspat/Quarzverhältnis reicht im Oberen Buntsandstein von 8% bis 25%, im Mittleren von 4% bis 17%.

Oberrotliegendes (ro)

Schwerminerale: In einer etwa 2 m mächtigen Übergangszone geht der Apatitgehalt stark zurück und verschwindet gegen das Liegende; es erscheint mit über 30% Granat, der aber schon nach 1,5 m wieder verschwunden ist. Auch ein mit ihm gekoppelter Brookit und Staurolithvorstoß hält nicht länger durch. Unterhalb der Übergangszone sind Turmalin und Zirkon + Monazit die wesentlichen Schwerminerale (Zirkon + Monazit 33–80%, Turmalin 20–60%). Rutil ist durchgehend vorhanden mit 8% oben und 1% unten. Apatit erscheint nur in drei Proben mit 7–15%.

Neubildungen: Baryt

Opake: Hämatit und Ilmenit + Magnetit.

Tonminerale: Illit 70–96%, Vermikulit 4–30%, Kaolinit 0–1%. Die Grenze zum Buntsandstein ist scharf.

Gesamtmineralbestand: Der Sandgehalt geht auf 40–60% zurück. Der Feldspat/Quarz-Verhältnis ist 0–6%, der Hämatitgehalt 5–7%, der Tongehalt 35–57%. Karbonat fehlt.

Grundgebirge

Schwerminerale: Im Gegensatz zum hangenden Oberrotliegenden ist in den beprobten obersten 10 m Apatit durchgehend vorhanden (6–7%); Turmalin und Zirkon + Monazit streuen stark (9–60% Turmalin, 15–80% Zirkon + Monazit); 3% Rutil erscheinen in den beiden untersten Proben 385 m und 386 m.

Die Tonminerale sind wie im Oberrotliegenden überwiegend Illit 94–96%, Vermikulit 6–8% und Spuren von Kaolinit. Die Grenze gegen das Oberrotliegende ist durch einen Rückgang des Vermikulit von 20% im Oberrotliegenden auf 8% im Grundgebirge gekennzeichnet.

Gesamtmineralbestand: 2% Dolomit ist durchgehend vorhanden. Quarz + Feldspat 40–50%, Feldspat/Quarz-Verhältnis 5–24%, Hämatitgehalt 2–6%, Ton + Glimmer 44–56%.

4. Zusammenfassung

Die Mineralogie des Bohrprofils spiegelt die Sedimentationsverhältnisse im Grenzbereich von tonig-karbonatischer Becken- und sandiger Randfazies wider.

Der Einfluß des Beckens, gemessen am mittleren Karbonat- und Tongehalt der Schichtglieder, pendelt im Keuper zwischen 80% in den Myophorienschichten und 40% im Blasensandstein. Er erreicht im Oberen Muschelkalk mit 90% sein Maximum und fällt bis zum Unteren Muschelkalk auf 70% zurück. Im Buntsandstein ist der Karbonat-Ton-Gehalt zwar in beiden Abteilungen auf 20% zurückgegangen, doch zeigt der Obere Buntsandstein noch weitgehend die illitische Beckenfazies (SALGER 1982), während der Mittlere Buntsandstein zunehmend von der kaolinitischen Randfazies (SALGER 1979) geprägt ist.

Der Einfluß der sandigen Randfazies ist abzulesen an der Versandung der Lehrbergtonne, der Oberen Myophorien und Sandvorstöße im Muschelkalk. Tonmineralogisch ist er zu erkennen am Kaolinitgehalt des Mittleren Buntsandsteins und des Schichtenstoßes vom Muschelkalk bis zur Mitte der Lehrbergsschichten. In den Oberen Myophorienschichten ist Corrensit durch Illit ersetzt, ähnlich wie in den Estheriensschichten der am Faziesübergang gelegenen Bohrung Gersbach VII. Im Blasen- und Burgsandstein beherrscht der im Stabilitätsfelddiagramm (LIPPMANN 1979) zwischen Kaolinit und Montmorillonit stehende Wechselschichtchlorit Tosudit in den Sandsteinen das Feld der Tonminerale. Er scheint ein für den Faziesgrenzbereich typisches Aluminiumsilikat zu sein, denn in den im Bereich der Sandfazies gelegenen Bohrungen Berching und Eschertshofen fehlt er.

Aus den hier vorgetragenen Fakten ergibt sich zusammenfassend ein Sedimentationsschema mit kontinuierlich zunehmendem Einfluß der Beckenfazies vom Mittleren Buntsandstein bis einschließlich Oberen Muschelkalk und ein Pendeln zwischen Becken- und Randfazies im Unteren und Mittleren Keuper.

5. Literatur

- BLOOS, G. (1976): Untersuchungen über Bau und Entstehung der feinkörnigen Sandsteine des Schwarzen Jura (Hettangium und tiefstes Sinemurium) im schwäbischen Sedimentationsbereich. – Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart N. F., 71, 1–269, Stuttgart 1976.
- KULKE, H. (1969): Petrographie und Diagenese des Stubensandsteins (mittlerer Keuper) aus Tiefbohrungen im Raum Memmingen (Bayern). – Contr. Mineral. and Petrol., 20, 135–163, Berlin, Heidelberg, New York 1969.
- LIPPMANN, F. (1979): Stabilitätsbeziehungen der Tonminerale. – N. Jb. Miner. Abh., 136, 287–309, Stuttgart 1979.
- SALGER, M. (1973): Untersuchungen zur Tonmineralogie des Gipskeupers im Raum Frankenhöhe – Steigerwald. – Geologica Bavarica, 67, 145–154, München 1973.
- (1977): 4. Mineralogie des Bohrprofils. – In HAUNSCHILD, H., HÖRAUF, H. und SALGER, M.: Hydrogeologische, geologische und sedimentologische Untersuchungen am Bohrbrunnen Gersbach VII (Wasserversorgung der Stadt Ansbach). – Geol. Bl. NO-Bayern, 27, 97–114, Erlangen 1977.

- SALGER, M. (1978): 4. Mineralogie der Bohrung Dinkelsbühl 8. – In HAUNSCHILD, H., und SALGER, M.: Der Sandsteinkeuper im fränkisch-württembergischen Grenzgebiet unter besonderer Berücksichtigung neuer Tiefenaufschlüsse. – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**, 177–202, Erlangen 1978.
- (1979): Die Bohrungen Neudorf b. Luhe A und B.: Mineralogische Untersuchungsergebnisse. – Geol. Bl. NO-Bayern, **29**, 167–170, Erlangen 1979.
 - (1982): Mineralogie des Bohrprofils der Untersuchungsbohrung Bindlach 1980 bei Bayreuth. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.) München 1982.
 - (1982): Zur Mineralogie der Forschungsbohrung Berching 1977. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.), München 1982.
 - (1982): Mineralogie der Forschungsbohrung Eschertshofen. – In SALGER, M., und SCHMIDT, H.: Die Forschungsbohrung Eschertshofen 1981. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.), München 1982.

Geologica Bavarica	83	67-73	München 1982
--------------------	----	-------	--------------

Dichtebestimmungen an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

VON SIEGFRIED PLAUMANN

Mit 2 Tabellen

Kurzfassung

Von den 562 m Kernstrecke der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001 wurden an 178 Proben Bestimmungen der Gesteinsdichte durchgeführt.

Im Bereich der Sedimentgesteine (bis 376 m) haben sich dabei große Schwankungen der Einzelwerte ergeben. Diese lassen jedoch auch erkennen, daß die größeren stratigraphischen Einheiten sich dichtemäßig deutlich voneinander unterscheiden. So kommt dem Keuper ein Mittelwert im mittleren Bereich des angetroffenen Wertevorrats zu ($2,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$); relativ hohe Dichtewerte hat der Muschelkalk, insbesondere der obere Muschelkalk ($2,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), wohingegen der Buntsandstein mit dem ausgesprochen niedrigen Dichtemittelwert von $2,31 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ auffällt.

Erheblich geringer ist die Schwankungsbreite der Dichtewerte im Gneis des vindelicischen Sockels. Der Dichtemittelwert $2,63 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ liegt in der Nähe der unteren Grenze der bei Gneisen vorkommenden Werte.

1. Einleitung

Im Rahmen der geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben der Geologischen Landesämter werden Forschungsbohrungen niedergebracht. Diese Bohrungen werden gewöhnlich über längere Strecken gekernt und bieten damit nicht nur dem Geologen, sondern auch dem Geophysiker wertvolles Probenmaterial. Die Interpretation geophysikalischer Vermessungen hängt ganz erheblich von einer hinlänglichen Kenntnis der gesteinsphysikalischen Parameter ab. Im Zuge einer allgemeinen Datensammlung sind daher an den Kernen der Bohrung Dinkelsbühl 1001 Dichtebestimmungen durchgeführt worden.

2. Das Probenmaterial

2.1. Angaben zur Bohrung

Die voll gekernte Bohrung hat die folgenden Schichten durchteuft:

- 1,30 m Quartär
- 185,10 m Keuper
- 299,94 m Muschelkalk
- 363,36 m Buntsandstein
- 376,00 m Oberrotliegendes
- 562,00 m (ET) Gneis (Vindelicischer Sockel)

2.2. Probenauswahl

Von den 562 Kern-Metern konnten rund 500 m beprobt werden. Die obersten 50 m eigneten sich wegen ihrer mangelhaften Konsistenz (bis auf eine Probe) nicht für Dichtebestimmungen. Eine etwa gleichmäßige Beprobung konnte erst im nachfolgenden Coburger-Sandstein einsetzen. Insgesamt wurden an 178 Proben Dichtebestimmungen durchgeführt. Als mittlerer Probenabstand ergibt sich daraus der Wert 2,9 m; tatsächlich ist die Beprobung in der Sedimentfolge jedoch etwas enger vorgenommen worden (alle 2,4 m im Mittel) als in den ziemlich einformigen Gneisen (dort etwa alle 4,5 m).

Die Probenauswahl erfolgte an Hand des ausführlichen Bohrprofils (Aufnahme Dr. H. HAUNSCHILD, Bayer. Geol. Landesamt). Danach wurde angestrebt, unter Beachtung einer ungefähren Gleichabständigkeit aus den einzelnen Folgen möglichst charakteristische Vertreter auszuwählen (eine vollständige, lückenlose Beprobung scheidet wegen zu hohen Zeitaufwandes aus). Das erwies sich mehrfach als recht schwierig, wenn die Lithologie rasch wechselte. Im Keuper beispielsweise wechseln Sandstein und Tonstein nicht selten im dm-Bereich, ja sogar im cm- und mm-Bereich. Im Muschelkalk finden sich gleichartige Wechsel zwischen Tonstein oder Sandstein und Dolomitstein. Nach Möglichkeit wurden hier „reine“ Tonsteinproben, „reine“ Sandsteinproben usw. – dem Augenschein nach – genommen. Wenn die cm-Schichtung jedoch über eine längere Strecke durchhielt, wurden auch „Misch“-Proben genommen, was sinnvoll ist, jedoch oft nicht zum Erfolg führte, da diese Proben bei der Berührung mit Wasser leicht scheinweise zerfielen.

3. Dichtebestimmungen

3.1. Angaben zur Methodik

Die Dichtebestimmung erfolgte durch Wägung in Luft und in Wasser. Als Meßgerät stand eine Schnellwaage mit einem Meßbereich von 1000 g bei einer Auflösung von 0,1 g zur Verfügung.

Vor der Wägung wurden alle Proben bis auf die Tonsteine zur Approximierung des bergfeuchten Zustandes wenigstens 24 Stunden in Wasser gelagert. Der hiermit erhaltene Dichtewert entspricht dem des Gesteins in seinem natürlichen Verband.

Die Tonsteine wurden wegen des zu hohen Zerfallsrisikos bei der Wasseraufnahme trocken durchgemessen. Es wurde jedoch bei der Wägung in Wasser beobachtet, ob sich das Gewicht ändert, mithin eine Wasseraufnahme stattfindet. Bei den meisten Proben war während einiger Minuten keine meßbare Wasseraufnahme festzustellen. Die Dichtewerte dieser Proben werden zwar systematisch zu klein sein, jedoch vermutlich nur um wenige $0,01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Bei einigen Tonstein-Proben setzte eine kräftige Wasseraufnahme schon nach wenigen Sekunden ein. Das Anfangs-Gewicht in Wasser ergibt die Trocken-Dichte; sie dürfte in diesen Fällen von der Dichte im bergfeuchten Zustand erheblich abweichen, schätzungsweise um $0,05$ bis $0,10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, vielleicht auch mehr. Die Dichtewerte dieser Proben sind in der Ergebnis-Tabelle (Abschnitt 3.2) eingeklammert.

Die Genauigkeit der Dichtebestimmung hängt im wesentlichen von der Probengröße ab, in geringerem Maße auch von der Dichte selbst. 91% der untersuchten Proben hatten ein Volumen von mehr als 150 cm^3 . Der Fehler in der Dichtebestimmung liegt dann bei etwa $\pm 0,003 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oder darunter. Bei den restlichen 9% lagen die Volumina zwischen 50 und 150 cm^3 . Der Dichte-Fehler nimmt zwar in diesem Bereich stark zu, bleibt aber auch bei 50 cm^3 in allen Fällen noch unter $0,01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

3.2. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Dichtebestimmungen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt worden.

Tab. 1 läßt einen lebhaften Wechsel der Dichtewerte in der sedimentären Folge erkennen, Einformigkeit dagegen im Gneis. Die größten Schwankungen kommen im Keuper vor. Sie reichen von $2,11 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (Sandstein) bis $2,79$ (Dolomitstein) und

überstreichen damit praktisch den ganzen überhaupt vorkommenden Wertevorrat (nur zwei Werte im Muschelkalk liegen mit 2,80 und 2,81 noch außerhalb des o. g. Bereiches).

Der Keuper enthält auch die größte Vielfalt in der Lithologie: Sandsteine verschiedener Körnigkeit, Tonsteine – beide teilweise dolomitisch –, Mergelsteine und Dolomitsteine. Der Muschelkalk ist überwiegend dolomitisch (mo) bzw. mergelig (mm), Sand- und Tonsteine treten zurück. Die Dichtewerte liegen damit im Mittel auch höher als im Keuper. Der Buntsandstein besteht fast ganz aus Sandstein; Tonstein kommt nur untergeordnet vor, wobei reine Tonsteinlagen meistens nur einige cm, selten bis zu 1 dm mächtig sind. Die Dichtewerte im Buntsandstein sind deutlich geringer sowohl gegenüber dem Muschelkalk als auch dem Oberrotliegenden, dessen knapp 13 m mächtige Tonsteinfolge sehr wenig schwankende Dichtewerte zeigt. Die Dichtewerte der Gneise liegen erwartungsgemäß relativ hoch im Bereich 2,6 bis 2,7 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, reichen jedoch nicht an die höchsten in der Bohrung überhaupt festgestellten Werte heran – die der Dolomitsteine.

Bei dem sehr detailreichen geologischen Profil von HAUNSCHILD lag der Gedanke nahe, Mittelwerte der Dichte für stratigraphische Einheiten wie Keuper, Muschelkalk usw. unter Berücksichtigung der Mächtigkeiten der verschiedenen Lagen (Sandstein, Tonstein, Mergelstein usw.) abzuleiten. Dieser Gedanke mußte verworfen werden. Der große Streubereich der Dichtewerte erlaubt keinerlei systematische Zuordnung. Es erscheint unmöglich, repräsentative Dichtewerte für Tonstein, tonigen Sandstein, feinkörnigen Sandstein usw. anzugeben.

So ist beispielsweise eine eindeutige Beziehung zwischen der Dichte und der Körnigkeit von Sandsteinen in dem vorliegenden Datenmaterial nicht zu erkennen. Zwar kommen besonders geringe Werte bei „grob bis kiesig“ vor (2,1 bis 2,2) und besonders hohe Werte bei „mittel- bis feinkörnig“ (2,5 bis 2,6), doch gibt es auch feinkörnige Sandsteine mit 2,20 bis 2,25 und grobkörnige mit 2,4 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Neben der Korngröße spielen offenbar andere Faktoren eine große Rolle, die teilweise in den Adjektiven ihren Ausdruck finden (tonig, dolomitisch), auch in der Farbe. An einer Stelle ließ sich das gut beobachten. Im oberen Buntsandstein kommt eine Sandsteinfolge vor, die mehrfach in der Farbe wechselt, in der Korngröße jedoch homogen ist. Bei 312,92 und 317,77 m (Tab. 1) wurde je eine graue Probe genommen, dazwischen bei 314, 84 m eine rotbraune. Die Dichte der rotbraunen Probe liegt mit 2,40 deutlich über derjenigen der Nachbarproben: 2,23 und 2,25 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Alle sind als „grobkörnig“ eingestuft. Die rotbraune Farbe deutet auf Eisenoxide (Hydroxide) hin, welche für die höhere Dichte verantwortlich sein dürften.

Die tatsächlichen Dichtemittelwerte der durchteuften stratigraphischen Einheiten hätte man mit hoher Genauigkeit ($\pm 0,01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) nur bei erheblich umfangreicherer, nahezu lückenloser Beprobung erhalten können. Bei dem gegebenen Wertevorrat war eine einfache arithmetische Mittelwertbildung das sinnvollste. Sie ist weniger genau, läßt aber die eingangs dieses Kapitels gegebene Beschreibung leicht und übersichtlich erkennen. Die Mittelwerte sind in der Tabelle 2 zusammengestellt worden. Als Maß für die Streuung der Einzelwerte ist die Standardabweichung angegeben.

Die Tabelle 2 weist für den Muschelkalk einen relativ hohen und andererseits für den Buntsandstein einen besonders niedrigen Dichte-Mittelwert aus. Das ist auch bei der genannten minderen Genauigkeit dieser Werte ein Ergebnis, das für die Interpretation gravimetrischer Messungen von Nutzen sein kann.

Table 1: Ergebnisse der Dichtebestimmungen (Tiefe in Metern, Dichte in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

Tiefe	Dichte	Proben-Beschreibung (lithologisch und stratigraphisch)	
45,9	2,206	Sandstein, fein- bis mittelkörnig	Keuper
53,5	2,205	Sandstein, mittel- / grobkörnig	
56,8	2,433	Sandstein, mittelkörnig	
58,65	2,191	Sandstein, grobkörnig	
62,1	2,199	Sandstein, grobkörnig bis kiesig	
64,03	2,107	Sandstein, grobkörnig bis kiesig	
67,28	2,566	Tonstein, dolomitisch	
68,75	2,170	Sandstein, grobkörnig	
71,92	2,497	Sandstein, fein- / mittelkörnig	
73,80	2,181	Sandstein, grobkörnig	
75,05	2,362	Sandstein, mittelkörnig, dolomitisch	
76,35	2,725	Dolomitstein	
79,9	2,225	Sandstein, feinkörnig	
81,3	2,204	Sandstein, feinkörnig	
83,05	2,544	Sandstein, feinkörnig	
84,1	2,142	Sandstein, grobkörnig	
86,05	2,404	Sandstein, feinkörnig	
88,1	2,496	Sandstein, feinkörnig	
91,85	(2,438)	Tonstein	
92,8	2,526	Tonstein, schwach dolomitisch	
94,1	2,507	Tonstein, dolomitisch	
96,5	2,515	Tonstein, dolomitisch	
98,1	2,490	Tonstein, dolomitisch	
101,7	2,548	Sandstein, feinkörnig	
102,7	2,504	Tonstein	
106,35	2,294	Sandstein, feinkörnig	
109,05	(2,431)	Tonstein, schwach dolomitisch	
113,05	2,492	Tonstein, dolomitisch	
114,73	2,481	Tonstein, dolomitisch	
116,15	2,451	Tonstein	
118,02	2,453	Tonstein	
121,02	2,444	Tonstein	
125,02	2,533	Sandstein, feinkörnig, dolomitisch	
127,07	2,349	Tonstein mit Feinsandlagen	
129,02	2,306	Tonstein mit Feinsandlagen	
131,1	2,313	Sandstein	
136,3	2,281	Sandstein, feinkörnig, Tonmergelsteinlagen	
139,20	2,465	Sandstein / Tonstein-Wechselagerung	
143,65	2,259	Sandstein, feinkörnig	
145,98	2,279	Sandstein, feinkörnig	
148,15	2,291	Sandstein, feinkörnig	
150,60	2,234	Sandstein, feinkörnig	
153,72	2,251	Sandstein, feinkörnig	
157,40	(2,383)	Tonstein	
157,47	(2,376)	Tonstein	
163,02	2,468	Tonstein, dolomitisch	
165,24	2,474	Tonstein mit Feinsandeinlagen	
167,47	2,449	Tonstein	
167,97	2,738	Dolomitstein	
168,97	2,703	Dolomitstein	
170,5	2,324	Tonstein, dolomitisch	
173,03	2,516	Mergelstein	

Tiefe	Dichte	Proben-Beschreibung (lithologisch und stratigraphisch)	
174,20	(2,393)	Tonstein, dolomitisch	
176,2	(2,419)	Tonstein, dolomitisch	
179,90	2,239	Sandstein, feinkörnig	
180,45	2,787	Dolomitstein	
181,72	2,258	Sandstein	
183,05	2,708	Dolomitstein	
184,05	2,505	Dolomitstein, porös	
185,95	2,500	Dolomitstein mit Feinsandlagen	Muschelkalk
187,95	2,637	Dolomitstein, feinsandig	
190,15	2,650	Dolomitstein, feinsandig	
191,87	2,611	Sandstein, feinkörnig, karbonatisch	
194,05	2,717	Dolomitstein	
199,12	2,707	Tonmergelstein mit Dolomitsteinlagen	
200,5	2,788	Dolomitstein, grobspätig	
202,95	2,575	Dolomitstein mit Tonsteinlagen	
205,55	2,706	Dolomitstein mit Tonsteinlagen	
208,05	2,584	Dolomitstein und Tonstein	
210,15	2,521	Tonstein mit Dolomitsteinlagen	
212,04	2,673	Tonstein mit Dolomitsteinlagen	
213,85	2,717	Dolomitstein	
217,15	2,801	Dolomitstein	
219,9	2,724	Dolomitstein	
222,9	2,731	Dolomitstein	
225,95	2,679	Dolomitstein und Tonstein	
228,05	2,701	Tonmergelstein	
230,83	2,618	Tonmergelstein	
231,03	2,681	Tonmergelstein	
231,38	2,736	Tonmergelstein	
233,75	2,424	Dolomitstein (?)	
236,23	2,546	Dolomitstein (?)	
239,4	2,597	Tonmergelstein	
242,3	2,255	Mergelstein	
247,55	2,400	Mergelstein	
254,28	2,630	Mergelstein	
257,95	2,460	Mergelstein	
260,53	2,467	Mergelstein	
262,73	2,427	Mergelstein	
263,23	2,809	Mergelstein	
266,04	2,432	Mergelstein mit Gips- und Tonlagen	
269,65	2,703	Mergelstein	
271,83	2,702	Mergelstein	
273,97	2,331	Gips, mergelig	
274,96	2,332	Gips, mergelig	
278,13	2,606	Tonstein	
280,71	2,641	Tonstein	
281,76	2,659	Tonstein	
285,61	2,598	Mergelstein	
287,58	2,637	Mergelstein	
290,23	2,617	Mergelstein	
292,04	2,620	Mergelstein	
295,58	2,603	Sandstein, mittelkörnig	
297,23	2,447	Sandstein, feinkörnig	
299,06	2,600	Sandstein	
301,05	2,361	Sandstein, mittel- bis grobkörnig	Buntsandstein
303,04	2,170	Sandstein, kiesig	

Tiefe	Dichte	Proben-Beschreibung (lithologisch und stratigraphisch)	
305,87	2,113	Sandstein, grobkörnig bis kiesig	
307,65	2,285	Sandstein, grobkörnig	
310,05	2,200	Sandstein, grobkörnig bis kiesig	
312,92	2,227	Sandstein, grobkörnig, grau	
314,84	2,400	Sandstein, grobkörnig, rotbraun	
317,77	2,252	Sandstein, grobkörnig, grau	
320,85	2,270	Sandstein, grobkörnig bis kiesig	
322,9	2,308	Sandstein, grobkörnig bis kiesig	
325,63	2,230	Sandstein, grobkörnig, grau	
328,96	2,274	Sandstein, grobkörnig bis kiesig	
332,85	2,313	Sandstein, grobkörnig	
335,95	2,539	Sandstein	
338,15	2,327	Sandstein	
341,2	2,312	Sandstein, kiesig	
343,70	2,411	Sandstein, kiesig, mit Tongallen	
346,40	2,361	Sandstein, kiesig, mit Tongallen	
349,06	2,291	Sandstein, grobkörnig	
351,5	2,402	Sandstein, grobkörnig	
353,90	2,284	Sandstein, grobkörnig	
355,85	2,369	Sandstein, grobkörnig	
358,2	2,427	Sandstein, fein-/grobkörnig, tonig	
360,75	2,389	Konglomerat	
361,9	2,278	Konglomerat	
363,1	2,341	Konglomerat	
<hr/>			
363,85	2,587	Tonstein	Oberrotliegendes
365,45	2,595	Tonstein	
368,28	2,553	Tonstein	
370,33	2,567	Tonstein	
372,25	2,546	Tonstein	
374,50	2,564	Tonstein	
<hr/>			
376,8	2,664	Gneis mit Talk und tonigen Beimengungen	Gneis
377,95	2,510	Gneis mit tonigen Beimengungen	(Vindelicischer Sockel)
379,70	2,634	Gneis mit tonigen Beimengungen	
381,3	2,428	Gneis mit tonigen Beimengungen	
382,8	2,506	Gneis mit tonigen Beimengungen	
384,95	2,581	Gneis	
389,95	2,642	Gneis	
394,95	2,549	Gneis	
399,70	2,576	Gneis	
404,80	2,575	Gneis	
409,76	2,655	Gneis	
414,85	2,604	Gneis	
420,96	2,561	Gneis	
426,95	2,636	Gneis	
431,57	2,636	Gneis	
436,06	2,598	Gneis	
441,94	2,660	Gneis	
447,44	2,597	Gneis	
452,10	2,656	Gneis	
458,12	2,648	Gneis	
463,55	2,575	Gneis	
468,85	2,687	Gneis	
473,05	2,673	Gneis	
479,06	2,633	Gneis	
484,95	2,685	Gneis	

Tiefe	Dichte	Proben-Beschreibung (lithologisch und stratigraphisch)
488,95	2,600	Gneis
494,52	2,674	Gneis
499,95	2,607	Gneis
503,75	2,617	Gneis
508,95	2,752	Gneis
513,95	2,753	Gneis
518,40	2,685	Gneis
522,04	2,635	Gneis
526,87	2,626	Gneis
531,80	2,582	Gneis
536,15	2,557	Gneis
540,95	2,583	Gneis
545,46	2,665	Gneis
551,64	2,615	Gneis
555,05	2,700	Gneis
560,2	2,671	Gneis

Tabelle 2: Dichte-Mittelwerte für stratigraphische Einheiten

Stratigraphische Einheit	Überwiegende Gesteine	Anzahl der Proben	Dichte-Mittel $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	Standardabweichung
Keuper	Sandstein	59	2,40	0,16
	Tonstein			
	Dolomitstein			
Muschelkalk	Dolomitstein	46	2,60	0,13
	Mergelstein			
	Sandstein			
Buntsandstein	Sandstein	26	2,31	0,09
Oberrotliegendes	Tonstein	6	2,57	0,02
Vindelizischer	Gneis, tonig	5	2,55	0,10
Sockel	Gneis	35	2,63	0,05

Magnetische Untersuchungen an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

Von K. FROMM

Mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen

Kurzfassung

Die magnetischen Messungen an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001 bildeten einen Teil der vielfältigen geophysikalischen Untersuchungen am Bohrprofil. Aus dem Bohrkern, der nur vertikal orientiert war, wurden kleine Probengruppen in Abständen von ca. 1 m (bzw. 5 m im Kristallin) entnommen. Die Labormessungen erbrachten eine Übersicht für die induzierten und remanenten Magnetisierungen, die für das ganze Bohrprofil graphisch dargestellt sind und deren Mittelwerte für die stratigraphischen Einheiten sowie auch für die wesentlichen Gesteinstypen tabelliert sind. Die Intensitäten liegen zwischen Null und geringen Werten, die nur vereinzelt 20 mA/m überschreiten, wobei die Tonsteine – besonders die rötlichen – mit Abstand die größten Magnetisierungen besitzen.

Eine zusammenhängende paläomagnetisch-stratigraphische Aussage ist wegen der schwachen Magnetisierungen nicht möglich. Es gelang nur in drei begrenzten Teufenabschnitten eine paläomagnetische Auswertung, der zufolge zwei Abschnitte im Keuper als Teile normal polarisierter Epochen erkennbar sind und die Tonsteine des Oberrotliegenden in einer Epoche inverser Feldrichtung sedimentierten. Die zugehörigen mittleren Inklinationen passen gut zu den in der Literatur angegebenen entsprechenden Polpositionen.

1. Einleitung

Die durchgehend gekernte Bohrung bot die Gelegenheit, die Gesteinsmagnetisierung der Sedimentbedeckung und des Grundgebirges über die Gesamtmächtigkeit von ca. 560 m kennenzulernen. Die Kenntnis der Magnetisierungen im Untergrund bildet eine wichtige Voraussetzung für die quantitative Auswertung der aeromagnetisch erfaßten Anomalien des Erdmagnetfeldes. Daher kommt der Gewinnung von Erfahrungswerten, die für ein größeres Gebiet Gültigkeit haben, entsprechende Bedeutung zu.

Die Kernbohrung bot aber auch Gelegenheit, eine Gliederung in paläomagnetische Epochen zu versuchen, die stratigraphischen Korrelationen dienen kann. Das Fehlen einer azimuthalen Orientierung minderte allerdings die Erfolgsaussichten für die Paläomagnetik. Für den Vindelicischen Sockel wurden von ihr keine Ergebnisse erwartet, da der erbohrte präkambrische Gneis vielfach starke Verwitterung aufweist; wahrscheinlich war er auch Erwärmungen ausgesetzt.

2. Probengewinnung

Da die magnetischen Messungen nicht direkt an den Kernstücken im Bohrkernlager vorgenommen werden konnten, wurde der Kern ab 42 m Teufe in Abständen von ca. 1 m – im Gneis 5 m Abständen – bis zur Endteufe beprobt. Die Kernmärsche waren nicht im Bohrloch orientiert worden, doch die Vertikalorientierung blieb durch Pfeilmarkierungen und Teufenangaben gesichert.

Aus den weicheren Tonsteinpartien wurden kurze Stücke des Kernes entnommen, die im Labor für Gesteinsmagnetik des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung mit Verfestigungsmittel getränkt und nach Aushärtung in Würfelproben aufgetrennt wurden. Aus harten Kernstücken wurden im Bohrkernlager mit einer speziellen Bohrvorrichtung (FROMM 1982) kleinere zylindrische Proben herausgebohrt, die im Labor in je zwei Probekörper geteilt wurden. Insgesamt standen dann 1032 Probekörper für die Messungen zur Verfügung.

3. Intensitäten der Magnetisierung im Bohrprofil

Die Magnetisierung des Gesteins besteht aus einem vom Erdfeld in situ induzierten Anteil, der proportional zur Suszeptibilität des Gesteins ist, und aus einem remanenten Anteil. Während von der Suszeptibilität auf den Gehalt des Gesteins an magnetischen Partikeln geschlossen werden kann, prägt die Verteilung der von ihr abhängigen induzierten Magnetisierung (Induktion) im Untergrund in den meisten Fällen die Anomalien des Erdfeldes. Der remanente Anteil der natürlichen Magnetisierung (NRM) liefert dazu wegen seiner meist uneinheitlichen Richtungen nur selten einen dominierenden Beitrag; sein Einfluß ist bei Störkörperberechnungen unter Berücksichtigung seiner Richtungen, die im Abschnitt 4.2. betrachtet werden, abzuschätzen.

Die Intensitäten der Induktion und der NRM sind in der Abb. 1a bis 1d für das beprobte Bohrprofil dargestellt; dort ist auch das Verhältnis $Q = \text{NRM} / \text{Induktion}$ – der sog. KÖNIGSBERGER-Quotient – für jeden Teufenmeter gemittelt angegeben. Die Suszeptibilität (im SI) läßt sich aus einer Skala ablesen, die am unteren Ende des Diagrammes für die Induktion angebracht ist.

Die Intensitäten sind im gesamten Bohrprofil gering, vielfach sehr gering zu nennen. Einzelheiten zu den geologischen Formationen folgen hier in Verbindung mit Abb. 1:

Keuper: Induktion und NRM sind im unteren Burgsandstein und im Blasen-sandstein gering, nur vereinzelt kommen etwas größere Werte vor. Ein deutlicher Anstieg auf etwa 10fache Intensitäten ist mit zunehmender Teufe in den rotbraunen Tonsteinen der Lehrbergschichten zu beobachten; dort fallen die eingeschalteten Sandsteinschichten durch 3- bis 4fach geringere Magnetisierungen auf. Im darunterliegenden Schilfsandstein nimmt die Induktion mit zunehmender Teufe etwas ab, entsprechend dem Wechsel von überwiegend graublauem Tonstein zu grüngrauem Sandsteinanteil; die Remanenz ist generell kleiner als in den Lehrbergschichten. Nach einem erneuten Anstieg der Intensitäten in braunem Sandstein bleiben sie bis in die Myophorien-Schichten (Benker Sandstein) konstant, wobei Dolomitstein und dolomitische Tonsteine sich durch kleinere Werte von den hier dominierenden Tonsteinen abheben. In den Schichten des Unteren Keuper sind die geringen Magnetisierungen auf das vermehrte Vorkommen von Dolomitstein zurückzuführen.

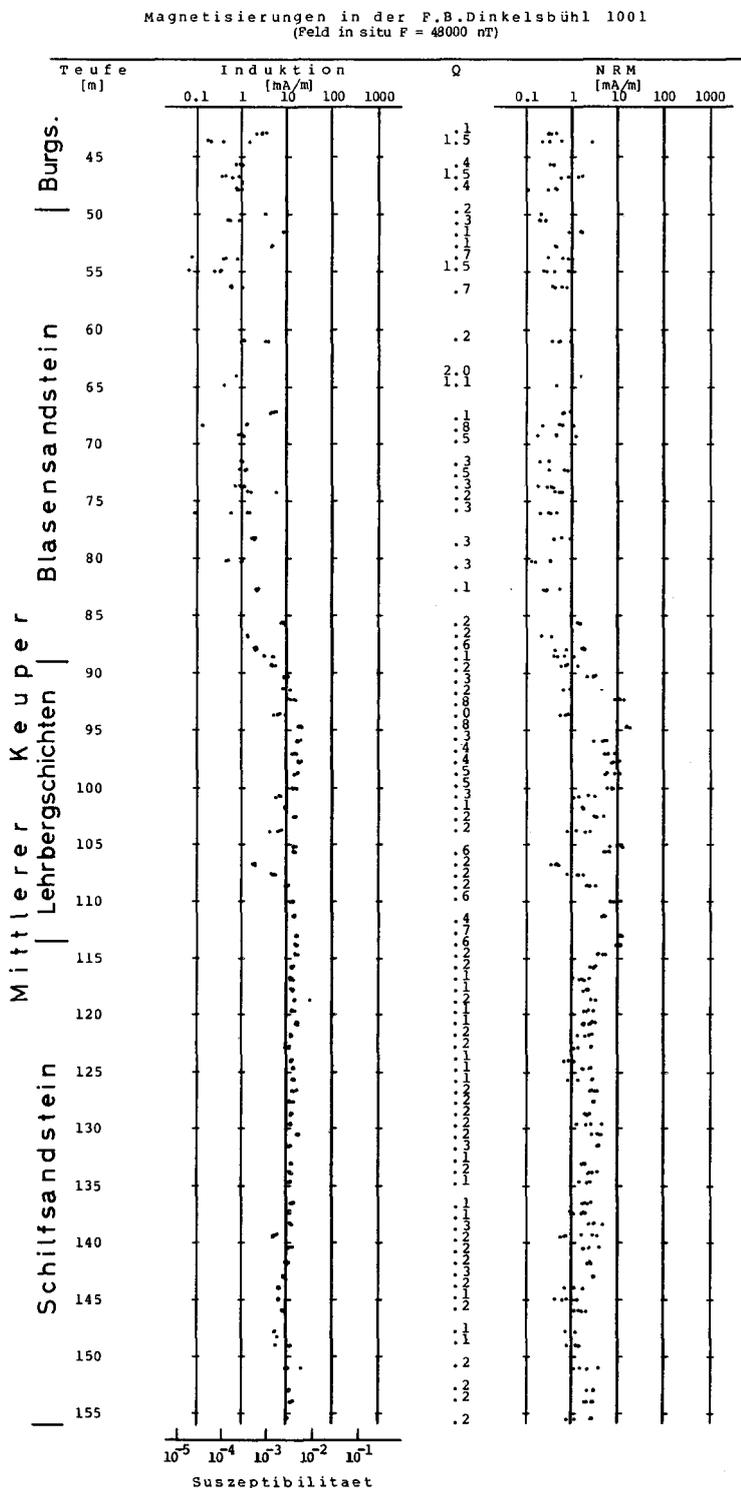


Abb. 1a. Induzierte Magnetisierung (Induktion) und natürliche Remanenz (NRM) im Profil der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001.

Magnetisierungen in der F.S. Dinkelsbühl 1001
(Feld in situ F = 48000 mT)

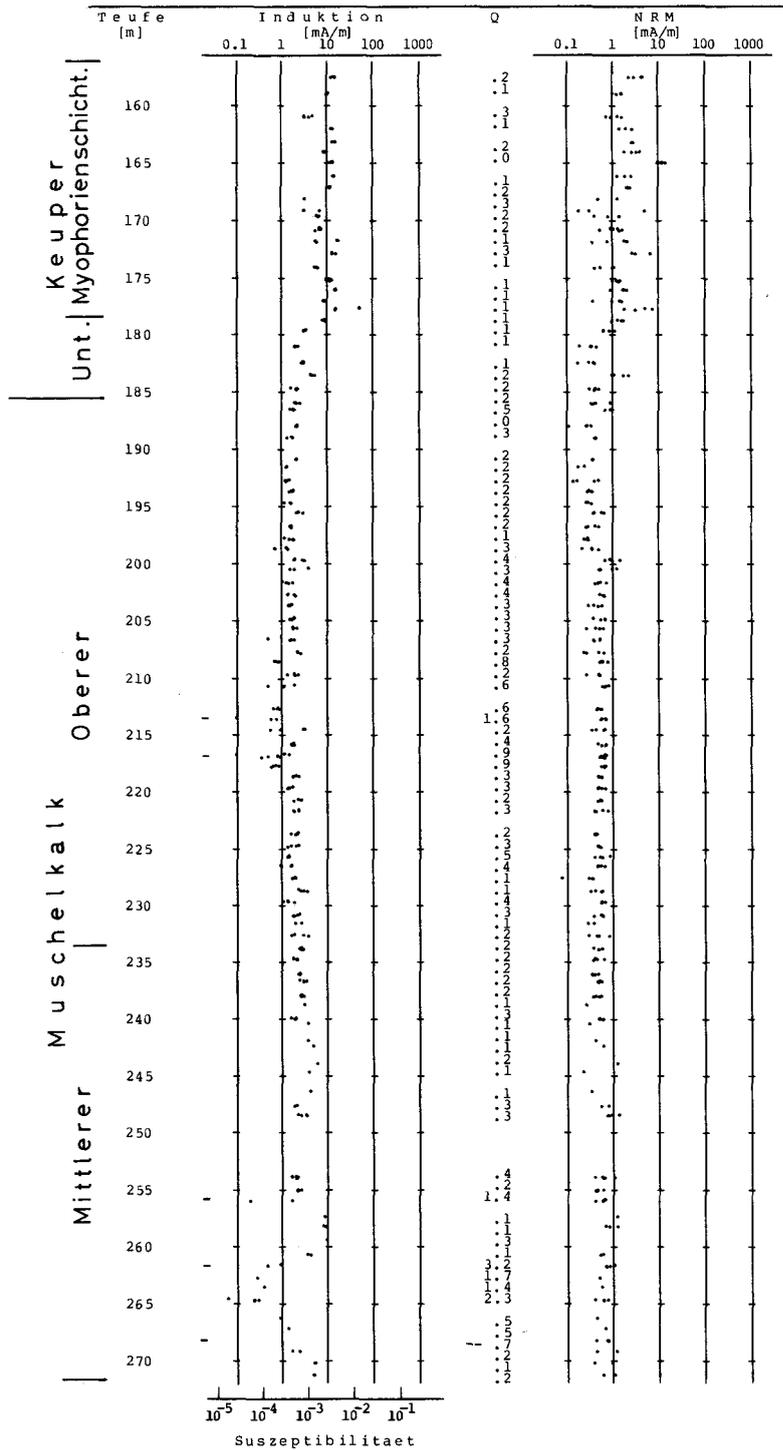


Abb. 1b. Fortsetzung von Abb. 1a.

Magnetisierungen in der F.B. Dinkelsbühl 1001
(Feld in situ $F = 48000 \text{ mT}$)

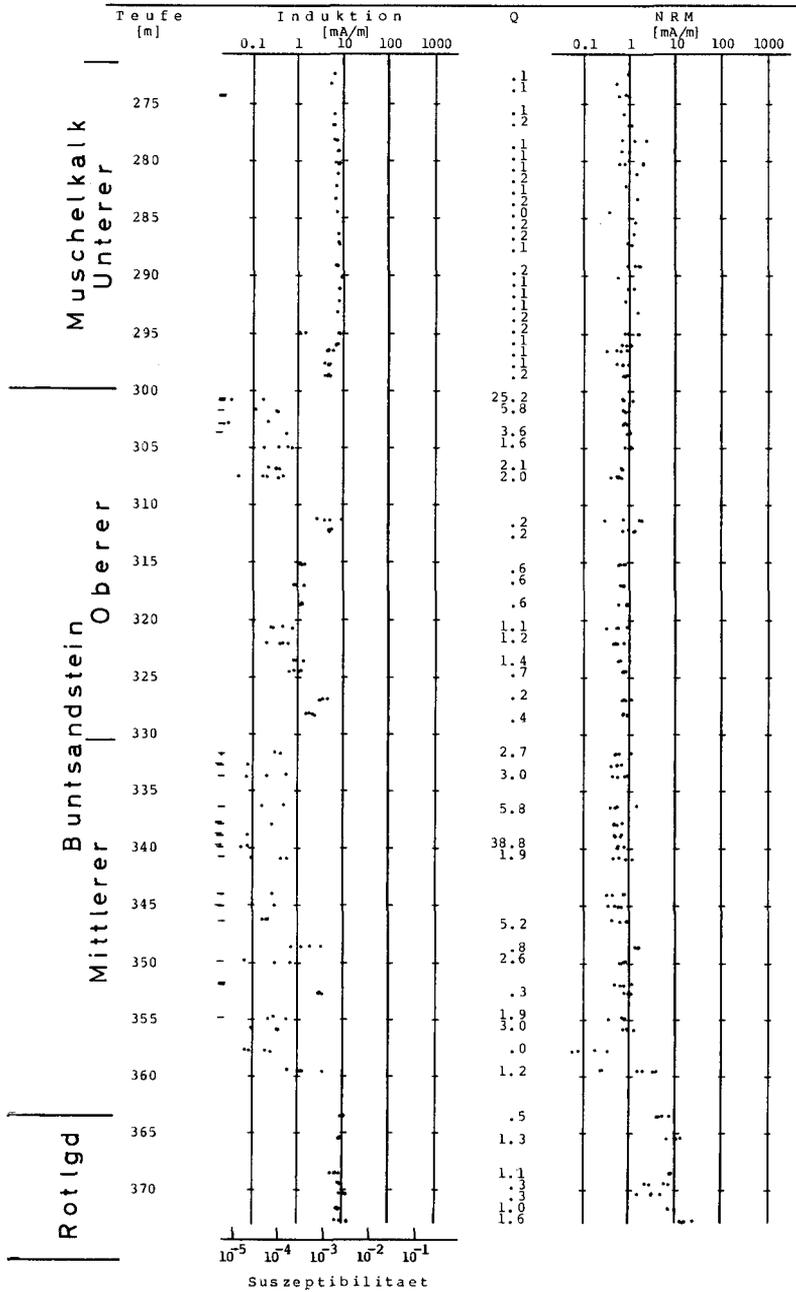


Abb. 1c. Fortsetzung von Abb. 1a und b.

Magnetisierungen in der F.B.Dinkelsbühl 1001
(Feld in situ $F = 48000 \text{ nT}$)

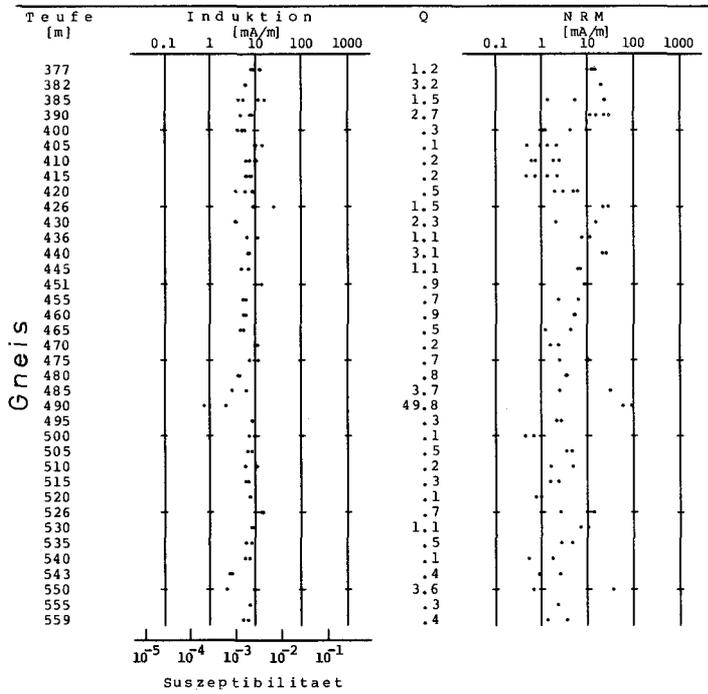


Abb. 1d. Fortsetzung von Abb. 1a, b und c.

Muschelkalk: Im Oberen Muschelkalk dominiert der Dolomitstein mit seiner schwachen Magnetisierung. Der Mittlere Muschelkalk enthält ab Tiefe 240 m wieder mehr Tonstein mit höheren Intensitäten, die aber zwischen 261 m–269 m infolge zahlreicher zwischengeschalteter Gipslagen auf sehr kleine Werte absinken. Auch im Unteren Muschelkalk sind die Magnetisierungen durch Gipslagen oder Sandsteinschichten etwas schwächer als im reinen Tonstein.

Buntsandstein: Der weißgraue Sandstein im Oberen und Mittleren Buntsandstein weist extrem schwache Induktion auf, während die natürliche Remanenz nicht in gleichem Maße klein wird; sie ist in diesen Sandsteinen etwas größer als die Induktion ($Q > 1$). Nur in rotbraunen Sandsteinbänken steigt die induzierte Magnetisierung auf mehrfache Werte an.

Der Ursache für diesen auffallenden Unterschied wurde mit je einer thermomagnetischen Analyse an hellem und an rotbraunem Sandstein nachgegangen. Solche Analysen lassen gewöhnlich die Curietemperaturen der anwesenden magnetischen Minerale erkennen. Bei den benutzten Proben zeigten die Diagramme jedoch nur schwache Andeutungen der Curiepunkte von Magnetit und evtl. Hämatit; signifikante Unterschiede ließen sich nicht feststellen.

Rotliegendes: In dem hier aufgeschlossenen Oberrotliegenden verursachen tiefrotbraune Tonsteine die deutlich stärkere Magnetisierung. Insbesondere erreicht die Remanenz vielfach die Werte der Induktion ($Q = 1$).

Kristallines Grundgebirge: Aus dem Gneis des Vindelicischen Sockels waren nur Probengruppen im Abstand von etwa 5 Metern aus dem Bohrkern entnommen worden. Bei der verhältnismäßig gleichbleibenden Induktion im ganzen Teufenbereich des Gneis kann aber angenommen werden, daß seine Magnetisierung damit repräsentativ erfaßt ist. Die kaum geringere Remanenz zeigt etwas stärkere Schwankungen als innerhalb der einzelnen Sedimente, es zeichnet sich eine schwache Abnahme ihrer Intensität mit zunehmender Teufe ab.

4. Remanenzrichtungen und Paläomagnetik

4.1. Grenzen für die Bestimmbarkeit der Remanenzrichtung

Von den beiden Winkeln (Deklination und Inklination), die der Beschreibung der Remanenzrichtung dienen, hat nur die Inklination eine Bedeutung, da die azimutale Orientierung des Bohrkernes nicht bekannt ist. Die Aussagen über die Richtung der Remanenz sind daher begrenzt. Da nun die Richtung die eigentliche paläomagnetische Information trägt, waren auch einer paläomagnetischen Untersuchung von vornherein enge Grenzen gesetzt. In Sedimenten der Trias aber, in denen die Inklination deutlich von Null verschieden zu erwarten ist, war doch zu hoffen, Bereiche positiver von solchen negativer Inklinationen unterscheiden zu können, also paläomagnetische Epochen normaler und inverser Polarität des Erdfeldes zu erkennen. Eine solche Gliederung des Profiles sollte künftigen stratigraphischen Vergleichen mit anderen Bohrprofilen dienen.

Die geringen Intensitäten der Remanenz beschränken allerdings zuverlässige Inklinationsbestimmungen auf wenige Teufenabschnitte, besonders für die Paläomagnetik, da die Prozedur der Abmagnetisierung, durch die verfälschend wirkende Sekundärmagnetisierungen – technisch verursachte und viskose Remanenzen – beseitigt werden, die Intensität noch weiter schwächt.

4.2. Richtung der NRM

Im Mittleren Keuper ist von 96 m bis 131 m Teufe eine gleichbleibend positive Inklination um ca. $+60^\circ$ zu beobachten, die eine im Mittel recht homogene Richtung der NRM etwa in heutiger Feldrichtung vermuten läßt. Bis 177 m Teufe folgen dann stark wechselnd Inklinationswerte mit abnehmender Tendenz bis um 0° . Für das Oberrotliegende (363.36 m bis 376 m) sind ca. -15° für die Inklination der NRM anzusetzen.

Im Kristallin überwiegen die negativen Inklinationen deutlich; für den durchteuften Teil des Gneis gelten im Mittel -20° .

4.3. Fragmentarische Gliederung in paläomagnetische Epochen

Von Sedimenten, die auf der Nordhalbkugel entstanden sind und in denen positive Inklinationen dominieren, wird angenommen, daß sie ihre remanente Magnetisierung in einer Epoche normaler (der heutigen entsprechender) Polarität des Erdfeldes angenommen haben. Eine Epoche inverser Polarität prägt dagegen in einem neu entstehenden Gestein eine Remanenzrichtung mit negativer Inklination.

Für die Teufenabschnitte, in denen die Inklinationenwinkel nach einer Abmagnetisierung im Wechselfeld von 40 kA/m (ca. 500 Oe) noch zuverlässig bestimmt werden konnten, sind diese in Abb. 2 gemeinsam mit den Intensitäten der partiellen nach der Abmagnetisierung verbliebenen Remanenzen dargestellt. Um generelle Tendenzen hervorzuheben, wurden die Inklinationenwinkel der für die einzelnen Bohrmeter resultierenden Richtungen gleitend über je 5 m arithmetisch gemittelt und in Abb. 2 durch eine punktierte Linie miteinander verbunden.

Im Mittleren Keuper zeigt der Profilabschnitt 86 m bis 109 m Teufe deutlich positive Inklinationen. Ein weiterer Abschnitt zwischen 144 m und 169 m wird ebenfalls von positiven Inklinationen beherrscht, er enthält allerdings auch eine Exkursion zu kleineren Werten.

Hier sei daran erinnert, daß innerhalb einer paläomagnetischen Epoche unregelmäßig verteilt Events umgekehrter Polarität zu erwarten sind. Diese können bei dem Beprobungsabstand von 1 m schon unentdeckt bleiben; denn infolge von Sedimentationslücken kann der Zeitablauf des magnetischen Feldes in den Sedimenten lückenhaft dokumentiert sein. Die beiden abweichenden Inklinationen bei 147 m und 148 m können daher durchaus zu einem Event gehören. Die gleitenden Mittel verschleiern natürlich solche kurzen Polwechsel.

Für den gesamten Muschelkalk und Buntsandstein sind nur ganz vereinzelte Aussagen möglich: So im Mittleren und Unteren Muschelkalk bei den Teufen 248 m, 259 m, 278 m und 280 m und im Oberen Buntsandstein bei 312 m, 326 m und 328 m, wo überall normale Polarität beobachtet wird, während inverse Remanenzrichtungen im Mittleren Buntsandstein bei 343 m und 352 m und eine Inklination um 0° bei 348 m Teufe auftreten.

Im Oberrotliegenden weisen die wenigen Daten auf eine Epoche inverser Polarität hin. Diese im Perm nach bisheriger Kenntnis dominierende Polarität wurde in der F. B. Urach 3 bei 1202 m und 1432 m Teufe beobachtet.

Für den Vindelicischen Sockel wurden die Remanenzrichtungen nicht paläomagnetisch ausgewertet, da die magnetischen und stofflichen Verhältnisse im präkambrischen Gneis durch mögliche Erwärmungen im Paläozoikum, besonders aber durch Verwitterungseinflüsse kompliziert sind. Paläomagnetische Detailuntersuchungen würden sich nur an zuverlässig orientierten Kernen lohnen.

4.4. Vergleiche mit paläomagnetischen Polpositionen

Aus Polpositionen, die Mc ELHINNY (1973) für Mitteleuropa angibt, läßt sich die Inklination berechnen, die das Erdfeld am Ort der Bohrung in verschiedenen Zeitaltern gehabt hat. Für die Trias ergibt sich ca. $I = 25^\circ$, für das Perm $I = 14^\circ$. Da nun während der Trias eine besonders starke Nordverschiebung der Scholle erfolgte, muß noch eine von VAN DER VOO et. al. (1974) angegebene Polposition für die jüngere Trias berücksichtigt werden, aus der $I = 53^\circ$ folgt.

Für die F. B. Dinkelsbühl 1001 ergeben die hinreichend genau bestimmbaren Remanenzen im Mittleren Keuper eine mittlere Inklination von $I = 58^\circ$, die den oben angegebenen Wert, dem eine um $2,5^\circ$ südlichere Position der Scholle entspricht, bestätigt. Für das Rotliegende ergibt sich – bleibt der durch stark steuende Werte verfälschte Mittelwert bei 369 m unberücksichtigt – in Übereinstimmung mit Mc ELHINNY (1973) $I = -14^\circ$ für die inverse Richtung. An den permischen Proben aus

der F. B. Urach 3 konnte diese Übereinstimmung nicht nachgewiesen werden, da dort eine sekundäre Remanenz überlagert war, die nicht vollständig abmagnetisiert werden konnte. Eine solche störende Remanenz, die dort vermutlich von Hämatit getragen wird, ist hier im Tonstein nicht zu finden.

5. Resultate für das durchteufte Profil

5.1. Die Intensität der Magnetisierung

Für die stratigraphischen Einheiten sind Mittelwerte der induzierten Magnetisierung (Induktion) und der natürlichen Remanenz (NRM) in Tabelle 1 zusammen-

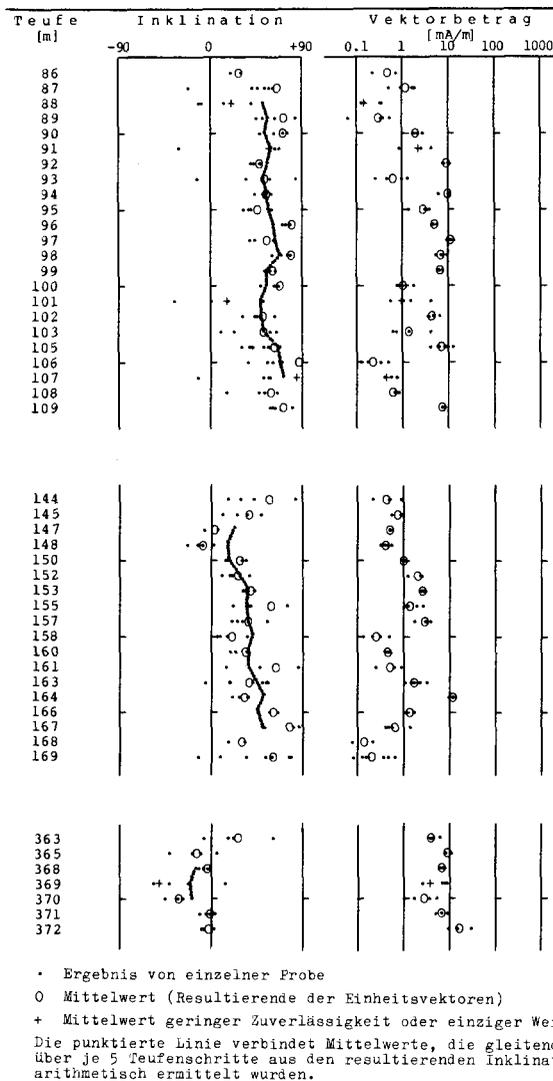


Abb. 2. Partielle Remanenzen in zwei Teufenabschnitten des Mittleren Keuper (oben und Mitte) und im Rotliegenden (unten) nach Abmagnetisierung im Wechselfeld von 40 kA/m.

Tabelle 1: Mittelwerte der Magnetisierungen in stratigraphischer Folge

Teufe m	Stratigraphische Einheit	n Stck	Induktion in situ mA/m	NRM mA/m	Q
42,00	Keuper, Mittlerer Unterer Burgsandstein				
- 89,10	und Blasensandstein i. w. S.	30	1,9	0,5	0,26
-112,79	Lehrbergschichten	22	10,7	4,8	0,44
-156,75	Schilfsandstein	38	10,9	2,2	0,20
-177,70	Myophorienschichten (Benker S.)	17	10,8	2,8	0,26
-185,10	Unterer Keuper	6	3,9	0,5	0,13
-233,58	Muschelkalk, Oberer	45	1,6	0,4	0,24
-271,28	Muschelkalk, Mittlerer	32	3,0	0,6	0,19
-299,94	Muschelkalk, Unterer	28	5,6	0,8	0,14
-332,00	Buntsandstein, Oberer	18	1,2	0,7	0,6
-363,36	Buntsandstein, Mittlerer	19	0,4	0,7	1,5
-376,00	Rotliegendes, Oberes	7	8,1	7,1	0,88
-562,00	Gneis	37	7,1	8,5	1,2

Anmerkung: n gibt die der Mittelung zugrunde liegende Anzahl von Werten an. Dabei ist zu berücksichtigen, daß diese Werte ihrerseits aus den meist 4 Proben eines Bohrmeters ermittelt wurden, so daß die Angaben entsprechend repräsentativ sind.

Tabelle 2: Mittelwerte der Magnetisierungen zu typischen Gesteinsarten der Bohrung

Gesteinsart		n Stck	Induktion in situ mA/m	NRM mA/m	Q
Tonstein, rotbraun	im Keuper	13	13,8	7,4	0,54
Tonstein, rotbraun	im Oberrotliegenden	7	8,1	7,1	0,88
Tonstein, graublau	im Keuper	23	12,1	2,1	0,17
Tonmergelstein	im Muschelkalk	22	6,5	0,9	0,14
Dolomitstein	im Keuper	4	2,6	0,4	0,15
Sandstein, rotbraun	im Oberen Buntsandstein	11	1,9	0,8	0,39
Sandstein, hell	im Oberen und Mittleren Buntsandstein	11	0,1	0,5	5,0
Gneis		37	7,1	8,5	1,2

gestellt. In dieser Übersicht wird zunächst deutlich, daß die Magnetisierungen im gesamten Profil schwach sind und daher keine nennenswerten Beiträge zu magnetischen Feldanomalien liefern können. Die NRM erreicht selten mehr als $Q = 25\%$ der Induktion.

Für die im Bohrprofil hauptsächlich vorkommenden Gesteine sind in Tabelle 2 ebenfalls mittlere Magnetisierungswerte zusammengestellt. Daraus wird deutlich, daß an erster Stelle die Tone zur Magnetisierung beitragen. Die Unterschiede zwischen den Werten des rotbraunen Tonsteins im Keuper und im Rotliegenden dürften sich aus der andersartigen Zusammensetzung der Fazies erklären, für die zwischen dem Grundgebirgsschutt im Rotliegenden ein höheres Angebot an Schwermineralen bestand.

5.2. Paläomagnetische Befunde

Die Versuche, das Kernmaterial auch für paläomagnetische Aussagen zu nutzen, scheiterten weitgehend an der zu geringen Magnetisierung. Die beabsichtigte Erfassung paläomagnetischer Epochen normaler und inverser Polaritäten, die in der Trias auch ohne eine azimutale Orientierung der Kernmärsche prinzipiell möglich ist, erbrachte daher nur eine sehr fragmentarische Gliederung der Profils:

Im Mittleren Keuper sind die Profilabschnitte von 86 m bis 109 m und von 144 m bis 169 m Teufe als normal polarisiert zu erkennen. Ob nun beide derselben Epoche angehören oder nicht, läßt sich nicht entscheiden. Die gleiche Polarität wurde übrigens auch im Mittleren Keuper der F. B. Urach 3 beobachtet.

Mehrere isolierte Daten zu normaler Polarität im Mittleren und Unteren Muschelkalk und im Oberen Buntsandstein (248 m–328 m Teufe) lassen sich ebenfalls nicht sicher zu einer gemeinsamen Epoche erklären, ebensowenig einige inverse Remanenzen zwischen 343 m und 352 m im Mittleren Buntsandstein.

Die Tonsteine des Oberrotliegenden sind in einer Epoche inverser Polarität sedimentiert. Hier wie auch im Keuper wird eine zur bekannten Polposition der entsprechenden geologischen Formation gut passende mittlere Inklination beobachtet.

6. Literatur

- MC ELHINNY, M. W. (1973): Paleomagnetism and plate tectonics. – 206; Cambridge (University Press) 1973.
- FROMM, K. (1982): Magnetic Investigations on Cores of the Research Borehole Urach 3. – The Urach Geothermal Project: 107–116, 4 Fig., 4 Tab., Stuttgart (Schweizerbart) 1982.
- VAN DER VOO, R. & FRENCH, R. B. (1974): Apparent polar wandering for the Atlantic bordering continents: late Carboniferous to Eocene. – *Earth science Rev.*, 10, 99–119, 1974.

Geologica Bavarica	83	87-88	München 1982
--------------------	----	-------	--------------

Die seismischen Geschwindigkeiten bis zum Grundgebirge bei der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

Von KURT BADER

Mit 1 Abbildung

Kurzfassung

Ein Dichte- und ein Sonic-Log-Profil der FB 1001 Dinkelsbühl erlauben die Zuordnung der 2 Hauptrefraktionshorizonte einer refraktionsseismischen Messung bei der Bohrung zur Muschelkalk- und zur Grundgebirgsoberfläche. Als maßgebende Geschwindigkeit des Deckgebirges ergibt sich 3,5 km/s ab 100 m Tiefe bis zum Grundgebirge, wobei der Muschelkalk selbst eine Geschwindigkeit von 4,8 km/s aufweist.

Härtere Schichten im mesozoischen Deckgebirge verhindern bei einer refraktionsseismischen Messung zur Ermittlung der Grundgebirgstiefe die direkte Bestimmung der maßgebenden Geschwindigkeiten des Deckgebirges, die zur Teufenberechnung notwendig sind. Durch eine Messung bei einer Bohrung bis ins Grundgebirge können dann anhand der vorgegebenen Schichtgrenzenteufen die maßgebenden Geschwindigkeiten in engen Grenzen abgeschätzt werden. Die FB Dinkelsbühl 1001 erweist sich für diesen Zweck als besonders günstig, da hier zusätzlich ein detailliertes Dichteprofil aus Bohrkernproben ab 50 m Tiefe (PLAUMANN, i. d. Band) und ein Sonic-Log ab 250 m Tiefe vorliegt.

Die refraktionsseismische Messung (Meßtechnik siehe BADER, i. d. Band) wurde wegen günstigerer Meßumstände etwa 500 m südlich der FB Dinkelsbühl im Wörnitztal ausgeführt, wobei sich die beiden 2 km langen Meßstrecken von Schuß und Gegenschuß nur auf den ersten 1000 m überdeckten.

Die erbohrten Tiefen der Muschelkalk- und der Grundgebirgsoberfläche und die Tiefen der Hauptrefraktionshorizonte mit 4,8 km/s und 5,2 km/s sind bei Annahme von 3,5 km/s als maßgebender Geschwindigkeit ab etwa 100 m Tiefe ausreichend gut in Übereinstimmung zu bringen (Abb. 1). Aus dem Vergleich mit dem Dichteprofil und dem Geschwindigkeitsprofil des Sonic-Logs würden sich zwar für die Permtrias ein etwas höherer Wert (bis 4,0 km/s) und für den Keuper ein etwas niedrigerer Wert (bis 3,0 km/s) ableiten, doch führen diese Werte zu einer zu großen Tiefe (ca. 500 m) für den Refraktionshorizont mit 5,2 km/s und zu einer zu geringen Tiefe (ca. 150 m) für den Refraktionshorizont mit 4,8 km/s, deren Zuordnung zur unverwitterten Grundgebirgsoberfläche bzw. zur Muschelkalkoberfläche aufgrund des Dichte- und Sonic-Log-Profiles (Abb. 1) als gesichert angesehen wird.

Literatur

- BADER, K. (1982): Die Grundgebirgstiefe längs eines Profils von Burgthann bis Beilngries aufgrund refraktionsseismischer Messungen. – Geologica Bavarica, 83, (ds. Bd.), München 1982.
- HAUNSCHILD, H. (1982): Profilbeschreibung, Stratigraphie und Paläogeographie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – Geologica Bavarica, 83 (ds. Bd.), München 1982.
- PLAUMANN, S. (1982): Dichtebestimmungen an Kernen der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – Geologica Bavarica, 83 (ds. Bd.), München 1982.

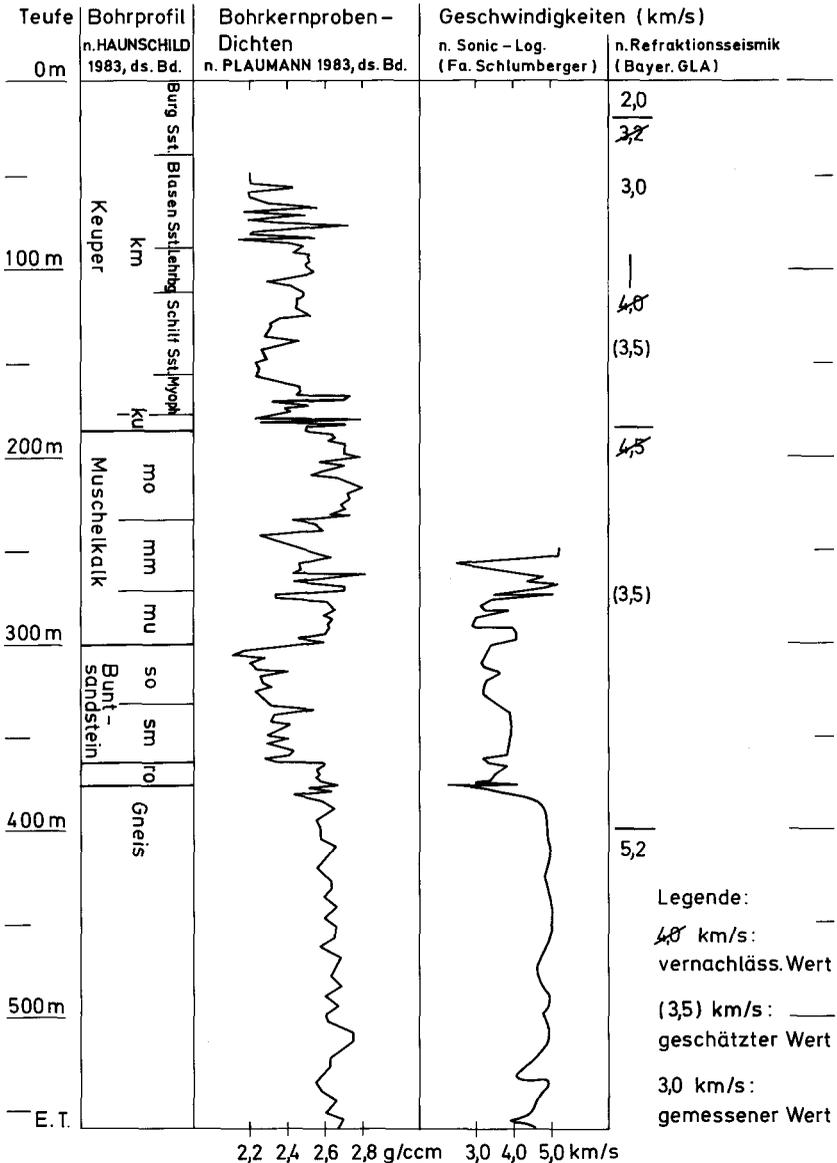


Abb 1. Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001: Vergleich von stratigraphischem Bohrprofil, Dichteprofil der vollständig gekernteten Bohrung und den Geschwindigkeiten aus dem Sonic-Log-Profil, mit den angenommenen (maßgebenden) Geschwindigkeiten der refraktionsseismischen Messung.

Geologica Bavarica	83	89-93	München 1982
--------------------	----	-------	--------------

Die Verteilung der Spurenelemente in der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001

Von W.-D. OTT

Mit Beilage 1

Kurzfassung

Die durch die chemische Analytik erhaltenen Daten spiegeln die lithologischen Gegebenheiten in der Bohrung Dinkelsbühl 1001 wider. Die Gehalte der einzelnen Elemente schwanken in den liegenden Gneisen nur wenig. Sie weichen von den Durchschnittswerten, die aus der Literatur (WEDEPOHL 1972) bekannt sind, nur wenig ab.

1. Einleitung

Als Ergänzung der stratigraphischen und lithologischen Bearbeitung der Bohrung Dinkelsbühl 1001 durch H. HAUNSCHILD und W.-D. OTT soll die geochemische Bearbeitung Auskunft geben über

1. die Verteilung und die Gehalte der Elemente Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Y, Zn und Zr sowie an U und Th (nur in wenigen Proben) und
2. eine Bestätigung der stratigraphischen Gliederung erbringen bzw. diese eventuell verfeinern.

2. Probenvorbereitung und Analytik

Zur Bearbeitung stand eine Kernbohrstrecke von 250 m zur Verfügung. Es wurden insgesamt 379 Proben entnommen. Davon stammten 233 aus dem sedimentären Bereich, 137 aus dem kristallinen Untergrund, weitere 9 Proben wurden entsprechend den Aufzeichnungen der Bohrlochmessung entnommen, um an ihnen die Gehalte an U und Th festzulegen. Es wurde Wert darauf gelegt im sedimentären Bereich die verschiedenen lithologischen Einheiten zu erfassen sowie im Bereich der Gneise die phänomenologisch unterschiedlichen Partien zu beproben. Die Menge des Probenmaterials betrug durchschnittlich 500 g. Alle Kernproben wurden zunächst geteilt. Die eine Hälfte wird aufbewahrt, die andere bildet die Grundlage für die chemische Untersuchung. Soweit es sich um Sandstein oder Tonstein handelte, konnte auf eine Zerkleinerung mit dem Backenbrecher verzichtet werden. Kalke und kristalline Gesteine mußten jedoch dieser Aufbereitungsprozedur unterworfen werden. Die analysenfeine Pulverisierung wurde in einer Scheibenschwingmühle (Fa. Siebtechnik TS 100) mit einem Widiastahlgefäß durchgeführt. Zur Untersuchung in der Röntgenfluoreszenzanlage (RFA/Ortec Tefa 6110) wurden aus den silikatischen Proben aus dem Bereich der Gneise Schmelztabletten und aus den Sedimentproben Pulvertabletten hergestellt. Die vorhandenen Rechenprogramme im RFA-Gerät zwangen zu dieser Zweiteilung.

Zur Schmelztablettenherstellung wurden 2 g Substanz und 4 g Flußmittel (Spectromelt A 10 Nr. 10783 Fa. Merck) eingewogen und in einem Platintiegel im Induktionsofen (Rotomelt 1.2kw Fa. Kontron) bei 15 A in 6 Minuten geschmolzen. Die Schmelze wurde in ein vorgewärmtes Platinformschälchen gegossen.

Zur Pulvertablettenherstellung wurden 3,5 g Substanz und 1,5 g Bindemittel (Somar-mix und Somar-blend, Verhältnis 1:1, Fa. Kontron) eingewogen und gut durchmischt. Diese Mixtur wurde in eine

Aluminiumkapsel (Alu-caps, Fa. Kontron) mit einem Durchmesser von 30 mm, entsprechend den Abmessungen der RFA, in einer hydraulischen Presse mit 30 t Druck in einer sehr kurzen Zeit eingepreßt. Die Meßzeit der RFA für Haupt- und Spurenelemente betrug einheitlich 200 sec. Die Auswertung der erhaltenen Daten erfolgte automatisch über einen Kleinrechner (Pdp 11/04, Fa. Digital Equipment), für den K. WEBER-DIEFENBACH vom Institut für allgemeine und angewandte Geologie und Mineralogie der Universität München dankenswerterweise das Programm erstellte.

3. Ergebnis

Die Analysen (Spurenelemente über die ganze Bohrung hinweg und die Hauptelemente im Bereich des kristallinen Untergrundes) sind nicht im einzelnen aufgeführt, jedoch im Archiv des GLA einzusehen. Die Auszeichnung der geochemischen Profile, als Veranschaulichung der vertikalen Verteilung der einzelnen Elemente, erfolgte über einen Computer, dessen Programm (STEINHAUSEN & LANGER) leider nicht über einen logarithmischen Maßstab verfügt. Aus diesem Grund mußte für jedes Element eine eigene Konzentrationsabstufung verwendet werden (Beilage 1).

Antimon (Sb): Das Element Antimon gehört zu den chalkophilen Elementen mit leicht siderophiler Tendenz. Da Antimonminerale im Laufe der Verwitterung leicht zerfallen, sind sie in klastischen Sedimenten nur spärlich vertreten. Eine Ausnahme bildet der widerstandsfähige Senarmontit (Sb_4O_6). Erhöhte Antimonwerte gehen daher in Sedimenten der Bohrung Dinkelsbühl wohl auf seine Anwesenheit zurück. Im kristallinen Untergrund wurde Antimon nicht bestimmt. Die höchsten Gehalte finden sich in Sandsteinen bzw. stark sandigen Tonsteinen, so im Coburger Sandstein mit ca. 34 ppm, im unterlagernden Blasensandstein i. e. S. mit 37 ppm sowie im mittleren Muschelkalk mit 35 ppm. In der Regel schwanken die Werte zwischen 5 und 10 ppm.

Barium (Ba): Barium kommt in Sedimenten hauptsächlich als Baryt oder Schwerspat ($BaSO_4$) oder als Witherit ($BaCO_3$) vor. Die Gehalte schwanken in der Bohrung zwischen 1 ppm in den Tonstein- und Dolomitsteinschichten des oberen Muschelkalkes und 600 ppm in Sandsteinen der Lehrbergschichten und der Myophorienschichten. Hierbei ist zu bemerken, daß der Spitzenwert durch Barytkristalle in einem Dolomitstein der Myophorienschichten das Bild etwas verfälscht.

Blei (Pb): Das Blei ist ein ausgesprochen chalkophiles Element und tritt vorwiegend als Bleiglanz (PbS) auf. In Sedimenten kommt daneben Cerussit ($PbCO_3$) vor. Die Gehalte an elementarem Blei in der Bohrung schwanken zwischen Werten um 1 ppm und 6500 ppm. Dabei ist festzustellen, daß hohe Bleiwerte vorwiegend auf den kristallinen Untergrund beschränkt sind. Eine Ausnahme ist eine Probe aus der Mitte der Myophorienschichten, die Blei in der Größenordnung des obigen Spitzenwertes enthält. Allgemein kann festgestellt werden, daß die hangenden Sedimentpartien bis zu den Myophorienschichten arm an Blei sind. Der unterlagernde Muschelkalk erbrachte Gehalte bis 1500 ppm, während der noch ältere Buntsandstein Blei nur in sehr geringer Konzentration enthält.

Chrom (Cr): Chrom ist ein lithophiles Element mit stark chalkophiler Tendenz. Es tritt fast ausschließlich als Chromeisenstein oder Chromit ($FeCr_2O_4$) auf, der nur sehr schwer zersetzt werden kann. Eventuelle Anreicherungen sind daher entweder auf Chromit oder auf Spurengehalte in Illit (FESSER 1968) zurückzuführen. In der sedimentären Abfolge des Keupers schwanken die Chromwerte um 20 ppm. Erhöhte Gehalte um 70 ppm bzw. 80 ppm in verschiedenen Sandsteinberei-

chen im unteren Burgsandstein und im Coburger Sandstein unterbrechen das eintönige Bild. Im Schilfsandstein konnten in einem Tonsteinhorizont (bei 118 m) bis 118 ppm festgestellt werden. Im Muschelkalk und Buntsandstein schwanken die Chromgehalte im Durchschnitt um einen Wert von 10 ppm. Die höchsten Gehalte liegen hier bei 40 ppm. Im Rotliegenden sind die Werte stark erhöht und erreichen bei Teufe 370 m mit 110 ppm ihr Maximum. In den Gneisen pendeln die Werte um 20 ppm und erreichen bei Teufe 492 m mit 130 ppm den höchsten Wert.

Kobalt (Co): Das Kobalt ist in den Sedimenten mit 3 ppm vorhanden. Seine Anreicherungen (Spitzen bei 60 ppm) im Coburger Sandstein, in der oberen Hälfte des Schilfsandsteins, in der Mitte des Oberen Muschelkalkes sind an dunkle Tonsteine gebunden. Im Liegenden Kristallin schwanken die Werte um die Nachweisgrenze. Größere Anreicherungen sind nicht festzustellen.

Kupfer (Cu): Die Kupferwerte sind einheitlich niedrig und betragen um 1 ppm. Etwas erhöhte Gehalte führen ein Sandstein in der Mitte des Schilfsandstein mit 400 ppm sowie zwei Sandsteinhorizonte aus dem Grenzbereich Unterer Muschelkalk/Oberer Buntsandstein mit 980 ppm bzw. 100 ppm. In den Bändergneisen zeigen die Proben aus 414 m, 468 m und 481 m anomal hohe Gehalte um 100 ppm. Inwieweit die graugrüne Farbe der Gneise ein Indiz für erhöhte Kupfergehalte sind, kann nicht festgestellt werden.

Nickel (Ni): Die Nickelgehalte liegen im Durchschnitt bei 8 ppm. Bis zu 50 ppm erhöhte Werte sind in den Tonsteinen der Lehrbergsschichten, in den hangenden Partien des Schilfsandsteins und in einigen Proben der Myophorienschichten zu finden. In allen Fällen handelt es sich nicht um reine Tonsteine. Entweder sind sie dolomitisch verunreinigt oder enthalten neben Sand glimmerigen Detritus. Letzteren Typ kann man im Rotliegenden beobachten, der über 50 ppm Nickel enthalten kann. Die Nickelwerte im Kristallin sind gegenüber denen der Sedimente erhöht. Die Durchschnittsgehalte steigen mit zunehmender Teufe auf 80 ppm bei 500 m unter NN und fallen wieder zur Endteufe auf etwa 40 ppm. Die höchsten Werte mit 165 ppm liegen im Teufenbereich von 440 bis 450 m.

Rubidium (Rb): Die Rubidiumgehalte der Bohrung Dinkelsbühl schwanken im Sedimentbereich zwischen 20 ppm in der Tonstein-Dolomitsteinfoolge des Oberen Muschelkalks und 325 ppm in einem Tonstein der Myophorienschichten. Wesentlich stärker angereichert ist Rubidium im kristallinen Untergrund, wo die Werte zwischen 180 ppm und 650 ppm schwanken. Das Rubidium bildet keine selbständigen Minerale. Es hat vielmehr das Bestreben das Kalium zu ersetzen und tut dies vorwiegend in den Feldspäten. Es ist daher nicht verwunderlich, daß es vorwiegend im Stabilitätsbereich des Kalifeldspats, in den Gneisen angereichert ist. Bei den Sedimenten kann kein generelles Verteilungsschema auf Tonsteine bzw. Sandsteine festgestellt werden.

Strontium (Sr): Strontium ist in den Proben der Bohrung sowohl in den hangenden sedimentären Bereichen wie auch im liegenden kristallinen Anteil in der gleichen Größe, schwankend um den Wert von 50 ppm, vorhanden. Erhöhte Werte im Sediment sind an der Grenze Mittlerer gegen Unterer Muschelkalk anzutreffen. Der Spitzengehalt von 850 ppm legt eine Bindung von Strontium an Carbonat nahe unter Bildung von Strontianit. Erhöhte Werte um 650 ppm im Oberen Teil des

Mittleren Buntsandsteins, in einem Tonstein mit zahlreichen Quarzgeröllen zeigt, daß dieses Element nicht nur an Carbonat, sondern auch an Silikat oder an SO_4 als Coelestin gebunden sein kann. Ein ebensolcher Wert ist auch etwa in der Mitte der Lehrbergsschichten in einem buntgefärbten Sandstein zu beobachten.

Vanadium (V): Der ausgesprochen lithophile Charakter der Vanadiums kommt durch um 60 ppm erhöhte Gehalte in den Gneisen zum Ausdruck. In den Sedimenten dagegen variieren die Gehalte um 10 ppm. Doch überall, wo Fe und Al in ihrer dreiwertigen Form angereichert sind, finden wir auch die höchsten Gehalte an Vanadium, so im Coburger Sandstein mit 80 ppm, in den unteren Lehrbergsschichten mit 95 ppm sowie in beinahe allen Proben des Rotliegenden. Hier sind auch die höchsten Gehalte in den Sedimenten zwischen 80 ppm und 170 ppm zu finden. Die Gesteine sind tiefrotbraune Tonsteine mit Einschaltungen von Grundgebirgsschutt.

Yttrium (Y): Während die Gehalte dieses Elementes, das der Gruppe der Lanthaniden angehört, im kristallinen Untergrund mit durchschnittlich 36 ppm sehr konstant sind, sind die Werte des sedimentären Anteils der Bohrung starken Schwankungen ausgesetzt. Werte unter 6 ppm stehen Spitzenwerten bis zu 60 ppm gegenüber. Eine lithologische Zuordnung der verschiedenen Yttriumwerte ist nicht möglich. Daneben kann auch nur vermutet werden, daß als Elementträger vor allem der Xenotim, das YPO_4 , in Frage kommt.

Zink (Zn): Die Zinkgehalte sind in den verschiedenen lithologischen Einheiten der Bohrung Dinkelsbühl im Durchschnitt sehr niedrig (um 50 ppm und darunter). Die Spitzengehalte im Schilfsandstein mit 1080 ppm (121 m) und 920 ppm (135 m) weisen auf das Vorhandensein von Zink in sulfidischer Bindung als Zinkblende hin. Die Spitzen in den Myophorienschichten mit 1200 ppm (169 m), im unteren Keuper mit 1120 ppm (183 m), im oberen Muschelkalk mit 1200 ppm (203 m) und 620 ppm (208 m), im mittleren Muschelkalk mit 500 ppm (239 m), 740 ppm (256 m) sowie im unteren Muschelkalk mit 1200 ppm (271 m), 900 ppm (274 m) und 1000 ppm (276 m) werden vermutlich sowohl durch Zinkblende als auch durch Smithonit, das Zinkcarbonat, hervorgerufen. Der höhere Zinkwert mit 1150 ppm bei Teufe 414 m, also im kristallinen Untergrund, kann dagegen nicht so ohne weiteres erklärt werden. Möglicherweise spielt hier die Technik einen Streich.

Zirkonium (Zr): Das Zirkonium kommt in der Natur hauptsächlich in silikatischer Bindung als Zirkon vor. Es ist so nicht verwunderlich, daß sich die Gehalte nach den Schwermineralanteilen richten. So sind die höchsten Gehalte in den Sandsteinhorizonten der diversen, stratigraphischen Einheiten zu finden. Aus diesem Grund ist auch die Schwankungsbreite zwischen 50 und 60 ppm verständlich. Es fällt auf, daß die Gehalte in den Bändergneisen mit 130 ppm annähernd konstant sind.

Thorium (Th) und Uran (U): Die Gehalte an Thorium und Uran wurden lediglich an Proben bestimmt, bei denen aufgrund der Bohrlochmessungen Anzeichen für Radioaktivität vorhanden waren. Doch zeigt sich auch hier, daß nur bei 2 Proben (Teufe 48,5 und 309,5 m) sowohl Thorium mit 36 ppm bzw. 7 ppm wie auch Uran mit 15 ppm bzw. 13 ppm nachgewiesen werden konnten. In zwei weiteren Proben, entnommen bei 363,5 m und 413,5 m konnte lediglich Thorium mit 3 ppm bzw. 15 ppm festgestellt werden.

4. Literatur

- FESSER, H. (1968): Zur Geochemie des Posidonienschiefers in Nordwestdeutschland. – Beih. Geol. Jb., **58**, 221–286, Hannover 1968.
- HAUNSCHILD, H. & OTT, W.-D. (1982): Profilbeschreibung, Stratigraphie und Paläogeographie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – *Geologica Bavarica*, **83** (dieser Band), München 1982.
- STEINHAUSEN, D. & LANGER, KL. (1977): Clusteranalyse. – Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation. – 206 S., Berlin – New York (de Gruyter) 1977.
- WEDEPOHL, K. H. (1972): *Handbook of Geochemistry*. – Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 1972.

Die Forschungsbohrung Berching 1977

Mit Beilage 2

1. Konzeption, Ablauf und Deutung der Ergebnisse der FB Berching 1977 (GUDDEN)
2. Der in der FB Berching 1977 erschlossene Granit (BAUBERGER & OTT)
3. Zur Mineralogie der FB Berching 1977 (SALGER)
4. Die Grundgebirgstiefe längs eines Profils von Burgthann bis Beilngries aufgrund refraktionsseismischer Messungen (BADER)
5. Geothermische Untersuchungen in der FB Berching 1977 (BRAM)
6. Analytisch-chemische Untersuchungen an Proben der FB Berching 1977 (WILD)
7. Die Cluster-Analyse geochemischer Daten als Hilfsmittel zur stratigraphischen Gliederung, untersucht am Bohrprofil der FB Berching 1977 (SCHMID & MIELKE)

Geologica Bavarica	83	95-112	München 1982
--------------------	----	--------	--------------

Konzeption, Ablauf und Deutung der Ergebnisse der Forschungsbohrung Berching 1977

Von HELMUT GUDDEN

Mit 2 Abbildungen und Beilage 2

Kurzfassung

Bei Berching in der südlichen Frankenalb ist eine 336 m tiefe Kernbohrung niedergebracht worden. Sie hat unter quartärer Talfüllung den Dogger Alpha und Lias Zeta in der in Nordbayern üblichen „Normal“-Fazies angetroffen. Lias Epsilon ist 14 m, Lias Delta und Gamma (?) sind dagegen nur sehr geringmächtig. Darunter folgen Sandsteine der Rhät-Lias-Übergangsschichten und Feuerletten. Unfraglich ist noch der Burgsandstein mit rd. 75 m Mächtigkeit zu erkennen. Die darunter folgenden, nur noch von wenigen tonig-lettigen Zwischenlagen unterbrochenen Sandsteine werden der Keuper-Zeit bis einschließlich Benker Sandstein zugeordnet, wengleich hier auch andere Deutungsmöglichkeiten nicht abweisbar sind. (Denkbar ist auch tiefere Trias.) Zu unterst liegt ein 3,6 m mächtiger Quarzkonglomerat-Sandstein unmittelbar auf zersetztem Granit. Das ganze klastische Sedimentpaket zwischen eindeutig marinem Lias und Granit-Oberfläche ist 261,65 m mächtig. Die Oberfläche des prä-permischen Grundgebirges (hier Granit) ist bei +68,55 m ü. NN und damit wohl in einem Top der Hoch-Achse Ansbach-Landshut-Neuötting erbohrt. In Zusammenschau mit benachbarten Bohrungen verbessert die Bohrung Berching die Möglichkeit, die von den Hebungs- und Kippungsvorgängen des vindelizischen Untergrundes abhängigen Sedimentationsvorgänge zu erkennen und zu verdeutlichen.

Die aus vindelizischen Grundgebirge abzuleitenden Sedimente in der Bohrung Berching enthalten, wie Serienbestimmungen von 15 Metallen zeigen, einige Metalle in Gehalten, die beträchtlich über den Durchschnittswerten liegen, z. B. Y, Ni, Cu, U und Pb, wobei die Gehalte bzw. die Verteilung der beiden letztgenannten durchaus lagerstättenkundliches Interesse verdienen.

Gespanntes Wasser wurde im Sandstein der Rhät-Lias-Übergangsschichten angetroffen. Der Druckspiegel liegt bei rd. +390 m ü. NN. Der freie Auslauf betrug 5 l/s.

1. Zielsetzung

Die durch Mittel des Bayerischen Geologischen Landesamtes finanzierte (und hierdurch auch limitierte) Bohrung wurde an einer Stelle angesetzt, wo zu erwarten war, daß

- die Oberfläche des prä-permischen Grundgebirges in Hochlage, d. h. in der relativ geringen Teufe um 300 m u. G. zu erbohren sei,
- und die zwischen Grundgebirge und Basis des marinen Jura abgelagerten Schichten, die theoretisch die Zeitspanne Perm und Trias repräsentieren können, geringmächtig und in terrestrischer Randfazies durchbohrt werden könnten.

Hiervon waren nicht nur eine Erweiterung der in diesem Gebiet noch recht unvollkommenen stratigraphischen Kenntnisse, sondern auch eine Abrundung der paläogeographischen und tektonischen Vorstellungen über die Nord-Abdachung der „Vindelizischen Schwelle“ zu erwarten. Darüber hinaus aber waren auch neue Daten über lithologisch-fazielle und lagerstättenkundliche Fragen zu erhoffen, die für die regionale Abschätzung von Tiefengrundwasserverhältnissen, von potentiellen Speichermöglichkeiten und von Möglichkeiten der Lagerstättenbildung von Bedeutung sind. (Das Vindelizische Grundgebirge ist das Hauptliefergebiet für die im Hinblick auf U- und Pb-Führung interessanten nordbayerischen Trias-Sedimente.)

Zur Absicherung der geologischen Vorstellungen über die Lage und Figuration des Grundgebirgs-Hochs und der davon mit abhängigen Wahl der Bohrloch-Lokation hat das Bayerische Geologische Landesamt einige refraktionsseismische Messungen im fraglichen Bereich vorausgehen lassen (vgl. BADER, K., ds. Bd.).

Sehr zustatten kam der Bohrloch-Lozierung das große Entgegenkommen der Stadt Berching, deren Stadtrat unter Herrn 1. Bürgermeister Kuffer ein als Bohrplatz geeignetes Grundstück bereitwillig und unentgeltlich zur Verfügung gestellt hat. Hierfür sei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich gedankt.

Über Durchführung und Ergebnisse der Bohrung wird im folgenden berichtet.

2. Allgemeine und technische Angaben

- Auftraggeber: Bayerisches Geologisches Landesamt, München
- Bohrfirma: F. Aufschläger KG, Simbach a. Inn
- Bohrzweck: Geowissenschaftliche Untersuchung des mesozoischen Deckgebirges (randnahe Trias bzw. Permotrias) – auch auf u n t e r dem Karst liegende Grundwasserleiter – und des darunterliegenden Grundgebirges in Hochlage – auch als Liefergebiet für Uran- und Blei-Vererzungen in der Trias.
- Lage: Freistaat Bayern, Reg. Bez. Oberpfalz, Lkr. Neumarkt, Stadt Berching, etwa 1150 m südlich Stadtmitte. Flurstück 1564, Eigentümer Stadt Berching. Gradabteilungsblatt Nr. 6934 Beilngries

Koordinaten: R 44.59.384
 H 54.39.589
 Ansatzhöhe: + 381,35 m ü. NN (Rasensohle)
 Endteufe: - 336 m u. G. (= 45,35 m ü. NN)

Bohrzeit: 26. 7.-31. 8. 1977 (ohne Auf- u. Abbau)
 Gebohrt wurde 1schichtig mit 1 Bohrmeister und 2 Arbeitern.
 Bohrmeister: HANS NEUHUBER

Bohrverfahren, Bohrloch- und Kern-Durchmesser:

- 1,50 m mit Schappe	310 mm Ø
1,50- 13,90 m mit Rollenmeißel	143 mm Ø
13,90-336,00 m mit Seilkernrohr u. Dia-Kr. Kern-Ø 46 mm	76 mm Ø
Von 1,50 - 5,50 m mit RM erweitert auf	168 mm Ø
5,50 - 17,80 m mit RM erweitert auf	143 mm Ø
17,80 - 83,10 m mit RM erweitert auf	114 mm Ø

Spülung: Ton-Süßwasser-Spülung vorwiegend geringer Dichte und Viskosität

Verrohrung: -17,80 m	133 mm A-Ø
-83,10 m	108 mm A-Ø
beide Rohre zementiert	

Kerngewinn: Im 322,1 m langen gekernten Bohrloch-Abschnitt von 13,90 bis 336,00 m beträgt der Kernverlust insgesamt 29,95 m oder 9,3%. Die Verteilung der Kernverluste im einzelnen ist aus der Bohrgut-Beschreibung ersichtlich.

Kernbehandlung: Die Kerne wurden vertikal richtig orientiert, durch nach unten zeigende Pfeile gekennzeichnet, in teufen-beschriftete Kisten verpackt und farbig fotografiert. Das Bohrgut wurde im Hinblick auf die noch vorgesehenen Spezial-Untersuchungen zunächst nur provisorisch - ohne Zerstörung oder Beschädigung - beschrieben und gedeutet.

Bohrlochphysikalische Messungen:

Nach Erreichen der Endteufe (336 m) wurden folgende Messungen ausgeführt:

Durch das Bayerische Geologische Landesamt (Dr. EXLER) am 1. 9. 1977:

Temperatur-Log	0-335 m
GRL	335- 0 m
ES	330- 83,1 m (Rohrschuh)
(Widerstandsmessung, Laterale, große und kleine Normale, Eigenpotential)	

Durch das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (Dr. BRAM) am 5. 9. 1977:

Temperatur-Log (vgl. BRAM, ds. Bd.)	0-311 m
-------------------------------------	---------

Durch Esso Erz GmbH, Nürnberg (Dr. HERR) am 6. 9. 1977:

GRL	315,79- 0 m
Eigenpotential	315,79- 83,10 m
Widerstandsmessung	315,75- 83,10 m

und 7. 9. 1977:

GRL	300,00- 0 m
Eigenpotential	300,00- 83,10 m
Widerstandsmessung	300,00- 83,10 m
Spezif. Widerstand	300,00- 83,10 m

Wasserförder-Versuche:

Durch Firma F. Aufschläger/Simbach a. Inn am 3. 8. 1977 Auslauf- und Pumpmessungen auf das zwischen rd. 43 m und 83 m Teufe zufließende, artesisch auslaufende Wasser.

Probenentnahme für Analyse.

Das Bohrloch wurde nach Abschluß der Bohrarbeit noch 7 Wochen für Temperaturmessungen zur Verfügung gehalten, deren letzte 48 Tage nach Bohrzeitende ausgeführt worden ist (vgl. BRAM, ds. Bd.). Anschließend wurde das Bohrloch ordnungsgemäß verfüllt.

3. Befunde und Ergebnisse

3.1. Zur Stratigraphie

Aus dem durchbohrten Schichtenprofil, das in der Bohrgutbeschreibung unter 3.5 wiedergegeben ist, und aus den bohrlochphysikalischen Diagrammen (Gamma-Log, Eigenpotential- und Widerstandsmessungen) wurde die im Bohrlochbild der Beilage 2 dargestellte stratigraphische Deutung abgeleitet, die hier tabellarisch wiedergegeben und kurz begründet wird.¹⁾

Teufe in m	Mächtigkeit	stratigraphische Bezeichnung
0 — 14,64 m	14,64 m	quartäre Talsedimente
— 33,80 m	19,16 m	Dogger α , Opalinuston
— rd. 35,00 m	1,20 m	Lias ζ , Jurensismergel
— 49,00 m	14,00 m	Lias ϵ , Posidonienschiefer darin 38,95 m—39,35 m Kalk- und Muschelschillbänke 39,00—39,13 m „Monotis-Bank“
— 51,15 m	2,15 m	Lias δ (?), Amaltheenton, und Lias γ ?
— 64,85 m	13,70 m	Rhät-Lias-Übergangsschichten und Rhät (?)
— 104,00 m	39,15 m	Feuerletten
— 139,15 m	35,15 m	Oberer Burgsandstein
— 179,45 m	40,30 m	Mittlerer und Unterer Burgsandstein
— 219,00 m	39,55 m	Blasensandstein, Lehrbergsschichten und Schilfsandstein
— 234,00 m	15,00 m	Estherienschiefer darin 219,00—224,00 m „Horizont der Steinmergelbänke“
— 312,80 m	68,80 m	Benker Sandstein und/oder Trias nicht sicher bestimmbarer Alters (Muschelkalk?) zu unterst von 309,20—312,80 m Quarzkonglomerat-Sandstein
— 336,00 m		Granit des präpermischen Grundgebirges von 312,80—319,40 m stark zersetzt

Begründung (vgl. hierzu Bohrgutbeschreibung und Bohrlochbild Beilage 2)

Unter dem bis 12,30 m Tiefe reichenden gelben Sand treten bis 14,64 m Tiefe Malm-Kalkgerölle auf. Sie sind hier die ersten und ältesten Ablagerungen der Talfüllung.

¹⁾ Zwischen den Teufen nach Bohrkernen und nach Bohrlochdiagrammen bestehen z. T. geringe Differenzen, die hier unbeachtet bleiben können. Hier Teufen nach Bohrkernen unter selbstverständlicher Berücksichtigung der bohrlochphysikalischen Diagramme.

Weniger deutlich ist diese Grenze im Gamma-Log: Offenbar sind die ältesten Flußschotter eingebettet in aufgeweichten und aufgearbeiteten Schlamm aus Material des unterlagernden Opalinuston. Dessen Untergrenze wird bei 33,80 m Teufe angenommen wegen der hier einsetzenden stärkeren Fossilführung (Ammoniten, Fisch-Schuppen, Muscheln, Belemniten) und gestützt auf das Gamma-Log (vgl. Beilage 2).

Nur auf die Zunahme der Bitumen- bzw. Kohlenstoff-Führung (WILD, ds. Bd.) stützt sich die Grenze Lias ζ /Lias ϵ bei rd. 35 m; das Bohrgut und das Gamma-Log bieten keine für eine Abgrenzung brauchbaren Kriterien. Eindeutig zu erkennen ist hingegen im Bohrkern die Monotisbank. Die darunter folgenden, vergleichsweise dunkelgrau-braunstichig, dünn-schichtigen Mergeltonen bis rd. 49,00 m, werden in Anlehnung an die von SCHMIDT-KALER (1982) in der rd. 6 km NNW gelegenen Bohrung Bachhausen belegten Verhältnisse als unverwitterte „Papierschiefer“ des Lias ϵ gedeutet, dessen Mächtigkeit damit die bei Beilngries (SCHMIDT-KALER 1969) und nördlich von Berching von SCHREIBER (1958) gefundenen Werte weit übersteigt.

Eine Stütze findet auch diese Deutung in der Bitumenführung des Gesteins, die nach WILD (ds. Bd.) zwischen Teufe 35 m und 49 m deutlich erhöht ist und zwischen 45 und 49 m ein Maximum zeigt.

Die Mergelton-, Kalkmergel- und Mergelkalk-Bänke bis 51,15 m mit ihrem Fossil-Reichtum und ihrer Pyritführung sind als Lias δ und Lias γ gedeutet, dessen Basis hier zugleich die Basis des eindeutig marinen Jura ist. Die Untersuchungen des keineswegs spärlichen Mikrofauna-Inhaltes der marinen Jura-Schichten und des Mikroflora-Inhaltes der präjurassischen Sedimente haben leider keine Kriterien geliefert, die für zusätzliche oder präzisere Abgrenzungen Anlaß geboten hätten (interner Bericht RISCH und GREBE, 1979). Offen bleibt also, ob und in welcher Mächtigkeit Lias δ , für den SCHMIDT-KALER (1982) bei Bachhausen 40 cm angibt, bei Berching noch vertreten ist.

Nur nach Fazies und Gammalog eindeutig ist die Abgrenzung des darunter folgenden Sandsteinpaketes, das als Rhät-Lias-Übergangsschichten und Rhät (?) sicher nicht falsch angesprochen ist.

Von dem nächsttieferen Schichtenpaket bis 104 m liegt die untere Hälfte, ab 85,75 m bis 104,00 m, in typischer Feuerletten-Fazies vor mit eingeschaltetem Steinmergel-Konglomerat bei rd. 97,00 m. Umstreitbar ist hingegen wohl, ob man auch die obere Hälfte, 64,85 m–84,20 m, ganz oder teilweise dem Feuerletten zuordnen soll oder ob diese meist feinkörnigen Sandsteine ganz oder teilweise ins Rhät zu stellen sind. Kriterien, die eine Entscheidung unanfechtbar machten, fehlen. Dies gilt in zunehmendem Maße auch für die unter dem Feuerletten noch folgenden Sedimente.

Nach der in den Bohrkernen erkennbaren Fazies und nach den Bohrlochdiagrammen ansprechbar und abgrenzbar sind mit einiger Sicherheit noch der Obere Burgsandstein mit seinen Basisletten (von 104,00–139,15 m) sowie – weniger sicher der zusammengefaßte Mittlere und Untere Burgsandstein, ebenfalls mit Basisletten (von 139,15–179,45 m).

Für die Gliederung der darunter folgenden Schichten scheint der Teufenabschnitt 219,00–224,00 m bzw. 234,00 m von einiger Aussagekraft: Hier zeigt das Gammalog eine charakteristische Zackenfolge, die in den (allerdings rd. 55 km entfernten) 19 Bohrungen bei Eschenfelden (GUDDEN 1970a, 1977) und in der Bohrung Frohnberg (Bohrung u. Bohrlochmessungen von Esso Erz GmbH, 1976, unveröffentlicht) eindeutig den Estherien-Schichten zugeordnet werden kann.²⁾

Diese Zackenfolge in Verbindung mit der laut Elektrik-Logs und Bohrkernbefund tonig-lettigeren Fazies und der – in dieser Schichtfolge ungewöhnlichen – grauen und schwärzlichen Farbe erscheint mir Merkmal genug zu sein, um den Schichtstoß von rd. 219,00 – rd. 23400 m für ein Äquivalent der Estherien-Schichten zu halten und ihn in deren Ablagerungszeit einzustufen.

Daraus ergibt sich – da Schichtlücken nicht erkennbar sind – daß die zwischen Untergrenze Burgsandstein (179,45 m) und Obergrenze Estherienschichten, also zwischen 179,45 m und 219,00 m liegenden Sandsteine und Ton-Siltsteine („Letten“) als Vertretung der stratigraphischen Schichtglieder Blasensandstein, Lehrbergschichten und Schilfsandstein zu betrachten sind. Eine präzisere Untergliederung erscheint mir wenig sinnvoll, obwohl die zwischengelagerten Lettenpakete dazu verleiten könnten.

Unter den Estherienschichten ist folgerichtig der Benker Sandstein anzunehmen – Bohrgut und Bohrlochdiagramme sprechen nicht dagegen. Die verbleibende Mächtigkeit von rd. 79 m bis zur Granit-Oberfläche ähnelt durchaus den Mächtigkeiten des Benker Sandsteins in den Bohrungen Eschenfelden (GUDDEN 1970a, 1975, 1977b), Hahnbach (GUDDEN 1975), Freihung (GUDDEN 1966, 1975), Wollau (SCHRÖDER 1960, GUDDEN 1966, 1975) und Frohnberg, sie spricht also nicht gegen die Deutung als Benker Sandstein. Andererseits gibt es kein stichhaltiges Argument, das anderslautende Einstufungen, etwa als Äquivalente der Muschelkalk-, der Buntsandstein- oder gar der Perm-Zeit sicher widerlegen könnte. Immerhin besteht kein Grund, das Basiskonglomerat stratigraphisch anders einzustufen als den darüber liegenden Sandstein.

Eine sichere Beweisführung ist bei derzeitigem Kenntnisstand mangels eindeutiger Kriterien weder in der einen noch in der anderen Richtung möglich (vgl. auch SALGER, ds. Bd., sowie SCHMID und MIELKE, ds. Bd.).

Ich halte die Einstufung des gesamten, zwischen Burgsandstein und Granit liegenden Schichtenstoßes in die Keuper-Zeit für besser und zwangloser begründet als andere Einstufungs-Versuche.

Eine Beschreibung des Granits lieferten BAUBERGER und OTT (ds. Bd.).

3. 2. Zur Hydrogeologie

Die quartäre Talfüllung (bis 14,6 m) und das darin befindliche Grundwasser wurde ohne weitere Untersuchung alsbald hinter die 133 mm-Rohre gebracht.

²⁾ Die Eschenfelder Bohrungen sind in bezug auf ihre Position zwischen „Becken“ und „Rand“ des Keuper-Sedimentationsraumes zwar etwas beckenwärtiger situiert, doch mit der randlicher stehenden Bohrung Frohnberg zusammen durchaus mit Bohrungen Berching nicht unvergleichbar.

Beim Durchbohren der im tieferen Lias eingelagerten Kalkmergel- und Kalkbänke zeigte sich ab etwa 43,00 m Teufe geringer Wasser-Auftrieb, der beim Durchbohren der Rhät-Lias-Sandsteine schlagartig stärker wurde und wegen der technisch durch das Seilkernrohr bedingt geringen Variabilität der Spülung nicht zu unterbinden war. Da es sich bei dem erschlossenen Wasser um das für die Wasserversorgung der Stadt Berching ohnedies bereits erschlossene und genutzte Grundwasser aus dem Rhät-Lias-Sandstein handelt, der hier durch seine relativ hohe Ergiebigkeit bereits bekannt ist (vgl. BIRZER 1969), wurde nach beiläufiger Ermittlung der wichtigsten Daten und anschließender Abdichtung dieses Grundwasserstockwerkes weitergebohrt.

Beim Teufenstand 83,40 m war am 3. 8. 1977 praktisch der gesamte Rhät-Lias- und Feuerletten-Sandstein geöffnet. Das Bohrloch schüttete im freien Auslauf 2,5 l/s. Aus den Schüttungsraten bei verschiedenen Überständen und Absenkungen ergibt sich ein Druckspiegel, der um +390 m ü. NN liegt und damit annähernd dem Ruhewasserspiegel des rd. 2,5 km nördlicher gelegenen Tiefbrunnens der Städtischen Wasserversorgung entspricht, der bei +393,8 m ü. NN angegeben wird (BIRZER 1969, S. 79/80). Die Temperatur des am 3. 8. 1977 auslaufenden Wassers lag bei 14 °C. Die Analyse des Wassers durch Dr. WILD/Bayerisches Geologisches Landesamt, ergab folgendes:

In einem Kilogramm des Wassers sind enthalten:

	Milligramm mg	Millival mval	Millival-% mval-%
Kationen			
Natrium (Na ⁺)	6,8	0,295	4,202
Kalium (K ⁺)	8,0	0,204	2,905
Magnesium (Mg ²⁺)	21,88	1,799	25,626
Calcium (Ca ²⁺)	93,79	4,679	66,656
Eisen (Fe ²⁺)	1,02	0,036	0,512
Mangan (Mn ²⁺)	0,21	0,007	0,099
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0	0	0
Summe	<u>131,70</u>	<u>7,020</u>	<u>100,00</u>
Anionen			
Chlorid (Cl ⁻)	2,12	0,006	0,085
Nitrat (NO ₃ ⁻)	0,30	0,004	0,056
Nitrit (NO ₂ ⁻)	<0,02	0	0
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	79,85	1,662	23,675
Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	<u>333,15</u>	<u>6,348</u>	<u>76,184</u>
Summe	<u>415,44</u>	<u>7,020</u>	<u>100,000</u>
Undissoziierte Stoffe		Millimol	
Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	8,94	0,114	
Lösungsinhalt	547,14		

Die Druckspiegel-Ermittlung ist wahrscheinlich ebensowenig letztgültig wie die Schüttungsrate von 2,5 l/s, denn nach mehrtägigen Versuchen, den Grundwasserleiter durch Druckzementation abzudichten, ergab sich nach dem Wiederaufbohren

des Zementes am 10. 8. bei gleichem Teufenstand eine im freien Auslauf erzielte Schüttungsrate von 5 l/s (gegenüber 2,5 l/s vorher) aus dem Bohrloch von 76 mm Ø.

Das Loch wurde daraufhin im Interesse des ungehinderten Weiterbohrens bis 83,10 m Teufe verrohrt (108 mm A-Ø). In dem 252,90 m langen, offenen Bohrloch-Abschnitt unterhalb des Rohrschuhs bei 83,10 m bis zur Endteufe bei 336,00 m sind nennenswerte Wasserzuflüsse oder Spülungsverluste nicht aufgetreten, so daß angesichts der sonstigen Zielsetzungen der Bohrungen und der nur limitiert zur Verfügung stehenden Mittel keine weiteren Wasser-Untersuchungen veranlaßt waren.

3.3. Zur Geochemie und Lagerstättenkunde

An der Basis des marinen Lias, fast unmittelbar über dem obersten Rhät-Lias-Sandstein, treten in den Teufen 50,20–50,35 m und 50,70–50,80 m starke Pyrit-Vererzungen auf, die, obzwar im Lias nicht selten, der Vollständigkeit halber erwähnt seien.³⁾

An der Basis des Deckgebirges, in dem „Quarzkonglomerat“ unmittelbar über der aus zersetztem Granit bestehenden Grundgebirgsoberfläche findet sich in Teufe 311,10 – 312,40 m eine Gamma-Strahlungsanomalie über 1,30 m Schichtmächtigkeit (max. 250 cps oder 15 000 cpm gegenüber 40–50 cps im darüberliegenden Sandstein und 120–140 cps im darunterliegenden Granit). Sie läßt auf eine relative Uran-Anreicherung schließen.

Diese Indikation, die sich in den entsprechenden Gehaltsbestimmungen wegen ausgewaschenen Bohrgutes und entsprechend mangelhafter Probenahme nicht widerspiegelt, verstärkt die dem Bohrvorhaben mit zugrunde liegenden Vorstellungen über Liefergebiete, Liefergesteine und Transportwege der in den Trias-Sedimenten enthaltenen Uran-Anreicherungen.

Eine Erforschung und Verfolgung dieses Anreicherungstypus, der in reduzierendem Milieu Lagerstätten gebildet haben könnte, auf und über der Nordwest-Abdachung des Vindelizischen Grundgebirges, dessen Oberfläche ausweislich der Bohrungen Eichstätt 1/1963 und nunmehr auch Berching 1977 offenbar über größere Areale von Granit eingenommen wird, erscheint sinnvoll und notwendig, da sich hier Möglichkeiten für die Uran-Prospektion abzeichnen, die noch in keiner Weise ausgeschöpft sind.

Aus dem ganzen durchbohrten Schichtstoß ab Teufe 14,30 m bis zur Endteufe bei 336,00 m sind in durchschnittlichem Abstand von 1,30 m Proben entnommen worden, deren Gehalte an folgenden Elemente bestimmt wurden: U, Ti, V, C, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Pb, Rb, Sr, Y und Zr. (Vgl. WILD, ds. Bd., sowie SCHMID und MIELKE, ds. Bd.).

Die Verteilung anomaler Gehalte an Pb, Cu, Ni und U im Vertikalprofil ist aus Abb. 1 zu ersehen (vgl. auch GUDDEN u. SCHMID 1981, 274).

³⁾ So dürfte z. B. das von BERGER (1968, S. 76) erwähnte „Silberbergwerk von Laibstadt“ ein um 1600 auf solche Pyrit-Vererzungen im Lias abzielender Untersuchungsstollen gewesen sein.

3.4. Zur Paläogeographie und Tektonik

Nicht für sich allein, wohl aber in Verbindung mit den Befunden einiger anderer Bohrungen, die mit der Bohrung Berching zusammen annähernd parallel der Längsachse des Ansbach-Landshut-Neuöttinger Hochs und quer zur Vindelizischen Schwelle stehen, bietet die Bohrung Berching neue Möglichkeiten, die von den Hebungs- und Abkipfungsvorgängen des Vindelizischen Untergrunds abhängigen Sedimentationsvorgänge zu erkennen und zu verdeutlichen.

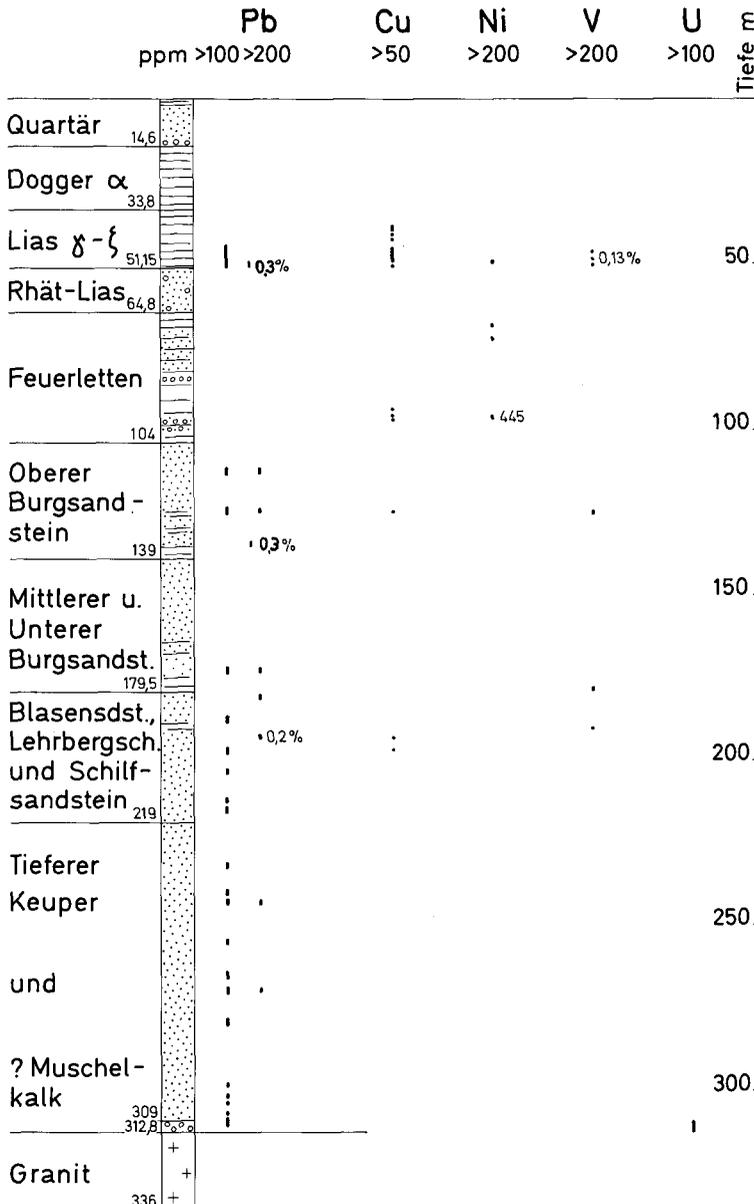


Abb. 1. Die Verteilung anomal erhöhter Gehalte von Pb, Cu, Ni, V und U im Vertikalprofil.

Vor der Wende Lias/Dogger war das Vindelizische Land Hochgebiet und Liefergebiet für erhebliche Sediment-Anteile im nordbayerischen Becken. Nach der Wende Dogger/Malm beginnt das Vindelizische Land abzusinken – es kippt nach S bzw. SO ab und bildet den Untergrund des späteren Molassebeckens.

Die Schema-Skizzen der Abb. 2 sollen dies veranschaulichen. Dabei wurden bewußt die Bohrungen Poppenreuth und Staffelstein gewählt, nicht die näher an der Hoch-Achse Ansbach-Landshut-Neuötting liegenden Bohrungen Windsheim und Boxberg, weil die Lage der erstgenannten mehr Anhaltspunkte über die Mächtigkeiten der bereits abgetragenen Schichten gestatten. Die postjurassische Heraushebung allerdings wäre besser mittels der Bohrungen Windsheim und Boxberg zu zeigen.

Näheres kann einer etwa großräumigeren Betrachtung unter Einbeziehung weiterer Bohrungen, die das Grundgebirge beiderseits der Kippungsachse erreicht haben, überlassen bleiben.

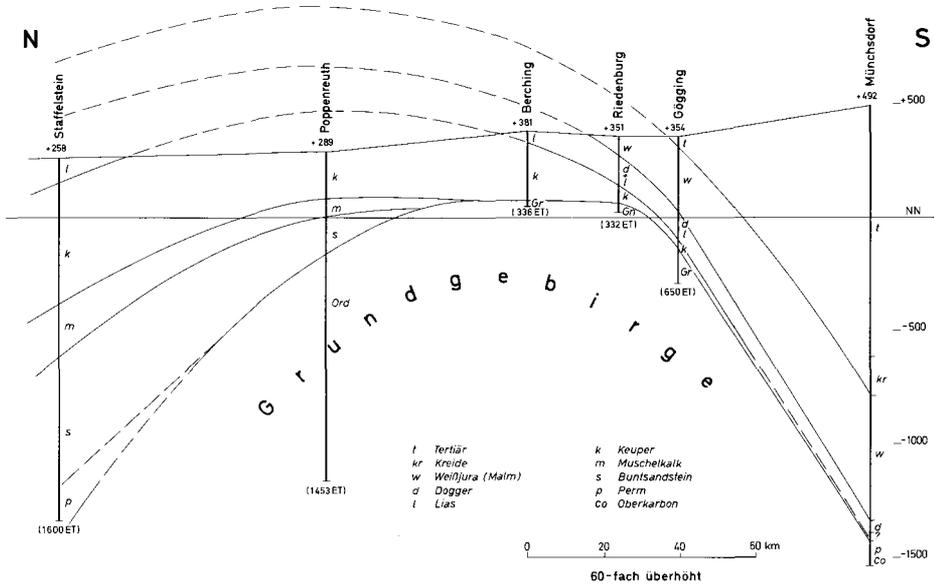
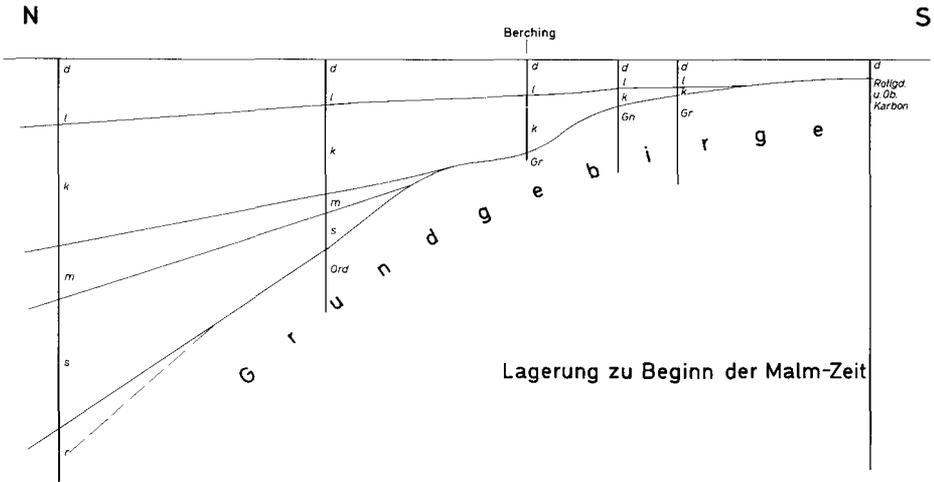
Hier sei nur noch bemerkt, daß das Profil der Forschungsbohrung Berching in der vorstehend gebrachten stratigraphischen Deutung auch Veranlassung bietet, in diesem Gebiet an den paläogeographischen Skizzen des Perms und der mittleren Trias, wie sie P. CRAMER und EMMERT in den Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000 (2. Auflage 1964) gebracht haben, kleine Änderungen vorzunehmen.

Auch bietet die Bohrung Berching eine zusätzliche Stütze für das immer noch sehr lückenhafte Bild der präpermischen Grundgebirgs-Oberfläche in Nordbayern (vgl. GUDDEN 1981, 244 u. GUDDEN & SCHMID 1981, 272).

3.5. Bohrgut-Beschreibung

0	0,30 m	: 0,30 m Mutterboden, braun, lehmig
–	0,80 m	: 0,50 m Lehm, dunkelrostbraun
–	2,10 m	: 1,30 m Ton, schwarz, plastisch
–	7,40 m	: 5,30 m Sand, gelb, locker, mittelkörnig
–	12,30 m	: 4,90 m Sand, hellgelbgrau, locker, mittelkörnig
–	13,90 m	: 1,60 m Kalksplitt, braun und grau, zerbohrt
–	14,60 m	: 0,70 m Kernverlust
–	14,64 m	: 0,04 m Kalkbrocken, hellgraubraun
<hr/>		
–	33,80 m	: 18,16 m Mergeltonstein, mausgrau, fest
<hr/>		
–	38,95 m	: 5,15 m ebenso, lagenweise stärker mergelig, bis kalkig, fossilreich, z. B. Ammoniten, Fischechuppen bei 33,8–34 m;
		Muscheln und Belemniten von 34–38,95 m
–	39,35 m	: 0,50 m Kalk-Muschelschillbank, hart, fossilreich (39–39,13 m Monotisbank), mit Pyrit-Äderchen und -Nestern
–	39,40 m	: 0,05 m ebenso, mergeltonig
–	40,42 m	: 1,02 m Mergeltonstein, braunstichig–grau; bei 39,6 m Kohleschmitzchen (3 mm) und fossilreiche Lagen
–	40,55 m	: 0,13 m Mergelstein, hellgrau, härter
–	42,63 m	: 2,08 m Mergeltonstein, dunkelgrau–braunstichig
–	42,75 m	: 0,12 m Fossil-Schillbänkchen, etwas heller
–	43,00 m	: 0,25 m Mergeltonstein, dunkelgrau, braunstichig
–	43,80 m	: 0,80 m Mergelsteinbänke, hellgrau mit dunkleren Mergeltonsteinzwischenlagen, z. T. fossilführend
–	46,50 m	: 2,70 m Mergeltonstein, dunkelgrau–braunstichig, stellenweise fossilreich

- 47,15 m : 0,65 m ebenso, mit fast gleichviel unregelmäßig flaserig eingelagerten hellgrauen Tonstein-Linsen (Aufarbeitungs-Horizont?)
 - 49,00 m : 1,85 m Mergeltonstein, dunkelgrau-braunstichig, stellenweise fossilreich (u. a. Muscheln)
-
- 49,20 m : 0,20 m Mergeltonstein, dunkelgrau, mit braunen Flasern (Aufarbeitung?)
 - 49,40 m : 0,20 m Kalkmergelstein mit Belemniten-Lager
 - 50,15 m : 0,75 m Mergelkalkstein, hellgrau, hart, mit Fossilien



heutige Lagerung

H. Gudden 1978

Abb. 2. Der Nordabfall der vindelizischen Grundgebirgsschwelle bis zur Wende Dogger/Malm (oben) und die heutige Grundgebirgsschwelle, die nach Absinken der subalpinen Vortiefe „übrig“ geblieben ist (unten). Vereinfacht und 60fach überhöht.

- 51,15 m : 1,00 m Mergelkalkstein, hell- und dunkelgrau, flaserig-knollig (sandig?), sehr fossilreich (Muscheln, Belemniten)
von 50,20–50,35 m } stark pyritisch
und 50,70–50,80 m }
-
- 51,45 m : 0,30 m Quarzsandstein, grobkörnig bis sehr grob, hart, quarzitisch
– 52,70 m : 1,25 m Sandstein, grobkörnig–sehr grobkörnig, hellgrau, wechselnd hart, quarzitisch gebunden bis mürb absandend
– 53,20 m : 0,50 m Kernverlust
– 54,70 m : 1,50 m Sandstein, wie oben, weniger hart bis bröckelig und mürb. Kohlige Spuren
54–54,7 m,
bei 54,3–54,5 m konglomeratisch (Quarze 1 cm)
– 56,20 m : 1,50 m Kernverlust
– 57,10 m : 0,90 m Sandstein wie oben
– 57,75 m : 0,65 m Sand(stein) hellgrau, locker zerbohrt
– 58,75 m : 1,00 m Kernverlust
– 61,70 m : 2,95 m Sandstein wie oben, brockig–bröckelig, mit Kohlespuren 59–60,60 m
Ab 60,40 m mit kaoliniger Matrix
– 62,00 m : 0,30 m Kernverlust
– 62,50 m : 0,50 m Sandstein, mittelkörnig, mäßig fest, brockig, hellgrau, kaolinige Matrix
– 63,00 m : 0,50 m Kernverlust
– 63,30 m : 0,30 m wie bis 62,5 m
– 64,30 m : 1,00 m Kernverlust
– 64,70 m : 0,40 m Quarzfeldspatsandstein, sehr grobkörnig, hellgrau, kaolinige Matrix, mäßig fest bis zerfallen
– 64,85 m : 0,15 m Sandstein, sehr feinkörnig–feinkörnig, hellgrau-weiß-gestreift, fest
-
- 65,65 m : 0,80 m Fein- bis Siltsandstein, schmutzig-rostbraun, mäßig fest, mit weißroten Einlagen
– 71,80 m : 6,16 m Fein- und Siltsandstein („Letten“), lagenweise wechselnd auch etwas gröbere (mittelkörnige) Lagen, rot und weißlich, z.T. Ringelsöckchen-Fazies (z.T. hellgrünstichig)
– 73,50 m : 1,70 m Sandstein, mittelkörnig, nach unten zunehmend gröber bis grobkörnig, weißlich, fest
– 75,05 m : 1,55 m Siltstein, tonig (= „Letten“) dunkelrot, ganz oben 15 cm grünlichweiß
– 75,75 m : 0,70 m Feinsandstein, weißlich-rot in mm-Streifung
– 76,15 m : 0,40 m Fein- u. Mittelsandstein, weißlich
– 76,30 m : 0,15 m Sandstein, etwas gröber, schmutzig-hellbraun
– 76,50 m : 0,20 m wie bis 76,15 m
– 77,15 m : 0,65 m wie bis 76,30 m
– 79,15 m : 2,00 m Quarzfeldspat-Sandstein, schmutzig hellbraungrau, mittelkörnig–grobkörnig; ab 79 bis 79,15 m sehr grobkörnig bis konglomeratisch (Quarzgerölle bis 3 cm); meist kurzstückig
– 79,70 m : 0,55 m Sandstein wie bis 76,30 m, mittelkörnig
– 79,90 m : 0,20 m Feinsandstein, oben weißlich, unten rot
– 81,70 m : 1,20 m Quarzfeldspat-Sandstein, mittelkörnig–grobkörnig, schmutzig-hellbraungrau, kurzstückig bis bröckelig
– 82,00 m : 0,30 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißlichgrau, hart, quarzitisch gebunden
– 82,80 m : 0,80 m Quarzfeldspat-Sandstein, grobkörnig–sehr grobkörnig, schmutzig-gelbgrau
– 83,20 m : 0,40 m Kernverlust
– 83,40 m : 0,20 m wie bis 82,80 m
– 84,20 m : 0,80 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißgrau, grobkörnig–sehr grobkörnig, hart, z.T. kaolinige Matrix, mittel- bis kurzstückig
– 85,75 m : 1,55 m Kernverlust
– 89,10 m : 3,35 m Feinst- und Siltsandstein („Letten“), rotbraun und lilagrau bzw. grüngrau gefleckt, schwach mergelig
– 89,50 m : 0,40 m Feinsandstein, hellgrüngrau
– 93,70 m : 4,20 m Feinst- und Siltsandstein („Letten“), rotbraun, mit weißlichgrünen Feinsandstein-Linsen bei 89,8–89,95 m, 90,4 m, 90,6 m, 90,75–90,90 m, 91,20–91,40 m, 92–92,1 m, 93,20–93,40 m

- 94,10 m : 0,40 m Sandstein, hellgrüngrau, feinkörnig–mittelkörnig, tonig bis tonflaserig, mit Einzelkörnern (Quarz und Feldspat bis 9 mm Ø)
 - 94,22 m : 0,12 m Tonstein (Letten), hellgrau
 - 95,50 m : 1,28 m Tonstein (Letten), dunkelrotbraun
 - 95,80 m : 0,30 m ebenso, grün, mit groben Einzelkörnern (Quarz, Feldspat, Karbonat)
 - 96,55 m : 0,75 m Tonstein, dunkelrotbraun, ab 96,30 m mit groben Einzelkörnern
 - 97,10 m : 0,55 m Steinmergel„konglomerat“ (Körner 1–5 mm Ø)
bis 96,90 m hellgrüngrau, dann hellrosa
 - 97,30 m : 0,20 m Tonstein, dunkelrot, schwach karbonatisch
 - 97,45 m : 0,15 m wie bis 97,10 m
 - 99,05 m : 1,60 m Steinmergelkonglomerat weißlich, rosa, braunfleckig
– 98,35 m Körner 2–5 (–10 mm),
– 98,60 m vorwiegend 5–15 mm, weißlich
– 99,00 m fast nur Gerölle > 1–2 cm,
– 99,05 m Schluffmergel hellgrün
 - 104,00 m : 4,95 m Tonstein (Letten), dunkelrotbraun
-
- 104,90 m : 0,90 m Feinsandstein, schmutzighellgrau, grünstichig
 - 105,50 m : 0,60 m ebenso mit etlichen roten Lettenflasern u. -linsen
 - 106,25 m : 0,75 m Sandstein, feinkörnig–mittelkörnig (quarzitglänzend) hellrostbraun, mit einzelnen roten Lettenflasern
 - 107,15 m : 0,90 m wie bis 105,50 m,
von 106,40–106,70 m roter Letten
 - 107,50 m : 0,35 m wie bis 106,25 m
 - 107,85 m : 0,35 m Quarzfeldspat-Sandstein, tonig-lettig, dunkelrotbraun-weißfleckig, unten Sandstein, dunkelbraun, grobkörnig (Quarzfeldspat-Sandstein)
 - 109,00 m : 1,15 m Kernverlust
 - 109,30 m : 0,30 m Quarzfeldspat-Sandstein, grobkörnig–sehr grobkörnig, dunkelrotbraun, mürb, absandend
 - 112,00 m : 2,70 m Kernverlust
 - 125,00 m : 13,00 m Sand, mittelkörnig, locker, rosabraun
 - 125,20 m : 0,20 m 2 cm Grobquarzsandkappe („Ortstein“), dann 18 cm Tonstein, schmutzig, gelb
 - 125,30 m : 0,20 m Quarzfeldspat-Sandstein, weiß, grobkörnig–sehr grobkörnig
 - 125,75 m : 0,45 m wie bis 125,20 m
 - 126,35 m : 0,60 m Tonstein (Letten), dunkelrot
 - 126,60 m : 0,25 m Sandstein, weiß, feinkörnig–mittelkörnig
 - 126,85 m : 0,25 m Sandstein, weiß, grobkörnig–sehr grobkörnig
 - 128,00 m : 1,15 m Sandstein, dunkelrotbraun, grobkörnig–sehr grobkörnig
 - 128,60 m : 0,60 m Lockersand, feinkörnig–mittelkörnig, bindig, rosabraun
 - 129,45 m : 0,85 m wie bis 128 m, mittelkörnig–grobkörnig
 - 130,20 m : 0,75 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißgrünlich, grobkörnig, mürb absandend
 - 130,25 m : 0,05 m Tonstein, ockergelbbraun (wie bis 125,20 m)
 - 131,10 m : 0,85 m Ton-Siltstein (Letten) rotbraun, ab 131 m graurot, siltig
 - 131,70 m : 0,60 m Sandstein, weißgrau, feinkörnig (–mittelkörnig), fest
 - 133,50 m : 1,80 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißgrau, lagenweise wechselnd feinkörnig–mittelkörnig–grobkörnig, z. T. bröckelig
 - 135,30 m : 1,80 m Kernverlust
 - 135,50 m : 0,20 m wie bis 133,50 m
 - 139,15 m : 3,65 m Ton-Siltstein (Letten), braunrot, gelbfleckig
-
- 139,20 m : 0,05 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißlich, konglomeratisch (1–7 mm Ø)
 - 139,25 m : 0,05 m Feinsandsteinbröckchen, weiß
 - 141,10 m : 1,85 m Kernverlust
 - 141,15 m : 0,05 m Quarzgerölle 0,5–25 mm Ø, ecken- und kantengerundet
 - 141,70 m : 0,55 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißgelb, ganz oben 5 cm sehr feinkörnig, dann mittelkörnig–grobkörnig, mit allmählichem Farbübergang in
 - 142,05 m : 0,35 m ebensolchen dunkelbraunen Sandstein
 - 145,00 m : 2,95 m Lockersand, feinkörnig–mittelkörnig, braun

- 151,25 m : 6,25 m Sandstein (nur z. T. mit Feldspat), braun, grobkörnig–sehr grobkörnig, mit vereinzelt Quarzen bis 17 mm, ganz unten durchwegs 1–8 mm, kurzstückig bis bröckelig
 - 153,60 m : 2,35 m Lockersand, braun, mittelkörnig–grobkörnig
 - 163,10 m : 9,50 m Quarzfeldspat-Sandstein, vorherrschend lila-braun und grobkörnig–sehr grobkörnig – konglomeratisch
 - 155,15 m sehr grobkörnig–konglomeratisch (Einzelquarze bis 30 mm)
 - 155,40 m mittelkörnig–grobkörnig
 - 155,70 m grobkörnig–sehr grobkörnig
 - 158,85 m sehr grobkörnig, mit hellockergelben Streifen und Bändern, Einzelquarze bis 18 mm
 - 159,10 m weißlich, sonst ebenso
 - 159,45 m Letten, ockerbraun und rötlichfleckig
 - 159,70 m Sandstein wie oben, weißlich, sehr grobkörnig
 - 161,05 m Sandstein lila, sehr grobkörnig
 - 162,00 m Sandstein lila, mittelkörnig
 - 163,10 m Sandstein lila, grobkörnig–sehr grobkörnig
 - 165,50 m : 2,40 m Kernverlust
 - 171,30 m : 5,80 m Quarzfeldspat-Sandstein, lilabraun, lagenweise feinkörnig–sehr grobkörnig
 - 166,00 m feinkörnig–mittelkörnig
 - 166,10 m mittelkörnig–grobkörnig
 - 166,55 m feinkörnig, lettig
 - 166,70 m sehr grobkörnig, weißlich
 - 169,50 m grobkörnig, z. T. gelbfleckig
 - 170,15 m sehr grobkörnig–grobkörnig, mürb zerfallen
 - 170,90 m dunkellila (schwärzlich) mit blaugrauen Flecken, feinkörnig–mittelkörnig
 - 171,30 m gelbbraun, grobkörnig
 - 175,90 m : 4,60 m Lockersand, braun, mittelkörnig
 - 176,05 m : 0,15 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißlich, mittelkörnig–grobkörnig
 - 176,25 m : 0,20 m Silt- und Feinsandstein, schmutzig, gelbbraun
 - 176,80 m : 0,55 m Quarzfeldspat-Sandstein, hellgrau, feinkörnig–grobkörnig
 - 178,35 m : 1,55 m Tonstein (Letten), ockerbraun und rot, grau
 - 178,45 m : 0,10 m Feinsandstein, grau
 - 178,55 m : 0,10 m Quarzfeldspat-Sandstein, grobkörnig
 - 179,45 m : 0,90 m Silt- und Feinsandstein, grau-lila-fleckig
-
- 180,10 m : 0,65 m Sandstein, mittelkörnig–grobkörnig, hellgrüngrau, ab 179,85 m dunkelbraun
 - 184,25 m : 4,15 m Lockersand, braun, mittelkörnig
 - 185,20 m : 0,95 m Sandstein, schmutzig-lilabraun, mittelkörnig–grobkörnig, unten sehr grobkörnig
 - 189,60 m : 4,60 m Lockersand, braun, mittelkörnig–grobkörnig
 - 190,80 m : 1,20 m 5 cm weißlicher Sandstein, mittelgrobkörnig, 55 cm Silt-Letten, 35 cm ebenso, schmutzig-graubraun, 25 cm Sandstein-Schlieren, mittelkörnig, weißlich, grüngrau (Aufarbeitung)
 - 191,15 m : 0,35 m Quarzfeldspat-Sandstein, weißbraun, grobkörnig–sehr grobkörnig, kurzstückig
 - 192,55 m : 1,40 m Tonstein (Letten), dunkelrot
 - 192,80 m : 0,25 m Tonstein, grau mit Sandstein-Schlieren, feinkörnig–mittelkörnig
 - 193,55 m : 0,75 m Silt- und Feinsandstein, schmutzig-hellbraungrau
 - 194,30 m : 0,75 m Sandstein, braun, grobkörnig (ganz oben 15 cm grüngrau, mittelkörnig)
 - 196,80 m : 2,50 m Lockersand, braun, mittelkörnig–grobkörnig
 - 198,40 m : 1,60 m Kernverlust
 - 199,05 m : 0,65 m Sandstein, mittelkörnig–grobkörnig, rostbraun mit weißer Kaolin-Matrix, mürb, bei 198,80 m Quarzgerölle, eckig-kantengerundet – 2 cm Ø
 - 203,20 m : 4,15 m Sandstein, ungleichkörnig, mittelkörnig–sehr grobkörnig, kaolinig gebunden, fest
 - 201,00 m lilagrau-hellgrau
 - 203,20 m weißlich
 vereinzelt Körner bis 10 mm Ø

- 206,75 m : 3,55 m Quarzsandstein, ungleich mittelkörnig–sehr grobkörnig, hellbraungrau, fleckig, kaolinig, mürb bis bröckelig, mit Quarz-Geröll-Lagen,
bei 204,4–204,6 m (bis 30 mm Ø)
206,2–206,4 m (bis 30 mm Ø)
206,6–206,75 m (bis 30 mm Ø)
dazwischen auch Einzelquarzgerölle
 - 208,80 m : 2,05 m Kernverlust
 - 210,00 m : 1,20 m Sandstein (feinkörnig), mittelkörnig–grobkörnig, weißlich, kaolinig gebunden
 - 216,10 m : 6,10 m Sandstein, vorwiegend grobkörnig–sehr grobkörnig, hellbraungrau, ± kaolinig gebunden, kurzstückig bis bröckelig;
lettig rote Gallen bei 210,75 und 212,20 m;
Quarz-(und Feldspat-)Geröll-Lage bei 212,20–212,50 m (Körner bis 25 mm Ø),
mehr mittelkörnig–kaolinstaubig bei 213–213,2 m
 - 219,55 m : 3,45 m Kernverlust
-
- 219,80 m : 0,25 m Sandstein wie bis 216,10 m
 - 220,45 m : 0,65 m Sandstein, mittelkörnig, hellgrau (–braun), kaolingegeben
 - 220,80 m : 0,35 m Sandstein, mittelkörnig–grobkörnig, tonig-lettig, schwärzlich, bröckelig
 - 225,10 m : 4,30 m Quarzfeldspat-Sandstein, mittelkörnig–sehr grobkörnig, wechselnd dunkel- bis hell-lila und grau, wenig fest bis bröckelig, tonige Matrix
 - 225,35 m : 0,25 m Fein- und Siltsandstein (fast Letten) lila- und weißgestreift (Ringelsöckchen)
 - 227,80 m : 2,45 m Quarzfeldspat-Sandstein, grobkörnig (–sehr grobkörnig), bräunlich-grau, mäßig fest, z. T. weich
 - 230,40 m : 2,60 m Kernverlust
bei 230,50 m Tongalle dunkelbraun 5 cm Ø und Quarzgeröll bis 4 cm Ø
 - 231,00 m : 0,60 m Quarzfeldspat-Sandstein, grobkörnig–sehr grobkörnig, mit Einzelquarzen bis 15 mm
 - 234,25 m : 3,25 m Kaolinsandstein, lagenweise feinkörnig–mittelkörnig und grobkörnig, heller und dunkler lila weiß gestreift
-

Ab hier sehr einheitlicher Quarzfeldspat-Sandsteintypus nur in Körnung und Farbkörnung etwas wechselnd.

Vorwiegend grobkörnig, dunkelbraun und dunkelrot mit hellen Feldspatkörnern.

- 246,10 m : 11,85 m Quarzfeldspat-Sandstein (mittelkörnig)–grobkörnig–sehr grobkörnig, hellgrau bis dunkel-lilagrau und lilarot, mäßig fest, langstückig, mit Einzelkörnern (Quarz und Feldspat) bis 12 mm,
bei 241,30 m Quarz > 4 cm Ø
- 246,50 m : 0,40 m Fein- und Siltsandstein, unregelmäßig weißlila marmoriert, uneben eingelagert, oben und unten mit scharfer unebener Grenze, heller Quarzfeldspat-Sandstein, grobkörnig
- 247,20 m : 0,70 m Quarzfeldspat-Sandstein, grobkörnig, hell, kaolinig
- 286,00 m : 38,50 m Quarzfeldspat-Sandstein, wechselnd rötlich-grau bis dunkellila, langstückig, mittelkörnig–sehr grobkörnig, kleingeröllführend
z. B. bei 249,30 m 12 mm Ø
251,35 m 20 mm Ø
254,05 m 30 mm Ø
bei 258,75–258,85 m Letten, schwärzlich
260,55–261,00 m kleinkonglomeratisch
261,60–262,20 m kleinkonglomeratisch (0,5–2 cm Ø)
272,10 m Geröll >6 cm Ø
273,30 m Geröll >3 cm Ø
276,35–276,85 m } feinkörnig
u. 279,00–280,00 m }
- 297,00 m : 11,00 m Quarzfeldspat-Sandstein, unsortiert, sehr grobkörnig bis kleinkonglomeratisch, dunkellila bis rötlich mit viel hellen Feldspaten

- 301,45 m : 4,45 m gleichmäßiger mittelkörnig–grobkörnig mit einzelnen sehr grobkörnigen Lagen
z. B. 298,20–298,50 m
298,70–299,10 m
301,20–301,45 m
und Einzelgeröllen, eckig von 297,70–297,95 m grünlich weiß
 - 303,70 m : 2,25 m ebenso, rosa- und grünlich-weiß
 - 303,90 m : 0,20 m ebenso, lila
 - 304,15 m : 0,25 m ebenso, graugrün
 - 305,10 m : 0,95 m ebenso, lilarot
 - 305,45 m : 0,35 m ebenso, grünlichgrau
 - 309,20 m : 4,75 m ebenso, vorherrschend lilarot
z. T. mit hellgrüngrauen Flecken und Schlieren
von 308,80–309,20 m sehr grobkörnig–kleinkonglomeratisch
 - 312,80 m : 3,60 m Quarzfeldspat-Sandstein, unsortiert, sehr grobkörnig bis konglomeratisch, schmutzig hellrosa-braun, durchsetzt von großen Quarzgeröllen, z. T. >5 cm Ø
-
- 313,50 m : 0,70 m Granitzersatz in situ, weich tonig, mit fleischroten Feldspäten und hellen Quarzen in grüner–toniger Matrix, bröckelig zerfallend
 - 313,80 m : 0,30 m Granitzersatz, bröckelig locker, tonig, dunkel-rotbraun
 - 314,60 m : 0,80 m Kernverlust
 - 316,80 m : 2,20 m Granitzersatz, dunkelschokobraun mit helleren Feldspäten in dunklerer Matrix, von 314,60–314,90 und von 316,00–316,80 m grusig-locker dazwischen kurzstückig mürb
 - 319,40 m : 2,60 m Kernverlust
 - 319,70 m : 0,30 m Granitgrus wie oben
 - 322,15 m : 2,45 m Granit, mürb bis mäßig fest, rosa-weiß-fleckig
 - 323,05 m : 0,90 m mürb bis grusig-zerfallen,
323,10–323,20 m gelbgrünliche Matrix
 - 330,00 m : 12,95 m Granit (mittelkörnig), hellrosagrau, hart, fest, langstückig, mit einzelnen Diagonal-Kluftfugen bei
324,55 m
326,05 m
327,90 m
328,35 m
329,50 m
329,75 m
- Endteufe

4. Literatur

- AMMON, L. v., u. & REIS, O. M (1927): Die Tiefbohrung bei Röthenbach und Neunkirchen i. Opf. im Jahre 1911. – Geogn. Jh., 40, 87–104, München 1927.
- BAYER. GEOLOG. LANDESAMT (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl., 344 S., München 1964.
- BERGER, K. (1968): Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:25 000, Bl. 7832 Heideck, 115 S., München 1968.
- (1978): Erläuterungen zur Geol. Karte Nürnberg–Fürth–Erlangen 1:50 000, 219 S., München 1978.
- BIRZER, F. (1936): Eine Tiefbohrung durch das mesozoische Deckgebirge in Fürth in Bayern. – Cbl. Mineral. etc., 1936, B, 425–433, Stuttgart 1936.
- (1969): Tiefbrunnenbohrung der Stadt Berching. – Geol. Bl. NO-Bayern, 19, 79–81, Erlangen 1969.
 - (1976): Eine Bohrung durch den Burgsandstein bei Greding. – Geol. Bl. NO-Bayern, 26, 150–151, Erlangen 1976.

- BREYER, F. (1956): Ergebnisse seismischer Messungen auf der süddeutschen Großscholle besonders im Hinblick auf die Oberfläche des Varistikums. – Z. dtsh. geol. Ges., **108**, 21–36, Hannover 1956.
- CRAMER, P. (1964): Perm. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl., 55–69, München 1964.
- (1964): Buntsandstein. – In: Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl., 69–81, München 1964.
- EMMERT, U. (1964): Muschelkalk. – In: Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl., 81–90, München 1964.
- (1964): Keuper. – In: Erläuterungen zur Geolog. Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl., 91–121, München 1964.
- FÜHRER, F. X. (1978): Die Anomalien der Schwere am Südwest-Rand des Bayerischen Waldes und ihre Interpretation. – Geol. Rdsch., **67**, 1078–1096, Stuttgart 1978.
- GERMAN RESEARCH GROUP FOR EXPLOSION SEISMOLOGY (1964): Crustal Struktur in Western Germany. – Z. f. Geophysik, **30**, 209–234, Würzburg 1964.
- GUDDEN, H. (1966): Das Profil der Bohrung Eschenfelden B 1 (1964/65). – Geol. Bl. NO-Bayern, **16**, 67–86, Erlangen 1966.
- (1970a): Stratigraphische Gliederung einiger Tiefbohrprofile in die höhere Trias unter der nördlichen Frankenalb anhand bohrlochphysikalischer Messungen. – Geol. Bl. NO-Bayern, **20**, 105–119, Erlangen 1970.
 - (1970b): Über Möglichkeiten für unterirdische Porenraum-Gasspeicher in Nordbayern. – Unveröffentl. Gutachten des Bayerischen Geologischen Landesamtes, 24 S., 4 Anlagen, München 1970.
 - (1971): Über die Struktur Mürsbach und ihre Eignung für behälterlose unterirdische Gasspeicherung. – Unveröffentl. Gutachten des Bayer. Geologischen Landesamtes, 27 S., 6 Anlagen, München 1971.
 - (1973): Die Thermalwassererschließungsbohrung Rodach 1/1972. – Geologica Bavarica, **67**, 80–118, München 1973.
 - (1974): Die Forschungsbohrung Nördlingen 1973. – Geolog. Bavarica, **72**, 11–31, München 1974.
 - (1975): Zur Bleierz-Führung in Trias-Sedimenten der nördlichen Oberpfalz. – Geologica Bavarica, **74**, 33–55, München 1975.
 - (1977a): Die Thermal-Mineralwasser-Erschließungsbohrung Staffelstein 1975. – bbr, **28**, 85–92, Köln 1977.
 - (1977b): Der Untertage-Porenraum-Gasspeicher Eschenfelden. – In: Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:250 000, Bl. 6435 Pommelsbrunn, 101–105 u. Beilage 4, München 1977.
 - (1981): Über Thermal-Mineralwasser-Bohrungen im Coburger Umland. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **63**, 229–252, Stuttgart 1981.
- GUDDEN, H. & HOLY, H. (1970): Die Bohrung Eschenfelden 5 (1968). – Geol. Bl. NO-Bayern, **20**, 78–83, Erlangen 1970.
- GUDDEN, H. & SCHMID, H. (1981): Über Bunt- und Schwermetallführung in ostbayerischen Triassedimenten anhand einiger neuer Bohrungen. – Statusbericht Mineralische Rohstoffe, 269–280 PLR der KFA Jülich, Jülich 1981.
- SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1978): Trias und Rotliegendes in der Tiefbohrung Treuchtlingen. – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**, 28–37, Erlangen 1978.
- SCHMIDT-KALER, H. (1969a): Keuper und Jura in der Tiefbohrung Riedenburg. – Geol. Bl. NO-Bayern, **19**, 97–112, Erlangen 1969.
- (1969b): Bohrung R. Leibrecht, Arzbergwerk, Leising bei Beilngries. – Geol. Bl. NO-Bayern, **19**, 141–144, Erlangen 1969.

- (1982): Der Lias nördlich von Berching/Opf. – Geol. Blätter für NO-Bayern, **31**, 349–362, Erlangen 1982.
- SCHREIBER, S. (1958): Geologische Aufnahme der Umgebung von Berching (Südliche Frankenalb). – Erlanger Geol. Abh., **28**, Erlangen 1958.
- SCHRÖDER, B. in HAUNSCHILD u. SCHRÖDER (1960): Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:25 000, Bl. 6237 Grafenwöhr, München 1960.
- TRUSHEIM, F. (1954): Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953–1960. – Geol. Bavarica, **54**, München 1964.
- WIRTH, E. (1970): Die Schichtenfolge der Erdölaufschlußbohrungen Eichstätt 1 und Daiting 1, Fränkische Alb. – Geologica Bavarica, **63**, 39–85, München 1970.
- WURM, A. (1929): Die Nürnberger Tiefbohrungen. – Abh. Geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, **1**, 1–44, München 1929.

Der in der Forschungsbohrung Berching 1977 erschlossene Granit

VON WILHELM BAUBERGER & WOLF-DIETRICH OTT

Mit 2 Tabellen

Kurzfassung

Der Granit der Bohrung Berching ist gekennzeichnet durch eine deutliche Kalifeldspatvornacht und einen relativ niedrigen Quarzanteil. Durch eine intensive hydrothermale Überprägung ist er buntschekig, vorwiegend rosa gefärbt ähnlich den „Bunten Naabgebirgsgraniten“. Diese sind aber nicht so stark hydrothermal umgewandelt und außerdem ist der Kalifeldspat in den Naabgebirgsgraniten ein Orthoklas wohingegen der im Granit der Bohrung Berching ein Mikroklin ist. Bei der hydrothermalen Überprägung des Granits der Bohrung Berching wurde Kohlensäure zugeführt, im übrigen verlief sie vermutlich weitgehend isochem, wobei Plagioklas zum Teil in Calcit und Paragonit umgewandelt wurde.

Die Korrelation K/Rb erlaubt nach SCHROLL (1966) mit einem Wert von 273 die Zeitmarke des Endes der Abkühlung des Granits der Bohrung Berching in die frühvaristische Epoche zu stellen.

Der Chemismus des Granites zeigt eine deutliche Übereinstimmung mit den grobkörnigen Graniten des Nordostbayerischen Grundgebirges. Zum Vergleich können neben den Oberpfälzer Graniten auch der Granit von Saldenburg (TROLL 1964, 1975) und der sog. Kristallgranit II (Troll 1975) angeführt werden.

Der in der Bohrung bei Teufe 323,0 m angetroffene, frische Granit ist mittel- bis grobkörnig und besteht aus unterschiedlich gefärbten Gemengteilen. Er erscheint hellrosa, ist gesprenkelt schwach rötlichbraun (10 R 5/4) bis hell rot (5 R 6/6), grünlich gelb (5 Y 7/6) und schwarz (N 2), wobei die Grundfarbe hell blaugrau (5 B 7/1) ist (Farbangaben nach GSA Rock-Color Chart). Das Makrogefüge erscheint unregelmäßig, die Gemengteile sind ungleichkörnig, Kalifeldspat bildet leistenförmige Einsprenglinge und ist serialporphyrisch ausgebildet.

Ca. 10% der Bohrkerne aus dem Granit (12,95 m erbohrt) enthalten dm-große pegmatische Schlieren, deren Anteil am Gesamtgestein aber kleiner als 2% ist.

Mit dem Mikroskop wurden folgende Hauptgemengteile bestimmt: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und chloritisierter Biotit. Nebengemengteile sind Calcit, Hellglimmer, Titanit, Zirkon, Apatit, Erz.

Der quantitative Mineralbestand vom Granit und der pegmatischen Schlieren wurde in Vol.% ermittelt mit:

	Granit	pegmatische Schliere
Quarz	21,4	19,8
Kalifeldspat	43,7	48,9
Plagioklas	24,3	21,3
Biotit (Pennin)	8,6	5,6
Erz, Chlorit, Titanit	0,2	0,3
Hellglimmer	0,8	0,2
Calcit	0,7	1,6
Hellglimmer } Klufftfillungen	0,3	2,3

Im Dreieckdiagramm nach A. L. STRECKEISEN findet der Granit im linken unteren Bereich des Monzogranitfeldes seinen Platz an der Grenze zu dem Feld der Syenogranite, in dem die integrierte pegmatische Schliere liegt. Granit und pegmatische Schlieren sind gekennzeichnet durch einen hohen Gehalt an Kalifeldspat und einem niedrigen Quarzanteil im Vergleich zu den Graniten im ostbayerischen Grenzgebirge. Bei diesen ist das Kalifeldspat/Plagioklas-Verhältnis meistens ausgewogen (Monzogranite) und der Quarzanteil beträgt 20 bis 40 Vol.%. Es kommen aber durchaus auch Abweichungen vor, bei denen der Kalifeldspatanteil hoch und der des Quarzes niedrig ist, so z. B. bei Varietäten des Flossenbürger Granits, des älteren Kristallgranits I (Regensburger Wald) und von Ganggraniten. Der Granit der Bohrung Berching mit seiner Kalifeldspatvormacht und seinem relativ niedrigem Quarzanteil fällt damit etwas aus dem Rahmen, stellt aber nichts Außergewöhnliches dar.

Das mikroskopische Bild des Granits der Bohrung Berching ist gekennzeichnet durch eine hydrothermale Überprägung, von der vor allem die Plagioklase und Biotite betroffen wurden. Die Plagioklase sind durchsetzt mit Hellglimmerschüppchen und durchstäubt mit Hämatit, die Biotite wurden fast quantitativ in Pennin umgewandelt wobei Titanit, Titaneisen und Hämatit gebildet wurden. Die zahlreichen das Gestein und die einzelnen Minerale durchsetzenden Risse sind mit Calcit und Hellglimmer (vermutlich Paragonit) verheilt, untergeordnet kommt in diesen Klüften auch noch Hämatit und etwas Chlorit vor. Die Risse haben eine Längserstreckung von mehreren cm, ihre Mächtigkeit liegt im Bereich von $\frac{2}{10}$ mm. Calcit kommt auch unabhängig von diesen Rissen vor, so sind Plagioklase mitunter mehr oder weniger karbonatisiert, wobei des öfteren ganze Plagioklasteile in Calcit und auch Hellglimmer (Paragonit) umgewandelt wurden; auch Kalifeldspat enthält gelegentlich fleckig verteilt Calcit, und auch in chloritisierten Biotiten tritt häufig Calcit auf. Unabhängig von Biotit oder Rissen gebildeter Pennin wurde nur selten beobachtet, beispielsweise büschelförmig, spießig in Kalifeldspat eingewachsen. Neben auf Rissen und Plagioklasen gebildetem Hellglimmer ist dieser auch manchmal noch mit Biotit parallel verwachsen oder sitzt diesem büschelförmig auf.

Die Plagioklase sind durch die hydrothermale Überprägung makroskopisch gefärbt, und zwar bei starker Durchstäubung mit Hämatit rötlich braun bis hellrot, bei einer „Füllung“ mit Hellglimmerschüppchen (Paragonit) und Calcit grünlich gelb.

Kalifeldspat, Plagioklas und auch Quarz sind größtenteils teilidiomorph bis idiomorph ausgebildet, was bereits makroskopisch zu erkennen ist und im Dünnschliffbild deutlich in Erscheinung tritt. Zwischen Plagioklas und Kalifeldspat kam es zu Verwachsungen mit Myrmekitbildung, diese ist aber in anderen Graniten oft noch ausgeprägter. Die Verwachsung Kalifeldspat/Quarz ist mitunter granophyrisch. Kalifeldspat ist vorwiegend nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt und besitzt eine verwaschene Gitterlamellierung. Plagioklas ist polysynthetisch nach dem Albitgesetz und untergeordnet nach dem Periklingesetz verzwillingt. Trotz der intensiven hydrothermalen Überprägung ist oft noch ein Zonarbau mit saueren Rändern erkennbar. Quarz enthält zahlreiche Flüssigkeitströpfchen, die oft schnurartig angeordnet sind. Kleinere in ihm enthaltene Biotitreste sind weitgehend oder völlig der Penninisierung entgangen und zeigen im polarisierten Licht einen deutlichen Pleochroismus von Rotbraun nach Hellgelb bis Weiß. Auch in den Feldspäten eingeschlossene Biotite sind teilweise noch frisch. Apatit ist vorwiegend idiomorph ausgebildet, desgleichen Zirkon, bei dem mitunter ein Zonarbau erkennbar ist. Vereinzelt auftretende, feinschuppige Hellglimmer-/Choritaggregate sind eventuell Pseudomorphosen nach Andalusit oder Cordierit.

Zur chemischen Untersuchung des Granits standen 5 Proben mit je 100 g Gewicht zur Verfügung. Die Bestimmung der Haupt- und Spurenelemente erfolgte in einer energiedispersiven Röntgenfluoreszenzanlage (Ortec Tefa 6110). Zur Untersuchung mußten die feingemahlene Proben mit Flußmittel zu Schmelztabletten vergossen werden. Das Verhältnis von Substanz zu Flußmittel lag bei 1 : 2, da der Gehalt an Silizium (weniger als 72%) ein derart geringes Verhältnis erlaubte und die Proben für die Bestimmung der Spurenelemente nur gering verdünnt werden sollten. Die Meßzeit für die Hauptelemente betrug 200 sec., für die Spurenelemente 400 sec. Die Auswertung der erhaltenen Daten erfolgte automatisch über einen Kleincomputer (Pdp 11/04 Fa. Digital Equipment). Die Bestimmung der Fe²⁺-Gehalte erfolgte naßchemisch (Analytiker H. FRANK).

Das Ziel der chemischen Untersuchung war:

1. Die Bestimmung der Gehalte der Haupt- und Spurenelemente
2. Ein Vergleich mit dem Chemismus von Graniten des ostbayerischen Grenzgebirges

Die Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse für die Hauptelemente sowie die Fe⁺²-Gehalte sind in Tab. 1 und für die Spurenelemente in Tab. 2 wiedergegeben. Die Gehalte der Hauptelemente des Granits der Bohrung Berching erlauben die Einstufung als „basischer“ Granit, was auch im Mineralbestand durch den geringen Quarzanteil angedeutet ist. Zum Vergleich wurden die USGS-Standards G-2 und GSP-1 herangezogen. Die Gehalte der Spurenelemente weichen von diesen Vergleichsproben zum Teil deutlich ab. Die Werte für Cu, Sr, Zn und Zr sind deutlich zu niedrig, während die Elemente Cr, Ni und V angereichert sind.

Literatur

- SCHROLL, R. (1966): Zur Geochemie der seltenen Elemente in granitoiden Gesteinen. – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* **11**, 3. Folge, 317–347, Wien 1966.
- TROLL, G. (1964): Das Intrusivgebiet von Fürstenstein. – *Geologica Bavarica*, **52**, München 1964.
- (1975): Bauformen und Gesteine im Moldanubikum des Regensburger und südlichen Oberpfälzer Waldes. – *Der Aufschluß, Sonderband 26* (Oberpfalz), 261–276, Heidelberg 1975.

Tabelle 1: Hauptelementgehalte in Prozent

Teufe	323,05 bis 323,13	326,84 bis 326,90	328,00 bis 328,06	331,26 bis 331,35	335,94 bis 336,00	
Proben- Nummer	244	245	246	247	248	Durch- schnitts- wert
Na ₂ O	1,88	2,39	2,00	1,80	2,23	2,06
MgO	0,81	1,00	0,85	1,14	0,89	0,93
Al ₂ O ₃	15,01	15,10	14,64	14,14	15,03	14,78
SiO ₂	70,51	69,84	70,85	69,34	71,09	70,32
P ₂ O ₅	0,25	0,27	0,27	0,34	0,26	0,27
K ₂ O	6,64	5,94	6,35	6,21	5,97	6,22
CaO	2,09	1,81	1,74	3,38	1,10	2,02
TiO ₂	0,38	0,40	0,40	0,42	0,40	0,39
MnO	0,11	0,09	0,08	0,09	0,06	0,08
Fe ₂ O ₃	2,44	3,10	3,13	2,99	2,94	2,92
FeO	1,85	2,55	2,50	1,72	2,32	2,19

Tabelle 2: Spurenelemente in ppm

Proben- Nummer	244	245	246	247	248	Durch- schnitts- wert
V	55	66	54	29	40	42
Cr	169	184	223	156	212	189
Ni	25	55	63	30	38	42
Cu	11	12	7	42	6	15
Zn	45	40	36	58	15	39
Ga	15	19	18	15	12	16
Pb	95	111	99	51	57	83
Rb	182	177	174	249	160	188
Sr	50	57	59	39	46	50
Y	35	33	33	43	29	35
Zr	104	114	104	166	53	108

Zur Mineralogie der Forschungsbohrung Berching 1977

Von MATTHIAS SALGER

Mit 1 Abbildung und Beilage 2

Kurzfassung

Auf der Grundlage der in Beilage 2 dargestellten Ergebnisse der mineralogischen und sedimentologischen Untersuchungen wird der Versuch einer Gliederung der unter dem Lias Gamma folgenden sandigen und tonigen Sedimente und ihrer Zuordnung zu stratigraphischen Einheiten unternommen.

Der Gesamtmineralbestand (Abb. 1) von 30–86 m ergibt für den Abschnitt 51–86 m eine Dreigliederung: 51–59 m: Quarz, Dolomit, Glimmer, sehr wenig Kaolinit; 59–65 m: Quarz, Kaolinit, kein Glimmer, kein Karbonat; 65–86 m: stark wechselnde Quarzgehalte, Karbonat vor allem in den stärker quarzhaltigen Partien, Glimmer stark wechselnd, Kaolinit. Der Feldspatgehalt nimmt von oben nach unten zu.

Betrachtet man das Verhältnis von Karbonat, Glimmer und Kaolinit im oberen Profilverteil und vergleicht es mit dem darüber folgenden Lias und dem darunter liegenden mittleren Abschnitt, so springt die Ähnlichkeit mit dem Lias ins Auge. Ich möchte deshalb den sandigen Abschnitt 51–59 m dem Lias zuordnen. Als Ablagerungsort kann man auf Grund der Vertretung von Kalzit durch Dolomit wohl einen wenigstens zeitweilig isolierten Randbereich des Liasmeeres annehmen. Erst im oberen Teil des Lias Gamma verschwindet der Dolomit und wird durch Kalzit ersetzt, Zeichen für nunmehr dauernde Verbindung des Sedimentationsraumes mit der offenen See.

Den Abschnitt 59–65 m stelle ich auf Grund der extremen Verwitterungsauslese – Fehlen von Karbonat und Glimmer – in den Rhätolias. Die Obergrenze ist scharf (Transgression des Lias), die Untergrenze markiert das Erscheinen brauner und roter, feinkörniger Sandsteine, im Mineraldiagramm Zurückgehen des Quarzgehaltes, Erscheinen von Glimmer neben Kaolinit.

Im Abschnitt 65–86 m sprechen die häufig eingeschalteten hellen Sandsteine für Rhätolias, die braunen und roten Letten für Feuerletten. Ich sehe die Serie auf Grund des durchgehenden Glimmergehaltes und des gerade in den Sandsteinen vorhandenen Karbonats als sandige Fazies des Feuerlettens an.

Zur Gliederung des darunter folgenden Profilverteils werden die Tonminerale (< 0,002 mm) und die Schwerminerale (0,1–0,25 mm) benützt.

86–104 m tonige Fazies des Feuerlettings, ein Illitton mit nach oben zunehmendem Kaolinitgehalt (2–26%); Schwerminerale: Granat, Apatit, etwas Zirkon.

104–139 m Oberer Burgsandstein mit 4 m mächtigem Basisletten und zwei Zwischenletten. Der Kaolinitgehalt der Sandsteine nimmt nach unten von 18 auf 32% zu. Die Zwischenletten sind illitisch mit nur 2–4% Kaolinit in der Tonfraktion; Schwerminerale überwiegend Zirkon mit gelegentlichen Einschüben von Granat (bis 15%) und Turmalin (bis 19%).

139–159,45 m Mittlerer Burgsandstein. Die Untergrenze markiert der Letten 159,10–159,45 m. Tonminerale vorwiegend kaolinitisch (56–57%), Schwerminerale Zirkon und Turmalin.

159,45–179,45 m Unterer Burgsandstein. Die Untergrenze bildet der Letten 178,55–179,45 m. Der Kaolinitgehalt der Tonfraktion der Sandsteine fällt von 25% oben auf 5% unten. Der Letten hat 2% Kaolinit. Die Schwerminerale zeigen starke Apatitspitzen (bis 60%), auch Granat erscheint wieder, erreicht aber maximal nur 12%).

Über die Gliederung der Gesteine zwischen der Untergrenze des Burgsandsteins und dem kristallinen Sockel gehen die Meinungen von Gudden und mir auseinander. Ich unterteile die Folge nach den in den Diagrammen aufgewiesenen Unterschieden im Ton- und Schwermineralbestand. Wobei ich mich teilweise auf die Mineralogie der Tiefbohrung Treuchtlingen stütze.

179,45–191,15 m: Aufgrund der Apatitvormacht (bis 85%) und des geringen Kaolinitgehaltes (5–15%) ordne ich die Sandsteine analog Treuchtlingen dem Blasensandstein zu.

191,15–209 m: Die Serie beginnt mit einem braunroten Ton am Top, den ich für Lehrbergton halte (98% Illit, 2% Kaolinit). Darunter folgen rote und hellgraue Sandsteine. In diesen geht der Apatit drastisch zurück und verschwindet an der Basis ganz (40–0%). Der Kaolinitgehalt der Tonfraktion ist gering bis mäßig (8–24%). Ich sehe aufgrund der relativ einheitlichen Ton- und Schwermineralbestände die Serie als Lehrbergsschichten an.

209–255 m: Die Folge ist gekennzeichnet durch hohe Kaolinitgehalt in der Tonfraktion, ca. 60% Kaolinit am Top (210–220) und 30–40% zwischen 220 und 255 m. Die Schwerminerale sind Zirkon und stark wechselnde Mengen von Turmalin (22–50%); Granat ist nur spurenweise (1–2%) vorhanden, Apatit nur in einer Probe (5%). Der etwas tonigere Habitus und die graue Farbe der Sandsteine zwischen 219 und 234 m könnte eine Einstufung in die Estheriensichten berechtigt erscheinen lassen. Doch die graue Farbe erweist sich beim Mörsern oder Beschallen dieser Proben nicht als echt; die Farben werden bei der Behandlung rotbraun. Das Grau oder Schwarzgrau wird nicht durch organische Substanz wie üblich in den Estheriensichten hervorgerufen, sondern durch grobkristallinen Hämatit. Mikroskopisch konnten Hämatitkristalle von 5–10 μ \varnothing in feiner Verteilung sowie größere grobkristalline Hämatitnester beobachtet werden. Damit entfällt dieses Argument für die Einstufung der Folge in die Estheriensichten. Ich möchte in Analogie zu den Bohrungen Treuchtlingen und Gersbach VII die Gesteinsserie 209–255 m in

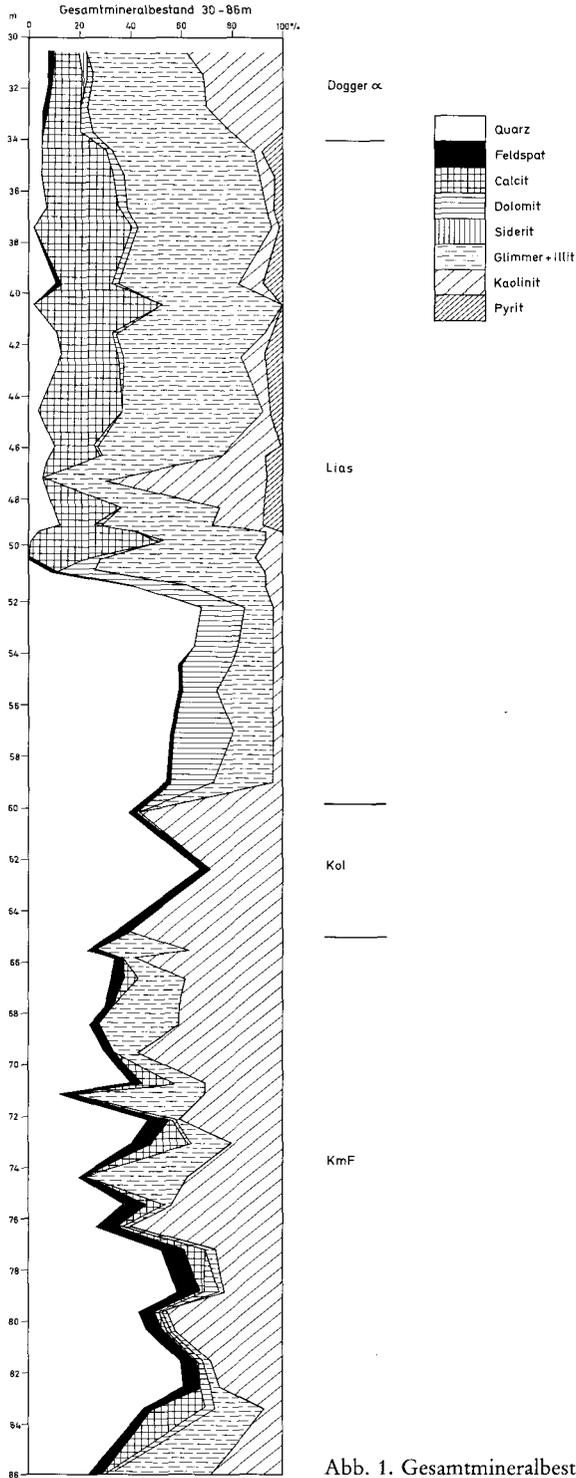


Abb. 1. Gesamtmineralbestand 30-86 m.

den Benker Sandstein stellen; denn in beiden Bohrungen ist der Top des Benker Sandsteins durch einen starken Kaolinitvorstoß von den hangenden Schichten (Estherien in Gersbach, Lehrberg in Treuchtlingen) unterschieden, der nach unten zurückgeht auf 30–40% im randnahen Treuchtlingen, auf etwa 10% im beckenwärtigeren Gersbach. Ob die Estheriensichten tatsächlich ausfallen oder in ihrer sandigen Ausbildung sich schwer- und tonmineralogisch vom Benker Sandstein nicht abtrennen lassen, muß offen bleiben.

255–275 m: Diese sehr gleichmäßige Schichtenfolge von violettgrauen, mittelkörnigen Sandsteinen halte ich wegen des starken Zurückgehens des Kaolinites (25% oben auf 2% unten) und dem Einsetzen von Granat analog zu Treuchtlingen für eine sandige Äquivalente des Muschelkalks. Ob in der Übergangszone vom Benker Sandstein zu Muschelkalk noch einige Meter Unterer Keuper stecken, ist nicht zu erkennen, aber aufgrund der Kontinuität der Sedimentausbildung durchaus möglich.

275–313 m: Die Gesteine dieses Profilabschnitts sind im Gegensatz zu der Gleichmäßigkeit des Hangenden gekennzeichnet durch extreme Schwankungen der Korngröße (mittlerer Korndurchmesser 0,1–0,9 mm) und der Sortierung ($SO = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$ von 1,3 bis 5,3). Der Kaolinitgehalt nimmt wieder zu, ist aber ebenso wie der Granatgehalt starken Schwankungen unterworfen. An der Basis wird der Granat durch Apatit abgelöst.

In der Bohrung Treuchtlingen stellte ich diesen Abschnitt ins Rotliegende. Nach den Erfahrungen mit den Bohrungen Neudorf b. Luhe und Dinkelsbühl, in denen das Rotliegende durch die Tonminerale Illit, Chlorit, Vermikulit und Wechsel-schichten mit nur Spuren von Kaolinit gekennzeichnet ist, kann in Treuchtlingen nur der unter der Kohle folgende Profilteil dem Rotliegenden zugerechnet werden, die zwischen 443 und knapp 500 m liegenden Sedimente müssen dann folgerichtig in den Buntsandstein gestellt werden.

Die dieser Gesteinsfolge in Korngrößen, Ton- und Schwermineralen ähnliche Serie in Berching zwischen 275 und 313 m wird deshalb ebenfalls dem Buntsandstein zugerechnet. Entsprechend ist die Angabe bei SCHMIDT-KALER (1979, S. 2) zu korrigieren.

Literatur

- BIRZER, F. (1969): Tiefbrunnenbohrung der Stadt Berching. – Geol. Bl. NO-Bayern, **19**, 79–81, Erlangen 1969.
- (1971): Bohrungen Mühlhausen, Lkr. Neumarkt/Oberpfalz. – Geol. Bl. NO-Bayern, **21**, 202–207, Erlangen 1971.
- (1971): Eine Bohrung durch den Burgsandstein bei Greding. – Geol. Bl. NO-Bayern, **26**, 150–151, Erlangen 1971.
- GUDDEN, H. (1982): Konzeption, Ablauf und Deutung der Ergebnisse der Forschungsbohrung Berching 1977. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.), München 1982.
- HAUNSCHILD, H., HÖRAUF, H. & SALGER, M. (1977): Hydrogeologische, geologische und sedimentologische Untersuchungen am Bohrbrunnen Gersbach VII (Wasserversorgung der Stadt Ansbach). – Geol. Bl. NO-Bayern, **27**, 97–114, Erlangen 1977.

- LIPPMANN, F. (1973): *Sedimentary Carbonate Minerals*. – Berlin, Heidelberg, New York 1973.
- SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1978): Trias und Rotliegendes in der Tiefbohrung Treuchtlingen. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, **28**, 28–37, Erlangen 1978.
- SALGER, M. (1979): Die Bohrungen Neudorf bei Luhe A und B: Mineralogische Untersuchungsergebnisse. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, **29**, 167–170, Erlangen 1979.
- SCHMIDT-KALER (1979): Geologische Karte des Naturparks Altmühltal/Südliche Frankenalb. Mit Kurzerläuterungen auf der Rückseite (unter Mitarbeit von R. MEYER). – München 1979.

Geologica Bavarica	83	123–127	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Die Grundgebirgstiefe längs eines Profils von Burghthann bis Beilngries aufgrund refraktionsseismischer Messungen

Von KURT BADER

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung

Vor und nach dem Abteufen der geowissenschaftlichen Forschungsbohrung FB Berching 1977 wurden zwischen Burghthann und Beilngries 8 refraktionsseismische Messungen mit Anregung durch Kleinsprengungen ausgeführt. Der nicht monoton nach unten zunehmende Geschwindigkeitsaufbau (härtere Schichten im Lias, Keuper und Muschelkalk) machte es notwendig, maßgebende Geschwindigkeiten für den Keuper und die Permtrias von 2,0 bis 2,8 km/s anzunehmen. Die Grundgebirgsoberfläche wurde damit in 50 m unter NN bis 80 m über NN mit einem 30 km langen Hochgebiet bestimmt, in dessen südlichem Teil die FB Berching 1977 liegt. Das Grundgebirgshoch erweist sich als nordwestliche Fortsetzung des Landshut-Neuöttinger Hochs. Ein Rotliegendetrog nördlich von Berching, wie er verschiedentlich für wahrscheinlich gehalten wurde, kann ausgeschlossen werden.

1. Problemstellung, Meß- und Auswertungsmethodik

Nordwestlich von Regensburg wurde bereits von BREYER 1956 ein Grundgebirgshoch in groben Umrissen aus weiter entfernt liegenden Bohrungen und seismischen Messungen abgegrenzt. Laufzeitverzögerungen seismischer Messungen über größere Entfernungen nördlich von Regensburg (GRGES 1964) und gravimetrische Messungen südöstlich von Amberg (FUCHS 1977) und westlich von Regenstauf (FÜHRER 1978) erlaubten eine weitergehende Abgrenzung dieses Grundgebirgshochs vom östlich anstehenden Grundgebirge. Unter Einbeziehung neuerer Tiefbohrungen: Riedenburg (SCHMIDT-KALER 1969), Bad Gögging (LEMCKE 1981), Eichstätt 1 und Daiting 1 (WIRTH 1970) und Treuchtlingen (SALGER & SCHMIDT-KALER 1978) konnte 1977 ein Grundgebirgshoch in der in Abb. 1a gegebenen Form vermutet werden. In Zusammenhang mit der Plazierung einer geowissenschaftlichen Forschungsbohrung über diesem Hoch und der Beurteilung ihrer paläogeographischen Lage wurden vor und nach dem Niederbringen dieser Bohrung (FB Berching 1977) refraktionsseismische Messungen durchgeführt.

Entsprechend den zu erwartenden Geschwindigkeiten im Untergrund von 2,0 bis 3,0 km/s im Keuper und in der Permtrias und ca. 5,0 km/s im Grundgebirge waren Meßstrecken bis 2 km Länge erforderlich. Unter Ausnutzung der günstigen Umstände in Tälern – geringere Erkundungstiefe, ebene Oberfläche und Grundwasserspiegelnähe – wurden refraktionsseismische Messungen (460 m lange Geophonkette) mit Anregung durch Kleinsprengungen (bis 1000 g Sprengstoff in zehn 1 m tiefen Schlagbohrlöchern) ausgeführt. Die Sprengpunkte lagen in 10 m,

Anschrift des Verfassers: Dr. KURT BADER, Bayerisches Geologisches Landesamt, Prinzregentenstraße 28, 8000 München 22.

500 m, 1000 und 1500 m Entfernung von der Geophonkette. Es wurde jeweils mit Schuß und Gegenschuß gearbeitet, wobei sich die beiden Meßstrecken des geringeren Meßaufwandes wegen nur zum Teil – meist für die Erkundung der oberen 200 m – überdeckten. Die Auswertung erfolgte mit einem programmierbaren Taschenrechner mit 5-Schicht-Programm.

An fast allen Meßpunkten treten härtere Schichten mit höheren Geschwindigkeiten als die maßgebende Geschwindigkeit für ein größeres Schichtpaket auf (Abb. 2). In den Messungen südlich von Rocksdorf werden diese härteren Schichten vor allem im Lias und Rhät gemessen. Sie verhindern die Bestimmung der maßgebenden Geschwindigkeiten für das gesamte Deckgebirgsprofil. Nördlich von Rocksdorf mit meist fehlender Lias-Rhät-Bedeckung werden auch härtere Schichten im Keuper und am nördlichen Profilende auch im Muschelkalk gemessen. Lediglich die Messung bei Rocksdorf selbst gibt keine Hinweise auf härtere Schichten. Die hier erhaltenen Geschwindigkeiten des Deckgebirges sind mit 2,2 km/s und 2,5 km/s sehr niedrig. Nur geringfügig höhere maßgebende Geschwindigkeiten ergaben sich aus dem Vergleich der FB Berching 1977 mit der dortigen Messung, so daß auch eine eventuell „überschossene Schicht“ mit höherer maßgebender Geschwindigkeit im Bereich der Permotrias über dem Grundgebirgshoch nicht berücksichtigt zu werden braucht. Bei der Auswertung der nördlichsten Messung im Bereich der Abdachung des Grundgebirgshochs jedoch wurde für die Permotrias ein höherer Wert von 2,8 km/s gewählt.

2. Meßergebnisse (Abb. 2)

Kurz vor dem Abteufen der FB Berching 1977 wurden nördlich und südlich von Sulzbürg und südöstlich von Beilngries drei refraktionsseismische Messungen ausgeführt, aus denen die Tiefe des (unverwitterten) Grundgebirges zu 80 m über NN bis NN (von N nach S fallend) errechnet wurden. Am Ort der FB Berching 1977 ergab

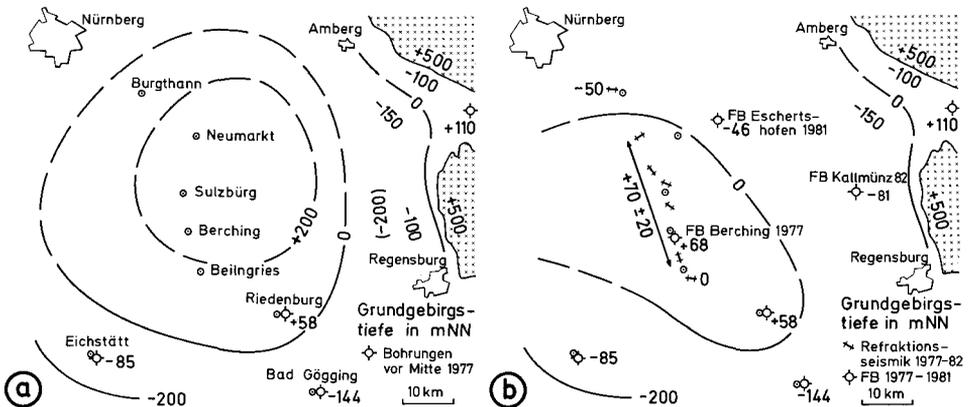


Abb. 1. Die Oberfläche des kristallinen Grundgebirges

a) nach dem Wissensstand vor Mitte 1977 (abgeändert nach GRGES 1964)

b) nach den Ergebnissen der refraktionsseismischen Messungen 1977–1982 und den Tiefbohrungen FB Berching 1977 und FB Eschertshofen 1981.

Das nun weniger ausgeprägte Grundgebirgshoch stellt sich als NW-Fortsetzung der Landshut-Neuöttinger Schwelle dar.

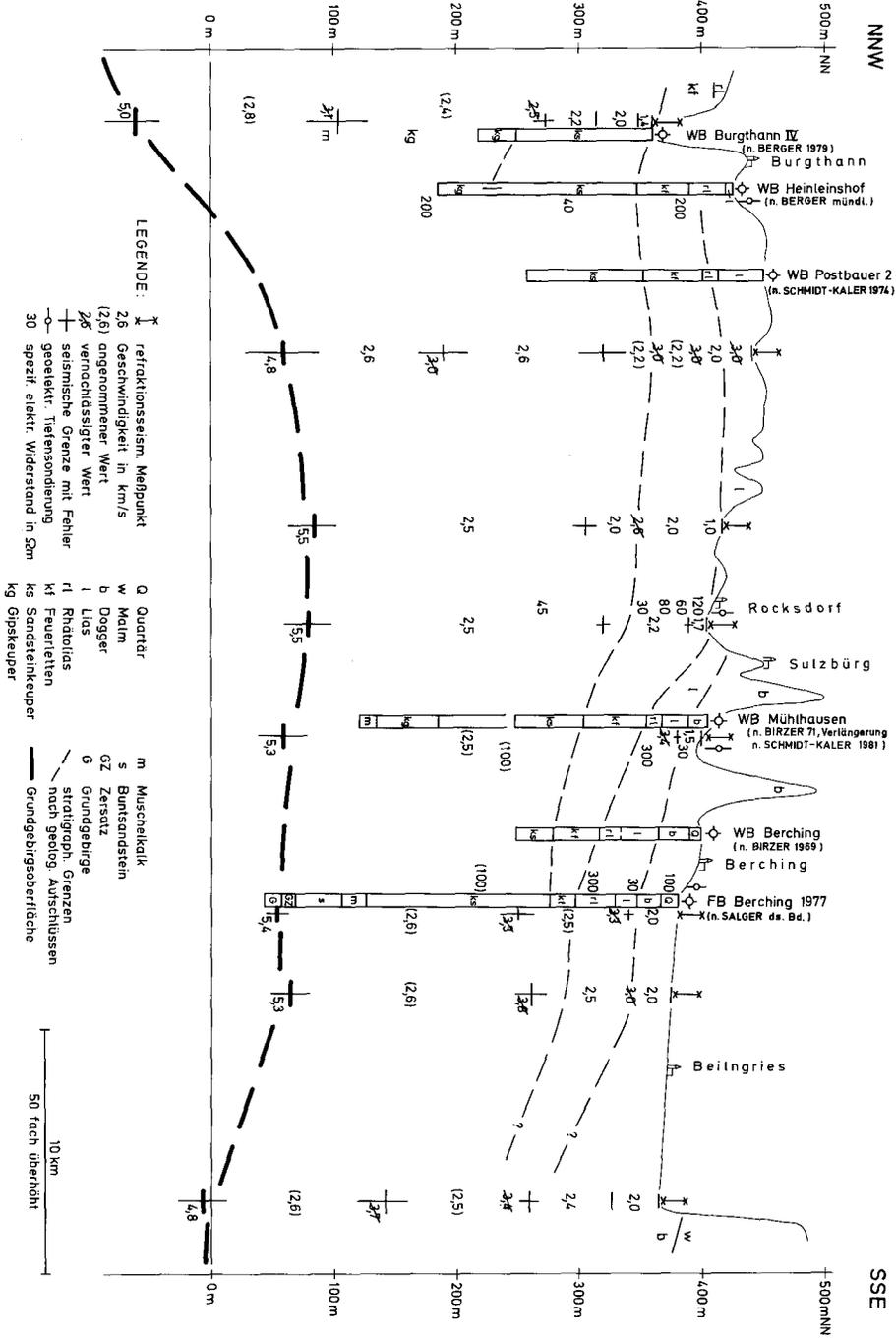


Abb. 2. Ergebnisse der refractionsseismischen Messungen, der geoelektrischen Tiefensondierungen und der Bohrungen längs eines SSE-Profileschnittes von Burghthann bis Beilngries.

sich damit durch Interpolation (unter Einbeziehung der Bohrung Riedenburg mit 58 m über NN) eine um gut 150 m tiefere Lage des Grundgebirges, als dies aus dem damaligen Wissensstand (Abb. 1a) abgeleitet werden konnte. Die FB Berching 1977 bestätigte die interpolierte Grundgebirgstiefe und damit die angenommenen maßgebenden Geschwindigkeiten.

Die nachfolgenden Messungen vergrößerten die Meßpunktdichte auf dem Profil südlich von Rocksdorf und verlängerten es nach Norden bis Burgthann. Die Grundgebirgsoberfläche wurde dabei mit Ausnahme der Meßpunkte an den beiden Profilen in nahezu gleicher Höhe in 70 m NN \pm 20 m gefunden. Daraus ist auf eine fast ebene Grundgebirgsoberfläche zu schließen, die auch bei sich nicht überdeckenden Meßstrecken von Schuß und Gegenschuß die wahren Geschwindigkeiten der Grundgebirgsoberfläche aus den gemessenen Scheingeschwindigkeiten anzugeben gestattet. Als wahre Geschwindigkeiten errechnen sich einheitliche Werte von 5,4 km/s \pm 0,1 für den Bereich des Grundgebirgshochs. An seiner nördlichen und südlichen Abdachung ergeben sich dagegen niedrigere Werte von 4,8–5,0 km/s, deren Ursache wegen der geringen Streuung der Scheingeschwindigkeiten weniger in einer unebenen Oberfläche als vielmehr in der Gesteinsausbildung zu suchen ist.

3. Paläographische Folgerungen

Durch die Grundgebirgstiefen aus den refraktionsseismischen Messungen und aus den benachbarten Tiefbohrungen Berching 1977 und Eschertshofen 1981 (SALGER & SCHMID, ds. Bd.) und Kallmünz 1982 (SCHMID, ds. Bd.) verändert sich der Tiefenlinienplan der Abb. 1a in die Form der Abb. 1b. Das nun niedrigere Grundgebirgshoch weicht auf Grund der FB Eschertshofen 1981 in seinem Umriss im nordöstlichen Teil von der neueren Darstellung bei GUDDEN (1981: 244) ab und erweist sich damit als nordwestliche Fortsetzung des Landshut-Neuöttinger Grundgebirgshochs.

Durch die refraktionsseismischen Messungen wird bis 20 km NNE von Berching ein nahezu ebenes Grundgebirgshoch mit einheitlicher und hoher seismischer Geschwindigkeit nachgewiesen, wodurch ein jungpaläozoischer Trog (Rotliegendetrog), wie er von EMMERT (1981: 35) und von LEMCKE (1981: Abb. 30) in diesem Bereich für möglich oder wahrscheinlich gehalten wurde, ausgeschlossen werden kann.

4. Literatur

- BERGER, K. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6633 Feucht. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.
- BIRZER, F. (1969): Tiefbrunnenbohrung der Stadt Berching. – Geol. Bl. NO-Bayern, **19**, 79–81, Erlangen 1969.
- (1971): Bohrungen Mühlhausen, Lkr. Neumarkt i. d. Opf. – Geol. Bl. NO-Bayern, **21**, 202–207, Erlangen 1971.
- BREYER, F. (1956): Ergebnisse seismischer Messungen auf der süddeutschen Großscholle besonders im Hinblick auf die Oberfläche des Varistikums. – Z. deutsch. geol. Ges., **108**, 21–36, Hannover 1956.

- EMMERT, U. (1981): Perm nördlich der Alpen. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.
- FUCHS, H. K. (1977): Schweremessungen am Südwest-Rand der Böhmisches Masse und deren Interpretation. – Diplomarbeit Inst. f. Allg. u. Angewandte Geophysik der Univ. München, 1977.
- FÜHRER, F. X. (1978): Die Anomalien der Schwere am Südwest-Rand des Bayerischen Waldes und ihre Interpretation. – Geol. Rundschau, **67**, 3, 1078–1096, Stuttgart 1978,
- GERMAN RESEARCH GROUP FOR EXPLOSION SEISMOLOGY (GRGES, 1964): Crustal Structure in Western Germany, Z. f. Geophysik, **30**, 209–234, Würzburg, 1964.
- GUDDEN, H. (1981): Über Thermal-Mineralwasser-Bohrungen im Coburger Umland. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **63**, 229–252, Stuttgart 1981.
- LEMCKE, K. (1981): Erdgeschichtlicher Rahmen und Tektonik, in: Thermal- und Schwefelwasservorkommen von Bad Göggingen, mit Beiträgen zum geologisch-tektonischen Rahmen, sowie zur Hydraulik des Tiefenwassers im Malmkarst des Molassebeckens. – Schriftenreihe Bayer. Landesanst. f. Wasserwirtschaft, **15**, München 1981.
- SALGER, M. (1983): Zur Mineralogie der Forschungsbohrung Berching 1977. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.) München 1983.
- SALGER, M. & SCHMID, H. (1982): Die Forschungsbohrung Eschertshofen 1981. (Vorläufige Mitteilung.) – Geologica Bavarica, **83**, München 1982.
- SALGER, M. & SCHMIDT-KALER (1978): Trias und Rotliegendes in der Tiefbohrung Treuchtlingen. – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**, 28–37, Erlangen 1978.
- SCHMID, H. (1982): Die Forschungsbohrung Kallmünz (Kurzmitteilung) 1982. – Geologica Bavarica, **83** (ds. Bd.), München 1982.
- SCHMIDT-KALER, H. (1968): Keuper und Jura in der Tiefenbohrung Riedenburg. – Geol. Bl. NO-Bayern, **19**, 97–112, Erlangen 1969.
- (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6634 Altdorf. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.
 - (1981): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6835 Berching. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.
- WIRTH, E. (1970): Die Schichtenfolge der Erdölaufschlußbohrungen Eichstätt 1 und Daiting 1, Fränkische Alb. – Geologica Bavarica, **63**, 39–85, München 1970.

Geologica Bavarica	83	129-133	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Geothermische Untersuchungen in der Forschungsbohrung Berching 1977

Von KURT BRAM

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung

In der Forschungsbohrung Berching 1977 wurden in der Zeit vom 5. 9. 1977 bis 18. 10. 1977 mehrmals Temperaturmessungen durchgeführt. Die Temperatur in 316 m Tiefe, dem tiefsten Meßpunkt, beträgt 21,8 °C. Die beobachteten hohen Temperaturgradienten von 0,08 Km⁻¹ und 0,06 Km⁻¹ in den Tiefenbereichen von rund 25 bis 45 m bzw. bei 100 m lassen sich durch aufsteigende Wässer erklären. Aus dem am tiefsten Meßpunkt beobachteten Temperaturgradienten und einer mittleren Wärmeleitfähigkeit für Granit wird eine Wärmestromdichte von 68 mWm⁻² abgeschätzt.

1. Einleitung

Die nordbayerische Schichtstufenlandschaft bildet auf den Karten der Temperaturverteilung im Untergrund der Bundesrepublik Deutschland (WOHLENBERG 1978) einen nahezu weißen Fleck. Die im Rahmen der geologisch-geophysikalischen Untersuchungen der Forschungsbohrung Berching 1977 ausgeführten Temperaturmessungen boten somit eine günstige Gelegenheit, zumindest punktuell das Temperaturfeld in diesem Bereich zu erkunden. Die Daten der Bohrung sowie eine Beschreibung des geologischen Schichtenverzeichnisses finden sich bei GUDDEN (ds. Bd.).

2. Temperaturmessungen und Ergebnisse

Der Bohrvorgang wirkt sich störend auf das Temperaturfeld in unmittelbarer Umgebung des durchteuften Gesteins aus. Die Forschungsbohrung Berching konnte nur einen begrenzten Zeitraum offengehalten werden. Deshalb wurden nach Beendigung der Bohrarbeiten mehrere Temperaturmessungen in einem zeitlichen Abstand von 5, 28 und 43 Tagen durchgeführt, um die Angleichung der Temperaturen an den ursprünglichen Zustand zu erfassen. Bei der ersten, am 5. 9. 1977 erfolgten Messung lag der tiefste Meßpunkt bei 316 m, im obersten Teil des stark vergrusten Granits des Grundgebirges. Bei den folgenden Messungen wurde jeweils nur noch eine Tiefe von 134,4 m erreicht. Die Genauigkeit der Temperaturmessung beträgt 0,05 K.

Die Meßergebnisse sind in der Abb. 1 zusammen mit dem Temperaturgradienten in Abhängigkeit von der Tiefe dargestellt. Der Temperaturgradient wurde aus geglätteten Temperaturkurven berechnet. Letztere wurden durch gleitende Mittelung über jeweils fünf Meßpunkte erhalten.

Die am 5. 9. gemessenen Temperaturen sind vor allem in dem Tiefenbereich von 0 bis 80 m noch stark gestört. Der nahezu konstante Gradient ab einer Tiefe von rund 200 m deutet dagegen auf ein bereits ziemlich ausgeglichenes Temperaturfeld

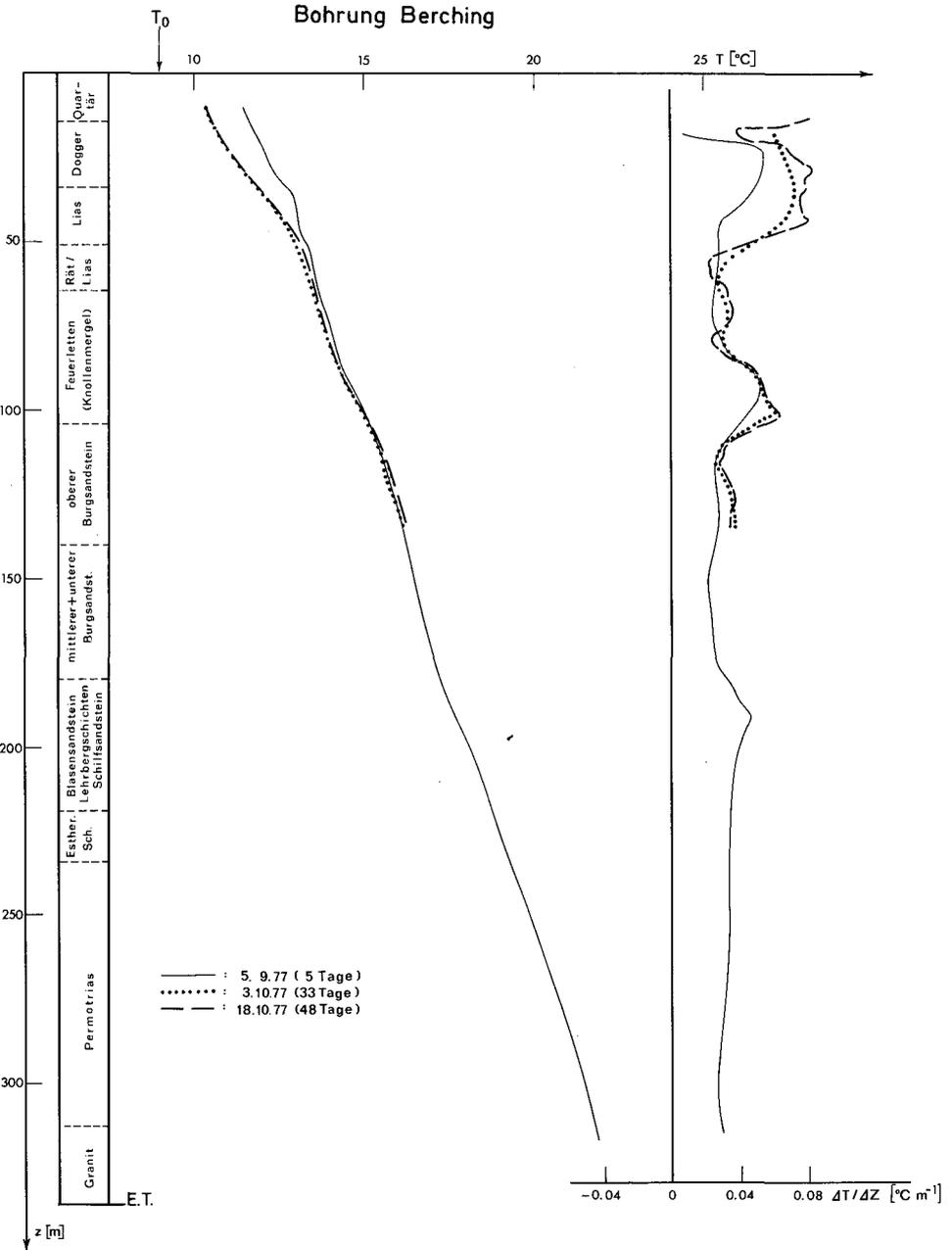


Abb. 1. Temperatur-Tiefenfunktion und daraus abgeleiteter Verlauf des Temperaturgradienten in der Forschungsbohrung Berching 1977. Die mittlere Jahrestemperatur des Erdbodens (T_0) ist durch einen Pfeil markiert.

hin. Wesentliche Temperaturänderungen, d. h. mehrere zehntel Grad, sind daher in diesem Bereich kaum noch zu erwarten. Wie die kaum noch voneinander abweichenden Temperaturen der späteren Messungen zeigen, dürfte sich auch im oberen Teil der Bohrung das ursprüngliche Temperaturfeld nach einer Ruhezeit von etwa 7 Wochen wieder eingestellt haben. Dies wird auch durch den fast identischen Verlauf der Gradientenkurven zum Ausdruck gebracht.

Der Temperaturgradient ist in den obersten 45 m mit $0,08 \text{ Km}^{-1}$ sehr groß, darunter nimmt er rasch auf einen als normal geltenden Wert von rund $0,03 \text{ Km}^{-1}$ ab. Im weiteren Verlauf der Gradientenkurve treten noch zwei Maxima bei rund 100 m bzw. 190 m Tiefe auf. Beide Stellen machen sich in der Temperaturkurve nur durch geringfügige Änderungen bemerkbar. Ein Vergleich mit der in der Abb. 1 grob skizzierten stratigraphischen Gliederung (GUDDEN, pers. Mitteilung) zeigt, daß die Änderungen mehr oder weniger mit stratigraphischen Grenzen zusammenfallen. Änderungen der Wärmeleitfähigkeit der Gesteine können jedoch nicht allein, wie unten noch diskutiert wird, den beobachteten Temperaturverlauf erklären.

Gebiete oder Zonen mit einem Temperaturgradienten, der erheblich über oder unter $0,02$ bis $0,03 \text{ Km}^{-1}$ liegt, bezeichnet man als thermisch gestört. Die Ursachen dieser Störung können zusätzliche Wärmequellen oder -senken sein, wie z. B. erhöhte Konzentration radioaktiven Materials oder eine hinreichend starke Wasserzirkulation. Wasseraufstieg bzw. -abstieg in permeablen Schichten deuten sich durch erhöhte Temperaturgradienten im nahezu impermeablen Hangenden bzw. Liegenden an (KAPPELMEYER & HÄNEL 1974).

Die beobachteten Temperaturgradienten von $0,08$ und $0,06 \text{ Km}^{-1}$ im Tiefenbereich von etwa 25 bis 45 m und bei rund 100 m dürften überwiegend auf zirkulierende Wässer zurückzuführen sein. Beim Abteufen der Bohrung wurde in der Tat in 43 m Tiefe ein etwa 20 m mächtiger, stark gespannter Aquifer angetroffen, der einen beträchtlichen Wasserauslauf zur Folge hatte (GUDDEN, pers. Mitt.). Wie im Verlauf der späteren Temperaturmessungen beobachtet werden konnte, hatte sich ein konstanter Druckspiegel von 1 m über Gelände eingestellt. Die Bohrung ist bis 83 m verrohrt und dort auch zementiert, so daß ein Einfluß des erwähnten Aquifers auszuschließen ist. Der Druckspiegel von 1 m muß daher einem im oberen Bursandstein und/oder tiefer liegenden Aquiferen zugeordnet werden.

Ob die Temperaturänderung im Bereich von 190 m Tiefe noch durch den Bohrvorgang und/oder durch weitere Wasserbewegungen bedingt ist, läßt sich aufgrund fehlender Wiederholungsmessungen nicht entscheiden. Die nach Verschließen der Bohrung in 134,5 m Tiefe beobachtete geringe Temperaturzunahme von $0,15 \text{ K}$ kann durch beide Effekte erklärt werden.

3. Wärmestromdichte

Aus dem Erdinneren wird ständig Wärme zur Oberfläche transportiert. Ein Maß für diese pro Flächen- und Zeiteinheit transportierte Wärmemenge ist die Wärmestromdichte. Sie berechnet sich, Wärmetransport durch reine Leitfähigkeit vorausgesetzt, aus dem Produkt der Wärmeleitfähigkeit des Gesteins und dem an dieser Stelle herrschenden Temperaturgradienten.

Im Labor des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung wurden an 14 trockenen Kernproben der Forschungsbohrung bei etwa 22 °C Wärmeleitfähigkeitsmessungen ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind aus der Abb. 2 ersichtlich. Die Genauigkeit des einzelnen Wertes beträgt $\pm 10\%$.

Die Ermittlung des Temperaturgradienten als Funktion reiner Wärmeleitfähigkeit bereitet besonders bei Bohrungen geringer Tiefe große Schwierigkeiten, denn Einflüsse wie die oben diskutierte Wasserbewegungen lassen sich nur schwer, wenn überhaupt, erfassen. Der Einfluß der Topographie auf den Temperaturgradienten konnte dagegen nach einem von BULLARD (1940) angegebenen Verfahren eliminiert werden. Eine Korrektur des Einflusses der letzten Eiszeit erfolgte nicht.

Das Ergebnis der Wärmestromdichtebestimmung, im rechten Diagramm der Abb. 2 dargestellt, spiegelt deutlich den Verlauf des Temperaturgradienten und

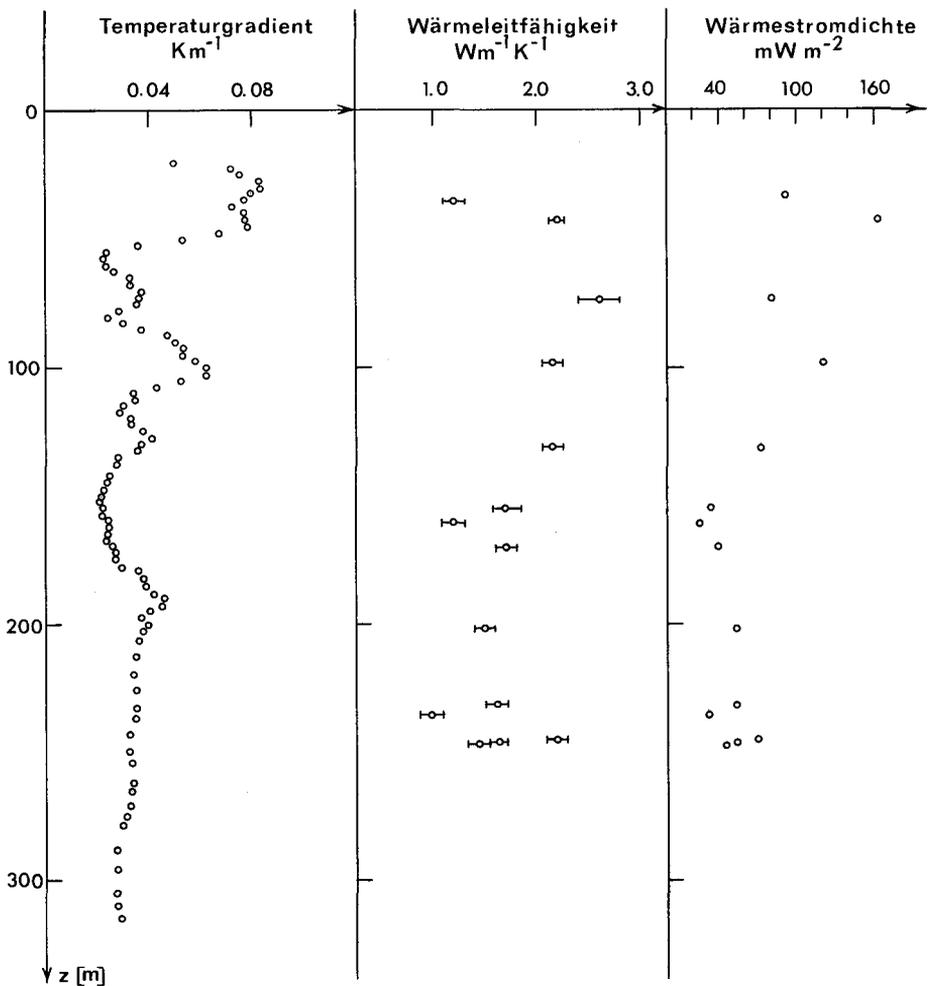


Abb. 2. Temperaturgradient, gemessene Wärmeleitfähigkeitswerte mit Fehlerbalken und Wärmestromdichtewerte in der Forschungsbohrung Berching 1977.

damit den Einfluß der Wasserbewegung wieder. Unterhalb 200 m streuen die Werte weniger, ihr Mittelwert beträgt rund 50 mWm^{-2} . Für das Gebiet der nordbayerischen Schichtstufenlandschaft ist jedoch gemäß der Wärmestromdichtekarte der Bundesrepublik Deutschland (BRAM 1979) ein Wert um 70 mWm^{-2} zu erwarten. Die Abweichung läßt sich durch die, aufgrund der trockenen Gesteinsproben zu niedrigen Wärmeleitfähigkeitswerte erklären. Die Wärmeleitfähigkeit für Granit beträgt etwa $2,5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ (KARL et al. 1965, KAPPELMEYER & HÄNEL 1974). Unter Berücksichtigung des in den obersten Metern des Granit des Grundgebirges gemessenen Gradienten von rund $0,027 \text{ Km}^{-1}$ berechnet sich eine Wärmestromdichte von 68 mWm^{-2} , die mit dem erwarteten Wert nahezu übereinstimmt.

Danksagung: Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für die finanzielle Unterstützung, Vorhaben Ha 934/4, gedankt.

4. Literatur

- BRAM, K. (1979): Heat Flow Measurements in the Federal Republic of Germany. — In: CERMAK, RYBACH (editors): European Heat Flow Monograph. Heidelberg (Springer) 1979.
- BULLARD, E. C. (1940): The disturbance of the temperature gradient in the earth's crust by inequalities of height. — Month. Not. Roy. Astr. Soc., Geophys. Suppl., 4, 300–362, 1940.
- GUDDEN, H. (1982): Konzeption, Ablauf und Deutung der Ergebnisse der Forschungsbohrung Berching 1977. — Geologica Bavarica, 83 (ds. Bd.), München 1982.
- KAPPELMEYER, O. & HÄNEL, R. (1974): Geothermics with Special Reference to Application. — Geoexpl. Monogr., Series 1, No. 4, Berlin, 1974.
- KARL, R., MANTHEY, W. & SCHUSTER, K. (1965): Gesteinsphysikalische Parameter. — Freiburger Forschungsh., C 197, Geophysik, Clausthal 1965.
- WOHLENBERG, J. (1978): Das Temperaturfeld im Untergrund der Bundesrepublik Deutschland. — Ber. Nieders. L.-Amt f. Bodenf., Nr. 80111, Hannover, 1978.

Geologica Bavarica	83	135-138	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Analytisch-chemische Untersuchungen an Proben der Forschungsbohrung Berching 1977

VON ALFRED WILD

Mit 1 Abbildung und Beilage 2

Kurzfassung

Zur geochemischen Bestandsaufnahme der Forschungsbohrung Berching und zur Ermittlung von Verteilung und Anreicherung chemischer Elemente wurden die Bohrkerne der Bohrung auf Blei, Chrom, Kupfer, Rubidium, Strontium, Vanadium, Yttrium, Zink, Zirkon und Gallium untersucht. In den Proben aus der Schichtfolge des Jura wurde bis zur Teufe 65,0 m (Rhät) zusätzlich Gesamtkohlenstoff, Karbonat und der Gehalt an extrahierbaren organisch-chemischen Bestandteilen (Bitumen) bestimmt. Die Analyse des Tiefenwassers aus dem Rhät vervollständigte die Untersuchungen (wiedergegeben in Beitrag GUDDEN, ds. Bd.)

Probenvorbereitung

Vom Bohrkernmaterial der Bohrung wurden 249 Proben entnommen, wobei darauf geachtet wurde möglichst alle lithologischen Zonen zu beproben. Die Probenmenge von etwa 500 g wurde zur Hälfte unzerkleinert aufbewahrt, der Rest im Backenbrecher gebrochen und anschließend mit einer Scheibenschwingmühle mit Widiamahlgefäß analysenfein aufgemahlen.

Analytik

Für die Röntgenfluoreszenzanalytik wurden vom Mahlgut 2 g entnommen und mit 4 g Lithiumtetraborat vermischt zu einer Schmelztablette verarbeitet. Die Untersuchung erfolgte am Gerät TEFA 6110 der Fa. Ortec. Zur Auswertung der Meßdaten wurde ein Rechner verwendet, für den WEBER-DIEFENBACH vom Geologischen Institut der Universität München das Programm erstellte.

52 Gesteinsproben von Teufe 14,7 bis 65,2 m (Dogger – Rhät) wurden für organisch-geochemische Untersuchungen herangezogen. 100 g der gemahlten Proben wurden im Soxhlett-Extraktionsgerät 20 Stunden lang mit einem azeotrop siedenden Gemisch von Benzol-Ethanol extrahiert. Nach der säulenchromatographischen Trennung erfolgte die Untersuchung der in die Dampfphase überführbaren Anteile mittels eines Gaschromatographen (GC 5830 der Fa. Hewlett-Packard). Zur Auswertung diente das GC-Terminal 18850 der gleichen Firma. Der organische Kohlenstoff wurde durch nasse Oxidation mit Chrom (VI) bestimmt, Karbonatkohlenstoff gravimetrisch.

Ergebnisse (Beilage 2 und Abb. 1)

Uran ist in geringeren Konzentrationen < 25 ppm in zahlreichen Proben nachweisbar. Gehäuft und in stärkeren Konzentrationen tritt es im Bereich Rhät-Feuerletten auf. Hier liegt ein Maximum mit 72 ppm bei 65,1 m. Ein weiteres Schichtpaket mit durchgehenden Urangehalten reicht über 40 m vom Blasensandstein bis zum Benker Sandstein. Das Maximum mit 57 ppm liegt bei 178,5 m.

Blei ist in Konzentrationen > 200 ppm auf wenige Abschnitte der Bohrung beschränkt. So liegt eine Serie mit stärkeren Gehalten im Lias mit dem Maximum im Bereich von 50,28 bis 50,80 m. Hier wurden 614 und 17 000 ppm gemessen.

Eine weitere Bleianomalie liegt im Oberen Burgsandstein. Bei Teufe 112,5 m wurden 800 und bei Teufe 135,7 m 170 900 ppm erhalten. Im Unteren Burgsandstein lassen sich zwei Anomalien mit 428 und 427 ppm bei 172,5 und 180,5 m lokalisieren. Kleinere Anomalien sind schließlich im Benker Sandstein bei 242,8 m mit 212 ppm und im Muschelkalk bei 269,8 m mit 273 ppm nachzuweisen.

Die Zinkgehalte im Lias sind relativ hoch. Die 100 ppm-Grenze wird häufig überschritten. Ein Maximum mit 162 ppm wird bei Teufe 50,2 m erreicht. Dieser Wert liegt in dem durch organische Ablagerungen geprägten Bereich. In dieser Teufe werden auch für Vanadium, Chrom, Nickel, Kupfer und Blei Maxima gemessen. Eine weitere deutliche Zinkanomalie mit Gehalten bis zu 360 ppm ist im Bereich zwischen 96,8 und 99,9 m nachweisbar.

Kleinere Anomalien der Permotrias sind mit Gehalten zwischen 100 und 150 ppm bei den Teufen 258, 27 und 293 m festzustellen. Eine Probe aus dem Granit bei 322 m enthält 182 ppm Zink.

Kupfer tritt über die gesamte Bohrung meist nur in Konzentrationen unter 50 ppm auf. Stärkere Gehalte sind nur im Jura, in den Bitumen führenden Schichten nachweisbar. Als Maximum wurden 171 ppm bei Teufe 48,8 m gemessen. Weitere Maxima liegen mit 106 und 125 ppm bei 46 und 49 m. Nach kleineren Anomalien im Feuerletten und Oberen Burgsandstein folgt noch ein Peak mit 125 ppm bei 192,4 m.

Bei Nickel konnte nur eine starke Anomalie mit 445 ppm bei Teufe 95,75 m (Feuerletten) erfaßt werden. Weitere kleinere Anomalien mit Gehalten über 200 ppm sind im Lias bei 49 m sowie im Feuerletten bei 68,4 und 72,2 m.

Die Chromgehalte der Bohrproben schwanken sehr stark. Eine Anomalie mit 380 ppm wird in den Proben mit organischen Sedimentanteilen im Lias gemessen. Eine weitere Chromanomalie mit 318 ppm liegt in den Rhät-Lias-Übergangsschichten bei 60 m. Eine Granitprobe bei 328 m enthält schließlich 223 ppm Chrom.

Vanadium als biophiles Element ist naturgemäß besonders stark in den organischen Sedimenten des Jura vertreten. Im Teufenbereich von 46 bis 51 m wurden mehrere Maxima erhalten mit Vanadinegehalten bis 1300 ppm. Eine von erhöhten Nickel- und Kupfergehalten begleitete Vanadiumanomalie liegt mit 562 ppm im Feuerletten bei 95,7 m. Geringere Gehalte zwischen 200 und 300 ppm liegen zwischen 67,6 und 68,4 m sowie bei 177,6 und 190 m.

Die ermittelten Gehalte an organisch gebundenem Kohlenstoff als Kriterium für die Produktion und Konservierung des organischen Materials schwanken

in weiten Grenzen zwischen 0,1 und 21,9%. Die niederen Gehalte (< 1%) können durchwegs den Schichten zwischen 14,7 und 33,8 m (Dogger) zugeordnet werden. Das Schichtpaket mit erhöhten Gehalten an Kohlenstoff folgt zwischen 33,8 und 49,0 m. Das Maximum des Kohlenstoffanteils wird bei Teufe 48,4 m erreicht (Abb. 1). Relativ hohe Werte mit 14,2 bzw. 13,1% sind auch bei den Teufen 45,9 und 46,3 m nachweisbar. Darüber pendeln die Werte im Konzentrationsbereich zwischen 3 und 7%. Anorganisch als Karbonat gebundener Kohlenstoff der Oxidationszahl 4 ist von 14,75 bis 61,60 m nachweisbar. Bis zur Teufe 33,75 m liegen die Karbonatgehalte unter 10%. Im folgenden Schichtpaket, dessen steigende

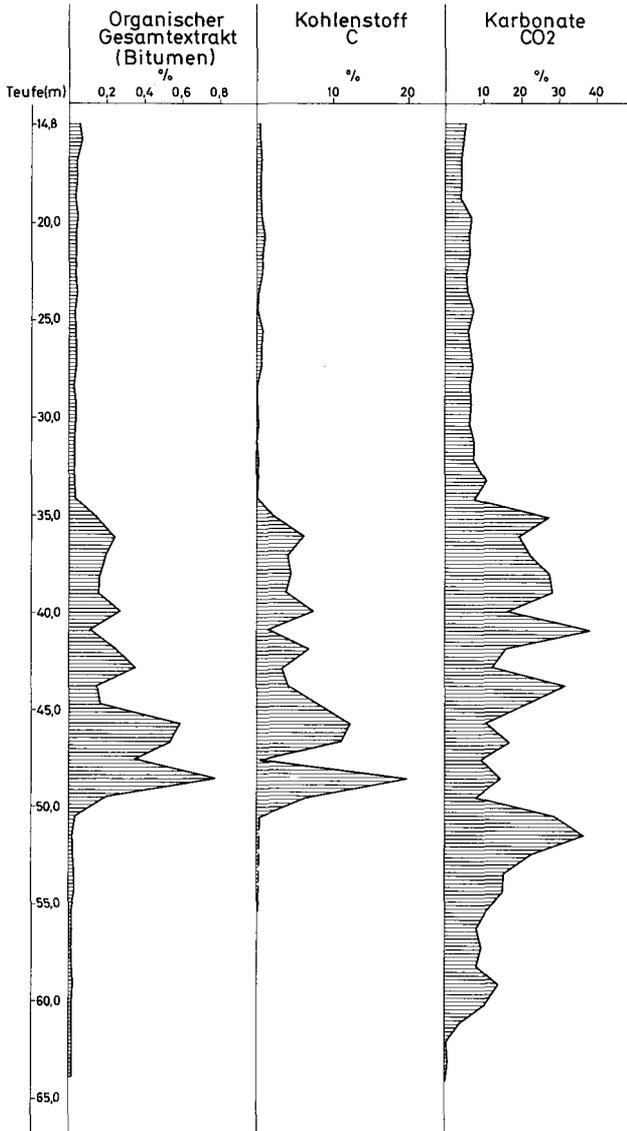


Abb. 1. Gehalte an Bitumen, Kohlenstoff und Karbonat in Proben der Bohrung Berching.

Karbonatgehalte mit steigenden Werten für organisch gebundenen Kohlenstoff zusammenfallen, kommen die oft periodisch, teilweise aber auch abrupt wechselnden Sedimentationsbedingungen gut zum Ausdruck. Eine Korrelation zwischen den organischen Bestandteilen und dem Karbonatgehalten ist jedoch nicht feststellbar. Ab Teufe 61,6 m ist Karbonatkohlenstoff nicht mehr nachweisbar.

Die in Abb. 1 zusammengestellten Ergebnisse der chemischen Untersuchungen können zur Festlegung von geologischen Einheiten und zur Grenzziehung mit herangezogen werden. So treten zwischen den Teufen 33,75 und 34,47 charakteristische Konzentrationsänderungen bei Kohlenstoff, Karbonat- und Bitumengehalten auf. Diese Teufe entspricht der Grenze Dogger/Lias Zeta. Eine weitere Grenzziehung erlauben die Untersuchungsergebnisse für Bitumen und Kohlenstoff zwischen den Teufen 49,07 und 49,30 m. In diesen Bereich fällt die Schichtgrenze Lias Epsilon zu Lias Delta. Der Gehalt an Karbonatkohlenstoff erlaubt schließlich die Lias-Untergrenze dem Teufenbereich zwischen 60,82 und 61,60 m zuzuordnen.

Geologica Bavarica	83	139-143	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Die Cluster-Analyse geochemischer Daten als Hilfsmittel zur stratigraphischen Gliederung, untersucht am Bohrprofil der Forschungsbohrung Berching 1977

Von HUBERT SCHMID UND HUBERT MIELKE

Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

Kurzfassung

Die geochemischen Daten der Bohrung Berching wurden einer Clusteranalyse unterzogen, um die Brauchbarkeit automatischer Klassifikation als Hilfsmittel zur Stratigraphie zu überprüfen. Es zeigte sich, daß stratigraphische Einheiten, auch faziesgleiche Schichtstöße, mit der Methode im allgemeinen gut getrennt werden können.

1. Problemstellung

Die Forschungsbohrung Berching erfaßte das gesamte postvaristisch abgelagerte Schichtpaket vom kristallinen Untergrund bis zum Opalinuston, wobei die Schichten etwa bis zur mittleren Trias in extremer und schwer gliederbarer Randfazies vorliegen. Der Bohrkern wurde bei einer Beprobungsdichte von ca. 1 Probe/m chemisch analysiert (siehe WILD, dieser Band). Um das umfangreiche Datenmaterial überschaubar zu machen, wurden multivariate statistische Methoden angewandt. Dabei wurde die Brauchbarkeit von Cluster-Diagrammen zur geochemisch-stratigraphischen Einteilung des Profils getestet. Daß geochemische Daten verschiedener Faziesbereiche auch durch automatische Klassifikation getrennt werden, ist trivial, überprüft werden sollte also insbesondere die Frage, in wie weit sich faziesgleiche, altersverschiedene Schichtstöße unterscheiden lassen und besonders, ob sich geochemisch-statistisch eine Differenzierung des problematisch zu gliedernden Schichtstoßes der mittleren und älteren Trias ergeben würde.

2. Zur Durchführung der Arbeiten

Von dem 336 m langen Bohrkern lagen die Analysen von 249 Proben auf die Elemente Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Pb, Rb, Sr, Y, Zr und U vor. Die Verteilung dieser Elemente wurden mit dem Programm UG1 NRP (F. GEBHARDT 1969) auf Normalität getestet, wobei sich bei allen Elementen „stark signifikant“ ergab. Die aus Schiefe und Exzeß berechneten Größen ST3 und ST4 liegen innerhalb der zweiseitigen ½ %-Schranke. Daraufhin wurden die Werte aller Elemente einer Faktorenanalyse nach der Hauptachsen-Methode mit Varimax-Rotation unterzogen (UG1 PAF: F. SCHNELL & F. GEBHARDT, 1969). Einige Gruppen von sich weitgehend orthogonal verhaltenden Elementen wurden für die Cluster-Analyse ausge-

wählt. Zu deren Durchführung wurden die Programme UG1 DEN (McCAMON & WENNINGER 1970) und HLCMB2 (STEINHAUSEN & LANGER 1977) verwendet. UG1 DEN berechnet die Cluster nach der Euklidischen Distanz, HLCMB2 verwendet den Hill-Climbing-Algorithmus (RUBIN 1967).

Alle aufgeführten Programme wurden auf ANS-FORTRAN 77 umgestellt und sind auf einer SIEMENS-7751-Anlage von uns eingerichtet worden. Mit Ausnahme von UG1 DEN (94 CPUsec) lagen die Rechenzeiten alle unter 60 CPU-Sekunden.

Die Programme UG1 PAF, UG1 NRP wurden dankenswerterweise von der Hessischen Zentrale für Daten-Verarbeitung zur Verfügung gestellt. UG1 DEN stammt aus der Programm-Sammlung der Ruhr-Universität Bochum (Mineralogisches Institut). HLCMB2 wurden nach dem von STEINHAUSEN & LANGER veröffentlichten Algorithmus selbst umgeschrieben. Eine Überprüfung der Cluster-Einteilungen mit Hilfe der Diskriminanzanalyse erbrachte nur kleinere, unwesentliche Korrekturen.

3. Ergebnisse

Die Clusterverteilungen nach beiden getesteten Methoden – Hillclimbing-Algorithmus und Euklidische Distanz – zeigten gute Übereinstimmung, wobei die Ergebnisse nach der Euklidischen Distanz, verglichen mit dem stratigraphisch einigermaßen gesicherten Bohrprofil, allgemein deutlicher waren und deshalb als besser geeignet angesehen werden. Clusteranalysen mit verschiedenen Elementgruppen erbrachten ebenfalls gut übereinstimmende Ergebnisse, wobei logischerweise einzelne Schichtgrenzen mit unterschiedlicher Signifikanz zum Ausdruck kommen. Die Frage nach der optimalen Anzahl der Cluster ist mathematisch nicht lösbar. Zu wenige Cluster ergeben schlechte Differenzierungsmöglichkeiten, zu viele Cluster verwischen das Gesamtbild. Für vorliegenden Fall wurden Lösungen von 4 bis 15 Cluster getestet – unter den überwiegend brauchbaren Lösungen erschien das Ergebnis mit 7 Clustern als das günstigste. Als Beispiel wird im Folgenden die Clusteranalyse nach der Euklidischen Distanz mit den Elementen Ti, Cr, Ni, Zn, Pb, vorgestellt. Die jeweiligen Clustermittelwerte zeigt Tabelle 1. Aus Platzgründen wird auf die Wiedergabe des Dendrogrammes verzichtet. Abb. 1 zeigt die Zuordnung der einzelnen Proben zu den verschiedenen Clustern nach der Teufe geordnet. Dabei ist zu berücksichtigen: In den Clustern sind Proben mit ähnlichem Chemismus (bezogen auf die verwendeten Elemente) zusammengefaßt. Der heute vorliegende Chemismus eines Sedimentgesteins ist von vielen Parametern abhängig, wie Liefergebiet, Fazies, Korngröße, Entfernung vom Beckenrand, Verwitterung, sekundäre Umlagerung usw. Die geochemischen Grenzen fallen nicht unbedingt, aber bevorzugt mit den herkömmlichen stratigraphischen Grenzziehungen zusammen, was auch in Abb. 1 zum Ausdruck kommt: Die bevorzugte Zugehörigkeit von Schichtabfolgen zu bestimmten Clustern ist evident:

Sehr deutlich zeichnet sich der Opalinuston ab. Darunter, im oberen Lias bildet die Monotisbank offensichtlich eine geochemische Grenze, was aber weder lithologisch noch mineralogisch zum Ausdruck kommt. Ausgeprägt ist ferner die Untergrenze des Lias-Gamma (?). Das von GUDDEN (dieser Band) als „Rhät-Lias-Übergangsschichten und Rhät“ zusammengefaßte Schichtpaket bildet ebenfalls eine gut definierte Gruppe. Gut sichtbar wird durch die Clusteranalyse auch der Feuerletten in sandiger und toniger Ausbildung. Unter dem Feuerletten folgt in der

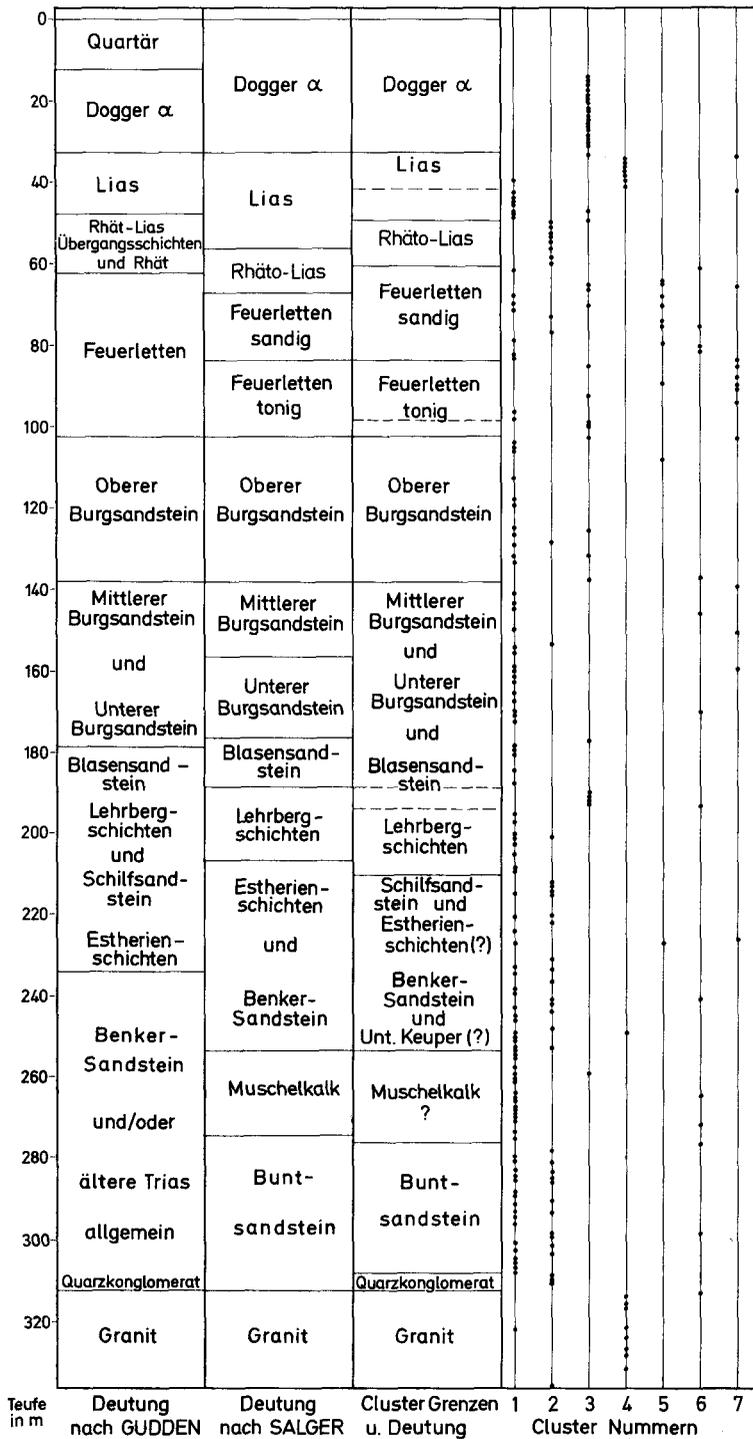


Abb. 1. Auswertung der Clusteranalyse mit den Elementen Ti, Cr, Ni, Zn, Pb aus chemischen Analysen vom Bohrkern Berching und Vergleich zu den stratigraphischen Deutungen nach GUDDEN und SALGER (dieser Band).

Bohrung Berching das lithofaziell eintönig ausgebildete Schichtpaket von Sandstein-keuper bis Buntsandstein. Hier sind stratigraphische Grenzen teilweise konventionell und nicht notwendig faziell und geochemisch festzulegen. Erwartungsgemäß läßt sich diese Schichtabfolge auch auf geochemisch-statistischem Wege nicht so deutlich gliedern wie die darüberliegende bunte Folge, doch gewisse Differenzierungen sind möglich. Die Grenze Oberer/Mittlerer Burgsandstein zeichnet sich schwach ab, etwas besser die Unterkante des Blasensandsteins. Dazwischen ist keine Gliederung erkennbar. Die darunter folgenden Lehrbergschichten sind markant abgebildet. Im weiteren Schichtprofil zwischen Lehrbergschichten und dem Quarzkonglomerat läßt sich entsprechend Abb. 1 eine Dreiteilung vornehmen. Die Einteilung in tieferen Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein liegt empirisch nahe und wird durch tonmineralogische Untersuchungen von SALGER (dieser Band) bestätigt.

Insgesamt läßt sich feststellen: Die Clusteranalyse geochemischer Daten kann für die stratigraphische Bearbeitung eines Bohrprofils eine nützliche Hilfe sein. Sie ist darüber hinaus geeignet, zusätzliche Informationen zum Profil zu erbringen. Die Methode ist schnell und einfach anzuwenden, falls genügend chemische Analysen, sowie die notwendigen EDV-Programme zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse der Clusteranalyse sollten aber vorsichtig interpretiert und nur als zusätzliches Hilfsmittel bei der Bohrungsbearbeitung angesehen werden.

Es ist geplant, das Verfahren anhand weiterer Bohrungen zu optimieren. Darüber hinaus wird später ausführlicher berichtet werden.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der 7 Cluster

	Ti	Zn	Ni	Pb	Cr
1. Mittelwerte	1400	42	21	85	35
Standardabweichungen	634	50	32	105	35
2. Mittelwerte	1027	24	27	83	130
Standardabweichungen	365	31	11	95	67
3. Mittelwerte	5421	100	61	78	100
Standardabweichungen	483	28	30	301	34
4. Mittelwerte	2567	50	68	53	172
Standardabweichungen	34	14	49	36	30
5. Mittelwerte	4440	23	56	41	156
Standardabweichungen	504	14	49	23	16
6. Mittelwerte	3043	54	27	67	88
Standardabweichungen	389	29	10	41	25
7. Mittelwerte	4156	73	52	39	92
Standardabweichungen	293	31	26	19	32

Literatur

- GEBHARDT, F.: NRMP (UG1 NRP) Programmsammlung DRZ – Darmstadt/HZD Wiesbaden.
- GUDDEN, H. (1982): Konzeption, Ablauf und Deutung der Ergebnisse der Forschungsbohrung Berching 1977. – *Geologica Bavarica*, **83** (ds. Bd.), München 1982.
- MCCAMMON & WENNINGER (1970): UG1 DEN, Comp. Contr. **48**, 1970.
- SALGER, M. (1982): Zur Mineralogie der Forschungsbohrung Berching 1977. *Geologica Bavarica*, **83** (ds. Bd.), München 1982.
- SCHNELL, F. & GEBHARDT, F.: Programm PAFA (UG1 PAF)
Hauptachsen-Faktorenanalyse. Programmsammlung DRZ Darmstadt/HZD Wiesbaden.
- STEINHAUSEN, D. & LANGER, K. (1977): Clusteranalyse. – 206 S. (de Gruyter) Berlin/New York 1977.
- WILD, A. (1982): Analytisch-chemische Untersuchungen an Proben der Forschungsbohrung Berching 1977. – *Geologica Bavarica*, **83** (ds. Bd.), München 1982.

Geologica Bavarica	83	145-161	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Die Forschungsbohrung Eschertshofen 1981 (Vorläufige Mitteilung)

Von MATTHIAS SALGER und HUBERT SCHMID

Mit 1 Abbildung und Beilage 3

Kurzfassung

Zur Untersuchung möglicher Bunt- und Schwermetallführung der randnahen Trias durchteufte die Bohrung Eschertshofen das Sedimentprofil von Dogger beta bis zum Kristallinen Grundgebirge, das bei 538,90 m Teufe angetroffen wurde.

Die Bearbeitung des Bohrgutes ist noch nicht abgeschlossen, Anzeichen einer Vererzung liegen bislang nicht vor.

Mit Hilfe von Tonmineralen, Schwermineralen und Gesamtmineralbestand wurde die sandige Folge zwischen Feuerletten und Grundgebirge mineralfaziell gegliedert. Die Gliederung wird in einigen Abschnitten gestützt durch die Stratigraphie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. In Eschertshofen hat gegenüber Berching die Mächtigkeit der dort umstrittenen tieferen Trias, des Benker Sandsteins und der Estherien- + Lehrbergschichten um etwa das Doppelte, die des Blasensandsteins um das Vierfache zugenommen, die des Burgsandsteins ist in etwa gleich geblieben.

1. Stratigraphie und Lithologie

(HUBERT SCHMID)

1.1. Allgemeines

Die Forschungsbohrung Eschertshofen wurde im Rahmen eines vom Bundesministerium für Forschung und Technologie getragenen Rohstoffforschungsprogrammes, auf Initiative von Herrn Dr. H. GUDDEN/Bayerisches Geologisches Landesamt, niedergebracht. Bohrzweck war die Untersuchung der zwischen Grundgebirgstop und Feuerletten gelegenen randnahen Sedimente der Trias auf Bunt- und Schwermetallführung (siehe GUDDEN & SCHMID 1981). Die Bearbeitung und Auswertung der Bohrung ist gegenwärtig noch nicht abgeschlossen, der folgende Überblick über die in der Bohrung angetroffenen lithologischen und stratigraphischen Verhältnisse ist deshalb als vorläufig anzusehen.

Die Bohrlokation liegt im Tal der Schwarzen Laaber, südlich Eschertshofen (TK 6635 Lauterhofen, r 4469250, h 5462912, Ansatzhöhe 493,90 m ü. NN), die Bohrung wurde durch die Firma Etschel & Meyer/Hof in der Zeit vom 15. 9. 1981 bis 3. 2. 1982 durchgeführt. Bis Basis Feuerletten wurde die Bohrung im Rotary-Verfahren niedergebracht, wobei von 144 m bis 156 m im Bereich des Lias alpha bis gamma ein stratigraphischer Kern gezogen wurde. Von Burgsandstein bis Endteufe (im Kristallin) wurde die Bohrung gekernt.

Die stratigraphische Deutung des Jura erfolgte durch Herrn Dr. R. K. F. MEYER. Um die Deutung der stratigraphisch schwer gliederbaren Trias-Randfazies zu stützen und zu erleichtern, wurden durch Herrn Dr. M. SALGER mineralogische Untersuchungen durchgeführt.

Die geochemische Bearbeitung des Bohrgutes ist derzeit noch nicht abgeschlossen.

Eine ausführliche Beschreibung der Bohrung und ihrer Ergebnisse wird im Rahmen eines abschließenden Forschungsberichtes erfolgen, ferner findet die Bohrung bei der geologischen Bearbeitung des Kartenblattes 1:25 000 Lauterhofen Verwendung (R. K. F. MEYER, in Vorbereitung).

1.2. Stratigraphische Gliederung

Auf die Problematik der stratigraphischen Gliederung von Profilen in Randfazies muß besonders hingewiesen werden. Es wird zwar versucht, eine für die Beckenfazies definierte Gliederung anzuwenden – allerdings stehen die dort benutzten Kriterien nicht zur Verfügung. Insbesondere die – üblicherweise mit Hilfe von Lettenhorizonten vorgenommen – zentimetergenaue Abgrenzung von Schichtstößen ist vielfach fragwürdig bzw. Ermessenssache. In der folgenden Deutung des Schichtprofils sollen die Grenzziehungen unterhalb des Feuerletten deshalb jeweils mit Fragezeichen versehen werden:

- 0– 12 m Überdeckung
 - 43 m Dogger beta (mehr als 31 m; ~ 55 m)
 - 114 m Dogger alpha (71 m)
 - 121,5 m Lias zeta und epsilon (7,5 m)
 - 142,5 m Lias delta (21 m)
 - 144,78 m Lias gamma (2,28 m)
 - 145,00 m Lias beta (? 0,22 m)
 - 161,00 m Lias alpha (? 16 m)
 - 209,00 m Feuerletten (48 m)
 - 247,00 m oberer Bursandstein (38 m)
 - 276,60 m mittlerer und unterer Bursandstein (29,60 m)
 - 318,90 m Blasensandsteingruppe (42,30 m)
 - 336,05 m Lehrbergschichten (und Schilfsandstein?) (17,15 m)
 - 353,65 m Estherienschichten (17,60 m)
 - 430,60 m Benker Sandstein und Unterer Keuper (?) (76,95 m)
 - 475,75 m Muschelkalk (?) (45,15 m)
 - 539,89 m Buntsandstein (63,14 m)
 - 562,00 m Kristallines Grundgebirge
- Endteufe

1.3. Schichtenbeschreibung

Abkürzungen:	Sdst: Sandstein	Qz: Quarz(e)
	fk: feinkörnig	gel.: gelegentlich
	mk: mittelkörnig	(Pb): schwache Bleiführung
	gk: grobkörnig	(nur mittels KJ nachgewiesen)
	sgk: sehr grobkörnig	karb.: karbonatisch
	Fs: Feldspat	

Rotary-Bohrung

- 0– 3 m lehmige Überdeckung
 – 12 m Kalksteinschotter, Hornsteine und Doggersandsteinreste (Überdeckung)

Überdeckung

-
- Dogger beta
- 15 m Sandstein, fein körnig, ockerfarben, z. T. tonig
 – 17 m Sandstein, rotbraun, feinkörnig
 – 18 m Sandstein, feinkörnig, intensiv rostrot (Flözhorizont)
 – 20 m Ton, stark sandig, braungrau
 – 30 m Sandstein, feinkörnig, braungrau, teils tonig (Doggersandstein)
 – 35 m Sand-Ton-Flaserschichtung, graubraun
 – 42 m Ton, grau–braungrau mit Feinsandflasern
 – 43 m Sandstein, grob braun, tonig

Dogger alpha (Opalinuston)

- 65 m Ton, grau
 – 66 m Ton, grau mit Kalkknollenlage
 – 87 m Ton, grau
 – 89 m Ton, grau und etwas Kalksplitter
 – 114 m Ton, grau

Lias zeta

- 117,5 m Mergel, dunkel mit Belemniten und Phosphoritknollen

Lias epsilon
(Posidonienschiefer)

- 121,5 m Mergel, schwarz, schiefrig, pyritisch mit fossilreichen Kalkbänken von 119,15–119,30; 120,30–120,50; 121,10–121,40 (dunkelbraune Ölschiefer 119,30–121,40)

Lias delta (Amaltheenton)

- 142,5 m Ton grau

Lias gamma

- 143,60 m Kalkstein dolomitisch bis Dolomit, hellgrau mit dunklen Flecken

Rotary-Bohrung

Kern-Bohrung

- 144,35 m meist dunkle, mehr oder weniger dolomitische Kalke und flaserige Mergelkalke (mit Belemniten, Muscheln, Austern und Echinodermenresten) mit Mergelflasern und dolomitischen Mergelzwischenlagen
 – 144,39 m Phosphoriteinlagerungen
 – 144,78 m graue, harte Kalke (z. T. dolomitisch) mit *Gryphaea cymbium*, Belemniten und Muschelschill und Mergelflasern im tiefsten Teil

Lias gamma

-
- 144,88 m dunkle, grobquarzhaltige Kalke mit dünnen schwarzen Mergelflasern (Phosphoritknollen, Belemniten, Muschelschill)
 – 145,00 m grauer, sehr grober Quarzgeröllkalk mit dünnen Muscheln

Lias beta

-
- 145,23 m schwarzer Quarzgeröll-Kalksandstein, rasch in Quarzgeröll-Dolomitsandstein (ab 145,05) übergehend, oben etwas Mergelflasern (ß?) nach unten zunehmend dichtere Packung des Quarzanteils (Ø bis 1 cm)
 – 145,30 m helle dichte Quarzgeröllsanddolomite

Lias alpha ? 3

-
- 145,50 m hellgrüner, toniger Quarzgeröllsand
 - 149,00 m meist harter, heller Quarzgerölldolomit bzw. Quarzsanddolomit mit lockeren tonigen, hellen Quarzgeröllsanden wechsellagernd von 148,50–148,80 mit Pectiniden, Cardinien und weiteren Muscheln
 - 149,20 m Sandstein, feinkörnig, dolomitisch

Lias alpha ? 3

-
- 152,10 m Quarzsandstein, mürb, hellbeige, leicht kaolinitisch, Schrägschichtung
 - 155,50 m Geröllsandstein, schräggeschichtet, weißgrau
 - 155,70 m Tonstein, schwarzgrau, kieselig (kleine Pollen und Sporen)
 - 156,00 m Quarzsandstein, mittelgrobkörnig, weißgrau
- Kern-Bohrung

Rotary-Bohrung

- 161 m Sdst, mk, hellgrau

tiefster, fluviatiler Lias

-
- 209 m Ton, rotbraun, etwas sandig; darin: hellgrüne mk–fk Sandsteinlagen bei 183–186, 188–189, u. 190–191, Steinmergel bei 192–193 m u. 197–198 helle Feinsande bei 201–203, 204–205, Grobsand 203–204

Feuerletten

Oberer Burgsandstein

-
- 211 m Sdst, mk–fk, braungrau
 - 212 m Sdst, mk, braun
 - 218 m mk–fk, tonig, braun

Rotary-Bohrung

Kern-Bohrung

-
- 218,80 m Sdst, gk, mit Geröllen, hellbraungrau, leicht kaolinisiert
 - 221,00 m Kernverlust
 - 221,10 m Sdst, wie vorher
 - 221,15 m Sdst, wie vorher, stark kaolinisiert
 - 221,18 m Sdst, fk, sehr hart, hellgrau, mit Geröll
 - 221,20 m Sdst, wie vorher
 - 223,50 m Kernverlust
 - 224,35 m Sdst, fk, lettig schluffig, hart, hellgrau-violett geflammt u. gebändert
 - 224,95 m Sdst, fk–mk, hellgrau, etwas kaolinisiert, Lettenbändchen bei 224,83
 - 225,90 m Sdst, fk, schluffig-lettig, violett-grau geflammt
 - 227,30 m Letten, schluffig, rotbraun
 - 228,15 m Sdst, oben fk, unten gk, mit Übergang hellgrau
 - 230,23 m Sdst, mk–gk, rotbraun, von 229,30–230 gebändert, teils eisenschüssig, teils sperrige Feldspäte, Gerölle bei 230,00
 - 230,28 m Lettenband, rotbraun
 - 230,50 m Sdst, mk–gk, grau
 - 230,85 m Letten, sandig, rotbraun
 - 230,95 m Letten, sandig, hellgrau
 - 231,30 m Sdst, fk, hart, klüftig, dunkelviolet
 - 231,50 m Sdst, fk, hellgrau
 - 232,30 m Sdst, fk–mk, hellrotbraun
 - 232,40 m Sdst, mk, hellgrau
 - 233,05 m Sdst, mk, rotbraun

- 233,40 m Sdst, gk, rotbraun
- 233,87 m Sdst, mk–gk, braungrau
- 234,95 m Sdst, mk–gk, violett-braun
- 235,15 m Sdst, mk–gk, braungrau
- 235,60 m Sdst, fk, Schluffstein, lettig, hart, braun-grau gebändert
- 235,75 m Sdst, mk, hellgrau, geklüftet
- 235,90 m wie vorher
- 236,20 m Sdst, mk–gk, unten gk, mit Geröllen, hellgrau
- 236,85 m Letten, schluffig, hart, geklüftet, violett gebändert
- 237,20 m Schluffstein-Sdst, fk, hellgrau-grün gebändert
- 237,60 m Sdst, mk, bräunlichgrau
- 237,90 m dergl., rotbraun
- 238,25 m Sdst, fk, grau-violett gebändert
- 238,70 m Sdst, gk, bei 238,30 Gerölle, bräunlichgrau
- 240,60 m Sdst, fk, bis Schluffstein grau-braun-violett gebändert
- 241,10 m Sdst, gk, hoher FS-Anteil, grau
- 241,40 m Sdst, mk, braun, unten Gerölle
- 241,90 m Sdst, mk–gk mit 1 cm großen Feldspäten, dunkelviolett
- 242,50 m Sdst, mk, braun
- 242,70 m Letten und Gerölle, grau, violett und gelb
- 243,00 m wie vorher, sehr mürb
- 243,40 m Sdst, mk, dunkelviolett
- 243,60 m Sdst, mk, hellgrau
- 243,80 m Sdst, mk–fk, grau-violett geflammt
- 243,90 m Letten u. gk Sdst, schwarz und gelb
- 245,00 m Sdst, mk, dunkel violettgrau, bei 244 hellgrau–rotbraun geflammt und gebändert
- 245,55 m Sdst, oben mk, unten sgk, Schrägschichtung hellgrau
- 246,10 m Sdst, mk, lettig, violett und gelb, bei 245,80 helle Sandsteinlage
- 245,40 m Sdst, mk, hellgrau
- 246,50 m Sdst, mk, lettig, gelb
- 246,80 m Sdst, mk, hellgrau, etwas kaolinisiert
- 247,00 m Sdst, gk, violettbraun

 Oberer Burgsandstein

 Mittlerer und Unterer
Burgsandstein

- 247,35 m Sdst, mk–gk, graubraun mit dünnen violetten Bändern
- 247,50 m Sdst, gk, mit Geröllen, grau
- 251,65 m Sdst, mk, gelegentlich Gerölle, grau, bei 245 u. 250,70 Kohleschmitzen
- 252,00 m Sdst, gk mit Geröllen, braun
- 254,00 m Sdst, mk, braungrau, bei 254 große Gerölle und graues Lettenband
- 254,55 m Sdst, gk–sgk, braungrau
- 255,55 m Sdst, sgk mit Geröllen, grau
- 255,60 m Letten, gelb
- 257,10 m Sdst, gk, hellgrau, kaolinisiert
- 258,00 m Sdst, mk–gk, braungrau, hell
- 258,30 m Sdst, fk, gebändert, bräunlich grau
- 258,35 m Sdst, gk, mit Lettenband, braungrau
- 259,00 m Kernverlust
- 260,00 m Sdst, gk mit Geröllen, braungrau
- 263,50 m Sdst, gk, mit vielen Geröllen, teils hellgrau und kaolinisiert, teils braungrau
- 264,75 m Sdst, mk–gk, braun und gelbbraun
- 268,80 m Sdst, gk–mk, meist lettig-bindig, Gerölle bei 265,50–266; 267,80–268
- 272,30 m Sdst, gk–mk, gelb, gel. braun
- 272,50 m Sdst (FS–Qz), gk, weiß
- 273,00 m Sdst, gk, mit Geröllen, rotgrau
- 273,20 m Ton, weiß
- 273,50 m Ton, braun

- 273,65 m Sdst, mk, weiß, kaolinisiert
- 274,50 m Ton, rotbraun, sandig
- 275,05 m Sdst, oben fk, unten gk, weiß, kaolinisiert
- 275,25 m Ton, sandig, rotbraun
- 275,35 m Sdst, fk, gelb und braun mit kohligter Substanz
- 275,60 m Ton, weich, weiß
- 276,60 m Schluffstein und lettiger Sandst., grün, von 276–276,30 dunkelbraun

Mitlerer und Unterer
Burgsandstein

Coburger- und
Blasensandstein

- 283,15 m Sdst, mk–gk, mürb, hellgrau bis weiß, grüner Lettenbutzen bei 278,25–278,30, KV von 280,00–280,30, teilweise stark kaolinisiert
- 283,60 m Sdst, fk–mk, braun, mit flammenförmigen braunen und grünen Tonlagen
- 284,40 m Sdst, fk–mk, weißgrau, kaolinisiert
- 285,90 m Sdst, mk–gk, hellgrau
- 286,20 m Ton, grün, sandig
- 288,20 m Sdst, mk, hellgrau, gelegentlich kleine grüne Tonnester, leicht karbonatisch
- 288,60 m Sdst, fk–mk, braungrau, rotbraun geflammt
- 291,15 m Sdst, mk, hellgrau, gel. grüne Tonlagen, teilweise kräftig kaolinisiert, bei 289,50 schwach karbonatisch
- 291,40 m Sdst, hellgrau, gk, mit Geröllen
- 291,65 m Sdst, mk, hellgrau
- 291,70 m Tonstein, grün
- 291,50 m Sdst, mk, grau
- 292,25 m Tonst., grün, sandig
- 292,45 m Sdst, mk–gk, hellgrau
- 292,50 m Sdst, mk, braun
- 294,20 m Sdst, hellgrau oben gk, nach unten sgk, mit Geröllen, Schrägschichtung, etwas kaolinisiert, teils schwach karbonatisch
- 294,45 m Tonst., grün mit Sdst, gk, grau
- 295,40 m Sdst, hellgrau, mk–gk, mit kleinen grünen Tonnestern
- 296,30 m Ton, grün, ab 296,20 sandig, 296,30–296,50 schwach karbonatisch
- 298,10 m Sdst, mk, hellgrau, teils sehr mürb, etwas Kaolin
- 298,40 m Tonstein, grün, teils sandig
- 298,90 m Sdst, mk, grau
- 298,00 m Tonstein, grün, sandig
- 299,40 m Sdst, hellgrau, mk, (Kaolin)
- 300,50 m Sdst, mk, grau, nach unten hellgrau
- 300,80 m Tonstein, nach unten Schluffstein, sandig, grüngrau bebändert, schwach karb., bei 301,70 (Pb)
- 303,30 m Sdst, fk–mk, hellgrau (Kaolin)
- 303,40 m Schluffstein, dunkelgraugrün
- 304,80 m Sdst, fk–mk, hellgrau, ab 304 teils mürb und leicht kaolinisiert, (Pb)
- 305,50 m Tonstein, grün
- 305,50 m Schluffstein und fk, Sdst, grau und grün
- 306,80 m Sdst, mk, mürb, leicht kaolinisiert, hellgrau
- 307,30 m Sdst, mk–gk mit eckigen Quarzen, hellgrau, leicht kaolinisiert
- 307,40 m Tonstein, grün, sandig, mit eckigen am cm-großen Quarzen
- 309,20 m Schluffstein bis fk Sandstein, lettig, braungrau
- 310,00 m Sdst, oben fk, mürb, unten mit bis gk, hellgrau, kaolinisiert, grüne Tonschmitzen
- 310,20 m Ton- und Schluffstein, grau und braun
- 310,40 m Sdst, mk–fk, grau, kleine grüne Tonschmitzen
- 311,10 m Tonstein-Schluffstein, grau, teils braun, oben leicht karbonatisch
- 311,60 m Sdst, fk, schluffig, grau
- 313,20 m Sdst, mk–gk, eckige Quarze, etwas Karbonat
- 313,80 m Schluffstein, grau und braun

- 314,20 m Sdst, fk, grau, fest
- 314,50 m wie vorher
- 315,40 m Sdst, hellgrau, mürb, oben fk, nach unten mk–gk
- 316,90 m Schluffstein und fk, lettiger Sandstein, grau bis graubraun, teils grüngrau
- 317,10 m Tonstein, grau, bis 317,00 sandig, mit Kaolinnestern
- 318,10 m Sdst, hellgrau, kaolinisiert, mk–gk mit groben Quarzen, bei 317,80 große Tongalle, unten leicht karbonatisch
- 318,60 m Tonstein, grüngrau
- 318,70 m Sdst, fk–mk, sehr mürb, grau
- 318,90 m Tonstein grüngrau, leicht sandig

Coburger- und
Blasensandstein

Lehrbergschichten

- 319,60 m Tonstein, schluffig (sandiger Letten) hart, tiefbraun
- 319,80 m wie vorher
- 320,20 m Sdst, sgk, grau, kaolinisiert
- 320,40 m Sand, mk, braun
- 322,70 m Tonstein, sandig, abwechselnd grün und braun
- 324,50 m Sdst, mk, hellgrau, sehr mürb
- 325,60 m Sdst, mk, grau, mit Tongallen
- 328,50 m Sdst, mk–gk; grau, Quarzgerölle, grün-graue Tonnestern
- 328,65 m Tonstein, grüngrau
- 330,40 m „Lettenbresche“ grün und braun, im Wechsel mit grauem gk. Sdst, mit Hornsteinsplittern
- 332,40 m Sdst, ungleichkörnig, mit groben Qz-Geröllen, braun, etwas kaolinisiert
- 332,40–335 m Kernverlust
- 335,25 m Sdst, wie vorher
- 336,05 m Schluffstein/Tonstein, sandig, grün, teils gebändert

Lehrbergschichten

Estheriensschichten

- 336,30 m Schluffstein – gk Sandstein, braun und dunkelgrüngrau
- 337,00 m Sdst, mk, dunkel-violettgrau, einzelne kleine Quarzgerölle, einzelne konzentrische Tongallen
- 338,10 m Sdst, grau, mk, grün und braun gesprenkelt durch Lettenester, etwas Karneol
- 338,60 m Sdst, fk, schluffig, lettig, braungrau
- 340,00 m Schluffstein (Letten), abwechselnd grau und braun, 338,70–338,80 (Pb)
- 340,30 m Sdst, fk, hellgrau
- 341,10 m Sdst, mk, hellgrau
- 241,20 m Sdst, fk, wie vorher, mit Lettenlagen
- 342,50 m Sdst, mk, oben gk, hellgrau
- 342,80 m Sdst, fk, mit dünnen Lettenbändern, hellgrau, leicht kaolinisiert
- 343,25 m Schluffstein/Letten, sandig, grau
- 344,30 m Sdst, mk, hellgrau
- 345,00 m Sdst, mk, lettig, rotbraun
- 345,25 m Sdst, fk–mk, leicht bindig, hellgrau
- 345,50 m Sdst, mk, lettig, rotbraun
- 346,00 m Sdst, mk, hellgrau
- 347,00 m Sdst, mk–gk, violett (dunkel)
- 347,60 m Sdst, fk–mk, hellgrau, braun geflammt
- 348,50 m Kernverlust
- 349,25 m Sdst, fk, abwechselnd hellgrau, rotbraun
- 349,50 m Sdst, gk, mürb, grau
- 350,00 m Sdst, mk–fk, abwechselnd grau-braun geflammt
- 350,55 m Schluffstein bis fk Sdst, rotbraun, gebändert
- 350,80 m Schluffstein bis fk Sdst, grau
- 351,40 m Sdst, braun, violette Schichtflächen, fk, fest

- 352,00 m Sdst, fk, lettig, hellgrau und dunkelgrau
- 352,25 m Sdst, mk, lettig, dunkelbraun
- 353,65 m Schluffstein, rotbraun mit stark eisenschwarzen Sandsteineinlagerungen

 Estherienschiefer

 Benkerssandstein und
 Unterer Keuper (?)

- 354,00 m Sdst, mk, grau und violett, mit Qz-Geröllen und leicht kaolinisierten Feldspäten
- 355,40 m Sdst, mk–gk, violettgrau, mit Qz-Geröllen
- 356,00 m Kernverlust
- 356,30 m Sdst, fk, hellgrau
- 357,55 m Schluffstein, braungrau, dunkel, sandig, etwas Karneol
- 359,20 m Sdst, mk, hellgrau, von 358,20–358,40 violettgrau
- 359,75 m Schluffstein, grau, oben schwach karb.
- 360,10 m Sdst, fk–mk, lettig, hellgrau
- 360,80 m Schluffstein u. fk, Sdst, bindig, braungrau bis braun
- 362,60 m Sdst, gk, mit großen Qz-Geröllen, grau-violett gesprenkelt
- 362,80 m feste, sandige Tonsteinlage, schräggeschichtet
- 363,20 m Sdst, mk–gk, hellgrau, mit Chalzedonsplittern
- 363,35 m harte Tonsteinlage
- 365,30 m Sdst, gk–sgk, Quarzgerölle, violettgrau bis dunkelviolett, etwas kaolinisiert
- 365,60 m Sdst, gk, hellgrau
- 366,00 m Sdst, fk, hart, grau, violett geflammt
- 367,00 m Sdst, fk–mk, violettbraun, oben geflammt
- 368,90 m Sdst, mk–gk, dunkelviolettgrau, von 368,10–268,0 rotbraun gesprenkelt, Schrägschichtung
- 369,10 m Sdst, fk, hellgrau, mit braunen Lettenestern
- 369,40 m Sdst, mk, violettgrau, Schrägschichtung
- 369,75 m Sdst, oben fk, unten gk, hellgrau
- 369,90 m Sdst, fk, hellgrau, mit braunen Lettenestern
- 370,15 m Schluffstein, rotbraun
- 370,40 m Sdst, mk, hellgrau
- 372,65 m Sdst, mk, dunkelviolettgrau
- 373,10 m Sdst, mk, hellgrau
- 374,00 m Schluffstein, braun bis dunkelbraun
- 375,00 m Sdst, mk, hellgrau, Schrägschichtung, bei 374,15–174,20 roter Letten
- 375,90 m Sdst, mk–fk, schluffig-lettig; braun und grau
- 376,90 m Sdst, mk, lettig, hellgrau (leicht kaolinisiert) teilw. schwach karbonatisch)
- 377,20 m Schluffstein, dunkelbraun
- 377,80 m Schluffstein und lettiger fk, Sdst, grau
- 378,30 m Schluffstein, braun
- 378,45 m Sdst, fk, lettig
- 380,25 m Schluffstein, braun
- 380,60 m Schluffstein, in der Mitte fk, lettiger Sdst, grau, teilw. schwach karbonatisch
- 382,10 m Schluffstein, dunkelbraungrau
- 382,40 m abwechselnd brauner und grauer Schluffstein
- 383,45 m Sdst, mk–gk, teils lettig, hellgrau, meist überwiegend Quarz
- 384,10 m Schluffstein, braun
- 385,20 m Sdst, mk–gk, hellgrau
- 385,60 m Schluffstein, braun
- 386,20 m Sdst, fk–mk, hellgrau
- 386,40 m Sdst, mk–fk, braun
- 386,75 m Sdst, fk–mk, oben grau, unten braun
- 386,85 m Schluffstein, braun
- 389,90 m Sdst, oben fk–mk, ab 388 mk–gk, braun bis violettbraun
- 390,10 m Sdst, fk, hellgrau
- 390,25 m Schluffstein, braun, nach unten grau
- 391,00 m Sdst, mk–gk, dunkelgrau bis violettgrau

- 391,05 m Sdst, fk, hellgrau
- 391,10 m Schluffstein, braun
- 391,90 m Sdst, fk–mk, dunkelviolettblau
- 392,05 m Sdst, mk, hellgrau
- 392,20 m Schluffstein, braun
- 392,50 m Sdst, mk–gk, hellgrau
- 398,00 m Sdst, mk–gk, dunkelgrau bis braungrau bei 393,50 Wurmröhren (?), bei 395,50 Karneol-splitter
- 398,10 m Sdst, fk, weiß und Schluffstein, grau
- 406,15 m Sdst, mk–gk, violettbraun, einzelne kaum grüne Nester, ab 406 kaffeebraun
- 406,20 m Sdst, mk, grau
- 406,45 m Schluffstein, hart, schwarzviolett
- 409,50 m Sdst, mk, nach unten mk–gk, violettbraun, kleine helle Flecken
- 409,60 m Sdst, mk–gk, hellgrau
- 409,80 m Schluffstein, violettbraun
- 409,95 m Schluffstein und lettiger Sdst, hellgrau
- 414,80 m Sdst, braun bis violettbraun, mit teilweise gk, kleine grüne Nester
- 414,90 m Sdst, fk, hellgrüngrau
- 415,30 m Sdst, fk, hart, hellgrau und dunkelviolettblau
- 418,50 m Sdst, mk, braun bis violettgrau
- 419,40 m Sdst, fk, violettgrau und hellbraun
- 429,80 m Sdst, mk, grau, violettgrau und braunviolett, teilweise kleine grüne Nester, einzelne helle fk-Lagen
- 430,20 m Sdst, grau, lettig
- 430,60 m Schluffstein, braun, gebändert

Benkerssandstein und
Unterer Keuper (?)

Muschelkalk

- 430,80 m Schluffstein, /Sdst, fk, weiß
- 431,15 m Sdst, mk–fk, grau
- 431,65 m Sdst, mk–fk, braungrau
- 431,70 m Schluffstein dunkelbraungrau
- 431,75 m Sdst, fk, hellgrau
- 431,80 m wie vorher
- 432,70 m Sdst, mk–fk, grau bis violettgrau
- 433,95 m Sdst, mk–fk, grauviolett
- 434,50 m Sdst, fk / Schluffstein, weißgrau
- 437,80 m Sdst, mk–fk, grauviolett
- 438,00 m Sdst, fk, hellgrau bis violettgrau
- 438,80 m Sdst, mk, violettgrau
- 439,00 m Sdst, fk / Schluffstein, hellgrau und dunkelgrau
- 440,00 m Sdst, mk, violettgrau
- 440,50 m Sdst, mk–fk, hellgrau bis hell-violettgrau
- 441,00 m Sdst, mk–fk, violettgrau
- 441,30 m Sdst, fk, weißgrau
- 442,00 m Sdst, fk, grau
- 442,50 m Schluffstein und fk, Sdst, hellgrau, violett gesprenkelt
- 443,00 m Sdst, mk, braun
- 444,25 m Sdst, fk / Schluffstein hellgrau, dunkelgrau gesprenkelt
- 445,00 m Sdst, fk, grau
- 446,35 m Sdst, mk, violettgrau
- 446,70 m Sdst, fk / Schluffstein, hellgrau mit dunklen Bändern
- 449,25 m Sdst, oben fk, grau, nach unten mk, violett
- 449,60 m Sdst, mk, grau mit braunen Einlagerungen
- 450,70 m Sdst, mk, grauviolett
- 450,75 m Sdst, mk, hellgrau
- 451,20 m Sdst, mk, violettbraun

- 451,25 m Sdst, mk, hellgrau
- 451,45 m Sdst, fk, violett
- 451,60 m Sdst, fk, hellgrau
- 451,95 m Sdst, mk, dunkel-violettgrau
- 454,10 m Sdst, fk, dunkelgrau, teils leicht violett oder braun
- 459,75 m Sdst, mk, hellgrau, leicht kaolinisiert
- 460,00 m Schluffstein, braun
- 460,10 m Sdst, fk–mk, hellgrau
- 461,95 m Sdst, mk, grauviolett
- 462,00 m Schluffstein, hellgrau
- 464,50 m Sdst, mk, grauviolett bis violett
- 468,00 m Sdst, mk, violett bis rotbraun
- 469,80 m Sdst, mk, grauviolett
- 470,10 m Sdst, mk, hellgrau
- 471,95 m Sdst, mk, rotbraun-violett
- 472,15 m Sdst, mk, hellgrau
- 475,60 m Sdst, mk, rotbraun bis violettbraun, mit gelegentl. dünnen hellgrauen Einlagerungen und Flecken
- 475,75 m Sdst, fk–mk, hellgrau

Muschelkalk

Buntsandstein

- 497,05 m Sdst, mk–gk, violettbraun, mit einzelnen kleinen hellen Lagen oder Flecken, Quarzgerölle bis zu ca. 2 cm, helle Lagen bei 480,60, 480,80, 481,50, 483,10, 492,30–497,50, 496,70–496,80
- 497,00 m Sdst, fk–mk, weißgrau
- 498,00 m Sdst, mk, braun
- 498,35 m Schluffstein-Tonstein, unten sandig, hart, dunkel violett
- 498,60 m Sdst, mk–fk, tonig, weißgrau
- 501,10 m Sdst, mk, violett-braun
- 501,30 m Sdst, fk, tonig, braun, mit dünnen dunkelbraunen Tonsteinbändern
- 501,35 m Sdst, fk, weißgrau mit großen Qz-Geröllen
- 504,45 m Sdst, mk, grau bis graubraun oder violettgrau gel. Qz--Gerölle, eckig
- 504,60 m graue Tonlinsen mit hellen Sandstein
- 506,00 m Sdst, wie vorher
- 508,00 m Sdst, wie vorher, mk–gk, und violetten Lagen
- 508,20 m Sdst, fk, tonig, braun
- 508,40 m Sdst, mk–gk, hellgrau mit grünen Tonschmitzen
- 508,55 m Sdst, fk, hart, abwechselnd grau, braun und grün, Schrägschichtung
- 509,00 m Sdst, fk, grau
- 509,05 m Sdst, fk, braun
- 509,35 m Sdst, oben fk, unten mk, grau
- 510,30 m Sdst, mk, braungrau-violettgrau
- 510,75 m Sdst, mk, weißgrau, unten gk
- 510,90 m Sdst, fk, grau-braun gebändert
- 511,00 m Sdst, fk–sgk, grau
- 511,15 m Sdst, fk, grau
- 511,55 m Sdst, fk, braun
- 511,65 m Sdst, fk–mk, weißgrau
- 513,50 m Sdst, mk, graubraun, teils dunkelbraungrau
- 514,70 m Sdst, fk–mn, abwechselnd, hellgrau und braun
- 516,35 m Sdst, gk mit Geröllen, violett
- 516,55 m Sdst, mk, braun, hellgrau gesprenkelt
- 517,35 m Sdst, gk, braun, gel. dünne helle Lagen
- 517,80 m Sdst, gk–sgk, hellgrau
- 519,00 m Sdst, mk–gk, mit Geröllen, violett, oben helle, teils senkrechte Einlagerungen (Spaltenfüllung)

- 519,30 m Sdst, mk, weißgrau
- 519,75 m Sdst, mk, braun
- 519,90 m Sdst, mk, hellgrau
- 520,00 m Sdst, gk, violett, runde Quarze
- 521,75 m Sdst, mk, gk-Lagen, im Dezimeter-Bereich abwechselnd hellgrau und braun
- 523,10 m Sdst, mk–gk, braun
- 523,47 m Dolomit, hart, graubraun
- 524,00 m Sdst, gk, mit runden Quarzen, violettbraun
- 524,15 m Sdst, gk, mit runden Quarzen, grau
- 524,28 m Sdst, fk, braun
- 524,34 m Sdst, fk, hellgrau
- 525,10 m Sdst, gk, gerundete Quarze, violettbraun
- 525,25 m Sdst, fk, mk, hellgrau, braun gefleckt
- 533,35 m Sdst, gk–sgk, braun mit gel. hellen dünnen Lagen, nach unten gröber werdend
- 534,40 m Sdst, (Arkose), gk, hellgrau, rosa FS
- 538,35 m Sdst, sgk bis Konglomerat, schlecht sortiert, Korngrößen bis 0,5–1 cm, gelegentlich mehrere cm-große Quarze und Feldspäte, braun mit einzelnen hellen Lagen
- 538,45 m Schluff-Ton-Stein, braun hart
- 539,83 m Sdst, gk–sgk, mit Glimmern, große Qz-Gerölle, braungrau bis graubraun
- 539,85 m Tonsteinlage, rot, mit Kristallingerollen

Buntsandstein

Kristallin

- 549,00 m Granit, verwittert, teils tekt. durchbewegt
 - 550,00 m Quarzgang
 - 562,00 m Granit, verwittert, teils tekt. durchbewegt
- E. T. Einzelne kleine Quarzgängchen

Aufnahme: Jura und Feuerletten: Dr. R. K. F. MEYER

Übrige Bohrung: Dr. H. SCHMID/Bayerisches Geologisches Landesamt

2. Mineralogie der Forschungsbohrung Eschertshofen

(M. SALGER)

2.1. Methodik

Schwerminerale: Anreicherung durch Sichern und Auszählung der durchsichtigen Schwerminerale 0,1–0,25 Ø ohne Karbonat und Baryt. Bei den Opaken sind Ilmenit, Leukoxen und Eisenoxide zwar überwiegend, wurden aber als typische Durchläufer nicht gezählt. Die Anwesenheit von Erzmineralen wie Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Arsenkies sowie von fraglichen Meteoritenkügelchen (Abb. 1) wurde am Rande des Diagramms vermerkt.

Tonminerale: Bestimmung durch Röntgenbeugung an Texturpräparaten der Fraktion <0,002 mm. Berechnung der relativen Konzentration aus den Pikhöhen. Quarz, Karbonate und Eisenoxide blieben unberücksichtigt.

Gesamtmineralbestand: Bestimmung von Quarz, Feldspat und Karbonaten durch Röntgenbeugung, von Eisenoxiden als Fe₂O₃ durch Röntgenfluoreszenz von Pulverpräparaten. Der nicht bestimmte Rest enthält vorwiegend Tonminerale sowie Glimmer und Chlorite der gröberen Fraktionen.

2.2. Ergebnis

Das Untersuchungsergebnis ist in Mineraldiagrammen (Beilage 3) dargestellt. Die am Rande der Schwer- und Tonmineraldiagramme mit durchgezogenen Grenzlinien gekennzeichnete Gliederung wurde unter Berücksichtigung der Schwer- und Tonmineralverteilung nach am Kern erkennbaren Merkmalen durchgeführt. Eine weitergehende Untergliederung ist im Gesamtmineraldiagramm teilweise möglich und dort durch gestrichelte Grenzlinien vermerkt. Die hier durchgeführte Gliederung des Bohrprofils ist entsprechend der angewandten Untersuchungsmethodik rein mineralfaziell. In diesem Sinne sind auch die verwendeten stratigraphischen Bezeichnungen zu verstehen.

2.3. Erläuterungen

Burgsandstein (kmB): 209,0–276,6 m

Makroskopische Untergliederung am Kern in eine stärker tonig-feinsandige obere Abteilung (kmBo) 209,0–247,0 m und eine mittel-grobsandige untere Abteilung 247,0–276,6 m.

Im Diagramm des Gesamtmineralbestandes wäre eine Dreigliederung diskutabel: kmBo 209,0–237,5 m; kmBm 237,5–259,5 m; kmBu 259,5–276,6 m.

Schwerminerale: Überwiegend Zirkon+Monazit (meist über 90%); Turmalin meist unter 10%, in einzelnen Lagen 20–37%; Rutil absätzig 1–3%; Apatit in einigen Schichten des kmBo 1–20%; Staurolith fast durchgehend 1%, maximal 4%; Granat absätzig 1–10%, an der Grenze zum Blasensandstein bis 93%.

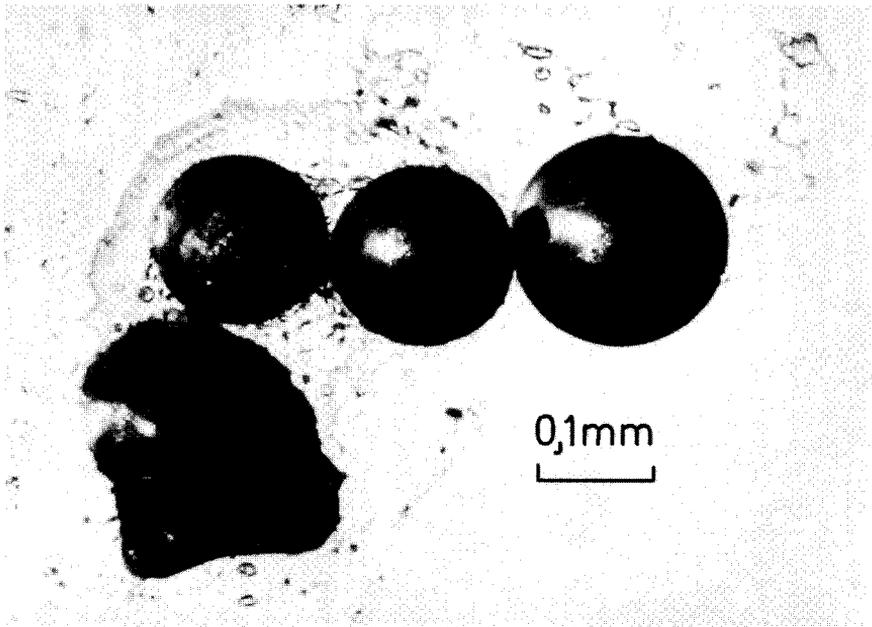


Abb. 1. Fragliche Meteoritenkügelchen

Tonminerale: In den Letten Illit 95–100%, in den Sandsteinen zyklische Kaolinvorstöße, die in der Mitte zwischen den Lettenbändern bis über 90% erreichen.

Gesamtmineralbestand: Quarz in den Letten 13–20%, in den Sandsteinen 30–90%; Feldspat 2–25%, $\frac{\text{Feldspat}}{\text{Feldspat}+\text{Quarz}}$ 25% oben, 15% unten, im Mittel 18%. Dolomit absätzig um 1%, nur in einigen diskreten tonig-sandigen Bänkchen um 10%. Freies Eisenoxid ist mit 1–9% fast durchweg vorhanden; es fehlt in den Karbonatbänkchen; im Mittel nimmt der Fe_2O_3 -Gehalt von 2,4% im kmBo, auf 0,7% im kmBu ab.

Blasensandstein i. w. S. (kmBL): 276,6–318,9m

Die Folge von hellen Sandsteinen zwischen dem Basisletten des Burgsandsteins im Hangenden und den roten Lehrbergtonen im Liegenden ist makroskopisch nicht zu gliedern. Der Gesamtmineralbestand und der herausfallende stark erhöhte Quarzgehalt der Tonfraktion läßt eine Ausgliederung der oberen 8 m als Coburger Sandstein erwägenswert erscheinen.

Schwerminerale: Granat (bis 93%), Apatit (bis 55%), Zirkon+Monazit 5–45%, Turmalin 0–6%, Staurolith fehlt. Rutil nur vereinzelt.

Tonminerale: Überwiegend Illit; der Kaolinit ist in den Sandsteinen der oberen Hälfte mit im Mittel 20%, in der unteren mit unter 10% vertreten. Unregelmäßige Illit-Montmorillonit-Wechselschichtminerale sind vor allem in den stärker kaolinitischen Sandsteinen unterhalb des kmC vorhanden. Die Letten sind fast rein illitisch (98–99%).

Gesamtmineralbestand: Quarz in den Letten 20–30%, in den Sandsteinen bis 90%. Feldspat 7–24%; mittleres Feldspat/Quarzverhältnis im kmC 16%, im kmBL 21%, im kmBL i. w. S. 19%. Dolomit ist fast durchweg vorhanden (1–21%), freie Eisenoxide nur in einigen Bänkchen – Mittel 0,6%.

Lehrbergschichten (kmL): 318,9–336,05 m

Die Folge besteht im oberen Drittel aus rotbraunen sandigen Tonen, in den unteren zwei Dritteln aus hellgrauen mittel-grobkörnigen Sandsteinen. Schilfsandstein ist makroskopisch nicht zu erkennen.

Schwerminerale: Von oben nach unten geht der Granatgehalt kontinuierlich von 80% auf 0% zurück; gleichzeitig steigt der Zirkongehalt von 20 auf 95%; Turmalin streut unregelmäßig zwischen 2% und 15%.

Tonminerale: Überwiegend Illit. Kaolinitgehalt in den tonigen Parteien 2–10%, in den Sandsteinen von oben 12% auf unten 23% steigend.

Gesamtmineralbestand: Quarzgehalt der Letten 20–30%, der Sandsteine 60–80%; Feldspatgehalt der Letten 4–8%, der Sandsteine 8–14%.

$\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}}$ in den Letten 20%, in den Sandsteinen 9%. Das entsprechende Feldspat/Quarzverhältnis in den ähnlich aussehenden Lichtenauer Schilfsandsteinen

streut zwischen 20 und 33% (SALGER 1975). Von daher ist eine Interpretation der Sandsteine zwischen 323 und 335 m als Schilfsandstein in Randfazies schwer möglich. Dolomit ist nur lückenhaft mit maximal 3%, freies Eisenoxid mit 5% nur im Ton vertreten.

Erze: In den Sandsteinen wurden Bleiglanz und schwarze, magnetische Kügelchen oder Hohlkügelchen gefunden (0,08–0,25 mm Ø). Diese Kügelchen sind nicht durch die Bohrtätigkeit in die Proben gekommen; denn sie wurden auch im von der Spülung unbeeinflussten Inneren von Bohrkernen gefunden. Röntgenfluorimetrisch wurden Eisen und Nickel im Intensitätsverhältnis 4 : 1 gefunden. Sie werden im Diagramm als Meteorite? bezeichnet.

Esteriensichten (kmE): 336,05–353,65 m

Die Folge beginnt oben mit sandigen grüngrauen Tonsteinen, denen graue Sandsteine folgen und wird an der Basis durch einen rot-braunen Tonstein abgeschlossen.

Schwerminerale: Überwiegend Zirkon+Monazit (89–99%), Granat 0–11%, Turmalin, 1–8%, Rutil 0–1%.

Tonminerale: Überwiegend Illit; Kaolinit von oben 20% auf unten 60% kontinuierlich zunehmend; vereinzelt etwas Chlorit (<5%).

Gesamtmineralbestand: ca. 40% Quarz und 4–22% Feldspat in den oberen Tonsteinen – mittleres $\frac{F_{sp}}{F_{sp}+Quarz} = 20\%$; in den Sandsteinen 50–80% Quarz und 4–11% Feldspat – mittleres $\frac{F_{sp}}{F_{sp}+Quarz} = 10\%$. Der Basiston hat 30% Quarz und 6% Fe₂O₃; er ist feldspatfrei. Dolomit erscheint in einer Doppelbank bei 341 und 343 m (16% und 11%) und bei 350 m (13%). Eine analoge, nur stärker ausgeprägte Dolomitverteilung wurde in den normal tonigen Esteriensichten der Bohrung Gersbach VII (SALGER 1977) beobachtet.

Erze: Bleiglanz und Meteoriten?

Benker Sandstein (kmBS) + Unterer Keuper (ku): 353,65–430,60 m

Die Folge besteht aus einem oberen Paket mit häufigem Wechsel von fein- bis grobkörnigen hellen Sandsteinen und rotbraunen bis violettgrauen Tonsteinen und einem gleichmäßigeren unteren Paket meist violettgrauer fein- bis mittelkörniger Sandsteine. Die Untergrenze bildet ein grünlichweißer Feinsandstein, mit dem das Liegende beginnt.

Schwerminerale: Die Serie beginnt mit kräftigen Turmalinvorstößen (bis 70%), die nach unten allmählich auf 10–20% Turmalin zurückgehen zugunsten von Zirkon+Monazit. Granat kommt im Ober- und Unterteil der Folge nur gelegentlich vor (1–10%); im Mittelteil 376–392 m ist er geschlossen vertreten (1–50%) mit einem ausgeprägten Maximum im Tonstein 378,5–382,5 m.

Tonminerale: Kaolinit und Illit. Die sich schon in den unteren Esteriensichten abzeichnende Zunahme des Kaolinit setzt sich fort, erreicht zwischen 360 und 370 m ein Maximum (90–97%) und geht dann nach unten allmählich auf Werte

um 40% Kaolinit in der Tonfraktion zurück. Illit streut in den tonigen Partien des oberen Profiltails zwischen 50% und 85%, im unteren pendelt er um 60%. Eine analoge Tonmineralverteilung mit einem breiten Kaolinitmaximum im Oberteil und geringeren Kaolinitgehalten im Unterteil zeigt der Benker Sandstein der Bohrung Gersbach VII.

Gesamtmineralbestand: Im Mittel 59% Quarz, 8% Feldspat, 2% Dolomit, 1,3% Fe_2O_3 , 30% Rest. $\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}} = 12\%$. Die Folge kann in vier Zyklen gegliedert werden, die den Freybergischen Abteilungen A, B, C, D (v. Freyberg, 1954) entsprechen dürften:

- D – 353,65–374,50 m
- C – 374,50–397,50 m
- B – 397,50–409,50 m
- A – 409,50–422,50 m

Zwischen 422,50 und 430,60 m liegt eine Zone in Farbe und Sandgehalt rasch wechselnder, schwach dolomitischer fein- und mittelkörniger Sandsteine, die sich deutlich von dem ruhigen Bild der hangenden Abteilung A des Benker Sandsteins abheben und sehr dem unruhigen Sedimentationsverlauf des Unteren Keupers der Bohrung Dinkelsbühl 1001 ähneln. Die Zuordnung dieser Sedimente zum Unteren Keuper wäre daher zu erwägen.

Mittlere Mineralkonzentrationen: Quarz 53%, Feldspat 9%, Dolomit 2%, Fe_2O_3 , 1,4%, Rest 35%. $\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}} = 15\%$.

Muschelkalk: 430,60–475,75 m

Der Muschelkalk besteht aus einer Folge von grüngrauen bis violettgrauen, schwach dolomitischen fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen. Die Untergrenze bildet ein rotvioletter Grobsandstein, mit dem das Liegende beginnt.

Schwerminerale: Überwiegend Zirkon+Monazit mit nach unten an Stärke zunehmenden Turmalinvorstößen; Granat ist fast durchweg vorhanden. Zirkon+Monazit 54–97%, Turmalin 1–46%, Granat 0–14%. Die Untergrenze ist durch den stärksten Turmalinvorstoß markiert.

Tonminerale: Überwiegend Illit (bis 96%). Kaolinit untergeordnet (3–13% oben, 3–32% unten). Der abrupte Rückgang des Kaolinitgehaltes auf bis $\frac{1}{10}$ dessen im Unteren Keuper kann nicht durch Korngrößenveränderung erklärt werden; denn hier ändert sich zwischen den beiden Schichtgliedern nichts.

Gesamtmineralbestand: Im Mittel 57% Quarz, 9% Feldspat, 1,8% Dolomit, 1,0% Fe_2O_3 , 31% Rest, $\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}} = 14\%$. Aus dem allgemeinen Verteilungsbild herausragende Sandsteinbänke ermöglichen eine Unterteilung des Muschelkalkes in drei Zyklen, die jeweils toniger beginnen und mit dem Sandstein am Top enden. Dadurch verschiebt sich die makroskopisch festgelegte Muschelkalkobergrenze 1 m nach unten, d.h. der helle Schluffstein am Top des Muschelkalkes wäre noch zum Unteren Keuper zu ziehen. Die für die Zyklen

verwendeten Bezeichnungen mo, mm und mu sind zunächst reine Abfolgenamen, die später vielleicht bei ins Beckeninnere fortschreitenden Untersuchungen mit den stratigraphischen Bezeichnungen verknüpft werden können.

Zyklengliederung: mo – 431,8–445,5 m
 mm – 445,5–458,5 m
 mu – 458,5–475,75 m

Die mittleren Dolomitgehalte nehmen von oben nach unten ab; mo 2,4%; mm 2,8%; mu 0,4%. Fe_2O_3 mo – 1,1%; mm – 0,7%; mu 1,4%. Ebenfalls verringert sich

$\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}}$ von oben 17% auf unten 11%.

Erze: Bleiglanz in allen Schichtgliedern; Kupferkies nur in mu; Meteoriten? nur in mm und mu; in einer Probe des mm wurde Glaukonit gefunden.

Buntsandstein: 475,75–538,89 m

Die Serie besteht aus weißen, violettgrauen, rosafarbenen und roten mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen und liegt auf zerrüttetem, in den obersten Teilen stark verwittertem Grundgebirge.

Schwerminerale: Zirkon+Monazit, Turmalin, Granat, Apatit im oberen, Apatit und Zirkon+Monazit im unteren Teil. Nach dem starken Turmalinvorstoss an der Basis des Muschelkalkes fällt die Turmalinkonzentration im oberen Teil des Buntsandsteins auf 1–7% zurück. Granat und Apatit sind vor allem in der Mitte des oberen Abschnitts konzentriert mit maximal 15% Granat und 50% Apatit. Der untere Abschnitt ab 526 m stellt eine geschlossene Apatitfolge mit maximal 80% Apatit dar, die ohne Bruch in das liegende Grundgebirge übergeht.

Tonminerale: Illit und Kaolinit. Ähnlich wie in der Bohrung Dinkelsbühl 1001 setzt sich der Kaolinitgehalt des mu in den obersten 10 m des Buntsandsteins fort (10–20%), fällt in den folgenden 20 m auf 5–10% und steigt bis 515 m wieder auf 20%; nach einem erneuten scharfen Abfall steigt er bis zur Basis in etwa kontinuierlich auf 40% an.

Gesamtmineralbestand: Im Mittel 57% Quarz, 10% Feldspat, 1,4% Dolomit, 1,3% Fe_2O_3 , 31% Rest $\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}} = 15\%$. In der Folge liegen zwei stärker dolomitische Bänke, eine obere mit 18% Dolomit bei 510,5 und eine untere mit 33% Dolomit bei 523 m. Diese liegt an der Schwermineralgrenze Apatit, Zirkonprovinz, so daß man analog zur Bohrung Dinkelsbühl 1001 den Abschnitt 523–539 m als mittleren, die darüber liegende Serie als oberen Buntsandstein bezeichnen kann. Die untere Dolomitbank entspräche dann dem Grenzkarneolhorizont, die obere dem Weidenberger Karneolhorizont.

Erze: Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Pyrit, Meteorit?, ein isotropes Mineral mit sehr niedriger Lichtbrechung – Flußspat?

Grundgebirge: 538,89–562,00 km

Tonminerale: Der Kaolinitgehalt erreicht bis 540 m mit über 50% sein Maximum und geht dann bis 545 m auf 20% zurück.

Schwerminerale: Die Apatitvormacht setzt sich nahtlos bis 545 m fort (80–93%). Schwer- und Tonminerale wurden nur bis 545 m untersucht.

Gesamtmineralbestand: Der bis 556 m untersuchte Gesamtmineralbestand ist charakterisiert durch Zurückgehen des Quarz+Feldspat von im Mittel 67% im Buntsandstein auf 52% im Grundgebirge. Das $\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}}$ steigt auf 25%. Der oberste Meter 539–540 m ist mit 66% Quarz+Feldspat noch dem Buntsandstein ähnlich, mit 26% $\frac{\text{Fsp}}{\text{Fsp}+\text{Quarz}}$ dem darunter folgenden Teil des Grundgebirges.

Erze: Im untersuchten Teil bis 545 m tritt in allen Proben Bleiglanz auf, Zinkblende nur in 539–540 m.

3. Literatur

- FREYBERG, B. v.: (1954): Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benker Sandstein in Franken. – Erl. geol. Abh., 11, 3–47, Erlangen 1954.
- GUDDEN, H. & SCHMID, H. (1981): Über Bunt- und Schwermetallführung in ostbayerischen Trias-Sedimenten anhand einiger neuer Bohrungen (Weiden, Berching, Ortenburg). – Statusbericht Mineralische Rohstoffe, 1981, 269–280, BMFT, Jülich 1981.
- MEYER, R.K.F.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt 6635 Lauterhofen. – Bayer. Geol. Landesamt, in Vorbereitung.
- SALGER, M. (1975): Zur Petrographie und Mineralogie des Lichtenauer Sandsteins und benachbarter Sedimente der Schilfsandsteinstufe. – *Geologica Bavarica*, 74, 69–73, München 1975.
- (1977): 4. Mineralogie des Bohrprofils. – In Haunschild, H., Hörauf, H., und Salger, M.: Hydrogeologische, geologische und sedimentologische Untersuchungen am Bohrbrunnen Gersbach VII (Wasserversorgung der Stadt Ansbach). – *Geol. Bl. NO-Bayern*, 27, 11–114, Erlangen 1977.
 - (1982): Mineralogie der Forschungsbohrung Dinkelsbühl 1001. – *Geologica Bavarica*, 83 (ds. Bd.) München 1982.

Geologica Bavarica	83	163–165	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Die Forschungsbohrung Kallmünz 1982 (Kurzmitteilung)

VON HUBERT SCHMID

1. Allgemeines

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie getragenen Forschungsprogrammes, in dem 1981/82 bereits die Forschungsbohrung Eschertshofen niedergebracht worden war (siehe SCHMID, dieser Band), folgte im Sommer 1982 die Bohrung Kallmünz. Ziel der Bohrung war auch hier die Untersuchung der randnahen Trias auf Bunt- und Schwermetallführung. Die Bohrung durchteufte das Schichtenprofil von Malm Gamma bis zum Kristallinen Grundgebirge. Das Bohrgut wurde bisher lithologisch aufgenommen, die stratigraphische, mineralogische und geochemische Bearbeitung steht noch aus.

Die Bohrung wurde auf dem Gelände einer Sandgrube am nördlichen Ortsausgang von Traidendorf angesetzt (TK 6837 Kallmünz, r 45 96 342, h 55 48 918, Ansatzhöhe 345,30 m ü. NN). Bohrzeit war vom 15. 6. bis 1. 9. 1982, ausführende Firma H. Anger's Söhne/Hessisch Lichtenau, Endteufe 471 m, Bohrverfahren bis 200 m Rotary, von 200 m bis 471 m Kernbohrung.

2. Vorläufige Angaben zur Stratigraphie:

- 0 – 85 m Malm
- 106 m Oberer und Mittlerer Dogger
- 157 m Doggersandstein
- ca. 200 m Opalinuston
- 224,57 m Lias, die Untergrenze zum Feuerletten ist deutlich transgressiv
- 269,30 m ? Feuerletten, meist rote, teils auch graue und grüne Ton-, Schluff- und Sandsteine
- ca. 348 m ? Burgsandstein, meist grobkörnige, häufig geröllführende Sandsteine, überwiegend violettfarbig von 325 m bis 340 m kräftige Strahlungspeaks im Gamma-Log (ca. 10-facher Background), vermutlich auf kleine Uran-Anreicherungen zurückzuführen
- von 348 m bis 372 m auffallend häufige Karneolführung in grauen bis grauvioletten Geröllsandsteinen, wahrscheinlich der Blasensandsteingruppe zuzuordnen
- 426,30 m meist graue, grobkörnige, geröllführende Sandsteine – tieferer Keuper und Trias allgemein; lithologische Hinweise auf Vorkommen von Rotliegendem fanden sich nicht
- 471 m Kristallgranit mit großen, rosa Kalifeldspäten; oben stark vergrust, verwittert und zerbrochen

3. Zur Hydrogeologie

Austritte von artesisch gespannten Wässern wurden mit den notwendigen Vorsichtsmaßnahmen erwartet. Aus dem Doggersandstein traten ca. 2 l/sek. mit einer Temperatur von 11,8 °C und einem Druck von 0,2 bar am Bohrlochkopf aus.

Nach dem Erreichen der Dogger-Untergrenze bei 200 m wurde dieser Wasser-austritt durch Verrohrung und Rohrzementation abgedichtet. Aus den triadischen Sandsteinen flossen dem Bohrloch dann wieder geringe Mengen an artesisch gespannten Wässern zu. Durch das Einbringen einer, zunächst nicht einzementierten Hilfsverrohrung bis 361 m wurden diese Wässer getrennt in:

- Wasser aus Feuerletten bis Blasensandstein (?) – Ringraum
- Wasser aus den darunterliegenden Sandsteinen – Innenraum

Messungen und chemische Analysen ergaben folgende Werte:

Analytik: Dr. A. WILD/M. HAAS, Bayerisches Geologisches Landesamt

		Ringraum	Innenraum
Schüttung	l/sek	2	0,25
Auslauftemperatur	°C	12,7	12,4
pH		7,51	7,32
Ca ²⁺	mg/l	76,6	63,7
Mg ²⁺	mg/l	32,6	15,1
Fe ²⁺	mg/l	0,637	1,363
Mn ²⁺	mg/l	n.n.	0,463
NH ₄ ⁺	mg/l	n.n.	n.n.
Na ⁺	mg/l	4,2	118,5
K ⁺	mg/l	4,3	32,5
HCO ₃ ⁻	mg/l	394,2	371,0
SO ₄ ²⁻	mg/l	13,4	22,0
Cl ⁻	mg/l	1,4	140,4
NO ₃ ⁻	mg/l	0,2	0,1
NO ₂ ⁻	mg/l	<0,02	<0,02
SiO ₂	mg/l	8,7	9,1
Abd. Rückst.	mg/l	340	591
Gesamthärte	°d	18,2	12,3
Karbonathärte	°d	18,1	17,0
Nichtk.-Härte	°d	0,1	–
KMnO ₄ -Verbrauch	mg/l	5,710	1,684
Leitf.	(µS/cm b. 20 °C)	521	907

Hervorzuheben sind die erhöhten Na⁺-, K⁺- und Cl-Werte des tieferen Wassers. Der Druck am Bohrlochkopf lag für Ringraum und Innenraum zusammen gemessen bei 0,6 bar.

Nach Abschluß der Bohrarbeiten wurden die artesischen Wässer durch Zementationen und zwei Packer abgedichtet.

4. Literatur

SCHMID, H. (1982): 1. Stratigraphie und Lithologie. – In: SALGER & SCHMID: Die Forschungsbohrung Eschertshofen 1981 (vorläufige Mitteilung). – Geologica Bavarica (dieser Band), München 1982.

Das Rotliegende im Randbereich der Weidener Bucht

Von KLAUS E. HELMKAMPF, JÜRGEN KUHLMANN & DIETER KAISER

Mit 6 Abbildungen, 1 Tabelle und Beilage 4

Kurzfassung

Auf der Basis von 18 neuen Bohrungen (bis 644 m Teufe) und einem Oberflächenprofil wird die Abfolge v. a. des unteren Unterrotliegenden der Weidener Bucht (Oberpfalz) dargestellt.

Die Wechselhaftigkeit der Sedimentation (vertikal und lateral, z. T. sekundär) zwischen Rot- und Grausedimenten läßt die bisherige Gliederung sowie jede Möglichkeit einer regional korrelierbaren Lithostratigraphie zweifelhaft erscheinen.

Aus der Mächtigkeitsverteilung ist auf einen Nord-Süd verlaufenden Beckenrand unweit östlich der heutigen Randstörung zu schließen. Die Sedimentation erfolgte in einer, ausweislich der Korngrößenentwicklung nach Norden gerichteten fluviatilen Sammelrinne und im Wechsel von Flußbett- und Überflutungsablagerungen. Hauptliefergebiet war das Kristallin der unmittelbaren Nachbarschaft, an erster Stelle sehr wahrscheinlich die bereits entblößten spätvariskischen Granite (z. B. Leuchtenberger Granit).

Die Kristallinoberkante und die Schichten des Unterrotliegenden fallen flach ($7-15^\circ$) nach Westen ein. Die im Osten begrenzende Randstörung (Fränkische Linie) ist auch im Bereich der Weidener Bucht eine nach E einfallende Aufschiebung des Grundgebirges auf die Sedimente, der hier streckenweise eine zweite, parallel verlaufende Aufschiebung innerhalb der Sedimente zugeordnet werden kann.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	168
2. Durchgeführte Untersuchungen	168
3. Abfolge	170
3.1 Konglomerat-Arkosenzone (ru 3)	170
3.2 Unteres Unterrotliegendes (ru 2/1)	170
3.2.1. Raum Weiden	171
3.2.2. Raum Bechtsrieth	172
3.2.3. Raum Irchenrieth-Engleshof	172
3.2.4. Korrelierung	173
4. Mächtigkeiten	176
5. Lagerungsverhältnisse.	178
5.1. ru 2-Oberkante.	178
5.2. Kristallin-Oberkante.	178
5.3. Störungen	181
6. Paläogeographische Interpretation	182
6.1. Lithofazies	182
6.2. Klima und Milieu	183
6.3. Konfiguration und Liefergebiet	184
7. Literatur	186

1. Einleitung

Im Rahmen der Prospektion auf sedimentäre Uranlagerstätten in der Oberpfalz war die Schichtfolge des Unterrotliegenden der Weidener Bucht das Ziel eines gesonderten Programms. Die Arbeiten (i. w. Bohrungen) erbrachten naturgemäß auch Ergebnisse von regionalgeologischem Interesse, die hier beschrieben werden sollen, zumal das Rotliegende der Weidener Bucht und ihrer Umgebung seit schon mehr als 50 Jahren keine Bearbeitung mehr erfahren hat (VON KÖNIGSWALD 1929; DE TERRA 1925; AMMON & REIS 1927).

Alle hier vorgestellten Ergebnisse stammen aus der Prospektionstätigkeit der Saarberg Interplan Uran GmbH. Die Verfasser danken der Unternehmensleitung für die Genehmigung zu dieser Veröffentlichung.

Dank gilt ferner Herrn Dr. H. GUDDEN vom Bayerischen Geologischen Landesamt, der in gemeinsamen Diskussionen wertvolle Anregungen gab und den Fortgang der Arbeiten stets wohlwollend unterstützte.

2. Durchgeführte Untersuchungen (s. Lageplan Abb. 1)

Bohrungen:¹⁾ Innerhalb eines rund 1 km breiten Streifens entlang der Süd- und Ostbegrenzung der Weidener Bucht wurden 18 vertikale Bohrungen (V 1–V 8) mit Endteufen zwischen 644 m (V 13) und 110 m (V 5) niedergebracht. 16 Bohrungen waren kostengünstige Meißelbohrungen (Vollbohrungen), 2 Bohrungen wurden teilweise gekernt, wobei die Kernstrecken 151 m (in V 16) bzw. 22 m (in V 15) betragen.

Die Ansprache der Lithologie in den Vollbohrungen erfolgte in der üblichen Weise durch Synopsis von Spülproben (3-m-Abstand-kumulativ; Binokularuntersuchung), geophysikalischen Logs (Gamma-, Eigenpotential-, Widerstand-) und Vergleichsprofilen.

Profilaufnahme: Das Profil der ehemaligen Ziegeleigrube Keller (östlich Weiden) wurde detailliert aufgenommen. Dieser einzige größere Oberflächenaufschluß war 1929 durch VON KÖNIGSWALD bearbeitet worden. Das damals zugängliche Profil ist heute zugeschüttet, während die im Hangenden anschließenden Partien auf ca. 200 m Breite aufgeschlossen sind bzw. durch Schürfen freigelegt werden konnten (auch diesem Profil droht Verfüllung).

Geophysik: Drei geoelektrische Tiefensondierungen (Widerstandsmessungen) auf einem Ost-West-Profil zwischen Irchenrieth und Enzenrieth dienten der Bestimmung der Teufenlage der Kristallin-Oberkante.

Kartierung: Die Ost- und Süd-Begrenzung der Weidener Bucht wurde geologisch kartiert, wobei auch auf Oberflächengeophysik (Magnetometrie, Radiometrie) sowie auf Flachbohrzeilen zurückgegriffen werden konnte.

Fotogeologie: Zur Erkennung des Störungsmosaiks wurde eine fotogeologische Interpretation anhand von Landsat-Aufnahmen und Luftbildern durchgeführt.

¹⁾ durchgeführt 1978/79 und 1980 mit Unterstützung d. Europ. Gemeinschaft

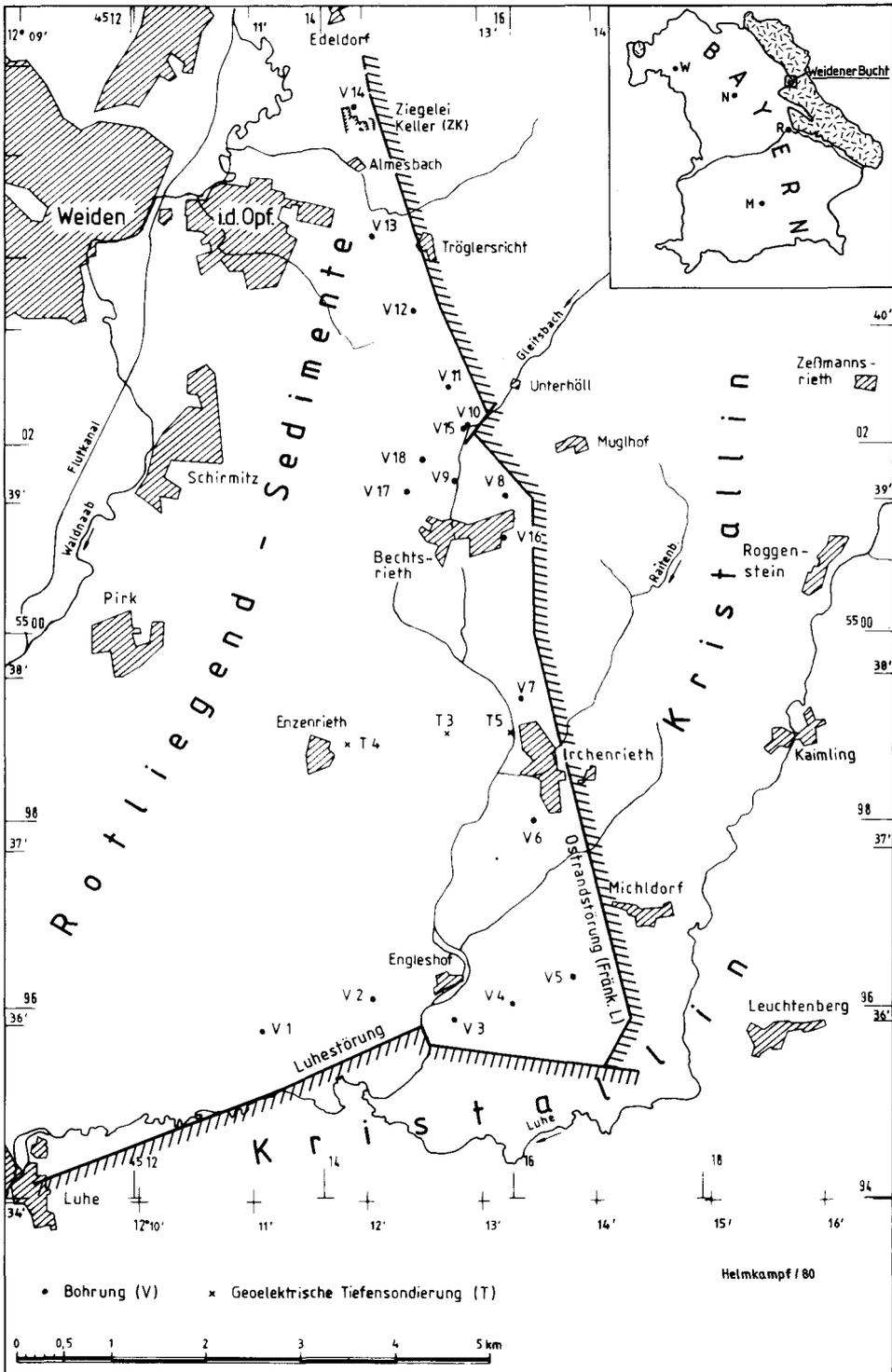


Abb. 1. Lageplan der Weidener Bucht.

3. Abfolge

Die Gliederung des Oberpfälzer Unterrotliegenden nach DE TERRA (1925), VON KÖNIGSWALD (1929) und der Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 (z. B. TILLMANN et al. 1963) unterscheidet zwischen:

– ru 4	Tuffit-Anhydrit-Zone	rot, tonig, z. T. anhydritartig
– ru 3	Konglomerat-Arkosen-Zone	rot, grobklastisch
– ru 2	Brandschieferzone	grau, Ton/Sand, z. T. kohlig
– ru 1	Untere Rote Sandsteinzone	rot, Sand/Ton

Die vorliegende Untersuchung erfaßte nur die Zonen von ru 1 bis ru 3, da die ru 4-Zone lagerungsbedingt erst weiter westlich im Beckeninnern erscheint. Etwa die Hälfte der Bohrungen erreichte unter dem Rotliegenden das Kristallin.

3.1. Konglomerat-Arkosenzone (ru 3)

Hauptfolge: Die Hauptfolge der ru 3-Zone (hier: ru 3h) besteht aus einer >500 m mächtigen Sequenz vorwiegend grobklastischer Rotsedimente (Arkosen. Konglomerate, rote Kornüberzüge) mit gelegentlichen Zwischenschichten von ziegelrotem Siltstein bis Mittelsandstein. Auf der Basis von Spülproben und Logs war sie nicht weiter korrelierbar zu gliedern. Regional ließ sich eine weniger grobe Fazies im Bereich von Bechtsrieth und eine besonders grobe, konglomeratische bei Tröglersricht-Almesbach erkennen. Letzterer gehörten wohl auch die groben Konglomerate in nicht mehr bestehenden Aufschlüssen bei Almesbach und am Weidener Postkeller an (VON KÖNIGSWALD 1929).

Übergangsfolge: Der liegende Teil des ru 3 war als eine von der Brandschieferzone her überleitende Folge (ru 3ü) stets deutlich zu unterscheiden. Sie besteht im nördlichen und mittleren Bereich zwischen Edeldorf und Bechtsrieth aus einem nur 10–25 m mächtigen Ton-/Siltsteinpaket, im Hangenden von violett- bis braunroter Farbe, zum Liegenden zunehmend grün und graugrün. Teilweise sind dünne helle Arkosen eingeschaltet.

Im südlichen Bereich (Irchenrieth bis Engleshof) ist die hier 25–70 m mächtige Übergangsfolge dreigliedert in ein oberes violettbraunes Siltsteinpaket, ein dickes mittleres, hellrötliches bis gelbes (rosa/orange Feldspäte) Arkosen/Sandsteinpaket und ein meist sehr dünnes, rotbraunes, unteres Siltsteinpaket.

3.2. Unteres Unterrotliegendes (ru 2/1)

Die hangendste, eindeutig graue Lage (Ton-/Siltstein) wurde als Obergrenze der Brandschieferzone (ru 2) betrachtet. Deren Untergrenze ist in der Weidener Bucht jedoch problematisch. VON KÖNIGSWALD rechnete die gesamte Folge zwischen ru 3 und Kristallin zumindest in der nördlichen Weidener Bucht (z. B. Ziegelei Keller) dem ru 2 zu, d. h. die Sedimentation würde mit diesem beginnen. Hier soll zunächst dieses gesamte Schichtpaket neutral als „unteres Unterrotliegendes“ (ru 2/1) zusammengefaßt werden.

Regional ergab sich eine Aufgliederung des Untersuchungsgebietes in drei Bereiche, die je durch eine typische Abfolge gekennzeichnet sind.

3.2.1. Raum Weiden (Edeldorf bis westl. Unterhöll)

In diesem nördlichen Bereich kann als Typusprofil das der Ziegelei Keller gelten (Beilage 4).

Hier sind – steilstehend und querschlägig – unter dem ru 3ü etwa 180 m unteres Unterrotliegendes aufgeschlossen. Östlich der Ziegelei gibt es im Liegenden nochmals ein kleines Hohlwegsprofil am Fischer Berg, das bis über die Randverwerfung reicht.

Dieses kombinierte Profil besteht unterhalb des ru 3 von hangend nach liegend aus folgenden Abschnitten (wahre Mächtigkeiten):

105 m graue, zyklische Wechsellagerung, bestehend aus einem rhythmischen Wechsel grauer bis schwarzer Feinsedimente (z. T. Brandschiefer) mit vorwiegend hellen, konglomeratischen Arkosen, wobei nach Korngröße und Dauer je 6mal ein Maximum (bzw. Minimum) erreicht wird, was eine Gliederung in 6 Sedimentationszyklen ergibt (Arkosen-Anteil ca. 35%).

Die beteiligten Sedimenttypen sind im einzelnen wie folgt ausgebildet:

- a) Grobe Arkose, meist schwach konglomeratisch (Gerölle bis 10 cm), beige bis hellgrau (im Hangendsten Zyklus auch schwarz, kohlig-bituminös) Feldspäte orangerot (bis 2 cm), weiße Tonmatrix; vorw. dick- und mittelbankig, z. T. kreuzgeschichtet.
- b) Feinsandstein, grau, siltig; mit groben Feldspateinschwemmungen in den liegenden Zyklen.
- c) Siltstein, grau, z. T. mit Karbonatlinsen u. -lagen (vorw. Dolomit).
- d) Tonstein, dunkelgrau bis schwarzgrau, z. T. mit Pflanzenresten (im 4. Zyklus einige sehr dünne rote Lagen).
- e) Brandschiefer (kohlig Tonschiefer), schwarz, mit Pflanzenresten.
- f) „Bentonit“ (Quellton), weiß oder pastellfarbig bunt, plastisch, tuffogen, dünne Lagen innerhalb der Tonsteinpakete.

75 m rot-bunte sandige Schichten, zu je etwa 50% bestehend aus:

- a) Grobe Arkosen, z. T. konglomeratisch, rosa, rotviolett, beige, Feldspäte orange (bis 3 cm); vorw. dickbankig, kreuzgeschichtet, Rinnenfüllungen (z. B. 5 m × 1 m).
- b) Siltiger Feinsandstein, sandiger Siltstein und Tonstein, vorw. violettrot, grün, selten grau, häufig grobe Feldspateinschwemmungen, z. T. Karbonatknollen u. dünne Kalkröhrchen; eine einzelne dünne Brandschieferlage.

60–80 m Aufschlußlücke; in deren hangender Hälfte lag die Ziegeleigrube zur Zeit von KÖNIGSWALDS. Er beschrieb helle Arkosen, graue dichte Arkosen, graue und rote Tone mit groben Einschwemmungen (Feldspat, Quarz). Außerdem sollen 12–15 m Tuffite aufgetreten sein. Offenbar überwogen nicht-rote Sedimente in diesem Profilteil.

5 m Hohlwegsprofil am Fischer Berg, bestehend aus hellen, groben, konglomeratischen Arkosen und glimmerreichem Silt-/Feinsandstein; grau, violettrot und grün.

Im Liegenden werden die Sedimente von glimmerreichem Gneis, d. h. durch die hier direkt aufgeschlossene Randverwerfung, abgeschnitten. Nur 20 m weiter östlich folgt ein ca. 20 m breiter Quarzporphyr-Gang, der etwa parallel zur Randverwerfung streicht und den Doppelgang von Tröglersricht nach Norden fortsetzt (letzterer kann nach Süden durch Lesesteine noch bis in den Raum Bechtsrieth verfolgt werden).

Die Abfolge in den Bohrungen V 13 und V 11 entspricht der im Ziegeleiprofil, wobei sich die Zyklen der grauen hangenden Partie besonders in den Eigenpotential-Logs gut ausprägen.

Die Profile der ebenfalls in diesem Bereich liegenden Bohrungen V 14 und V 12 sind durch Störungen und Steilstehende Schichten verfälscht und daher stratigraphisch unbrauchbar. Keine der 4 Bohrungen erreichte das Kristallin.

3.2.2. Raum Bechtsrieth

Um Bechtsrieth wurden sieben Bohrungen niedergebracht; ein vollständiges Kernprofil der Schichten unterhalb des ru 3 ergab die Bohrung V 16. (Beilage 4). Es ist von hangend nach liegend wie folgt gegliedert:

34 m graue tonige Schichten, vorwiegend bestehend aus grauem und schwarzem Ton-/Siltstein (mit Pflanzen, Pyrit, Karbonatknollen im oberen Teil), unterbrochen von wenigen grünlichen Fein- bis Mittelsandsteinlagen (z. T. tuffitisch), sowie Gruppen weißer bis gelbgrüner „Bentonit-Lagen“ (tuffogener Quellton). Sandsteinanteil ca. 10%.

24 m grau-bunte-sandige Schichten bestehend vor allem aus grauen, beigen und grünen Arkosen und Konglomeraten, im Wechsel mit untergeordnet Feinsandstein (mit groben Feldspateinschwemmungen) und Ton-/Siltstein (mit Karbonatknollen), die in der oberen Hälfte der Einheit stets grau, gegen die Basis zunehmend bunt (grün, Tone auch rot) sind. Arkosen/Konglomerat-Anteil: ca. 85%.

41 m rote sandige Schichten, bestehend aus einem Wechsel von violettrotten bis rosa tonigen Arkosen/Konglomeraten mit violettrottem Siltstein. Arkosen/Konglomerat-Anteil: ca. 65%.

38 m hellgraue sandige Schichten, überwiegend bestehend aus sehr hellen Arkosen und Konglomeraten, die mit grauem Siltstein wechseln (dieser mit groben Feldspateinschwemmungen; Pyrit; schnelle grünliche Verfärbung a. d. Luft). Arkosen/Konglomerat-Anteil: ca. 75%.

1 m rotes Basis-Fanglomerat, tonig mit grobem (> 10 cm), eckigem Schutt aus weißem derbem Quarz.

Kristallin, bestehend aus grün verwittertem glimmerreichem Gneis.

Alle übrigen Bohrungen um Bechtsrieth sind ohne weiteres in dieses Kernprofil der V 16 einzuhängen. Von ihnen wurden die Bohrungen V 8, V 9 und V 10 ebenfalls bis ins Kristallin abgeteuft. Die Bohrung V 8 erreichte dieses nach etwa der gleichen ru 2/1 Mächtigkeit wie V 16. In V 9 und V 10 schiebt sich eine zusätzliche Basisschicht von 20–25 m unter die hellgrauen sandigen Schichten. Mit diesem wieder bunteren Schichtpaket ist sicherlich die rote Basisbank in V 16 korrelierbar.

Ein ähnliches Profil war auch im Gas-Fernleitungsgraben zwischen Bechtsrieth und Irchenrieth aufgeschlossen.

3.2.3. Raum Irchenrieth – Engleshof

Im südlichen Bereich liegen die Bohrungen V 1 bis V 7. Hier stand weder ein brauchbarer Oberflächenaufschluß, noch eine Kernbohrung zur Verfügung. Glücklicherweise war aber die Qualität sowohl der Spülproben als auch der Logs hier besonders gut, infolge der geringeren Teufenlage und der durchweg guten Bohrlochverhältnisse (Fehlen der technisch problematischen Quelltonlagen).

Das vollständigste und beste Profil liefert die Bohrung V 3 (vom Hangenden zum Liegenden):

25 m graue Tonschichten, wohl fast ausschließlich bestehend aus grauem, zuunterst schwarz-grauem Tonstein; in der Mitte ein dünnes rotes Band.

30 m graue Silt-/Feinsandstein-Schichten, oben beginnend mit grauem Siltstein, dann übergehend in überwiegend grauen Feinsandstein, in den im untersten Teil drei charakteristische graue Arkosenbänke eingeschaltet sind.

100 m graue Sandstein-Schichten, bestehend zu ca. 80% aus hellgrau-beigen, z. T. konglomeratischen Arkosen mit orangefarbigem Feldspäten, sowie untergeordnet Ton-/Siltstein und Feinsandstein (grau, auch grüngrau).

Kristallin: Gneis

Die gleiche, von durchgehend grauer Sedimentfarbe und kontinuierlicher Korngrößenabnahme zum Hangenden gekennzeichnete Abfolge findet sich auch in den übrigen Bohrungen dieses Bereichs (mit gewissen Mächtigkeitsschwankungen). Das Kristallin wurde in allen Bohrungen außer V 2 und V 1 erreicht. In V 7 war die Abfolge durch steiles Einfallen verfälscht. In V 6 und V 7, mit Annäherung an den Raum Bechtsrieth, treten erstmals ein bis zwei weiße Quelltonlagen („Bentonit“) in den hangendsten Partien auf.

3.2.4. Korrelierung (Abb. 2 u. 3)

Die Profile des nördlichen und mittleren Teiles der Weidener Bucht sind offenbar Varianten einer grundsätzlich vergleichbaren Abfolge, wie in Tab. 1 deutlich wird. Auch der zyklische Aufbau der hangenden grauen Schichten in der Ziegelei Keller ist andeutungsweise im oberen, grauen Teil der Folge von Bechtsrieth noch erkennbar. Darunter folgen in beiden Fällen sandige Rotsedimente, die in Bechtsrieth von hellgrauen, grobkörnigen Schichten unterlagert werden, deren Äquivalent in der Ziegelei Keller die durch VON KÖNIGSWALD beschriebenen, heute aber nicht mehr aufgeschlossenen Schichten sein dürften.

Dem nördlichen und mittleren Randbereich der Weidener Bucht ist demnach die folgende lithologische Gliederung des unteren ru gemeinsam:

- Obere Graufolge (= Brandschieferfolge s. str.)
- Mittlere Rotfolge
- Untere Graufolge
- (?Bunte) Basisfolge

Diese Gliederung läßt sich im Süden jedoch nicht erkennen. Die hangenden grauen Tonschichten halten zwar aus, aber innerhalb der übrigen Abfolge ist wegen des gänzlichen Fehlens der gliedernden Rotsedimente nicht zu korrelieren.

Der Versuch, die der Erbdorfer Abfolge (DE TERRA) entstammende Zweigliederung des unteren Unterrotliegenden (rotes ru 1, graues ru 2) auf die Weidener Bucht zu übertragen, ist ebenfalls problematisch:

- Erstens findet ein stratigraphischer Wechsel zwischen Rot- und Grausedimenten dort offenbar nur einmal, hier mehrmals statt, jedenfalls im Nordteil;
- zweitens halten selbst innerhalb der Weidener Bucht die Einheiten lateral nur begrenzt aus und Rotfazies lag möglicherweise schon primär neben Graufazies, wie das auch anderswo aus feuchtwarmem bis semiaridem, fluviatil-lakustrischem Milieu bekannt ist;
- drittens kann das Bild stark durch sekundäre Veränderungen der Sedimentfarbe modifiziert sein, wie sie lokal nachzuweisen sind (s. w. u.).

Aus diesen Gründen muß offen bleiben, ob und ggf. durch welche Schichtglieder die „Untere Rote Sandsteinzone“ (ru 1) von Erbdorf in der Weidener Bucht vertreten ist. Sowohl die „Mittlere Rotfolge“ käme dafür in Frage, als die bunten Basisschichten, oder keine von beiden. Da kaum Kriterien zu erwarten sind – wenn nicht paläontologische – die dies eindeutig klären könnten, und da in Erbdorf selbst die Verhältnisse nicht so eindeutig sind, kann der Versuch, die dortige ru 2 / ru

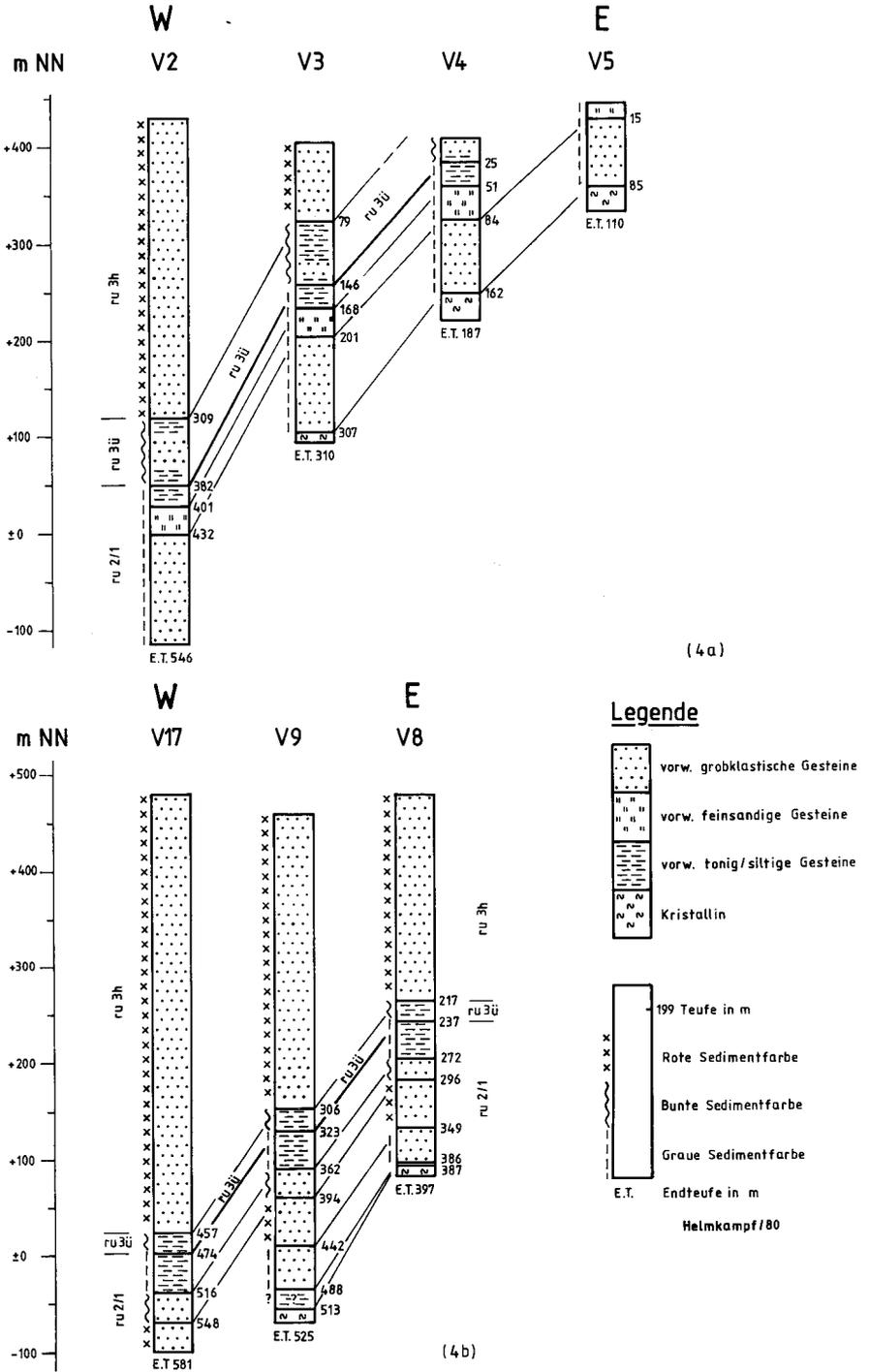


Abb. 2. Korrelation der Bohrungen am Südrand der Weidener Bucht (4a) und auf einem Ost-West-Profil bei Bechtsrieth (4b).

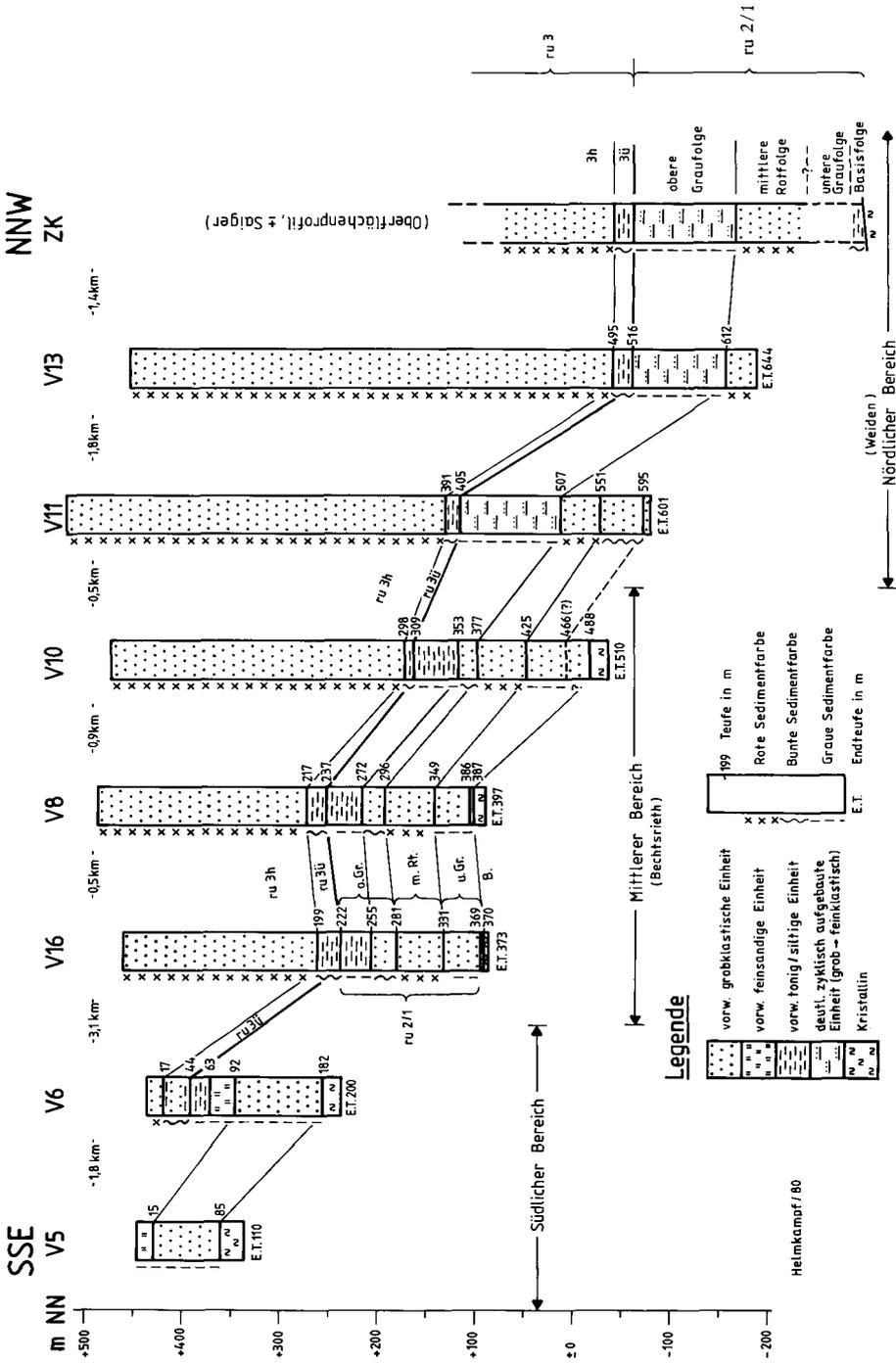


Abb. 3. Korrelation der Bohrungen am Ostrand der Weidener Bucht.

1-Unterscheidung regional anzuwenden und auf die Weidener Bucht zu übertragen als wenig aussichtsreich und vorerst nicht sinnvoll gelten. Es bleibt nur übrig, wie hier geschehen, die Schichten zwischen ru 3 und Kristallin als unteres Unterrotliegendes (ru 2/1) zusammenzufassen und lokal zu gliedern.

Tabelle 1: Korrelierung der Unterrotliegend-Abfolge am Rand der Weidener Bucht

Südliche Weidener Bucht	Mittlere Weidener Bucht (Bechtsrieth)	Nördliche Weidener Bucht (Weiden)			
Rote Hauptfolge			h	ru 3	
Übergangsfolge			i		
Graue Tonschichten	Graue Tonige Schichten	Graue zyklische Wechsellagerung (6 Zyklen)	Obere Graufolge	ru 2/1	
Graue Silt-/ Feinsandstein-Schichten	Grau-bunte sandige Schichten				
??	Rote sandige Schichten	Rot-bunte sandige Schichten	Mittlere Rotfolge		
Graue Sandstein-Schichten	Hellgraue sandige Schichten	(Hellgraue-bunte, vorwiegend sandige Schichten heute nicht aufgeschlossen)	Untere Graufolge		
	Rot-bunte Basisschichten	Grau-bunte Basisschichten	Basissfolge		
Kristallin					

4. Mächtigkeiten (Abb. 4)

Die Gesamtmächtigkeit des unteren Unterrotliegenden bewegt sich zwischen ca. 250 m in der Ziegelei Keller und 130 m in der Bohrung V 4. Die Konstruktion von Isopachen ergibt eine stetige Mächtigkeitsabnahme von West nach Ost. Sie beträgt ca. 12% /km am Südrand der Weidener Bucht (V 2 nach V 4), ca. 18% /km im Bereich der Tiefensondierungen bei Irchenrieth und fast 40% /km lokal bei Bechtsrieth (V 9 nach V 8).

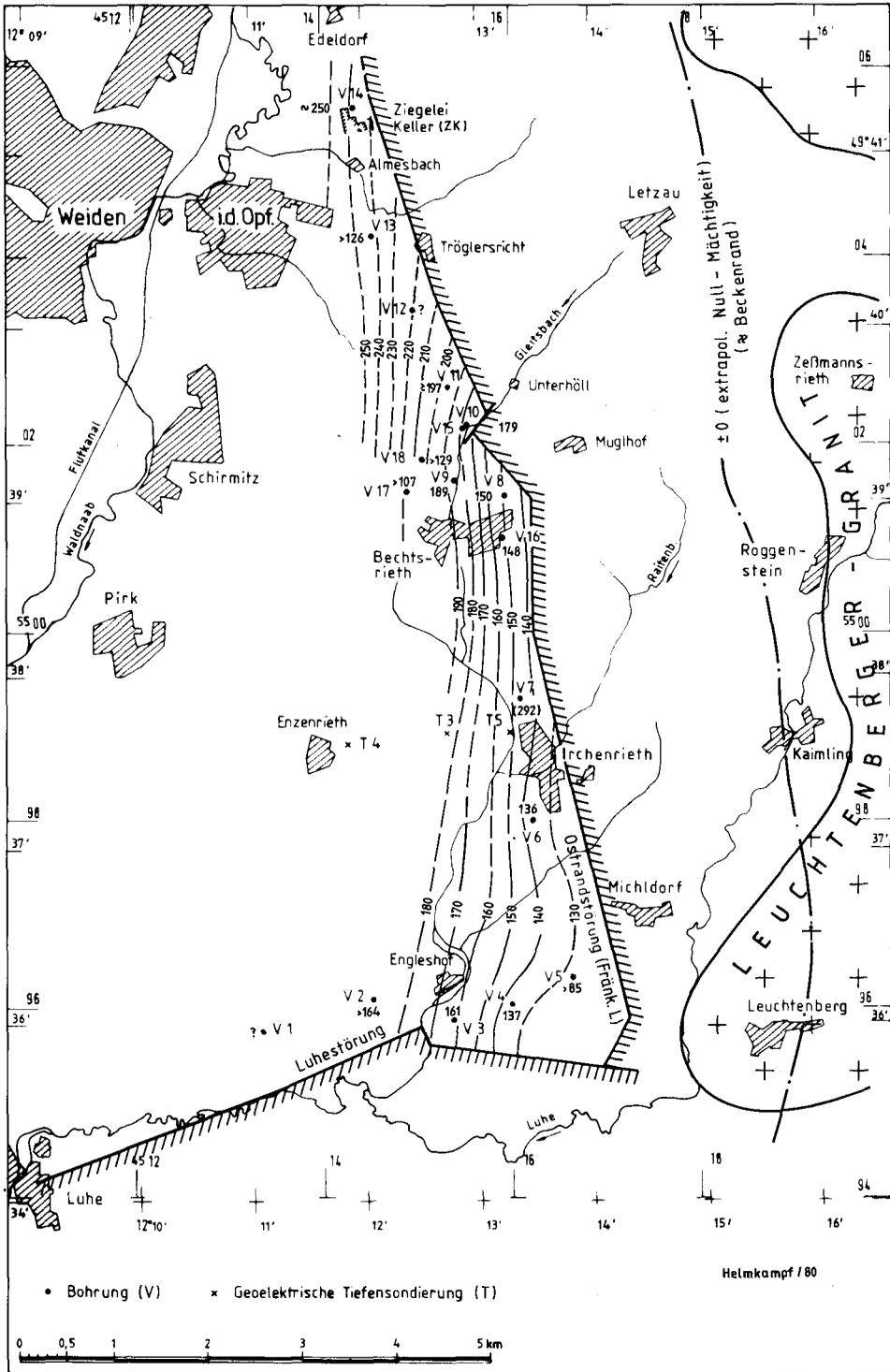


Abb. 4. Mächtigkeit der ru 2/1-Zone (in Metern).

Es findet demnach ein sedimentäres Auskeilen des unteren Unterrotliegenden gegen einen östlichen Beckenrand statt. Im südlichen und mittleren Abschnitt geschieht dies ausschließlich durch Schichtenreduktion von der Basis her. Bei kontinuierlicher Fortsetzung der ermittelten Reduktion läßt sich die Null-Linie der Sedimentation, also der Beckenrand, etwa 2–3 km östlich der jetzigen Randstörung festlegen. Interessanterweise fällt dies in etwa mit dem Intrusivkontakt des spätvariskischen Leuchtenberger Granits zusammen, der als fast saiger stehende Tafel im metamorphen Kristallin gedeutet wird (MADEL 1975).

Im Norden ist von der Ziegelei Keller nach Bechtsrieth eine nahezu 50%ige Mächtigkeitenabnahme auch der hangenden Einheiten, (Obere Graufolge und Mittlere Rotfolge), festzustellen. Da die Bohr- bzw. Aufschlußpunkte hier alle auf einer Linie liegen (NNW-SSE), ist nicht zu entscheiden, ob auch das nur die Annäherung an den östlichen Beckenrand widerspiegelt, oder ob in diesen Einheiten zusätzlich ein Nord-Süd-Trend auftritt, der dann sicher mit dem Fazieswechsel in Richtung zur südlichen Weidener Bucht in Zusammenhang stünde.

In der Übergangsfolge ru 3ü ist mit Bestimmtheit ein solcher Nord-Süd-Trend nachweisbar, allerdings in umgekehrter Richtung (70 m im Süden, 20 m im Norden).

5. Lagerungsverhältnisse

5.1. ru 2-Oberkante

Eine Lagerungskarte der ru 2-Oberkante gibt Abb. 5. Demnach fällt die Brandschieferzone sowohl im Süden als im mittleren Bereich bei Bechtsrieth mit 7° bis 13° nach Westen ein. Die Bohrkerne (V 16, V 15) lassen auf ein ähnliches Einfallen schließen.

In der Gegend von Irchenrieth ergaben die Tiefensondierungen an einer wohl etwas höher gelegenen Sprungschicht (Oberkante ru 3ü?) ein W-Fallen um 20°. Steileres Einfallen in dieser Gegend bestätigte auch die Bohrung V 7 und die Aufschlüsse im benachbarten Pipelinegraben.

Ein Wechsel zwischen steiler und flacher Lagerung charakterisiert den nördlichen Bereich. In V 11 wurde flache, in V 12 steile, in V 13 flache Lagerung beobachtet. Im Bereich der Ziegelei Keller fällt der liegendste Teil mit 20–30° nach NW ein (Str. um N 50° E), der Hauptteil steht saiger (Str. um N 20° E), die hangendste Partie ist steil überkippt (Str. um N 45° E). Hierauf wird weiter unten eingegangen.

5.2. Kristallinoberkante

Die erstellte Tiefenlinienkarte für die Kristallinoberkante (Abb. 6) zeigt als Gesamtbild ebenfalls ein mäßig flaches Absinken unter ca. 12°–15° nach Westen. Im Detail ergab sich: In der südöstlichsten Bohrung V 5 wurde das Kristallin bereits in 85 m Teufe (+355 m NN) erbohrt. Von hier aus taucht es nach Westen, entlang dem Südrand der Weidener Bucht, unter ca. 12° ab und war in V 2 bei 546 m Endteufe (–116 m NN) noch nicht erreicht. In der noch weiter westlich gelegenen Bohrung V 1 blieb unklar, ob auf den letzten Metern das Kristallin oder ein sedimentäres Kristallin-Konglomerat durchteuft wurde. Im ersten Fall würde dies einen abrupten Wiederanstieg des Kristallins unter Ausfall des ru 2/1 bedeuten.

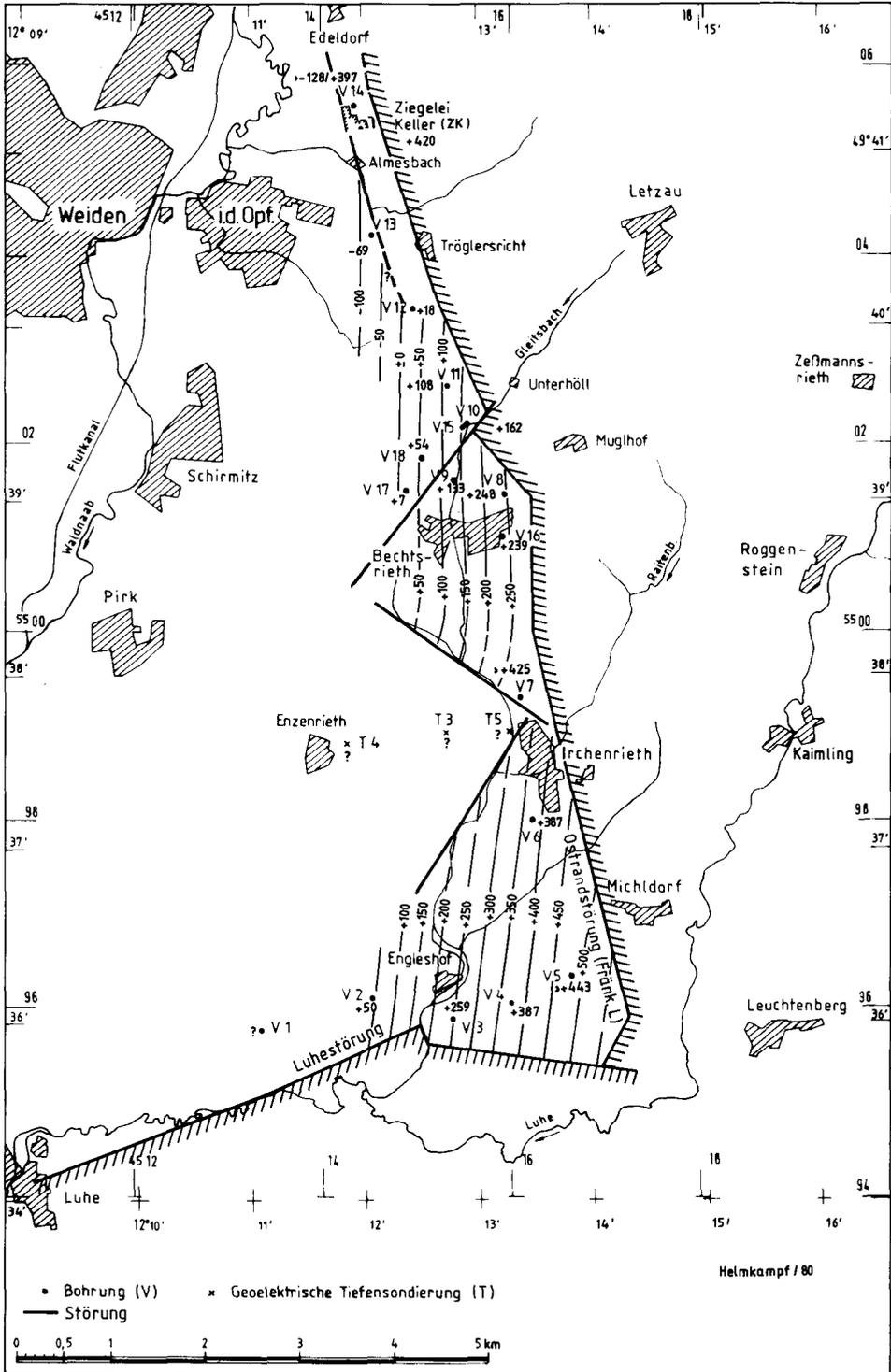


Abb. 5. Tiefenlinien der ru 2/1-Oberkante (m über NN).

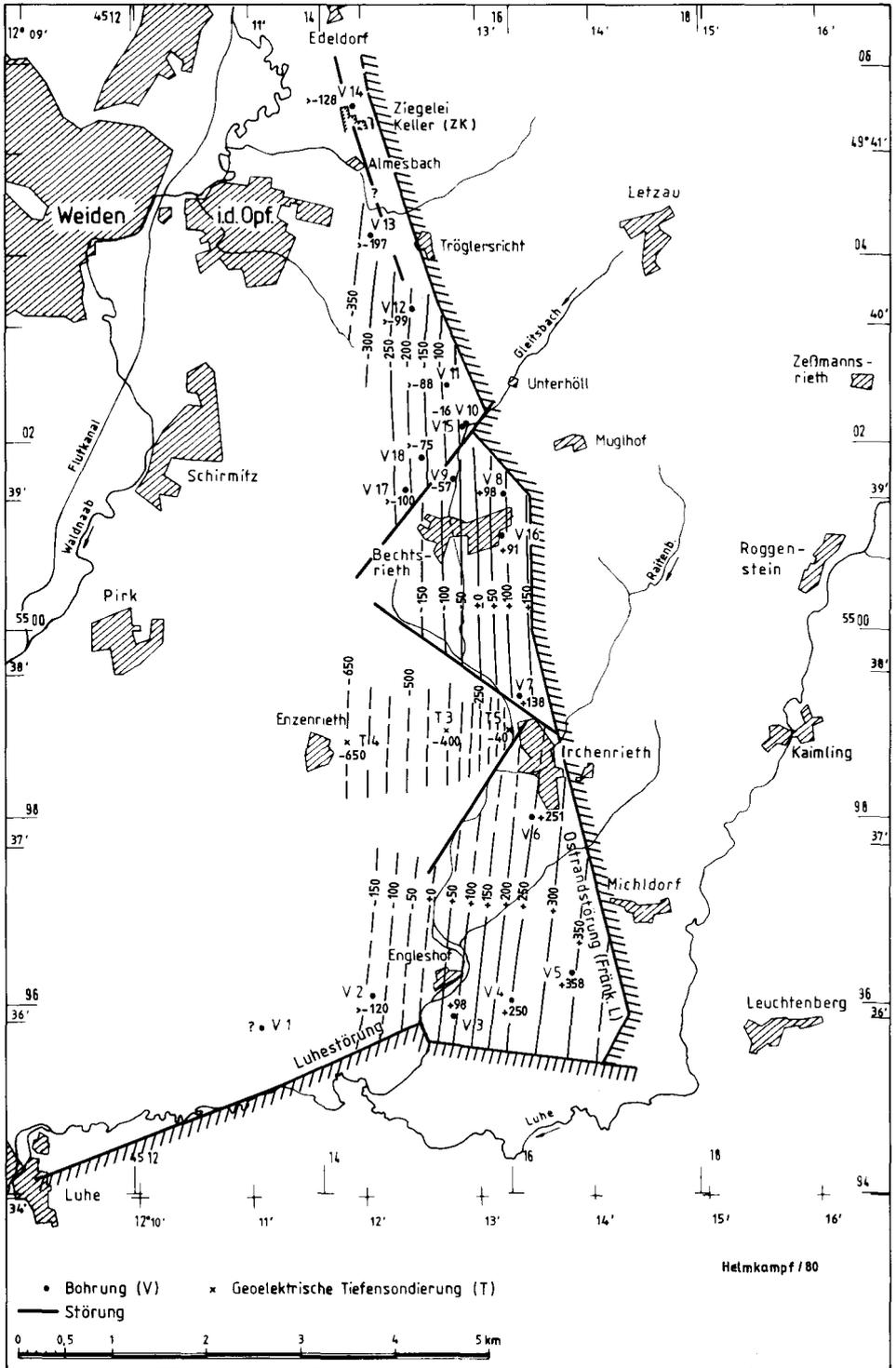


Abb. 6. Tiefenlinien der Kristallin-Oberkante (m über NN).

Entlang der nach NNW fortschreitenden Bohrlochreihe am Ostrand der Weidener Bucht wurde das Kristallin mit jedem Schritt auch in dieser Richtung tiefer angetroffen, was sich jedoch auch hier, gestützt auf die Bohrungen im Raum Bechtsrieth, als reines West-Einfallen erwies. Zwischen V 8 und V 9 errechnet sich dabei ein Winkel von ca. 16° . In V 10 wurde das Kristallin in 488 m Teufe (-16 m NN) erbohrt. In V 11 wurde es (bei 600 m Endteufe) wohl knapp, in allen nördlicheren Bohrungen bei weitem verfehlt. Es dürfte in V 13 nahe -300 m NN liegen.

Der Bereich der 3 geoelektrischen Tiefensondierungen bei Irchenrieth ist wiederum durch teilweise wesentlich steileres Abtauchen auffällig. Hier sinkt die Kristallinoberkante im Osten mit ca. 30° W ein und verflacht sich im Westen auf ca. 15° W. Bei Enzenrieth liegt sie in ca. 1100 m Teufe (-650 m NN).

5.3. Störungen

Die östliche Randstörung der Weidener Bucht ist im Hohlweg am Fischer Berg aufgeschlossen. Sie erscheint dort als ca. N 160° E streichende Aufschiebungsfläche des Grundgebirges auf die Sedimente. Dies steht im Einklang mit dem generellen Aufschiebungscharakter der Fränkischen Linie (VON FREYBERG 1969). Der Einfallswinkel der Störung wurde als 35° E gemessen, dürfte de facto aber wesentlich steiler sein (Hangfließen).

Im Profil der Ziegelei Keller ist randbruchparallele Kleintektonik zu sehen (Verschiebungsbeträge <1 m), wobei je etwa zur Hälfte Auf- und Abschiebungen vorliegen. Im jetzt verschütteten Oststoß waren seinerzeit auch Querstörungen angeschnitten (VON KÖNIGSWALD).

In der nur ca. 100 m nördlich der Ziegelei abgeteufte Bohrung V 14 wurde nach 68 m Übergangsfolge (ru 3ü) und Oberer Graufolge eine Störung durchteuft; darunter folgten fast 500 m rote Arkosen des ru 3h und wiederum die Übergangsfolge. Hier liegt also nochmals eine größere Aufschiebung vor. Vermutlich handelt es sich um eine dem Randbruch etwa 300 m westlich vorgelagerte, zum Randbruch parallel verlaufende Aufschiebung, die von Zollhaus bis südlich Edeldorf aushaltend morphologisch durch die Kerbe des Zollhaus Baches/Almes Baches markiert wäre. So ließe sich auch das Schichtlagerungsbild im Ziegeleiprofil (und das mutmaßliche Steilstehen in V 12) erklären, nämlich als Abschleppungsfalte auf dem hangenden, östlichen, aufgeschobenen Flügel dieser nach E einfallenden Aufschiebung.

Im Becken selbst scheinen SW-NE und SE-NW verlaufende Elemente im Vordergrund zu stehen, die sich vom Kristallin her durchpausen (z. B. Richtung der Kerbtäler am Kristallinrand, fortgesetzt in den rechtwinklig versetzten Abschnitten des Gleitsbaches). Dieses Muster ergibt auch die fotogeologische Interpretation. Die Versatzbeträge scheinen stark zu variieren, da die Schollen dieses Mosaiks unterschiedlich stark nach W gekippt sind.

Ob die etwas lebhaftere Tektonik im Raum Irchenrieth (siehe V 7, Pipelinegraben, Tiefensondierungen) nur auf ein solches Schollenkreuz zurückgeht oder zusätzlich auf eine randbruchparallele Störung wie weiter im Norden, bzw. eine Abschleppung am Randbruch selbst, läßt sich vorerst nicht entscheiden.

6. Paläogeographische Interpretation

6.1. Lithofazies

In den rot-bunten Schichten (Mittl. Rotfolge) der Ziegelei Keller wurden sehr deutliche Formen fluviatiler Sedimentation angeschnitten. „Channeling“ im 1–5-m-Bereich, trogförmige Schrägschichtungskörper von 0,5–1 m Querschnitt, Kappung dicker Tonlagen, und ähnliche Einzelgefüge sind zu beobachten, die ein für mäandrierende Flüsse typisches Gesamtbild ergeben.

In den im Hangenden anschließenden grauen zyklischen Schichten (Ob. Graufolge) sind in den Grobsedimenten wohl ähnliche Formen angeschnitten, nur nirgendwo großflächig aufgeschlossen. Die unregelmäßig-bauchigen, schrägschichteten Arkosen sind als Flußbettsedimente (einschließlich point bars etc.) den hier vorherrschenden dunklen, pflanzenführenden, tonig-siltig-feinsandigen Überflutungs- und Altwasser-Ablagerungen zwischengeschaltet. Für zeit- und gebietsweise sumpfig-lakustrische Verhältnisse sprechen Brandschiefer, bituminöse Lagen, Mergelbänke und Dolomitlinsen.

Während für die tiefsten, vorwiegend sandig-konglomeratischen Einheiten am ehesten „braides stream“-Sedimentation anzunehmen ist und die Mittlere Rotfolge den „coarse grained meander belt“-Typus repräsentiert, war also in der Oberen Graufolge der nördlichen Weidener Bucht das Relief durch Aufschüttung bis zu einer „fine grained meander belt“-Fazies mit Seen- und Sumpflandschaft verflacht („Lehbacher Fazies“). Dieser flache Gradient blieb noch während des ru 3ü bestehen, dann führte offenbart eine kräftige Krustenbewegung zu erneuter Versteilung des Systems, die sich in den „verwilderten“, grobschuttigen Sedimenten des roten ru 3h dokumentiert. Durch wiederum reliefverflachende Aufschüttung gehen diese schließlich in die anhydrithaltigen Tone des ru 4 über, die das rote, aride Gegenstück zur Oberen Graufolge darstellen. Im Prinzip wiederholt sich dieser Ablauf noch zweimal, nämlich im Oberrotliegenden und in der Permotrias²⁾ (hier mit erkennbarer Winkeldiskordanz), so daß das Perm in diesem Bereich aus 4 Großzyklen besteht (ru 1/2, ru 3/4, ro, ptr), die jeweils durch eine tektonische Reliefverjüngung eingeleitet von grob nach fein verlaufen.

Ob die etwa im 20-m-Mächtigkeitbereich liegenden Zyklen innerhalb der Oberen Graufolge auch tektonisch verursacht sind, muß offenbleiben. Teilweise handelt es sich ebenfalls um Sohlbankzyklen („fining upwards“), teilweise um symmetrische Zyklen mit verkürztem aufsteigendem Ast. Von solchen Zyklen ist bekannt, daß sie oft lateral einerseits in reine Sohlbank-, andererseits in echte symmetrische Zyklen übergehen. Es muß dann ein symmetrischer Ablauf zugrunde liegen, der sich in Abhängigkeit von Korngröße und Änderungssinn unvollständig abbildet (HELMKAMPF, 1969). Die Verwischung der Zyklen gegen Bechtsrieth ist zweifellos ein Effekt der Annäherung an den Beckenrand.

Regional ist im Unteren Unterrotliegenden der Weidener Bucht eine Zunahme des Anteils der Feinsedimente von Süd nach Nord festzustellen. Am Südrand enthält die gesamte Schichtfolge ca 25% Ton-, Silt- und Feinsandstein, bei Bechtsrieth sind

²⁾ neuerdings ganz zum Oberrotliegenden gerechnet (HAUNSCHILD, 1979)

es ca. 40%. Im nördlichsten Profil (Ziegelei Keller) besteht die aufgeschlossene Teilabfolge zu ca. 60% aus Feinsedimenten gegenüber 50% im entsprechenden Profiltail von Bechtsrieth. Auch die Anzahl und Mächtigkeit echter Brandschiefer-Lagen nimmt von 0 im Süden, über 2 (4 m) bei Bechtsrieth, auf 5 (12 m) im Norden zu. Nördlich der Weidener Bucht, bei Erbdorf, führt die Brandschieferzone sogar mindestens ein Kohleflöz (kürzlich beim Bau einer Wasserleitung aufgeschlossen; nordöstlich Roter Anger).

Dieser Verteilung der Schlamm- und Sumpf-Ablagerungen muß eine Abflachung des Gefälles gegen Norden zugrunde liegen.

Der die Korrelierung im unteren Teil der Serie behindernde Fazieswechsel bei Irchenrieth könnte mit einem längere Zeit bestehenden Gefällsknick zusammenhängen, der nicht nur in bezug auf die Sedimentation, sondern auch hinsichtlich des Grundwasserspiegels wirksam war (feuchter Schwemmkegel – trockenere Mäander-Talae). Letzteres käme als Ursache für eine frühdiagenetische grau/rot Faziesdifferenzierung in Frage, die sich später zusammen mit dem Relief, bei generell gesteigerter Humidität, ausglich.

Zwei Sedimenttypen müßten noch besonders eingeordnet werden: die zweifellos bimodalen, häufig ungeschichteten Silt- und Feinsandsteinpakete mit grobdiffusen Feldspat-„Einschwemmungen“ sowie die Karbonatabscheidungen. In beiden Fällen wären etwas intensivere sedimentologische Untersuchungen zur Klärung der Genese notwendig; sie waren aber bislang aus Zeitgründen nicht möglich.

Für die bimodalen Feinsedimente sind Schlammflut-Sedimentation, in-situ Zersetzung von Kristallingerollen und Bodenbildung mit Wurzel-Bioturbation in Erwägung zu ziehen. Für alle drei Möglichkeiten gibt es Hinweise, und vermutlich spielten alle eine Rolle.

Für die vorwiegend dolomitischen Knollen der Mittleren Rotfolge und Unteren Graufolge ist eine pedogene Entstehung wahrscheinlich (Caliche), zumal auch violette Sedimentfärbung und als Wurzel-Umkrustungen zu deutende Kalkröhrchen auf Bodenbildungen hindeuten.

Die meist plattig-linsigen Karbonatausscheidungen in der Oberen Graufolge dürften dagegen eher subaquatisch und vielleicht, bzw. teilweise, organogen (Algen) sein.

6.2. Klima und Milieu

Hinsichtlich des Klimas und des Ablagerungsmilieus erscheinen die Hinweise in den drei unteren Einheiten des ru 2 / 1 etwas ambivalent. Von der Basis bis einschließlich der Mittleren Rotfolge ist die Sedimentation nie ganz „einfarbig“: In die „grauen“ Einheiten sind grüne und einzelne rote, in die „roten“ Einheiten grüne und einzelne graue Bänke und Partien eingeschaltet. Die grobkörnigen Rotsedimente erhalten hier ihre Farbe vorwiegend durch eine rote, tonige Matrix und nicht durch Kornüberzüge. Die grauen Sedimente führen Pyrit, aber kaum kohlig-pflanzliches Material. Regionale Übergänge von Rot- und Graufazies sind wahrscheinlich (s. o.).

Weiterhin sind sekundäre Farbänderungen beobachtbar: Z. B. nehmen in der Ziegelei Keller (Mittl. Rotfolge) grüne Siltsteinpakete bei lateraler Annäherung an sandige Channels und an Verwerfungen eine rote Färbung an; ebenso ist ein lappig-girlandiges Übergreifen der Rotfärbung überlagernder Feinsedimente auf sonst grüne, unterlagernde Grobsedimente zu beobachten. Grüne Sedimente könnten z. T. aus grauen hervorgegangen sein, wie dies heute sehr schnell bei Verwitterung zu beobachten ist (s. o.). Da dieses „schwankende“ Bild auf einen bestimmten Teil der Abfolge beschränkt ist, kann vermutet werden, daß das Milieu darin bereits primär labil, räumlich und zeitlich wechselhaft war, was sekundär noch verstärkt wurde. Am wahrscheinlichsten wäre dies bei einem im Mittel semiariden bis wechselfeuchten Klima mit stark schwankendem Grundwasserspiegel zu erwarten.

In der darauffolgenden Oberen Graufolge zeigen einheitliche Graufärbung, Sulfide, und kohlig-pflanzliches Material als wichtiger Gemengteil ein reduzierendes Milieu bei feuchterem Klima an. Eine gelegentliche gelbgrüne Färbung der Sedimente ist mit einer tuffitischen Komponente verbunden.

Ein scharfer Umschlag führt während der Übergangsfolge zu den vorhergehenden labilen Bedingungen zurück, ehe im ru 3h und im Rest des Perm ausgeprägt aride, oxydierende Klima- bzw. Ablagerungsverhältnisse herrschen. In dieser typischen Red-bed-Fazies ist jedes Korn und Geröll von einer Roteisenhaut umgeben, und es kommt schließlich zu Anhydrit-Ausblühung in Playa-Ablagerungen. Bei Engleshof kommen im ru 3h auch verkieselte Holzreste vor.

6.3. Konfiguration und Liefergebiet

VON KÖNIGSWALD nahm als Sedimentationsraum einen SW-NE verlaufenden „Naabtrog“ mit Verbindung nach Mittelböhmen an. Dieser Trog wurde noch vor kurzem als Teilelement einer vom Schramberger Trog kommenden Zone angesehen, die zu den bekannten, weiter nördlich gelegenen Rotliegendtrögen und -schwällen parallel verläuft. Ebenso wurden alle übrigen Rotliegendvorkommen in Ostbayern verschiedenen solcher SW-NE gerichteter Strukturelemente zugeordnet (z. B. CRAMER, 1964).

Bei völlig unvoreingenommener Betrachtung (d. h. ohne Berücksichtigung der „Saar-Selke/Oos-Saale“-Tröge) wäre jedoch diese Konfiguration kaum diskutabel, denn am Westrand der Böhmisches Masse reiht sich ein Rotliegendvorkommen an das andere (Donaustauf, Schmidgaden, Weidener Bucht, Erbdorf, Weidenberg, Stockheim), während westlich davon bis zur Altmühl und Tauber bisher kein Rotliegendes nachgewiesen wurde.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen nun aufgrund der Mächtigkeitsverteilung (s. Kap. 4) für das Untere Unterrotliegende auf ein unmittelbar östlich der Weidener Bucht gelegenes Hochgebiet mit einem Nord-Süd verlaufenden Beckenrand schließen. Zusammen mit der Faziesverteilung (s. Kap. 6) ergibt sich so das Bild eines von Süd nach Nord drainierenden fluviatilen Systems.

Vermutlich kam diese hier vorgestellte umgekehrte „Rotliegend-Naab“ vom Vindelizischen Land, vereinigte sich im Norden mit dem Oos-Saale-System und erreichte bei Halle mit diesem zusammen das Meer. Eine ähnliche Vorstellung hatte

offenbar PLEIN (1978) bei der Konstruktion seiner paläogeographischen Rotliegend-Karten.³⁾

Als mögliches Liefergebiet erwähnt VON KÖNIGSWALD die rosa Granite von Luhe im Südwesten der Weidener Bucht. Diese sind aber offensichtlich zu feinkörnig, um daraus die bis zu 3 cm langen Feldspäte der Unterrotliegend-Arkosen abzuleiten. Dagegen ist der spätvariskische Leuchtenberger Granit im Osten grobkörnig genug. Auch die gesuchte orangerote Farbe der Feldspäte tritt hier auf, allerdings nur am äußersten Südrand, z. B. am Südrand des Leuchtenbergs. Es wäre jedoch denkbar, daß diese rote Randfazies des Granits auch dessen Dach bildete und in einem höheren Niveau auf seiner ganzen Erstreckung verbreitet war.

Eine Analyse von 250 Geröllen aus den konglomeratischen Arkosen der Ziegelei Keller ergab unter Nichtberücksichtigung der stets etwa die Hälfte ausmachenden Gangquarzgerölle folgende Anteile:

Obere Graufolge:	30% Gneis, 13% grobk. Granit, 13% feink. Granit, 9% Aplit, 24% Quarzit und Hornstein, 2% Quarzporphyr, 9% intraformat. Gerölle.
Mittlere Rotfolge:	6% Gneis, 39% Glimmerschiefer, 18% grobk. Granit, 8% feink. Granit, 8% Vulkanit (grün), 8% intraformat. Gerölle.

Prinzipiell und qualitativ (Härte-selektiert) ist dies in etwa das Spektrum der Gesteine, wie sie noch heute östlich der Weidener Bucht im Übergangsbereich zwischen hochmetamorphem Moldanubikum und geringer metamorphem Saxothuringikum das Kristallin aufbauen.

Neben der teilweise extremen Größe der Feldspäte, Eckigkeit der Quarze und generell sehr schlechten Sortierung, spricht demnach auch die Übereinstimmung des groben Sedimentmaterials mit Bestandteilen des angrenzenden Grundgebirges für eine Herkunft aus der ganz unmittelbaren Umgebung. Quantitativ kommt ausweislich der Feldspäte wahrscheinlich dem bereits entblößten, grobkörnigen, spätvariskischen Leuchtenberger Granit im Osten (vielleicht auch ähnlichen, heute aber überdeckten Graniten im Westen) eine Hauptrolle zu.

Der Wechsel im Charakter des Grundgebirges und das Südende des Leuchtenberger Granits (beide auf Höhe der südlichen Weidener Bucht) sind denkbare Gründe für den Fazieswechsel bei Irchenrieth, und zwar sowohl direkt (Materialwechsel) als auch indirekt (Gefällsknick), worauf oben schon hingewiesen wurde. Ein interessantes Ergebnis der Geröllanalyse, nämlich daß Glimmerschiefergerölle nur im Liegenden (Mittl. Rotfolge), Gneisgerölle ganz überwiegend im Hangenden (Ob. Graufolge) auftreten, erfuhr in der Bohrung V 16 zunächst keine zweifelsfreie Bestätigung und müßte überprüft werden. Würde es stimmen, wäre sowohl eine regionale (nach Süden rückschreitende Erosion), als eine stratigraphische (zunächst Abtragung des saxothuringischen Deckgebirges) Deutung möglich.

³⁾ In den Erläuterungen zur 3. Auflage der „Geologischen Karte von Bayern 1:500 000“ (1981) wurde die Zuordnung zu Ost-West gerichteten Trögen inzwischen ebenfalls aufgegeben, u. a. basierend auf Untersuchungen von GUDDEN, 1978. Auch die Resultate, zu denen LEITZ (1976) im Coburg-Kronacher Gebiet (Stockheim) kommt, sprechen für ein Nord-Süd-System.

7. Literatur

- AMMON, L. & REIS, O. M. (1927): Die Tiefbohrungen bei Röthenbach und Neukirchen i. Obpf. im Jahre 1911. – Geognost. Jh., **40**, München 1927.
- CRAMER, P. (1964): Kapitel: „Perm“. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl., München 1964.
- FREYBERG, B. VON (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. – Erlanger Geol. Abh., **77**, Erlangen 1969.
- GUDDEN, H. (1978): Karte der prä-permischen Grundgebirgs-Oberfläche 1:1 000 000, Archiv des Bayer. Geol. L.-Amtes, München 1978. – (unveröffentlicht).
- HAUNSCHILD (1979): Die Bohrungen Neudorf b. Luhe A und B und ihre geologischen Befunde. – Geol. Bl. NO-Bayern, **29**, 147–166, Erlangen 1979.
- HELMKAMPF, K. (1969): Zur Sedimentpetrographie und Stratinomie des Westenfelder Kohlenkalks (Sauerland). – Fortschr. Geol. Rheinld.-Westf., **16**, Krefeld 1969.
- KOENIGSWALD, R. VON (1929): Das Rotliegende der Weidener Bucht. – N. Jb. Mineral. usw., Beil. Bd., **61**, B, Stuttgart 1929.
- LEITZ (1976): Lithostratigraphie des Zechsteins und Buntsandsteins bei Coburg-Kronach (Nordost-Bayern). – Diss. Univ. Bochum, 185 S., Bochum 1976.
- MADEL, J. (1975): Geochemical structures in a multiple intrusion granite massif. – N. Jb. Mineral, Abh., **124** (2), Stuttgart 1975.
- PLEIN, E. (1978): Rotliegend-Ablagerungen im Norddeutschen Becken. – Z. dt. geol. Ges., **129**, Hannover 1978.
- TERRA, H. DE (1925): Die Umgebung von Erbdorf. – N. Jb. Mineral. usw., Beil. Bd. **51**, Stuttgart 1925.
- TILLMANN, H., TREIBS, W. & ZIEHR, H. (1963): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6537 Amberg; München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1963.

Geologica Bavarica	83	187-193	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Die Mineralwasserbohrung von Bad Königshofen im Grabfeld mit dem Kurzprofil einer neuen Tiefbohrung

Von P. SCHMITT

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung

Die im Rahmen der Mineralwassererschließung von Bad Königshofen niedergebrachte Kernbohrung VB 2 erbrachte mit 56 m die bisher größte, in Franken bekannte Mächtigkeit des Unteren Keupers, der hier überwiegend sandig ausgebildet ist. Der noch erbohrte obere Teil des Mittleren Muschelkalks liegt in Salinarfazies vor, was sich in einem Gesteinsanteil des Anhydrits von über 40% äußert.

1. Einleitung

Bad Königshofen i. Gr. besaß bei der Baderhebung im September 1974 mit der „Urbani-Quelle“ nur eine einzige Heil- und Mineralquelle für den Kurbetrieb. Zur Sicherung der Mineralwasserversorgung für die junge Badestadt wurde daher 1975 vom Verfasser ein Versuchsbohrprogramm erstellt mit dem Ziel, in den Schichten des Unteren Keupers oder des Oberen und Mittleren Muschelkalkes ein Mineralwasser von ähnlicher Zusammensetzung wie bei der Urbani-Quelle (Wassertyp: Na-Cl-SO₄) zu erschließen (QUENTIN et al. 1977, SCHMITT 1982, 158ff.). Von den vorgesehenen 5 Versuchsbohrungen (Abb. 1) wurden nur die VB 1a und die VB 2 verwirklicht.

Die VB 1a durchteufte als Meißelbohrung unter gering mächtigen quartären Schichten den gesamten Unteren Keuper. Im Oberen Muschelkalk wurde sie bei einer Tiefe von 80 m eingestellt, da nach Pumpversuchen das gewünschte Ergebnis nicht erreicht wurde. Das angetroffene Wasser wies zwar eine hohe Mineralisation (15,5 g/l; Wassertyp: Na-Cl-SO₄) auf, jedoch war der Zufluß mit 0,2 l/s zu gering. Die Bohrung wurde daher wieder verschlossen.

Als zweite Bohrung wurde die VB 2 ca. 800 m NE der VB 1a niedergebracht (Abb. 1). Um einen genaueren Aufschluß über die Klüftigkeit und Ausbildung des Gebirges für einen späteren Brunnenausbau zu erhalten, wurde die Bohrung als Kernbohrung ausgeführt. Die Bohrung erreichte eine Endteufe von 186,2 m.

Bei den Pumpversuchen zeigte sich, daß die Schichten des Unteren Keupers ein Mineralwasser mit der erwünschten Zusammensetzung (Typ: Na-Ca-SO₄-Cl, Na-Cl-SO₄) bei genügender Ergiebigkeit (bis zu 4 l/s) führen. Die VB 2 wurde daher als 58 m tiefer Mineralwasserbrunnen ausgebaut, der den Namen Regius-Quelle erhielt.

1981/1982 wurde in Bad Königshofen eine 1000 m tiefe Bohrung auf Thermalwasser abgeteuft, von der hier nur ein kurzes Übersichtsprofil gegeben werden kann, da eine ausführliche geologische Bearbeitung z. Z. erfolgt.

2. Geologisches Profil und Stratigraphie der VB 2

Die VB 2 liegt nördlich der Wallfahrtskirche Ipthausen im Tal des Weißbaches, das hier in die weite Talau der Fränkischen Saale mündet (Abb. 1). Das Bohrprofil (Abb. 2) wurde vom Verfasser selbst aufgenommen (SCHMITT 1982).

TK 1:25 000: Bad Königshofen i. Gr. Bl.-Nr. 5628
 R: 43 91 962 Ansatzpunkt: NN + 273,26 m
 H: 55 75 068 Bohrzeit: 12. 4. – 23. 8. 1976
 Bohrverfahren: Kernbohrung; 100% Kerngewinn!
 Bohrfirma: Ochs Tief- und Brunnenbau GmbH, Nürnberg
 Bohrdurchmesser: 00,00– 14,00 m: 216 mm
 14,00–186,20 m: 131 mm

- 0– 1,30 m Auelehm braun, humos, mit weißen Kalkausscheidungen, Schneckenschalen und schwarzen Pflanzenresten;
- 5,50 m Mergel grünlich-grau, bräunlich, tonig, mit rotbraunen Farbbändern; Tonsteinbröckchen; Gerölle
- 6,40 m Tonmergel grau und Gips, weißbraun, zersetzt

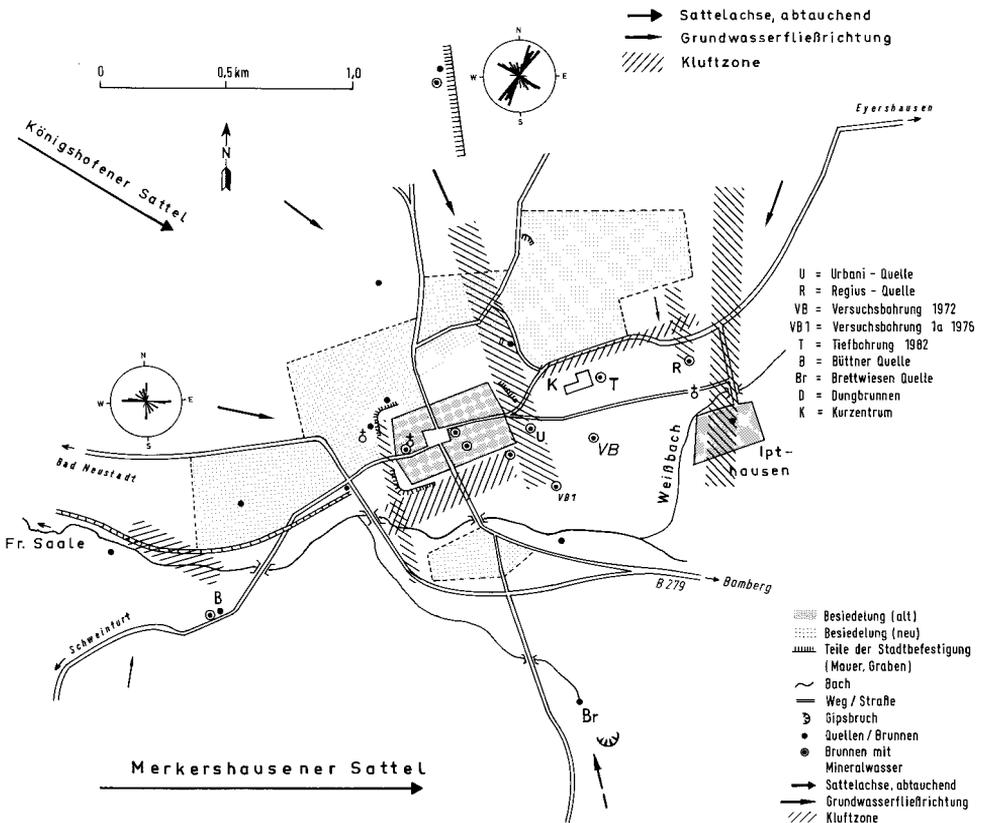


Abb. 1. Lage der Versuchsbohrungen im Bereich von Bad Königshofen.

- 7,00 m Hohlraum
- 8,05 m Tonmergel und Feinsand bräunlich, kalkig
- 11,73 m Wechsellagerung von gelblichen, schwarzen und graublauen Mergeln mit bräunlichen Kalksteinen
- 19,43 m Tonsteine und Tone überwiegend graublau, grüngrau, schwarz, mit Pflanzenhäcksel und Gipseinlagerungen
- 19,60 m Sandstein grünlich-grau, schluffig, glimmerführend
- 19,90 m Tonstein schwarz
- 20,60 m Sandstein hellgrau-grünlich, sehr schluffig mit dünnen Gipslagen
- 22,60 m Wechsellagerung von schwarzem Tonstein und Ton mit hellgrau-grünlichen, schluffigen Sandstein
- 25,84 m Tonstein und Ton schwarz, z. T. feingeschichtet mit Sandsteinlagen; Pyrit
- 27,24 m Sandstein hellgrau-weißlich, schluffig mit grauschwarzem Tonstein und weichen Tonlagen
- 27,50 m Mergelkalkstein schwarz, fest
- 32,30 m Sandstein hellgrau-weißlich, hart, schluffig
- 33,70 m Tonstein grauschwarz, fest; Pyrit
- 34,15 m Wechsellagerung von hellgrauem Sandstein und schwarzem Tonstein
- 34,28 m Kohle schwarz, sehr tonig, weich
- 40,13 m Sandstein hellgrau-weißlich, schluffig mit Tonstein und Tonlagen schwarz
- 43,34 m Mergelkalk, Kalkstein und Tonstein grüngrau
- 43,95 m Tonstein grauschwarz, grünlich mit quarzitischen Feinsandsteinlagen
- 44,05 m Ton grüngrau, weich
- 44,23 m Kalkstein grauschwarz, mergelig, hart
- 45,90 m Tonstein und Mergelkalkstein grüngrau, grauschwarz
- 48,18 m Tonstein schwarz und Sandstein hell
- 48,28 m Kalkstein grau-schwarz, fest
- 51,86 m Tonstein schwarz, fest und Sandstein hellgrau
- 53,44 m Ton, Tonstein und Mergelkalk;
- 54,37 m Kalkstein grau-schwärzlich
- 56,21 m Sandstein hellgrau und Tonstein schwärzlich
- 56,49 m Kalkstein dunkelgrau, mergelig
- 57,73 m Tonstein und Kalkstein schwarzgrau mit Pflanzenhäcksel, Muschellagen und Pyrit
- 58,00 m Sandstein hellgrau, stark schluffig, etwas kalkig, glimmerführend mit dunklen, kalkigen Tonsteinlagen
- 58,70 m Tonstein schwärzlich, kalkig; Pflanzenhäcksel; Schillagen; Pyrit
- 61,78 m Wechsellagerung von grauschwarzem Tonstein, festem Kalkstein und hellgrauem, schluffigem Sandstein; Pflanzenhäcksel, Fossilienreste (Muscheln, Fischschuppen), Pyrit
- 62,70 m Tonstein und Kalkstein dunkelgrau mit schwarzen Mergelkalk- und hellen, harten Sandsteinlagen; Bonebed bei 62,10 und 62,38 m
- 64,70 m Wechsellagerung von grauen, schwarzen, harten Kalksteinen und Ton und Tonmergelstein; Schillagen, bei 62,80 m Bonebed
- 68,26 m Ton bis Mergelkalk grauschwarz und hellgrau-bräunlich mit Fossilien; Pyrit
- 69,60 m Mergelkalk schwärzlich mit hellgrauem Kalkstein; Fossilienreste
- 70,00 m Kalkbank massig, fest, dunkelgrau, feinkristallin
- 79,78 m Wechsellagerung von hartem, grauem bis schwarzem Kalkstein, Mergelkalk mit grauschwarzem Ton und Tonstein; sehr harte, massige Schillkalkbänke
- 85,06 m Kalkstein hell- bis dunkelgrau und bräunlich und Ton bis Tonstein schwarz, grau; Schillbänke, Pyrit
- 85,47 m Kalkstein graubräunlich bis grauviolett, feinkristallin, dünnbankig mit schwarzen Tonlagen
- 88,76 m Wechsellagerung von grauem, bräunlichem oder blauem, feinkristallinem Kalkstein mit grauem bis schwarzem Ton und Mergel; sehr harte grobspätige Schillbänke
- 89,32 m Kalkbank grau, grobspätig
- 93,05 m Wechsellagerung von grauem, blaugrauem, feinkristallinem Kalkstein mit grauem bis schwarzem Ton
- 94,00 m Schillkalkbank grobspätig, grau; schwarze Tonlagen
- 116,79 m Wechsellagerung von grauem, schwärzlichem oder graublauem Kalkstein mit Tonstein und Ton; graue, sehr harte, grobspätige Schillbänke
- 117,30 m Kalkbank grau, grobspätig, massig; mit feinen, schwarzen Tonlagen; Stylolithen; Fossilienreste

- 133,76 m Kalkstein hell- bis dunkelgrau oder graublau, fein- oder grobkristallin mit grauem bis schwarzem Ton oder Tonstein; Schillbänke; bei 129,37 m „Bröselkalk“
- 136,50 m Wechsellagerung von grauem bis schwarzem Ton und Tonstein mit grauem, reinem, hartem bis mergeligem Kalkstein
- 141,60 m Kalkstein grau bis grauviolett, meist grobkristallin mit grauschwarzen, weichen, dünnen Tonlagen; Schillbänke; Stylolithen
- 144,86 m Kalkstein und Mergelkalk graubraun, dunkelgrau mit schwarzen Tonlagen; bei 144,20 m ca. 3 cm mächtige Hornsteinbank
- 147,85 m Kalkstein grau, bräunlich, fein- und grobkristallin mit schwarzen Tonlagen; Stylolithen; zwischen 145,00 und 145,50 m drei 2–3 cm mächtige Hornsteinlagen
- 148,40 m Tonstein bis Mergelstein grau
- 155,17 m Kalkstein hell- bis dunkelgrau, meist feinkristallin mit Stylolithen; bei 153,45 m „Bröselkalk“
- 158,28 m Anhydrit massig, fest, schwarz-glänzend, meist grobkristallin mit einzelnen feinen Ton- und Kalklagen
- 160,88 m Kalkstein graubräunlich, fest, massig oder mergelig mit schwarzen, feinen Ton- und Anhydritlagen
- 161,65 m Anhydrit massig, grauschwarz, grobkristallin mit feinen Ton- und Mergelkalklagen
- 164,60 m Kalkstein graubräunlich, massig mit grauschwarzem Tonstein und knolligem Anhydrit;
- 166,03 m Wechsellagerung von überwiegend schwarz-glänzendem, massigem Anhydrit mit grauem Kalk- und Tonstein
- 168,04 m Tonstein und Mergel grauschwarz, feingeschichtet mit Anhydritknollen
- 170,25 m Anhydrit schwarz-glänzend mit feinen, schwarzen Ton- und Mergellagen gebändert
- 171,57 m Ton und Tonstein grauschwarz mit Anhydrit
- 172,42 m Anhydrit schwarz-glänzend, massig, z. T. grobkristallin mit feinen Tonlagen
- 173,01 m Wechsellagerung von schwarzem, massigem Anhydrit mit Ton und grauem Kalkstein
- 174,86 m Tonstein grau, schwarz, teilweise mergelig mit Anhydrit- und Kalkknollen
- 179,54 m Anhydrit massig, dickbankig, schwarz-glänzend mit feinen Ton- und Kalksteinlagen
- 182,40 m Tonstein und Mergel schwarz, fest mit Anhydrit
- 186,20 m Anhydrit schwarz, grobspätig, massig mit feinen Ton- und Kalksteinlagen (ET.)

Stratigraphische Einstufung:

- 0,0– 5,5 m (5,5 m) Quartär (Holozäne Talfüllung)
- 5,5– 7,0 m (1,5 m) Mittlerer Keuper (Grundgipsschichten)
- 7,0– 62,7 m (55,7 m) Unterer Keuper
- 62,7–141,6 m (78,9 m) Oberer Muschelkalk
- 141,6–186,2 m (44,6 m) Mittlerer Muschelkalk

Die unter den quartären Deckschichten anstehenden Grundgipsschichten des Mittleren Keupers sind bereits weitgehend aufgelöst und nur noch als Residualtone mit etwas Gips vorhanden. Der Hohlraum von 6,4–7,0 m ist ein Hinweis auf die noch aktive Bildung von Dolinen im Grundgips, die in der Umgebung von Bad Königshofen häufig anzutreffen sind.

Im Unteren Keuper überwiegt im Bohrprofil die tonig-sandige Ausbildung. Die stark schluffigen Sandsteine, oft mit Schrägschichtung, treten vor allem im mittleren und oberen Teil des Unteren Keupers bis –40 m auf (Abb. 2). Darunter überwiegen bis zur Keuperuntergrenze Tonsteine, Tone, Mergel und Kalke. Kohle wurde nur als eine dünne, stark tonige Lage von 34,15–34,28 m angetroffen. Im Top des Unteren Keupers fehlen die harten, plattigen Kalke des Grenzdolomits, wie sie im Westen von Bad Königshofen austreichen. Sie wurden bei der Gipsauslaugung mitaufgelöst; ein Hinweis darauf ist im Profil der kalkige Feinsand und Tonmergel von 7,0–8,05 m.

Der Untere Keuper ist in der Bohrung 55,7 m mächtig. Da der Grenzdolomit teilweise fehlt, dürfte die Gesamtmächtigkeit ca. 57 m betragen. Damit weist der Untere Keuper von Bad Königshofen die bisher größte bekannte Mächtigkeit im nordbayerischen Raum auf. Die Erklärung für das Mächtigkeitsmaximum ergibt sich aus der Lage des Grabfeldes im Kreuzungspunkt zweier Senkungsfelder, die sich bereits in der Karte von PATZELT (1964, 23, Abb. 15) andeuten: 1. ein NW–SE streichendes Senkungsgebiet parallel zur Fränkischen Linie: die Grabfeldmulde, die in die Frankenalbfurche mündet (GUDDEN 1981, 454ff.); 2. ein NE–SW verlaufendes Senkungsfeld: die Fränkische Straße (WAGNER 1960); in deren Bereich der Untere Keuper in Thüringen bis auf 63 m anschwillt (HOPPE u. SEIDEL 1974).

Die Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper ist sehr unscharf. Im Grenzbe- reich kommen mehrere Bonebeds vor. Glaukonit wurde nicht gefunden. Die Grenze mo/ku wurde daher ca. 1 m unter dem letzten auftretenden Sandstein bei –62,7 m gezogen.

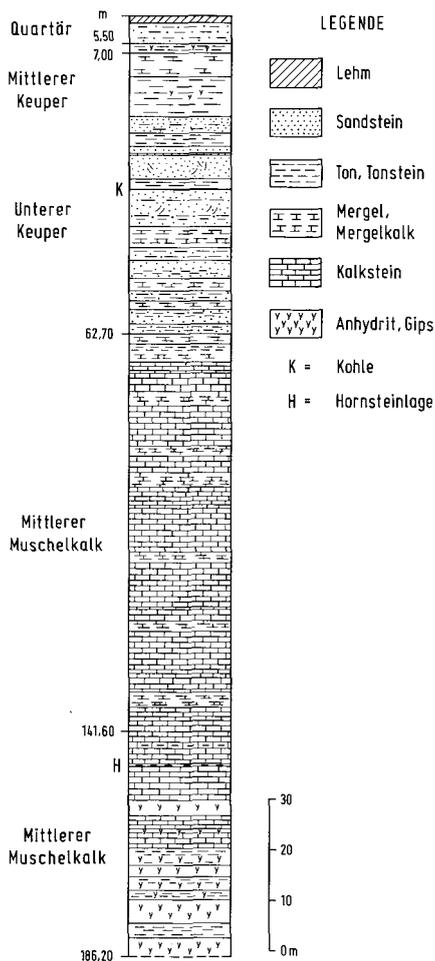


Abb. 2. Geologisches Profil der VB 2 von Bad Königshofen.

Der Obere Muschelkalk entspricht sowohl in seiner Mächtigkeit (78,9 m) als auch in seiner Ausbildung den aus Unterfranken bekannten Verhältnissen (RUTTE 1957, HOFFMANN 1964).

Die Grenze Mittlerer/Oberer Muschelkalk ist bei 141,6 m sehr deutlich und durch einen Farbumschwung von grau ins bräunliche gekennzeichnet. Unterstützt wird die Grenzziehung auch durch die 4 ca. 3 cm dicken Hornsteinlagen (Abb. 2), die 3–4 m unter der Grenze (RUTTE 1957) von 144,2–145,5 m vorkommen.

Vom Mittleren Muschelkalk wurden nur 44,6 m durchbohrt. Die Bohrung endete im Hauptanhydrit (EMMERT 1964). Auffällig ist der hohe Anteil der Sulfatgesteine (überwiegend Anhydrit) in den durchbohrten Schichten, der über 40% beträgt; ein Hinweis dafür, daß der Mittlere Muschelkalk im Grabfeld in Salinarfazies vorliegt.

3. Kurzprofil der neuen Tiefbohrung von Bad Königshofen

Unmittelbar östlich des Kurzentrums (Abb. 1) wurde 1981/1982 eine Tiefbohrung auf Thermalwasser niedergebracht, von der hier ein vorläufiges Kurzprofil mitgeteilt werden soll:

R: 43 91 600	TK 1:25 000 Bad Königshofen
H: 55 74 968	Bl.-Nr. 5628
Ansatzpunkt:	ca. NN+274 m
Bohrfirma:	Etschel & Meyer Bohr-GmbH, Hof
Bohrverfahren:	Rotary-Rollenmeißel
0– 3,6 m (3,6 m)	Quartär
– 6,0 m (2,4 m)	Keuper (56,4 m):
– 8,0 m (2,0 m)	Mittlerer Keuper: Grundgipsschichten
	Auslaugungshorizont im Grenzbereich ku/km
	(Mergel, Gips- u. Kalksteinreste)
– 60,0 m (52 m)	Unterer Keuper
	Muschelkalk (246 m):
– 139,0 m (79 m)	Oberer Muschelkalk
– 216,0 m (77 m)	Mittlerer Muschelkalk
– 306,0 m (90 m)	Unterer Muschelkalk
	Buntsandstein (667 m):
– 439,5 m (133,5 m)	Oberer Buntsandstein
– 655,0 m (215,5 m)	Mittlerer Buntsandstein
– 973,0 m (318 m)	Unterer Buntsandstein
	(von 950–973 m Bröckelschiefer)
–1027,0 m (>54 m)	Zechstein
	(981–997 Plattendolomit)

Der Muschelkalk paßt sich mit einer Gesamtmächtigkeit von 246 m den Mächtigkeiten an, wie sie südöstlich von Bad Königshofen aus Bohrungen (Knetzgau 222 m; Eltmann: 236 m; Mürsbach: 214 m; Kolberg: 227 m) bekannt sind

(EMMERT 1981). Dagegen sind die Mächtigkeiten des Muschelkalkes im Norden (Zeilfeld: 263 m; Rodach: 266 m) und im Süden (Schweinfurt: 258 m) größer.

Der Buntsandstein ist mit 667 m wesentlich mächtiger, als nach den paläogeographischen Vorstellungen von TRUSHEIM (1964) zu erwarten war. Daher wird sich die 650-Mächtigkeitsisohypse des Buntsandsteins weiter nach Südosten verschieben (SCHWARZMEIER 1981, 44, Abb. 4).

4. Literatur

- BADER, E (1936): Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des Unteren Keupers zwischen Ostwürttemberg und Unterfranken. – Abh. geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, **24**, München 1936.
- EMMERT, U. (1964): Muschelkalk. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 81–90, 2. Aufl., München 1964.
- (1981): Muschelkalk. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 46–49, 3. Aufl., München 1981.
- GUDDEN, H. (1981): Der Untere Keuper in Bohrungen zwischen Eltmann und Rodach. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**, 448–462, Erlangen 1981.
- HOFFMANN, U. (1964): Die Geologie des Blattes Würzburg-Süd 1:25 000 (Stratigraphie der Trias und Tektonik im südlichen Unterfranken). – Diss. Univ. Würzburg, 107+XS., Würzburg 1964.
- HOPPE, W. & SEIDEL, G. (Herausgeber 1974): Geologie von Thüringen. – 1000 S., Leipzig/Gotha 1974.
- PATZELT, W. J. (1964): Lithologische und paläogeographische Untersuchungen im Unteren Keuper Süddeutschlands. – Erlanger Geol. Abh., **52**, Erlangen 1964.
- QUENTIN, K.-E., UDLUFT, P. & SCHMITT, P. (1977): Abschlußbericht über die Mineralquellen-Neuerschließung in Bad Königshofen i. Grabfeld (Landkreis Rhön-Grabfeld). – Unveröffentl. Gutachten des Lehrstuhls f. Hydrogeol. u. Hydrochem. TU München, München 1977.
- RUTTE, E. (1957): Einführung in die Geologie von Unterfranken. – Würzburg 1957.
- SCHMITT, P. (1982): Herkunft und Beschaffenheit oberflächennaher Grundwässer und mineralstoffreicher Tiefenwässer im Muschelkalk-Keupergebiet des Grabfeldgaues (Ufr.). – Diss. TU München, 235 S., München 1982.
- SCHWARZMEIER, J. (1981): Buntsandstein. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl., 41–46, München 1981.
- TRUSHEIM, F. (1964): Über den Untergrund Frankens. – Geologica Bavarica, **62**, 92 S., München (Bayer. Geol. Landesamt) 1964.
- WAGNER, G. (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte mit besonderer Berücksichtigung Süddeutschlands. – 694 S.; 3. Aufl., Öhringen 1960.

Die Untersuchungsbohrung Bindlach 1980 bei Bayreuth (Buntsandstein und Zechstein)

Mit Beilage 5

1. Beschreibung der Bohrung Bindlach 1980 (Mittlerer Buntsandstein bis Zechstein) sowie der tektonischen und paläogeographischen Ergebnisse (ULRICH EMMERT)
2. Mineralogie des Bohrprofils Bindlach 1980 (MATTHIAS SALGER)
3. Ergebnisse der Bestrahlungsanalyse an Quarzen der Bohrung Bindlach 1980 (W. A. SCHNITZER & D. MAHADJER)
4. Geochemische Bearbeitung der Bohrung Bindlach 1980 (W. D. OTT)

Geologica Bavarica	83	195–208	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Beschreibung der Bohrung Bindlach 1980 (Mittlerer Buntsandstein bis Zechstein) sowie der tektonischen und paläogeographischen Ergebnisse

Von ULRICH EMMERT

Mit 4 Abbildungen und Beilage 5

Kurzfassung

Die Bohrung Bindlach 1980 lieferte erstmals ein Profil durch den gesamten Unteren Buntsandstein Oberfrankens. Sie erbrachte ferner den Nachweis, daß bei Bayreuth noch mehr als 45 m mächtige Zechstein-Sedimente in sandig-tonig-dolomitischer Ausbildung vorhanden sind. Zwischen Bayreuth und Untersteinach bei Weidenberg muß der Rand des Zechsteinbeckens verlaufen. Es werden in diesem Zusammenhang neue stratigraphische und paläogeographische Erkenntnisse vorgestellt.

1. Einleitung

Im Jahre 1967 ließ die Gemeinde Bindlach zur Erschließung von Wasser eine Bohrung nahe der Kulmbacher Verwerfung abteufen, die bei 113 m Teufe wegen Unergiebigkeit eingestellt und wieder verfüllt worden ist. Man nahm zunächst an, daß die Bohrung Sandsteinkeuperschichten durchfahren habe. Der Verfasser bezweifelte das (EMMERT 1977: 16) und begründete seine Ansicht, daß es sich um Unteren Buntsandstein und Zechsteinschichten handeln könnte, in einer weiteren Veröffentlichung ausführlicher (EMMERT 1978). Noch fehlte aber ein sicherer Beweis.

Im Zuge der geologischen Landesaufnahme Bayerns genehmigte das Geologische Landesamt eine spezielle Untersuchungsbohrung. Ihr Ansatzpunkt lag etwa 250 m nördlich der älteren Bohrung Bindlach 1967 und wurde so gewählt, daß er mit Sicherheit noch in den Mittleren Buntsandstein 1 zu liegen kam, denn es sollte u. a. auch die bislang noch unbekannte Mächtigkeit des Unteren Buntsandsteins erforscht werden (vgl. F. LEITZ 1976: 137). Geplant war, den Buntsandstein zu durchmeißeln und erst den erwarteten Zechstein zu kernen. Als bei 80 m Teufe intensiv rote Tonsande in größerer Mächtigkeit angetroffen wurden, wie das in Annäherung an die Buntsandsteinbasis auch in den Geländeaufschlüssen bei Weidenberg und ebenso in dem Bohrmeisterprofil der benachbarten Bohrung Bindlach 1967 zu beobachten war, ließ der Verfasser das Bohrgerät von der Meißelbohrung auf Kernbohrung umrüsten. Das war verfrüht, wie sich hernach herausstellte. Doch hatte dieser Irrtum auch seine gute Seite. Es liegt nun von den unteren 60% der su-Schichtenfolge, die zwischen Kronach und Bayreuth nirgendwo zutage tritt, erstmals ein geschlossenes Bohrernprofil vor. Andererseits wurde an den Bohrern alsbald sichtbar, daß die durchbohrte Schichtenfolge mit rund 40 Grad einfällt (vermutlich infolge Schleppung an der Kulmbacher Verwerfung), was bei der Auswahl des Bohrpunktes nicht vorauszusehen war. Weil sich die Bohrtiefe damit etwa um den

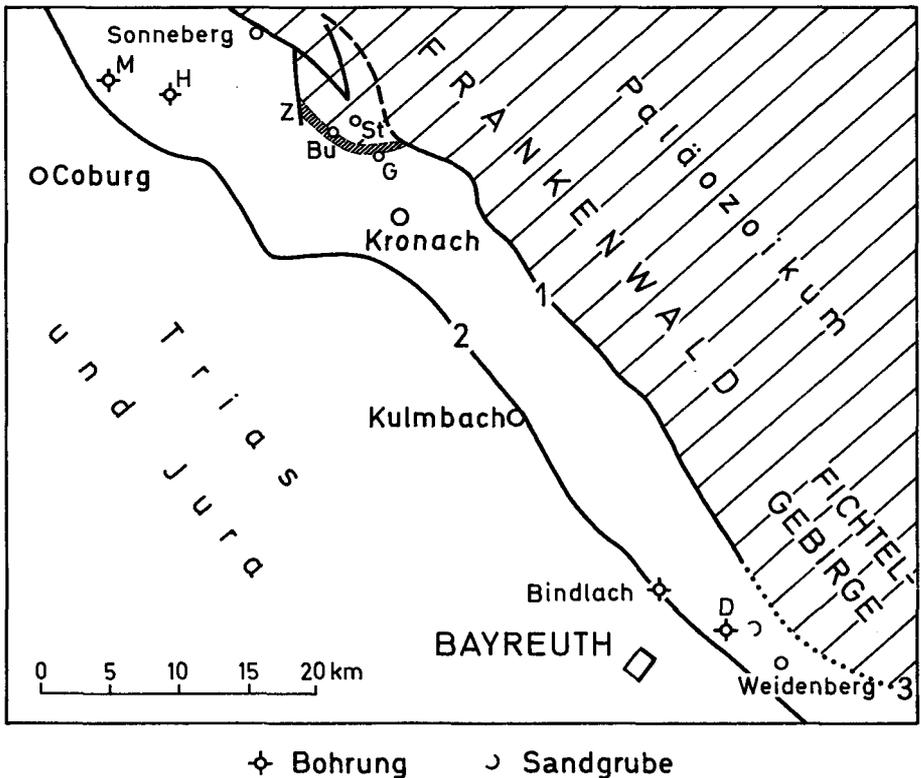


Abb. 1. Zechstein-Aufschlüsse zwischen Coburg und Bayreuth. Bohrungen: Bindlach 1980, D = Döhlau 1972, H = Haarbrücken 1899, M = Mittelberg 1907. Orte: Bu = Burggrub, G = Gundelsdorf, St = Stockheim. - Z = Zechstein anstehend. - 1 = Fränkische Linie, 2 = Kulmbacher Verwerfung, 3 = Fichtelgebirgs-Flexur. Sandgrube mit freigelegter Rotliegend/Buntsandstein-Grenze, östlich von Untersteinach.

Faktor 1,3 vergrößerte, reichten die vorgesehenen 200 Bohrmeter nicht aus, um den gesamten Zechstein, wie geplant, zu durchteufen. Bei 221 m Teufe mußte die Bohrung eingestellt werden, weil die finanziellen Mittel aufgebraucht waren.

2. Das Schichtenprofil der Bohrung Bindlach 1980

Lage:	GK 25, Nr. 6035 Bayreuth, R 71 270 – H 39 060, etwa 1000 m nordwestlich von Bindlach, 100 m östlich des Einzelhofes „Neuhaus“ und 250 m nördlich der Bohrung Bindlach 1967 (Abb. 1).
Ansatzhöhe:	etwa 360 m über NN (nach der Karte)
Stratigraphie:	Mittlerer Buntsandstein bis Zechstein; Schichtneigung um 40 Grad. (Beilage 5)
Bohrzeit:	24. 7. bis 21. 8. 1980
Bohrfirma:	F. Aufschläger, Simbach am Inn
Bohrverfahren:	0–86,3 m Rollenmeißel, –221,0 m (Endteufe) Kernbohrung (ohne nennenswerten Kernverlust)
Geologischer Bearbeiter:	Dr. U. EMMERT, Bayerisches Geologisches Landesamt, München.

Profil:

0–0,20 m	: 0,20 m	Wiesenboden, sandig, braungrau
– 1,00 m	: 0,80 m	Mittel- bis Grobsandstein, verwittert, gelblichgrau, einzelne Kieskörner bis 8 mm
– 1,90 m	: 0,90 m	Mittelsandstein, tonig, gelbgrau, etwas rötlich
– 2,80 m	: 0,90 m	Mittelsandstein mit groben Körnern, tonig, rot
– 3,90 m	: 1,10 m	Mittel- bis Grobsandstein mit Kieskörnern, graurot
– 4,80 m	: 0,90 m	Grobsandstein mit Kieskörnern, tonig, hellgrau
– 9,00 m	: 4,20 m	Tonsandstein rötlich, hellgrau und gelblich, mit Kieskörnern
–13,10 m	: 4,10 m	Grobsandstein, überwiegend hellgrau, mit rötlichen Beimengungen (bes. von 11–12 m) und einzelnen Kieskörnern bis 6 mm, in der unteren Hälfte etwas tonig
–15,00 m	: 1,90 m	Tonsandstein weinrot, mit einzelnen Kieskörnern bis 6 mm
–18,00 m	: 3,00 m	Mittelsandstein, tonig, rötlich bis hellgrau
–23,70 m	: 5,70 m	Mittelsandstein mit einzelnen Kieskörnern bis 7 mm, tonig, hellgrau mit roten und grünen Tonschmitzen, ab 21 m stärker rötlich
–24,00 m	: 0,30 m	Tonsandstein weinrot
–30,00 m	: 6,00 m	Mittel- bis Grobsandstein tonreich, weinrot, mit einzelnen Kieskörnern bis 10 mm
–32,00 m	: 2,00 m	Mittel- bis Grobsandstein mit Kieskörnern, weniger tonhaltig, rötlich
–35,80 m	: 3,80 m	Grobsandstein, mit Kieskörnern bis 9 mm, schwach tonig, graurot, fest
–36,00 m	: 0,20 m	Grobsandstein kieshaltig, dunkelgrau
–37,00 m	: 1,00 m	Grobsandstein mit Kieskörnern bis 9 mm, rötlichgrau, fest

Mittlerer Buntsandstein (sm 1)

Unterer Buntsandstein (su)

–37,70 m	: 0,70 m	Tonsand violettgrau, mit blauen Schmitzen
–39,00 m	: 1,30 m	Feinsandstein, tonreich, hellgrau, mit blauen Schmitzen
–40,00 m	: 1,00 m	Mittelsandstein mit groben Körnern, hellgrau, schwach tonig
–40,90 m	: 0,90 m	Fein- bis Mittelsandstein, tonig, blaugrau
–43,00 m	: 2,10 m	Tonsandstein blaugrau, mit violetten Bändern, die nach unten zunehmen
–47,70 m	: 4,70 m	Fein- bis Mittelsandstein mit groben Körnern, tonreich, blaß rötlichgrau, mit blauen Tonschmitzen
–49,50 m	: 1,80 m	Tonsandstein, hell graublau
–52,00 m	: 2,50 m	Tonstein schwach sandhaltig, blaßviolett
–57,00 m	: 5,00 m	Tonsandstein hell blaugrau, mit violetten Streifen
–57,40 m	: 0,40 m	Tonsandstein weinrot

- 62,80 m : 5,40 m Tonstein, unterschiedlich sandhaltig, blaßviolett, vermutlich mit hell blaugrauen und rotvioletten Bändern
 -66,00 m : 3,20 m Tonsand hellgrau bis hell blaugrün
 -67,60 m : 1,60 m Tonstein fett, schwach sandig, hell blaugrau
 -69,80 m : 2,20 m Tonsand mit groben Körnern bis 5 mm, weinrot
 -77,00 m : 7,20 m Tonsand bis tonreicher Mittelsand, mit einzelnen groben Körnern bis 7 mm, hellgrau bis hell blaugrau
 -82,00 m : 5,00 m Tonsand bzw. stark sandiger Tonstein, mit groben Körnern bis 5 mm, intensiv braunrot
 -85,00 m : 3,00 m Grob- bis Mittelsandstein, schwach tonig, rotgrau, vereinzelt Kieskörner
 -86,30 m : 1,30 m Mittelsandstein schwach tonig, rotgrau
 (Bis 86,30 m Spülproben, von 86,30 m bis Endteufe 221,00 m Bohrkerne, ohne nennenswerten Verlust.)
 -89,10 m : 2,80 m Mittel- bis Feinsandstein, mit groben Körnern bis 7 mm, bis 88 m stark tonig, darunter weniger tonig, hell bläulichgrau, mit vereinzelt violettrotten Tonsandbrocken bei 86,50 m und ebensolchen Schlieren von 87,40–87,60 m sowie rötlichen Beimengungen von 88,10–88,60 m, schwach karbonathaltig von 86,30–88,00 m, (Kern stellenweise zerbrochen) mit schlierigem Übergang in
 -90,10 m : 1,00 m Tonstein sandig bzw. Tonsandstein mit groben Quarzkörnern bis 8 mm, violettrot (Kern teilweise zerbrochen)
 -90,30 m : 0,20 m Mittelsandstein mit groben Körnern, tonhaltig, hell bläulichgrau, mit aufgearbeiteten blauen Tonsteinbrocken
 -91,00 m : 0,70 m Tonstein feinsandhaltig, rotbraun (Kern zerbrochen) übergehend in
 -93,90 m : 2,90 m Feinsandstein ziemlich tonreich, hellgrau, bei 92,35 m schräge Kluft (Kern von 92,50–92,90 m zerbrochen)
 -94,40 m : 0,50 m Tonstein hell graublau, mit violetten und sandigen Schlieren von 94,00–94,10 m
 -99,40 m : 5,00 m Feinsandstein tonig, hellgrau, mit Millimeter-Schichtung durch grüngraue Glimmerlagen, die mit rund 40 Grad einfallen; mehrere Klüfte von 94,50–96,50 m sowie bei 97,50 m und 98,60 m (Kern teilweise zerbrochen)
 -99,70 m : 0,30 m Tonstein violettrot und grün
 -105,90 m : 6,20 m Sandstein überwiegend grobkörnig, feldspathaltig grau, schwach bräunlich, vereinzelte resedimentierte, grüne und rote Tonsteinbrocken (besonders von 104,10 bis 104,30 m) keine Schichtungsfugen, mehrere helle Kluftadern
 -106,00 m : 0,10 m Schluffstein hellgrün, mit violettrotten Flecken, Einfallen rund 40 Grad (5 cm Kernverlust)
 -110,20 m : 4,20 m Sandstein überwiegend grobkörnig, mit mittelkörnigen und kieshaltigen (bis 10 mm) Partien, fest, hell grünlichgrau, z. T. auch bräunlichgrau, bis 106,10 m stärker tonig, mit aufgearbeiteten grünen Tonsteinbrocken und -linsen.
 -110,70 m : 0,50 m Wechselfolge von violettrotten und grünen Tonsteinfasern mit hellen, fein- bis grobkörnigen Sandsteinfasern, schlieriger Verband, Einfallen rund 40 Grad.
 -111,00 m : 0,30 m Tonstein hellgrün (Kern zerbrochen, etwa 10 cm Verlust)
 -112,40 m : 1,40 m Tonstein schluffig, violettrot (Kern zerbrochen, etwa 20 cm Verlust), übergehend in
 -112,70 m : 0,30 m Feinsandstein tonig, violettrot, fest, schlieriger Übergang in
 -113,90 m : 1,20 m Fein- bis Mittelsandstein tonreich, hellgrün, schlieriger Übergang in
 -114,80 m : 0,90 m Feinsandstein tonig bzw. Tonsandstein, violettgrau (die unteren 20 cm sind zerbrochen)
 -118,20 m : 3,40 m Feinsandstein stark tonig, hell blaugrau, fest (Kern teilweise zerbrochen)
 -120,30 m : 2,10 m Feinsandstein tonreich, hell grünlichgrau, vereinzelt bräunlich, schräge Klüfte bei 118,45 m und 119,45 m sowie helle Kluftadern von 118,70–118,90 m.
 -120,70 m : 0,40 m Tonstein schluffig, hellgrün, a. d. Basis violettrot, übergehend in
 -121,80 m : 1,10 m Feinsandstein tonig, grauviolett mit grünen Schlieren, die etwa mit 40 Grad einfallen
 -122,40 m : 0,60 m Fein- bis Mittelsandstein tonig, hellgrün, mit bräunlichen Schlieren, Einfallen um 40 Grad
 -122,80 m : 0,40 m Tonstein schwach feinsandig, grauviolett mit grünen Flecken, übergehend in
 -124,60 m : 1,80 m Feinsandstein tonreich, hell grünlich, mit vereinzelt braunen, mittelkörnigen Sandschlieren, an der Basis violettrote und grüne Tonschlieren, die etwa mit 50 Grad einfallen

- 125,30 m : 0,70 m Mittel- und Grobsandstein, bräunlich
- 127,00 m : 1,70 m Sandstein vorherrschend mittelkörnig, tonig, überwiegend grünlich, mit bräunlichen (125,75–125,95 m und 126,67–126,75 m) und violetten (126,15–126,50 m) Partien
- 128,30 m : 1,30 m Feinsandstein tonreich, hell grünlichgrau mit blaßvioletten Schlieren, die mit 40 Grad einfallen (Kern von 127,20–128,00 m stark zerbrochen, etwa 10–20 cm Verlust)
- 130,20 m : 1,90 m Fein- bis Mittelsandstein tonreich, grünlich, mit grünen Tonsteinschlieren
- 130,60 m : 0,40 m Mittel- bis Grobsandstein tonig, grünlich, mit wenigen bräunlichen Sand-schlieren
- 131,10 m : 0,50 m Tonstein, bis 130,75 m grün, darunter violettrot (Kern etwas zerbohrt), überge-hend in
- 133,60 m : 2,50 m Tonsandstein, überwiegend violettrot bis violettgrau, im schlierigen Verband mit grünlichblauen Partien (bei 131,40 m/131,70 m/132,30–132,80 m/133,50–133,60 m)
- 137,80 m : 4,20 m Tonstein schluffsandig, intensiv braunrot, mit vereinzelten grünlichen Flecken (bei 136,00 und 136,50 m), Schichtneigung etwa 40 Grad
- 138,00 m : 0,20 m Tonsandstein hellgrün
- 139,10 m : 1,10 m Tonsandstein bis feinsandiger Tonstein, grauviolett, Basis fällt mit rund 40 Grad ein
- 141,90 m : 2,80 m Feinsandstein, z. T. mittelkörnig, tonig (bes. bis 139,20 m), hell grünlichgrau, ab 139,40 m schwach karbonatisch, Basis fällt mit rund 40 Grad ein
- 143,40 m : 1,50 m Feinsandstein tonig, hellgrau, bei 142,40 m eine 2 cm starke, rote Tonzwischen-lage, die mit 40 Grad einfällt
- 143,60 m : 0,20 m Feinsandstein tonig, grün und grauviolett gestreift, Einfallen rund 40 Grad
- 143,70 m : 0,10 m Mittelsandstein tonig, graugrün, Einfallen 40 Grad
- 143,90 m : 0,20 m Tonstein feinsandig, violettrot
- 146,40 m : 2,50 m Sandstein mittel- bis grobkörnig, hell grünlichgrau, schwach tonig, mit vielen grünen Tonsteinbrocken (besonders an der Basis), etwas karbonathaltig
- 147,30 m : 0,90 m Tonsandstein bis feinsandiger Tonstein, violettrot, Einfallen um 40 Grad
- 152,50 m : 5,20 m Sandstein mittel- bis grobkörnig, hell grünlichgrau, schwach tonig, karbonathal-tig, (besonders ab 150,00 m), mit grünen Tonsteinbrocken ab 152,30 m, 2 cm langer, bräunlicher Chalcedon-Einschluß bei 147,80 m
- 154,80 m : 2,30 m Tonsandstein bis feinsandiger Tonstein, grauviolett, glimmerstaubig, Schichtnei-gung um 40 Grad
- 155,00 m : 0,20 m Feinsandstein tonig, grün
- 162,00 m : 7,00 m Sandstein mittel- bis grobkörnig, tonig, hellgrau, mit vereinzelten Kieskörnern und einem kleinen, 20 mm großen Quarzgeröll bei 158,95 m sowie grünen Tonsteinbrocken, Schichtneigung etwa 40 Grad

 Unterer Buntsandstein

Zechstein

- 162,50 m : 0,50 m Tonstein grün, in der Mitte violettrot (Kern zerbrochen)
- 163,70 m : 1,20 m Tonstein, bis 162,70 m violettrot, dann übergehend in braunrot
- 163,90 m : 0,20 m Dolomitstein bzw. Steinmergel hellgrau bis grünlich, hart, in knolliger Absonde-rung (2–20 mm Ø)
- 164,10 m : 0,20 m Tonstein intensiv, braunrot
- 164,20 m : 0,10 m Dolomitstein hellgrau bis grünlich, hart, knollig absondernd, übergehend in
- 170,90 m : 6,70 m Tonstein braunrot, mit einzelnen kleinen, grünen Flecken, bis 167,20 m immer wieder eingelagerte, harte, hellgraue Dolomitsteinknollen (5–70 mm Ø), z. T. auch in schlierigem Verband, ab 167,20 m sind vereinzelte, bräunliche, karbona-tische Flasern eingelagert (Kern teilweise zerbrochen)
- 171,10 m : 0,20 m Sandstein fein- bis grobkörnig, tonig, grünlich, Feldspatkörner, Basis fällt mit rund 40 Grad ein
- 171,75 m : 0,65 m Tonstein braunrot, ab 171,55 m mit hellgrauen Dolomitstein-Einlagerungen
- 172,10 m : 0,35 m Grobsandstein grünlichgrau, mit roten Tonflasern a. d. Basis mit hellen Dolomit-steinbrocken

- 172,50 m : 0,40 m Tonstein braunrot, mit einzelnen kleinen, hellen Steinmergelknollen und einer grünen Grobsand-Zwischenlage bei 172,40 m
- 173,00 m : 0,50 m Grobsandstein feldspathaltig, ton- und dolomithaltig, graugrün, ungleichmäßig mit rotem Tonstein vermennt
- 173,10 m : 0,10 m Tonstein rot, mit sandigen und dolomitischen Partien durchsetzt
- 173,20 m : 0,10 m Sandstein feinkörnig, tonig und dolomitisch, graugrün, durchsetzt mit rotem Tonstein (die Ablagerungen zwischen 171,75 und 173,20 m sind sehr ungleichmäßig geschichtet)
- 174,70 m : 1,50 m Tonstein schluffig, rot, locker durchsetzt mit hellen Dolomitstein-Knollen und -Flasern (besonders von 174,25–174,50 m)
- 175,10 m : 0,40 m Tonstein schluffig, dunkel grauviolett, glimmerhaltig, Basisfläche fällt mit 40 Grad ein
- 175,80 m : 0,70 m Feinsandstein weißgrau, etwas karbonathaltig, innig durchsetzt mit graugrünen, tonigen Flasern
- 178,00 m : 2,20 m Feinsandstein mit vereinzelt gröberen Körnern, hell grünlichgrau, mehr oder weniger karbonathaltig, meistens mürbe (Kern teilweise zerfallen)
- 179,30 m : 1,30 m Sandstein tonhaltig, fein- bis grobkörnig (besonders 178,00–178,10 m/178,70 m/179,20 m), grüngrau, von 178,80–179,00 m mehr grauviolett (Kern teilweise zerbrochen)
- 180,10 m : 0,80 m Tonstein braunrot, schwach violett (Kern teilweise zerbrochen)
- 180,90 m : 0,80 m Sandstein überwiegend feinkörnig, hell grünlichgrau, mit grüngrauen Tonflasern und -brocken durchsetzt (Kern teilweise zerbrochen)
- 181,00 m : 0,10 m Dolomitstein rötlichgrau, hart (zerbohrt in Brocken)
- 181,30 m : 0,30 m Tonstein braunrot, mit Feinsandflasern durchsetzt, übergehend in
- 182,60 m : 1,30 m Feinsandstein schwach tonig, teils gelblichgrau, teils violettgrau, teils fleckig
- 184,80 m : 2,20 m Feinsandstein schwach tonig, hell grünlichgrau, bei 183,60 m grüngraue Tonzwischenlage, ab 183 m nach unten zunehmender Karbonatgehalt
- 186,20 m : 1,40 m Mittel- bis Grobsandstein hellgrau, karbonatisch, mit 10 mm großem Quarzgeröll bei 184,55 m und Chalcedon-Einschluß bei 186,00 m
- 186,30 m : 0,10 m Tonstein graugrün
- 187,00 m : 0,70 m Dolomitfeinsandstein bis Dolomitstein rötlichgrau mit unregelmäßigen Beimengungen von violettrottem Tonstein
- 187,70 m : 0,70 m Tonstein braunrot, durchsetzt mit Dolomitstein-Flasern und -Knollen, übergehend in
- 188,90 m : 1,20 m Feinsandstein mit Tonschlieren, bunt: hell grünlich oder gelblichgrau und violettrot, fleckig, stellenweise karbonathaltig
- 190,10 m : 1,20 m Sandstein vorwiegend feinkörnig, bis 189,40 m vorherrschend hell violettgrau, darunter hell grüngrau, stellenweise karbonathaltig
- 195,30 m : 5,20 m Mittel- bis Grobsandstein feldspathaltig, mit unterschiedlichem Karbonatgehalt: reichlich von 190,10–190,40 m und 194,00–195,30 m, überwiegend hell grünlichgrau, mit tonreicheren grünen und rötlichen Zwischenlagen bei 190,40–190,60 m/191,05–191,20 m/192,80 m/193,50 m und 194,90 m
- 197,30 m : 2,00 m Tonstein, bis 195,40 m grün, darunter rot, mit hellem Dolomitstein durchsetzt von 195,65–196,65 m und 197,15–197,30 m
- 197,60 m : 0,30 m Feinsandstein hellgrau, mit grünen Tonschlieren durchsetzt
- 198,80 m : 1,20 m Tonstein dunkel- bis hellrot, mit grünen Flecken, z. T. etwas sandig, stellenweise mit hellen Dolomitsteinnüssen durchsetzt
- 199,00 m : 0,20 m Grobarkose hellgrau, mit grünem Tonstein vermennt
- 203,40 m : 4,40 m Grobarkose hell grünlichgrau, mit einzelnen Kieskörnern und Kleingeröllen bis 10 mm, stark kalkhaltig von 199,00–200,60 m und von 203,10–203,40 m, sonst weniger
- 204,60 m : 1,20 m Tonstein schluffsandig, oben braunrot, unten rotbraun, mit kleinen grünen Flecken und vereinzelt kleinen Dolomitsteinnüssen (Kern zerbrochen)
- 206,60 m : 2,00 m Tonstein mit sandigen Beimengungen (besonders von 206,40–206,60 m), vorherrschend graugrün, auch violettrote Beimengungen sowie mehr oder weniger deutlicher Dolomitgehalt, übergehend in
- 208,90 m : 2,30 m Dolomitstein tonig bis dolomitischer Tonstein, grünlichgrau, im schlierigen Verband, vereinzelter Sandgehalt, besonders von 206,60–206,70 m

- 209,35 m : 0,45 m Dolomitstein hellgrau, hart, mit rotem Tonstein vermengt, besonders in der unteren Hälfte
- 213,20 m : 3,85 m Tonstein schluffig, braunrot, z. T. dolomithaltig mit hellen Dolomitstein-Ausscheidungen von 210,00–210,10 m und 210,70–211,00 m
- 213,70 m : 0,50 m Tonstein graugrün, mit Sandflasern, die nach unten hin zunehmen und in grobkörnigen Sandstein übergehen
- 216,45 m : 2,75 m Grobarkose hellgrau, mit einzelnen Kieskörnern und kleinen, grünen Tonsteinbrocken, durchgehend dolomithaltig, hart
- 217,60 m : 1,15 m Tonstein schluffig, bis 216,65 m und von 217,35–217,60 m grün, der Rest ist dunkelrot, von 216,70–216,85 m mit Steinmergel durchsetzt, übergehend in
- 218,50 m : 0,90 m Feinsandstein hellgrau, mit dünnen grünen Tonflasern durchsetzt, geringer Dolomitgehalt
- 219,90 m : 1,40 m Grobarkose hellgrau, stellenweise (besonders an der Basis) karbonathaltig, mit toniger Zwischenlage bei 218,95–219,00 m
- 220,30 m : 0,40 m Dolomitstein tonig bis dolomitischer Tonstein, grünlich
- 221,00 m : 0,70 m Tonstein schluffig, rotbraun, mit grünen Flecken sowie mit dolomitischen Verhärtungen.
– Endteufe –

Kurzprofil

Bohrteufe bei 40° Einfallen	Formation	„wahre“ Mächtigkeit
0– 37 m	Mittlerer Buntsandstein	über 28 m
37–162 m	Unterer Buntsandstein	rund 96 m
162–221 m	Zechstein	über 45 m

Hinweis: Von der Kernstrecke 86,30–221,00 m sind Farbfotos gemacht worden.

3. Stratigraphische Auswertung

(Beilage 5)

Der Mittlere Buntsandstein 1 (= Kulmbacher Konglomerat) reicht bis in 37 m Tiefe. Er enthält vorherrschend mittel- bis grobkörnige (bis 10 mm Ø), feldspathaltige, im allgemeinen wenig verfestigte Sandschüttungen. Diese führen häufig große Gerölle (bis 10 cm Ø), die aber in den Spülproben nicht in Erscheinung treten, weil sie zerbohrt worden sind. Untergeordnet liegen Tonsandschichten dazwischen, aber keine reinen Tonsteine. Hellgraue, z. T. gelblich oder rötlich getönte, Gesteinsfarben überwiegen; weinrot gefärbt sind die Profilstrecken 13,10–15,00 m und 23,70–30,00 m. Die Grenze Mittlerer/Unterer Buntsandstein zeichnet sich auch in der Schwermineralführung deutlich ab (siehe SALGER, ds. Bd. S. 210).

Der Untere Buntsandstein reicht von 37,00–162,00 m Teufe, was bei 40 Grad Neigung einer „wahren“ Mächtigkeit von rund 96 m entspricht. An seiner Zusammensetzung sind überwiegend tonige Feinsandschüttungen bis feinsandige Tonschichten beteiligt. Typische Schluff- bzw. Silt-Zwischenlagen treten aber auch darin nur selten auf (z. B. 110,70–112,40 m oder 133,60–137,80 m). In größeren Abständen sind feldspathaltige Mittel- bis Grobsandschüttungen zwischengelagert,

die sich Sedimentations-Sequenzen (Beilage 5) zuordnen lassen, im Sinne von F. LEITZ 1976. Die Gesteinsschichten zeigen überwiegend helle, stellenweise blaß violettrot oder blaugrün getönte, Graufarben. Deutlich rot gefärbt sind nur die Strecken 67,60–69,80 m/77,00–82,00 m/89,10–91,00 m/111,00–112,70 m/130,60–137,80 m/146,40–147,30 m. Ausgesprochen harte Gesteinslagen wurden nicht angetroffen. Das Bindemittel ist vorherrschend tonig. Mit verdünnter Salzsäure war von 86,30–88,00 m sowie zwischen 139,40 und 150,00 m ein schwacher Karbonatgehalt festzustellen, reichlicher von 150,00–152,50 m. An der Basis des Unteren Buntsandsteins liegt hier eine 7 m mächtige, massive Grobsandschüttung, die bei Teufe 158,95 m ein 20 mm großes, helles Quarzgeröll führt. Sehr wahrscheinlich macht sich damit der „ECK'sche Geröllhorizont“ bemerkbar. Weil dieser Grobsandstein bei 162,00 m unmittelbar rote Zechsteintone überlagert, liegt der Gedanke nahe, daß hier die 1. Sequenz (LEITZ 1976: 52–55 und 88–94), also die „Übergangsfolge“ bzw. „Bröckelschieferfolge“, nicht entwickelt ist. M. SALGER (ds. Bd., S. 209) hält es für möglich, daß sie sich in der Sandschüttung von 155,00–162,00 m verbirgt.

Als Besonderheit bleibt noch hervorzuheben, daß bei Teufe 147,80 m im Sandstein eine 20 mm lange, bräunliche Chalcedon-Ausscheidung zu sehen war. Das heißt, es sind bereits im tiefen Unteren Buntsandstein – 14 m über der Basis – Karneolbildungen nachweisbar, wie sie auf den Nachbarblatt Weidenberg für den Grenzbereich Buntsandstein/Perm geradezu typisch sind.

Die Ablagerungen der Zechstein-Zeit reichen von 162,00 m bis zur Endteufe bei 221,00 m; d. h. sie sind hier mehr als 45 m mächtig. Durch ihre Dolomitführung, sei es in Form von Bindemittel oder in Form von eingelagerten knolligen oder bankartigen Konzentraten, heben sie sich deutlich von der hangenden Schichtenfolge ab. Anhydrit- oder gar Steinsalzausfällungen kommen hier in der erschlossenen Schichtenfolge, am äußersten Rand des Zechsteinbeckens, nicht mehr vor. – Das Zechsteinprofil endet oben mit einer rund 10 m mächtigen, intensiv roten Tonsteinfolge, die harte, helle Dolomitstein-Einlagerungen und im unteren Drittel einige Grobsandzwischenlagen enthält. Darunter folgen vorherrschend ($\frac{2}{3}$) sandige Ablagerungen (von 175,00–190,00 m überwiegend feinkörnige und von 190,00–220,00 m überwiegend mittel- bis grobkörnige), die immer wieder von Tonzwischenlagen (insgesamt etwa $\frac{1}{3}$ der Strecke 175,00–221,00 m) unterbrochen werden. Sie sind meistens rot gefärbt und enthalten in der Regel vereinzelte Dolomitausscheidungen. Bei 186,00 m wurde ein kleiner Chalcedon-Einschluß beobachtet.

Zur Gliederung des Zechsteinprofils lassen sich nur mit Vorbehalt einige Anmerkungen machen, weil der untere Teil der Zechsteinfolge noch unbekannt ist. In dem nächstliegenden Zechsteinaufschluß von Gundelsdorf bei Kronach (LEITZ 1976: 30) ist der „Plattendolomit“, der im nördlichen Franken einen Leithorizont darstellt, noch gut entwickelt (Abb. 2). Er liegt dort etwa 25 m unter der Buntsandsteinbasis. In einem Abstand von rund 19 m (wahre Mächtigkeit!) tritt auch im Bohrprofil Bindlach zwischen 186,30 und 187,00 m eine feinsandhaltige Dolomitsteinlage auf, die allem Anschein nach dem „Plattendolomit“ entspricht. In diesem Falle würden die Sedimente von 162,00–187,00 m im wesentlichen den Zechstein 3 und 4 vertreten. Denkbar, wenn auch nicht sicher beweisbar, wäre auch, daß die beiden Steinmergelbänke zwischen 163,70 und 164,20 m der Ohre- und Friesland-

Serie (Z 5 und 6), im Sinne von KÄDING 1978, angehören. Die vorherrschend grünlich gefärbten Schichten zwischen 204,60 und 209,40 m, die ab 206,60 m in harten, tonigen Dolomitstein übergehen, könnten demnach das Zechstein-2-Salinar am Beckenrand vertreten.

Vergleicht man das Zechsteinprofil der Bohrung Bindlach 1980 mit dem aus Spülproben ermittelten Profil der nur 250 m entfernten Bohrung „Bindlach 1967“, so ergeben sich doch erhebliche Unterschiede. Die beiden Profile lassen sich nicht zur Deckung bringen.

3.1. Mikropaläontologische Untersuchungen

Von dem erbohrten Zechstein-Profil, Teufe 162,00–221,00 m, sind von Dr. H. RISCH, Bay. Geologisches Landesamt, insgesamt 12 Bohrkernproben auf ihren Fossilgehalt untersucht worden. Sowohl die Schlämmrückstände als auch zwei Dünnschliffe enthielten keine Mikrofossilien.

12 weitere Bohrkernproben aus dem Zechstein sind in dankenswerter Weise von Frau Dr. JEANNE DOUBINGER, Geologisches Institut der Universität Strasbourg, palynologisch untersucht worden. Es waren jedoch weder Pollen noch Sporen von Pflanzen darin zu finden.

4. Tektonische Auswertung

Die Bohrung Bindlach 1980 ist schätzungsweise 50 m nordöstlich der „Kulmbacher Verwerfung“ angesetzt worden. (Der genaue Verlauf der Bruchlinie läßt sich in dem Wiesengelände nicht festlegen.) An ihr stoßen hier Unterer Buntsandstein und Oberer Keuper aneinander, was einer Sprunghöhe von über 900 m entspricht (EMMERT 1977: 112 und Beilage 3).

Auswirkungen dieser Störungszone machen sich auch im Bohrprofil bemerkbar. Wie erst an den Bohrkernen zu sehen war, fallen die durchteuften Schichten mit rund 40 Grad ein; vermutlich deshalb, weil die Schichten der hochliegenden Buntsandstein-Scholle im Verwerfungsbereich nach Südwesten, zur tiefliegenden Keuper-Scholle hin, abwärtsgeschleppt worden sind. – Die Bohrkerne zwischen 92,00 und 106,00 m sowie von 118,00–120,00 m werden mehrfach von Klüften zerschnitten oder von hellen Kluftadern durchsetzt. Häufig sind die Kerne in diesen gestörten Bereichen stark zerbrochen, wie z. B. auch von 127,00–128,00 m. Die durchbohrten tonigen Sedimente weisen in der Regel glänzende Druckharnische auf, die sicherlich auf Flexurbeanspruchung in der Störungszone zurückgehen.

5. Neue stratigraphische und paläogeographische Erkenntnisse

Die Bohrung Bindlach 1980 hat die Vermutung des Verfassers (näher ausgeführt in EMMERT 1978: 127) bestätigt, daß weder zur Zechstein-Zeit, noch zur Zeit des Unteren Buntsandsteins eine „Kulmbacher Schwelle“ existierte, die als paläogeographische Grenze (z. B. B. SCHRÖDER 1969; Abb. 2 oder LEITZ 1976: 23 und 137) wirksam war. Das Zechsteinbecken reichte vielmehr bis Bayreuth und endete erst an der „Fichtelgebirgsschwelle“ (EMMERT 1981a).

Die Profile von Mittelberg, Haarbrücken und Burggrub-Gundelsdorf der Abb. 2 sind zum Vergleich aus der Arbeit von F. LEITZ 1976 entnommen worden. Sie zeigen, daß nordöstlich von Coburg die Zechsteinfoolge noch bis zu 110 m mächtig ist und noch ansehnliche, nahezu 40 m mächtige Anhydritflöze enthält. Im Gundelsdorfer Profil waren schon keine nennenswerten Sulfatausscheidungen mehr zu finden. Dafür überwiegen dort im unteren Drittel des Profiles dolomitische Sedimente und die oberen zwei Drittel bestehen zum größten Teil aus Tonschichten

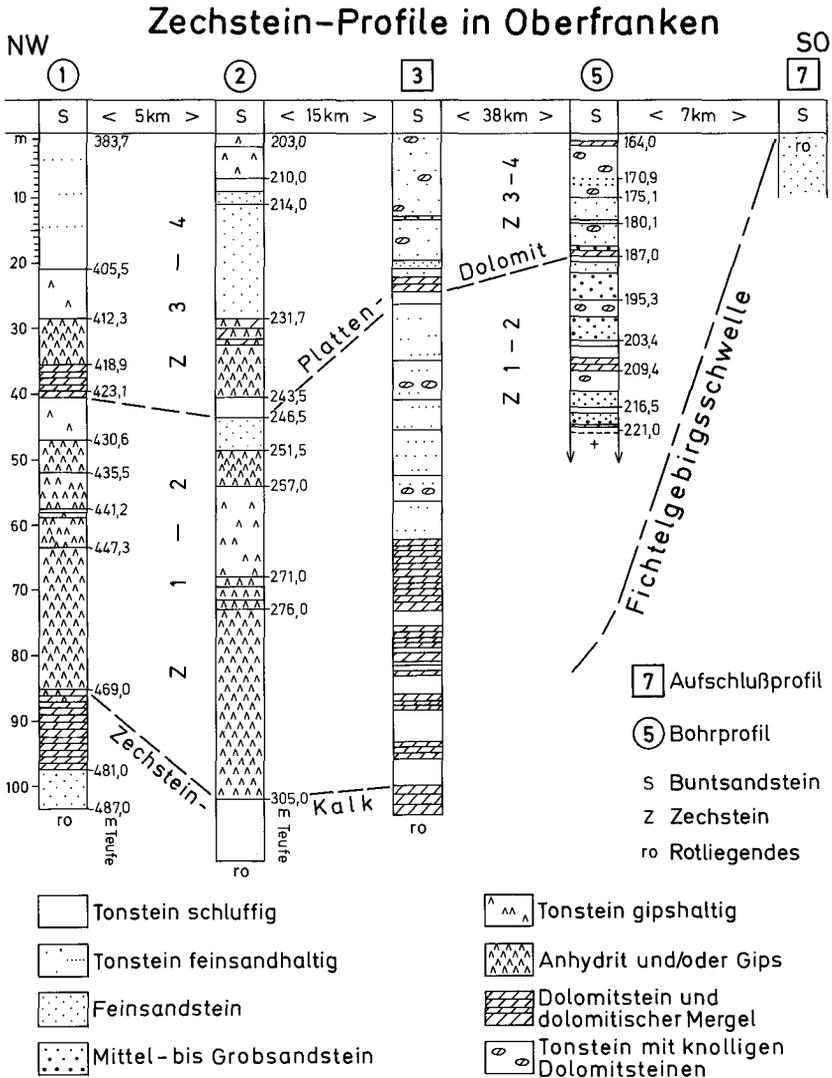


Abb. 2. Zechstein-Profile in Oberfranken. 1 = Bohrung Mittelberg 1907, nach F. LEITZ 1976, 146, Lage: TK 25 Nr. 5632 Neustadt bei Coburg, R 31 380 - H 77 880, 2 = Bohrung Haarbrücken 1899, nach F. LEITZ 1976, 143, Lage: TK 25 Nr. 5632 Neustadt bei Coburg, R 36 040 - H 76 130, 3 = Aufschluß Gundelsdorf, nach F. LEITZ 1976, 30 und 44, Lage: TK 25 Nr. 5733 Kronach, R 50 560 - H 72 100, 4 = Aufschlüsse bei Kronach, nach F. LEITZ 1976, 88, 5 = Bohrung Bindlach 1980, GK 25 Nr. 6035 Bayreuth, R 71 270 - H 39 060

mit deutlich erkennbarem Feinsandanteil. Sporadisch treten dolomitische Verhärtungen darin auf. In dem 38 km weiter südöstlich liegenden Bohrprofil Bindlach übertrifft der Sandanteil ($\frac{2}{3}$) die tonigen ($\frac{1}{3}$) und die dolomitischen Schichtglieder erheblich. Unter dem Plattendolomithorizont sind die hellen Sandschüttungen meistens mittel- bis grobkörnig. In der 7 km entfernten Sandgrube von Untersteinach bei Weidenberg (Abb. 1, 2 u. 3) fehlen derartige, noch marin beeinflusste Zechsteinablagerungen völlig. Demnach muß die Grenze zwischen dem Zechstein-Meeresraum und dem Festland zwischen Bindlach und Untersteinach verlaufen.

Auf dem Kartenblatt 6036 Weidenberg folgen unter den vorherrschend hellen, gelblich- bis weißgrauen Sandschüttungen des Unteren Buntsandsteins – nach

Unterer Buntsandstein in Oberfranken

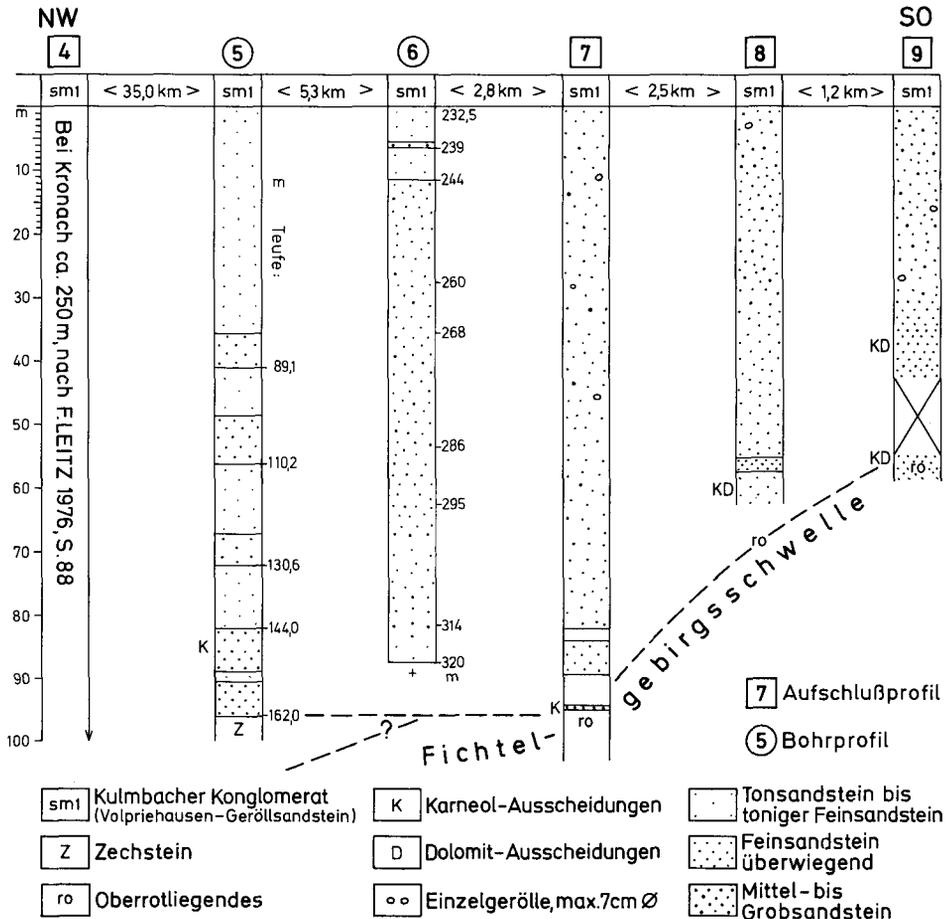


Abb. 3. Profile durch den Unteren Buntsandstein im Raum Bayreuth – Weidenberg. 6 = Bohrung Döhlau 1972, nach EMMERT 1977, 156, Lage: GK 25 Nr. 6035 Bayreuth, R 75 980 – H 36 500, 7 = Aufschluß Untersteinach, nach DILL 1975, 151–153, Lage: TK 25 Nr. 6036 Weidenberg, R 78 720 – H 36 600, 8 = Aufschluß Rosenhammer bei Weidenberg, nach GOLLER 1935, 93–94, Lage: TK 25 Nr. 6036 Weidenberg, R 81 050 – H 33 460, 9 = Aufschluß Weidenberg-NO, nach DILL 1975, 148–149, Lage: TK 25 Nr. 6036 Weidenberg, R 80 320 – H 34 510

einem nicht scharf abgrenzbaren, 13–20 m mächtigen Faziesübergang – dunkelrote Tonsandablagerungen des Oberrotliegenden (Abb. 3, Profil 7). Die ungleichmäßig geschichtete Wechselfolge von hellen Sandlagen und dunkelroten Tonsandschichten im Grenzbereich Rotliegendes/Buntsandstein, die sich kartistisch nicht vom Unteren Buntsandstein abtrennen läßt, kann man als „permotriadische Grenzschichten i. e. S.“ bezeichnen. Sie enthalten in der Regel immer wieder violettgrau bis rötlichviolett gefärbte, tonige Sandschichten sowie durch Brauneisen oder Dolomit verhärtete Partien, häufig in Verbindung mit Chalcedon-Ausscheidungen, also typische „Karneol-Dolomit-Horizonte“. Letztere beschränken sich jedoch nicht auf einen, scharf abgrenzbaren Horizont und bilden auch keine durchhaltenden Leitbänke. Karneol-Dolomit-Ausscheidungen treten vereinzelt schon im tiefen Unteren Buntsandstein auf (Abb. 3), kommen relativ häufig im 13–20 m mächtigen Übergangsbereich vom Rotliegenden zum Buntsandstein vor und sind ab und zu auch noch im höheren Oberrotliegenden der Weidenberger Gegend anzutreffen. Ihr stratigraphischer Leitwert besitzt also keinen exklusiven Charakter. Wie in Aufschlüssen zu sehen war, können Karneol-Dolomit-Ausscheidungen an der Buntsandsteinbasis auf kurze Entfernung durch dolomitisch und/oder quarzitisches verhärtete Sandsteinlagen vertreten werden. Die Abb. 4 zeigt, daß es sich um festländische Verwitterungskrusten handeln muß. Während also bei Bayreuth-Bindlach zur Zechstein-Zeit noch im Küstenbereich des Meeresbeckens tonig-dolomitisch-sandige Sedimente abgesetzt worden sind, bildeten sich schon wenige Kilometer weiter südöstlich – im Weidenberger Raum – auf dem Festland die „permotriadischen Grenzschichten i. e. S.“ mit ihren charakteristischen Karneol-Dolomit-Ausscheidungen.

Auch zur Zeit des Unteren Buntsandsteins bewirkt die „Fichtelgebirgsschwelle“ (EMMERT 1981a) bei Weidenberg eine auffällige Mächtigkeitsverringering (Abb. 3). In der Kronacher Gegend ist der Untere Buntsandstein nach den Angaben von F. LEITZ (1976: 88) noch rund 250 m mächtig. Bis zur Bohrung Bindlach bei Bayreuth geht seine Mächtigkeit auf 96 m zurück. Die Bohrung Döhlau bei Bayreuth hat zwar die Basis des Unteren Buntsandsteins nicht mehr ganz erreicht,

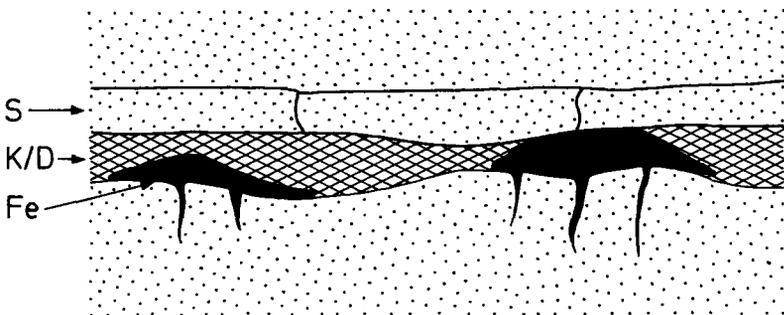


Abb. 4. Unterer Buntsandstein mit Karneol-Dolomit-Horizont. Vereinfachte Zeichnung nach einem Foto. Lokalität: Sandgrube am Nordausgang von Weidenberg, GK 25 Nr. 6036, R 80 320 – H 34 535. – S = Sandsteinbank rd. 25 cm mächtig, K/D = rd. 20 cm mächtige Chalcedonkruste mit Dolomitresten, Fe = Brauneisen-Verkrustung, von der aus wurzelförmige Ausläufer bis zu 30 cm tief in die Sandsteinunterlage hineinreichen. – Etwa 15–20 m unter diesem Karneol-Dolomit-Horizont liegt ein weiterer an der Grenze Buntsandstein/Rotliegendes.

aber sie beweist doch, daß er auch dort noch über 87,5 m mächtig ist. Auf dem Kartenblatt Weidenberg werden die mürben Sandschichten des Mittleren und Unteren Buntsandsteins zur Zeit in großen Gruben ausgebeutet. Unter Berücksichtigung der Schichtneigung von durchschnittlich 45 Grad nach Südwesten errechnet sich in der Sandgrube von Untersteinach ebenfalls noch eine Mächtigkeit von rund 95 m. Die nächsten Geländeaufschlüsse liegen etwa 3 bzw. 4 km davon entfernt am westlichen und östlichen Ortsrand von Weidenberg. Dort ist der Untere Buntsandstein nachweislich nur noch 50–60 m mächtig. Meiner Ansicht nach ist das eine Auswirkung der „Fichtelgebirgsschwelle“. Infolge kontinuierlicher Absenkung des Festlandes hat sich also der Rand des Sedimentationsbeckens in dem Zeitraum, in dem sich die Sedimente des Zechsteins und Unteren Buntsandsteins absetzten, ungefähr 6000 m südostwärts verschoben.

Bemerkenswert ist ferner, daß die Rotfärbung im Unteren Buntsandstein von Kronach nach Weidenberg, also randwärts, immer schwächer wird, wie das DIEDERICH (1966: 138) von anderen Gegenden ebenfalls beschreibt. Das ist schon am Bohrprofil Bindlach zu sehen. In den großen Weidenberger Sandgruben überwiegen helle, fast weiße oder gelbliche, ab und zu blaß rötlich oder grünlich getönte Gesteinsfarben. Geringmächtige, tonreichere, rote Zwischenlagen sind seltene Ausnahmen. Außerdem kommen in den mürben, vorherrschend mittelkörnigen Sandschüttungen, stellenweise Kieseinschübe vor sowie vereinzelte Quarzgerölle. Die bisherige Ansicht, daß diese Gerölle in der Regel 2 cm Ø nicht überschreiten, stimmt nicht. Schon GOLLER (1935: 93 und 98) führte Gerölle von 5–6 cm Durchmesser an. Die größten Gerölle, die ich aus der Grubenwand entnommen habe, hatten einen Längsdurchmesser von 65 bzw. 70 mm.

6. Literatur

- DIEDERICH, G. (1966): Fazies, Paläogeographie und Genese des Unteren Buntsandsteins norddeutscher Auffassung im südlichen Beckenbereich. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**, 132–157, Wiesbaden 1966.
- DILL, H. (1975): Die Geologie im Raum Weidenberg-Untersteinach, unter besonderer Berücksichtigung des Buntsandsteins und der nichtmetamorphen Liegendschichten. – Diplomarbeit, 176 S., 1 Profiltafel, geolog. Kate 1:25 000, Geol. Inst. Würzburg 1975.
- EMMERT, U. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6035 Bayreuth. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.
- EMMERT, U. (1978): Zechsteinletten und Buntsandsteinschichten in Bohrprofilen der Bayreuther Umgebung. – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**, 122–128, Erlangen 1978.
- (1981a): Die Fichtelgebirgsschwelle an der Fränkischen Linie. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **63**, 219–228, Stuttgart 1981.
 - (1981b): Perm. – Geol. Kt. Bayern 1:500 000, Erl., S. 34–40, München (Bay. Geol. L.-Amt) 1981.
- GOLLER, K. (1935): Die Geologie des Gebietes von Weidenberg-Goldkronach. – Abh. preuß., geol. L.-Anstalt, N.F., **165**, 121 S., Berlin 1935.
- KÄDING, K. CH. (1978): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Hessen, Nordbayern und Baden-Württemberg. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **60**, 233–252, Stuttgart 1978.
- LEITZ, F. (1976): Lithostratigraphie des Zechsteins und Buntsandsteins bei Coburg und Kronach (Nordost-Bayern), 185 S. [Fotodruck] – Diss. Univ. Bochum 1976.

- SALGER, M. (1978): Die Tonmineralogie des Zechsteinprofils Gundelsdorf. – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**, 38–40, Erlangen 1978.
- SCHNITZER, W. A. (1957): Die Lithologie und Paläogeographie des Buntsandsteins am Westrand der Böhmisches Masse. – Erlanger geol. Abh., **24**, 130 S., Erlangen 1957.
- (1978): Paläogeruchsbestimmungen an Tonsteinen des Zechsteinprofils Gundelsdorf (Blatt 5733 Kronach). – Geol. Bl. NO-Bayern, **28**, 40–44, Erlangen 1978.
- SCHNITZER, W. A. & VOSSMERBÄUMER, H. (1981): Sedimentologie und Stratigraphie der Bohrungen Döhlau und Untersteinach auf den Blättern 6035 Bayreuth und 6036 Weidenberg. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**, 363–384, Erlangen 1981.
- SCHRÖDER, B. (1969): Buntsandstein-Gliederung in der Trias-Randfazies im Ostteil der Süddeutschen Scholle. – Z. deutsch. geol. Ges., **118**, (1966), 240–246, Hannover 1969.
- WURM, A. (1961): Geologie von Bayern. Frankenwald, Münchberger Gneismasse, Fichtelgebirge, Nördlicher Oberpfälzer Wald, 2. Aufl., 555 S. [Zechstein: S. 288–292] – Berlin-Nikolassee (Borntraeger) 1961.

Mineralogie des Bohrprofils Bindlach 1980

Von MATTHIAS SALGER

Mit 1 Tabelle und Beilage 5

1. Korngrößenverteilung und Feldspatgehalt der Sandsteine

An 19 ausgewählten Sandsteinen wurde durch Trockensiebung die Korngrößenverteilung bestimmt (Tabelle 1).

Es können zwei Gruppen von Sanden unterschieden werden: Feinsande mit einem mittleren Korndurchmesser (Md) von 0,100–0,150 mm und Mittel bis Grobsande mit Md 0,2–0,8 mm. Die Sortierung der Feinsande streut bei geringen Korngrößenunterschieden stark von 1,25 (gut) bis 1,84 (schlecht); die Mehrzahl der Proben scharf um 1,50 (mittel).

Die Mittel- bis Grobsande können in drei Gruppen unterteilt werden: 1. Eine eng zusammengedrückte Gruppe mit guter Sortierung Md 0,53–0,59 mm, So 1,34–1,39. – 2. Eine über einen weiten Korngrößen- und Sortierungsbereich auseinandergezogene Gruppe, bei der die Sortierung mit steigender Korngröße abnimmt; Md 0,225–0,780, So 1,38–1,77. – 3. Eine haufenförmige Gruppierung im Bereich mittlerer bis schlechter Sortierung; Md 0,275–0,380, So 1,64–1,78.

Alle drei Gruppen der Grobsande wie auch die Feinsande fallen nach Korngröße und Sortierung in den Bereich der Strombetsande unregulierter Flüsse. Als reine Stillwassersedimente sind nur die zwischengelagerten Tone anzusehen.

Beim Vergleich der Sandsteine zu ihrer Stellung im Bohrprofil ergibt sich: Die grobkörnigen Sandsteine des Zechsteins sind mittel bis schlecht sortiert (Gruppe 2 und 3). Im Buntsandstein liegen die gut sortierten Grobsandsteine an der Basis einer Sandsteinsfolge mit nach oben abnehmender Sortierung. Im allgemeinen entspricht das der Abfolge innerhalb einer Sequenz. In der 2. Sequenz zeigt sich aber eine Unterteilung in zwei Folgen: Zwischen 162,00 und 152,00 m sinkt der mittlere Korndurchmesser von 0,55 über 0,38 auf 0,10 mm und gleichsinnig verschlechtert sich die Sortierung von 1,39 auf 1,56. Darüber beginnt es erneut mit Md 0,53 mm und So 1,37 und geht bei 135,90 auf Md 0,115 mm und So 1,84 zurück. Es wäre erwägenswert, die im Profil ausgewiesene 2. Sequenz nur von 130,60 bis 152,00 m gehenzulassen und zwischen 152,00 und 162,00 m die fehlende 1. Sequenz einzuordnen.

Der Feldspatgehalt der Sandsteine streut zwischen 10 und 30%, in etwa der Hälfte der untersuchten Sandsteine zwischen 15 und 20%. In 8 von 29 Sandsteinen

ist neben dem vorherrschenden Kalifeldspat auch ein saurer Plagioklas (Albit bis Oligoklas) vorhanden. Eine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Feldspäte über das Bohrprofil ist nicht zu erkennen.

Tabelle 1: Korngrößenverteilung von Sandsteinen

Teufe m	<0,06 %	0,06 bis 0,09 %	0,09 bis 0,2 %	0,2 bis 0,4 %	0,4 bis 0,6 %	0,6 bis 1,0 %	1,0 bis 2,0 %	2,0 mm	Md (mm)	So = $\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$
86,90	6,5	4,3	19,7	57,0	11,0	1,4	0,1		0,225	1,38
91,90	17,7	9,2	52,1	21,0					0,140	1,46
103,90	4,8	2,5	12,1	20,3	33,7	21,5	5,0	0,1	0,470	1,53
107,90	2,3	1,1	4,4	12,0	33,2	32,7	13,8	0,5	0,590	1,34
114,50	23,6	13,0	63,4						0,110	1,46
123,90	7,6	3,0	17,2	37,4	29,6	5,2			0,320	1,60
135,90	26,2	12,8	38,2	22,8					0,115	1,84
145,90	3,7	2,1	9,8	17,3	27,8	25,2	13,3	0,8	0,540	1,54
151,90	2,2	1,6	7,0	14,8	33,0	32,2	9,0	0,2	0,530	1,37
153,90	25,8	16,9	44,4	12,9					0,102	1,56
155,00	7,0	4,3	20,3	21,9	36,2	8,8	1,4	0,1	0,380	1,78
160,90	2,4	1,0	6,4	13,5	31,7	30,7	13,8	0,5	0,550	1,39
170,90	11,0	6,4	15,3	46,0	14,3	5,7	1,3		0,275	1,65
182,90	3,6	1,8	16,2	47,4	25,0	6,0			0,320	1,41
184,60	4,8	2,7	14,4	32,4	23,2	15,7	6,3	0,5	0,370	1,64
189,90	5,2	2,8	20,4	30,2	26,8	13,0	1,6		0,340	1,69
194,00	2,6	1,7	8,3	10,9	16,3	21,9	28,2	10,1	0,780	1,77
214,90	3,3	1,6	6,8	12,9	20,3	21,5	23,0	10,6	0,680	1,76
218,10	10,8	4,7	69,5	15,0					0,146	1,25

2. Schwer- und Tonmineralverteilung

In Beilage 5 ist die Schwer- und Tonmineralverteilung über das Bohrprofil dargestellt. Die Schwerminerale wurden in der Fraktion 0,1–0,25 mm durch Sichern angereichert, sekundäre Minerale wie Karbonate, Baryt und Anatas sowie Opake wurden nicht gezählt. Zur Tonmineralbestimmung wurden die Proben nach Dispersion mit Calgon und Ultraschall (20 KHz) aus Atterbergzylindern nach Absitzen der Teilchen größer als 0,002 mm Ø einmal abgezogen und nach Filtration Texturpräparate durch Schmierer auf Objektträger hergestellt. Zur Bestimmung der relativen Konzentration wurden Pikhöhen im Verhältnis 1:1:1:¼ für Illit : Montmorillonit : Wechschelichten : Chlorit : Kaolinit verwendet. Nichttonminerale wie Quarz, Feldspat, Karbonate und Eisenoxide blieben unberücksichtigt.

Die Schwermineralverteilung zeigt nur einen qualitativen Sprung und zwar an der Grenze vom Mittleren zum Unteren Buntsandstein mit den Hauptmineralen Zirkon und Apatit im Mittleren zu Granat-Zirkon im Unteren Buntsandstein.

Daß hier keine postsedimentäre Ausmerzung von Granat in den Grobsandsteinen des Mittleren Buntsandsteins vorliegt, zeigt das fast vollkommene Fehlen von Kaolinit in den dazugehörigen Tonfraktionen.

Der Untere Buntsandstein und der Zechstein sind gekennzeichnet durch fast durchweg vorhandenen, aber stark fluktuierenden (2–8%) Granatgehalt. Dieser scheint weniger den ursprünglichen Sedimentationszustand widerzuspiegeln als vielmehr die postsedimentären Veränderungen. Dafür spricht, daß der Granat, der normalerweise die grobkörnigen Sande bevorzugt, seine höchsten Konzentrationen in den undurchlässigen Tönen und tonigen Sanden erreicht und am stärksten zurückgeht in den durchlässigen Mittel- und Grobsanden. Gegenläufig verhält sich der Kaolinitgehalt: Die stärker kaolinitischen Partien zeigen geringe Granatgehalte. Daß der Trend im Zechstein weniger ausgeprägt ist als im Buntsandstein liegt wohl vor allem an dem fast durchweg vorhandenen Karbonat, das die sauren Porenlösungen etwas abpufferte. Daraus kann für die Sedimentation folgender Schluß gezogen werden: Die Sedimente des Mittleren Buntsandsteins stammen von vorwiegend granitischen Gesteinskörpern, die des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins von Gneisen und kristallinen Schiefen, deren Granate nach der Sedimentation in den durchlässigen Sedimentpartien in unterschiedlichem Maß ausgemerzt wurden.

Im Tonmineraldiagramm fällt als erstes der scharfe Wechsel bei 86 m ins Auge. Da er mit dem Wechsel von der Spül- zur Kernbohrung zusammenfällt, ist er sicher nicht echt. Wahrscheinlich sind bei der Entnahme der Spülproben die feineren Teile der Tonfraktion ausgeschlämmt worden.

Die Kernstrecke zeigt zwei stark verschiedene Tonmineralgesellschaften: In den Sandsteinen überwiegen unregelmäßige, hoch montmorillonitische Wechschichtminerale und Montmorillonite (Smectite); daneben treten in geringerer, stark wechselnder Menge Illit und Kaolinit auf. Die Tone bestehen aus Illit, teilweise mit geringen Mengen Chlorit oder Kaolinit; im unteren Teil des Zechsteins ist eine Schicht mit Palygorskit vorhanden. Auch Dr. BÜHMANN, Geologisches Institut der Universität Strasbourg, fand in den ihm übergebenen 5 Proben von der Strecke 206,6 bis 209,4 m bemerkenswerte Palygorskit-Gehalte. Die starken Unterschiede im Tonmineralbestand der Tone und Sandsteine lassen auf unterschiedliche Bildungsbedingungen schließen. Ich nehme an, daß die illitisch geprägte Mineralassoziation der Tone die vorwiegend durch physikalische Verwitterung gekennzeichneten Umweltbedingungen während der Ablagerung der Sedimente in der Zechstein- und Buntsandsteinzeit widerspiegeln, die vorwiegend montmorillonitische (smectitische) Fazies der Sandsteine, mit ihren stark wechselnden Kaolinitgehalten, das Ergebnis einer Umbildung des angelieferten Mineralbestandes ist, die durch die in den Sanden zirkulierenden Porenlösungen nach der Sedimentation bewirkt wurde.

Für die palygorskitreiche Schicht stehen zwei Entstehungsmöglichkeiten zur Diskussion: 1) Bildung des Palygorskit in semiariden Böden und spätere Umlagerung an die heutige Stelle. N. L. WATTS beschreibt einen fossilen Boden von der basalen Permtrias in Schottland, A. SINGER und K. NORRISH Palygorskitkrusten in australischen Paläoböden. 2) Bildung des Palygorskit in alkalischen Süß- und Brackwasserseen aus gelösten Al-Mg-Si-ionen oder durch Umbildung ererbter Tonminerale im Zuge der Evaporation (MILLOT 1964, TRAUTH 1977). – Gegen die erste Möglichkeit spricht die hohe Palygorskitkonzentration; denn in beiden

beschriebenen Böden bildet der Palygorskit nur Krusten und Kluftbeläge, die Masse des Bodens ist palygorskitfrei; bei der Umlagerung würde zudem sicher noch eine weitere Verdünnung des Palygorskitgehaltes erfolgen. Wahrscheinlicher ist die Bildung des Palygorskit aus der Lösung kurz vor oder mit der Fällung der Karbonate; denn er bildet auch den Hauptbestand des Säurerückstandes der in der Palygorskitschicht vorkommenden Dolomitsteine.

In der grobkörnigen, stark kaolinitischen Arkose zwischen 200,50 und 203,40 m ist durch das Gammalog eine starke *Strahlungsanomalie* ausgewiesen. Proben aus dem Maximum der Anomalie bei 202,4 m enthalten im Durchschnitt 0,3% U, in schwarzgefleckten Partien 0,6% U; in diesen konnte durch Röntgenbeugung das Uranoxid, Uraninit und das Uransilikat Coffinit als Strahlungsträger nachgewiesen werden. Begleiter sind Eisensulfide und organische Substanz.

M. G. BONHOMME (Centre de Sedimentologie et Géochimie de la Surface, Strasbourg) hat aus dem Palygorskit-Gehalt von Zechstein-Proben der Teufe 207,60–209,00 m mit der Kalium-Argon-Methode das *Gesteinsalter* bestimmt. Er fand Werte von 201 bis 207 ± 7 Millionen Jahre, die deutlich jünger sind als das Zechstein-Alter. Diesen Widerspruch führt er auf Rekristallisationsprozesse infolge von Wärmeströmungen zurück, die im Zusammenhang mit dem beginnenden Zerfall der „Pangaea“ zur Trias-Zeit stehen (BONHOMME 1982). Er wird an anderer Stelle darüber berichten.

3. Literatur

- BONHOMME, M. G. (1982): Age triassique et jurassique des argilles associées aux minéralisations filoniennes et de phénomènes diagenétiques tardifs en Europe de l'Ouest. Contexte géodynamique et implications génétiques. – C. R. Acad. Sc. Paris, t. 294, série II, 521–524, Paris 1982.
- MILLOT, G. (1970) *Geology of clays*. – New York, Heidelberg, Berlin, Paris, London 1970.
- SINGER, A. & NORRISH, K. (1974): Pedogenic palygorskite occurrences in Australia. – *American Mineralogist*, 59, 508–517, Richmond 1974.
- WATTS, N. L. (1976): Paleopedogenic palygorskite from the basal Permo-Triassic of northwest Scotland. – *American Mineralogist*, 61, 299–302, Richmond 1976.
- TRAUTH, N. (1977): Argiles évaporitiques dans la sédimentation carbonatée continentale et épicontinentale Tertiaire. Bassins de Paris, de Mormoiron et de Salinelles (France) Jbel. Ghassoul (Maroc). – *Sciences géologiques, mémoire* 49, Strasbourg 1977.

Geologica Bavarica	83	213–215	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Ergebnisse der Bestrahlungsanalyse an Quarzen der Bohrung Bindlach 1980

Von W. A. SCHNITZER und D. MAHADJER

Mit 1 Abbildung

Kurzfassung

Detritische Quarze aus Sedimentgesteinen lassen sich durch Röntgenstrahlen, Co^{60} oder im abgeschalteten Reaktor mit alternden Spaltprodukten in „smoky-quartze“ umwandeln. Die Intensität der Verfärbung und die Anzahl der sich neu bildenden Rauchquarze ist von ihrer Bildungstemperatur abhängig. Besonders gut lassen sich Quarze aus Graniten und Pegmatiten verfärben, Quarze aus metamorphen Gesteinen nur in geringem Umfang und Quarze, die von niedrigthermalen Gängen herkommen und Quarzlinen aus Metamorphiten fast nicht. So lassen sich an Hand der verfärbten Quarze, Farbzentrenbildung, Intensität der Verfärbung etc. Informationen über die Herkunft der detritischen Quarze abrufen.

Die Methode, der Analysengang, Abhängigkeit von der Korngröße und die verschiedenen Möglichkeiten der Bestrahlung sind bereits ausführlich beschrieben worden (SCHNITZER 1977, 1978, 1979a, 1979b). Die Anwendungsmöglichkeit für stratigraphische und paläogeographische Problemstellungen ist sehr vielseitig und in allen erdgeschichtlichen Systemen, auch mit anderen Analysemethoden vergleichend, anwendbar (vgl. SCHNITZER 1977, 1979a, 1979b, KREMIANS 1977, MAHADJER 1977, GRÜNER 1978, SCHERER 1979). Gerade für die Stratigraphie der süddeutschen Trias läßt sich die Bestrahlungsmethode im Buntsandstein und Sandsteinkeuper mit Erfolg einsetzen.

Hier zeigt sich (MAHADJER 1977, KREMIANS 1977), daß die beachtlichen Schwankungen der Schwermineralspektren im Buntsandstein des Spessarts nicht schüttungsbedingt sein können, sondern auf die „intrastratal solution“ und die Oberflächenverwitterung zurückgeführt werden müssen. So hat man mit Hilfe der bestrahlten Quarze immer eine Kontrolle für diese Parameter.

Dankenswerterweise überließ uns Herr Dr. EMMERT vom Bayer. Geol. Landesamt eine größere Anzahl von Proben der Bohrung Bindlach zur Untersuchung. Insgesamt konnten 21 Sandsteinproben analysiert werden. Da die Fraktion 2,0–1,0 mm \varnothing nicht in allen Proben hinreichend vertreten war, mußte auf die Korngrößengruppe 1,0–0,5 mm zurückgegriffen werden. Wenn möglich sollte man die Fraktion 2,0–1,0 mm \varnothing untersuchen, da die Farbe von der Dicke der einzelnen Körner abhängig ist. In den feineren Fraktionen treten verstärkt nicht mehr verfärbbare Quarze auf, was auf eine Anreicherung des detritischen Quarzes in Abhängigkeit von seiner chemischen und mechanischen Stabilität hindeutet. Bei gemahlene Quarzen gleichen Ausgangsmaterials ergeben sich in den Korngrößengruppen bis 0,1 mm \varnothing stets gleiche Prozentgehalte von neu gebildeten „smoky-quartzen“. Für unsere Untersuchungen bedeutet das einen größeren Anteil an verfärbten Quarzen in der Fraktion 2,0–1,0 mm \varnothing (vgl. SCHNITZER 1979b). Alle Proben konnten mit $5,3 \times 10^6$ rd im Forschungsreaktor Neuherberg bei München bestrahlt werden. Die Ergebnisse seien im folgenden interpretiert und mit den Schwermineraluntersuchungen SALGERS verglichen.

In der Bohrung Bindlach ist ein erster Sprung in der „smoky-quartz“-Neubildung an der Grenze vom Mittleren zum Unteren Buntsandstein zu verzeichnen (vgl. Abb. 1). Im Mittleren Buntsandstein herrschen verfärbbare Quarze vor, im Unteren Buntsandstein geht die Verfärbungsquote merklich zurück. Diese Ergebnisse korrespondieren mit den Schwermineraluntersuchungen SALGERS. Der qualitative Sprung von Zirkon-Apatit-Assoziationen zur Granat-Zirkon-Assoziationen an der Grenze vom Mittleren zum Unteren Buntsandstein entspricht den Ergebnissen der bestrahlten Quarze vollkommen. Im Unteren Buntsandstein und im Zechstein schwankt der Prozentgehalt verfärbbarer Quarze zwischen 30–50%. Nach allen bisherigen Erfahrungen müßten hier doch unterschiedliche, wenn auch schwer kontrollierbare Schwankungen in dem angelieferten Material vorliegen. Die stark wechselnden Granatgehalte führt SALGER auf überwiegend postsedimentäre Veränderungen zurück; nach der Bestrahlungsanalyse wären Veränderungen in den Liefergebieten genauso wahrscheinlich.

Besonders interessant sind die von SALGER festgestellten Strahlungsanomalien in den kaolinitischen Arkosen im Bereich zwischen 200,5 bis 203,4 m in der Bohrung. Die U-Gehalte sind mit 0,3–0,6% erstaunlich hoch. Strahlungsträger sind Uraninit und Coffinit. Eine Probe von 200,10–201,20 m konnte auf die natürliche Verfärbung der Quarze untersucht werden. Im Gegensatz zu den radioaktiven Arkosen

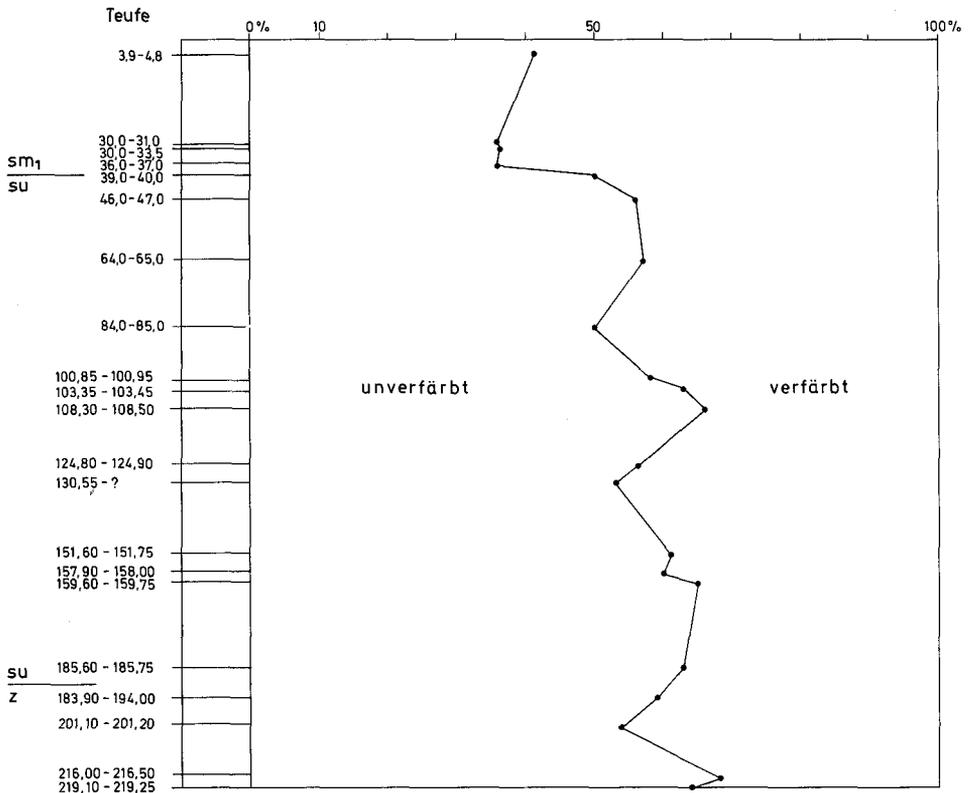


Abb. 1. Das Verhältnis verfärbter zu unverfärbten Quarzkörnern in der Bohrung Bindlach 1980.

des Mittleren und Oberen Burgsandsteins, in denen die Quarze durch die natürliche Bestrahlung eine deutliche Verfärbung zeigen (SCHNITZER 1977), wurden in dieser Probe keine primär verfärbten Quarze festgestellt. Sicher ist eine Probe nicht repräsentativ, jedoch könnte man mit den primären Quarzkornfarben das Alter der Mineralisation überprüfen. Nach der analysierten Probe müßte die Mineralisation jungen Datums sein und nicht synsedimentär.

Literatur

- GRÜNER, K. (1978): Erläuterungen zur geol. Kartierung des Norddrittels des Bl. 6023 Lohr der top. Karte 1:25 000. – Unveröff. Dipl.-Arb., 75 S., Würzburg 1978.
- KREMIANS, R. (1977): Sedimentuntersuchungen im Unteren und Mittleren Buntsandstein des Spessarts unter besonderer Berücksichtigung stratigraphischer Problemstellung. – Unveröff. Diss. Univ. Würzburg, Würzburg 1977.
- MAHADJER, D. (1977): Sedimentologische Untersuchungen im Heigenbrückener- und Felssandstein unter besonderer Berücksichtigung der Paläogeographie. – Unveröff. Diss. Univ. Würzburg, Würzburg 1977.
- SCHERER, U. (1978): Erläuterungen zur geol. Kartierung auf Bl. Nr. 6023 Lohr der top. Karte von Bayern 1:25 000 mit speziellen sedimentologischen und geophysikalischen Untersuchungen. – Unveröff. Dipl.-Arbeit, 82 S., Würzburg 1978.
- SCHNITZER, W. A. (1977): Die Quarzkornfarben-Methode und ihre Bedeutung für die stratigraphische Erforschung psammitischer Sedimente. Natürliche Quarzkornfarben und Bestrahlungsfarben. – Erlanger geol. Abh., 103, 1–28, Erlangen 1977.
- (1978): Bestrahlung von Quarzkörnern aus Sedimenten im Forschungsreaktor Neuherberg und ihre Bedeutung für geowissenschaftliche Forschungen. – gsf Information (Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München), 1, München 1978.
 - (1979a): Vergleichende sedimentologische Untersuchungen in der ostbayerischen Trias (Gamma-Bestrahlung von Quarzkörnern, Geröll- und Schwermineraluntersuchungen). – Geol. Bl. NO-Bayern, 29, 112–130, Erlangen 1979.
 - (1979b): Die Bestrahlungsmethode (Gamma-Bestrahlung von detritischem Quarz) und ihre Einsatzmöglichkeit in klastischen Sedimenten. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 61, 347–366, Stuttgart 1979.

Geologica Bavarica	83	217-219	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Die geochemische Bearbeitung der Bohrung Bindlach 1980

Von WOLF-DIETRICH OTT

Mit Beilage 5

Als Ergänzung der lithologischen und mineralogischen Bearbeitung der Forschungsbohrung Bindlach durch U. EMMERT und M. SALGER stellte sich die Frage: In wie weit kann chemische Analytik zur Lösung lithologischer Probleme beitragen? Zu diesem Zwecke sind die Bohrkerne des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins auf die Spurenelemente Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Y, Zn und Zr untersucht worden.

Probenvorbereitung und Analytik

Zur Bearbeitung wurden aus der 134,7 m langen Bohrkernstrecke 95 Proben entnommen. Es wurde Wert darauf gelegt, möglichst alle lithologischen Einheiten zu erfassen. Die Menge des Probenmaterials betrug durchschnittlich 500 g.

Die Bohrkernproben wurden zunächst geteilt. Die eine Hälfte wurde aufbewahrt, während die andere die Grundlage der chemischen Untersuchung bildete. Da Sandsteine und Tonsteine, neben wenig Dolomit, die wesentlichen Gesteinskomponenten waren, konnte auf das Brechen weitgehend verzichtet werden. Die analysenfeine Zerkleinerung erfolgte in einer Scheibenschwingmühle mit einem Widiamahlgefäß. Zur Untersuchung in der Röntgenfluoreszenzanlage (Ortec Tefa 6110) wurden jeweils 3,5 g Substanz und 1,5 g Bindemittel (Somar-mix und Somarblend, Fa. Kontron, Verhältnis 1:1) eingewogen und in eine Aluminiumkapsel (Alu-caps, Fa. Kontron) mit einem Durchmesser von 32 mm in einer hydraulischen Presse mit 30 t in sehr kurzer Zeit eingepreßt. Die Meßzeit für die Spurenelemente betrug 200 sec. Die Auswertung der erhaltenen Daten erfolgt automatisch über einen Kleinrechner (Pdp 11/04 Fa. Digital Equipment) für den K. WEBER-DIEFENBACH vom Institut für allgem. Geologie und angewandte Mineralogie der Universität München dankenswerterweise das Programm erstellte.

Ergebnis

Die Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse sind im einzelnen nicht aufgeführt, jedoch im Bedarfsfall im Archiv des GLA einzusehen. Die vertikale Verteilung der einzelnen Elemente zeigt Beilage 5. Die Auszeichnung der Profile erfolgte über einen Computer, der leider nicht über einen logarithmischen Maßstab verfügt. Aus diesem Grund mußte für jedes Element eine eigene Konzentrationsabstufung verwendet werden.

Blei (Pb): Wie die Abbildung zeigt schwanken die Gehalte zwischen 5 ppm und 49 ppm, wobei die Gehalte mit steigendem Anteil an Tonmineralien in den Proben zunehmen. Die Werte stimmen mit den Literaturdaten überein (Handbook of Geochemistry 1972) und zeigen keine außergewöhnlichen Anreicherungen.

Anschrift des Verfassers: Dr. W.-D. OTT, Bayerischen Geologisches Landesamt, Prinzregentenstraße 28, 8000 München 22.

Chrom (Cr): Die Konzentration des Chroms variiert zwischen Proben, die frei an diesem Spurenelement sind und solchen, die bis zu 195 ppm erreichen können. Die Höhe der Gehalte ist ebenfalls abhängig vom Gehalt an Tonmineralien, was sich mit den Ergebnissen von FESSER (1968) deckt, wonach das Chrom in pelitischen Sedimenten an Tonmineralien und hier vorwiegend an Illit gebunden ist.

Kobalt (Co): Die Konzentration des Kobalts schwankt zwischen Spuren unter 1 ppm und Werten um 17 ppm, die gut mit Durchschnittswerten von Tonschiefer übereinstimmen. Bei der vertikalen Verteilung des Kobalts fällt auf, daß in der stark sandbetonten Fazies der Salmünster Folge und in der 3. Sequenz, obere Gelnhausen-Folge, die Gehalte zu Beginn einer neuen Folge hoch sind (13 bzw. 17 ppm) und dann auf Werte zwischen 3 und 7 ppm fallen. Mit Beginn der 2. Sequenz steigen die durchschnittlichen Gehalte auf Werte zwischen 3 und 11 ppm. Dieser Anstieg ist an eine Zunahme des Carbonatgehaltes im Zechstein und im Liegenden des Unteren Buntsandsteins gebunden. Siehe auch HIRST und NICHOLLS (1958).

Kupfer (Cu): Die Verteilung des Kupfers weicht von den bisher behandelten Elementen ab. Die geringsten Gehalte liegen um 1 ppm und erreichen Spitzen von 592 ppm in einem tonigen Feinsandstein. Das Kupfer ist hier wohl in sulfidischer Form gebunden. Mit Ausnahme dieser Spitze und zweier kleinerer bei 119 m liegen die Werte in den tonig, sandigen Bereichen zwischen 0 und 10 ppm und steigen in den Bereichen mit erhöhtem Carbonatanteil bis auf durchschnittlich 30 ppm. Hier ist wohl das Carbonat der Bindungspartner.

Nickel (Ni): Die Nickelgehalte schwanken zwischen 1 ppm in einem Sandstein mit Gesteinsdetritus und 81 ppm in einem Tonstein. Die Deutung der Verteilung auf die diversen Sedimente ist schwierig. Zwar kann man generell feststellen, daß die höchsten Nickelgehalte in Tonsteinen und die niedrigsten in inhomogenen Sandsteinen anzutreffen sind, doch bedeutet dies keinesfalls, daß eine mineralogisch-chemische Bindung bevorzugt an Tone bzw. Tonsteine zu beobachten ist.

Rubidium (Rb): Die Gehalte an Rubidium liegen in der Bohrung Bindlach zwischen 44 ppm in einem tonigen Dolomitstein und 284 ppm in einem Tonstein. Ähnlich wie bei den Ni-Gehalten kann kein genereller Verteilungstrend auf Ton- und Sandsteine festgestellt werden. Ein Vergleich silikatischer und carbonatischer Matrix zeigt jedoch eine deutliche Zunahme in den Proben, die oberhalb von 140 m Tiefe entnommen und frei von Carbonat sind.

Strontium (Sr): Die Gehalte an Strontium liegen zwischen 71 ppm in einem Steinmergel und 172 ppm in einem tonigen Feinsandstein. Ähnlich wie bei dem Element Rubidium sieht die Verteilung über das Bohrprofil so aus, daß in den silikatischen Bereichen oberhalb 136 m die Werte zwischen 70 ppm und 170 ppm variieren, während in den Proben der Unteren Gelnhauser Folge und dem unterlagernden Zechstein die Werte mit etwa 85 ppm nahezu konstant bleiben. Dies ist auf den Gehalt an Carbonat zurückzuführen, der unter 136 m mit zunehmender Tiefe deutlich angereichert ist.

Vanadium (V): Die Konzentration des Vanadiums schwankt über die ganze Bohrung beträchtlich. Proben mit Gehalten unter der Nachweisgrenze stehen solche

bis 156 ppm gegenüber. Die höchsten Werte sind offensichtlich in den Tonsteinen gebunden, wobei nach HIRST (1962) ein Austausch bzw. Ersatz von Al durch V möglich ist. Die Sandsteinbereiche sind, soweit ersichtlich, frei von Vanadium. Eine Korrelation scheint mit Proben zu bestehen, die neben Carbonat feindetrithische Substanz enthalten. So lassen sich nach der Vanadiumverteilung zwei Bereiche in der Bohrung unterscheiden: Eine tonig-sandige Folge und eine mehr carbonatische Folge, die mit Gesteinsfragmenten angereichert ist.

Yttrium (Y): Die Verteilung des Elements Yttrium über das Bohrprofil ist sehr konstant und schwankt um einen Durchschnittswert von 36 ppm. Nur zwei „Ausreißer“ erreichen 71 ppm (bei 100 m) und 176 ppm (bei 111 m). Im Gegensatz zu allen bisher behandelten Elementen sind die chemisch-mineralogischen Bindungsverhältnisse nicht so ohne weiteres zu erkennen.

Zink (Zn): Auch wenn die Zinkwerte allgemein nicht sehr stark schwanken (Werte um 45 ppm), nur unterbrochen durch den Wert von 261 ppm in einer Grobarkose bei Teufe 201 m, so spiegeln diese Werte doch die lithologischen Gegebenheiten des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins wider. Sie geben Auskunft über das Bildungsmilieu dieser Formationen, da sich Zink vor allem dort anreichert, wo bei der Sedimentation sulfidisches, anaerobes Milieu herrscht.

Zirkonium (Zr): Die Verteilung des Elementes Zirkonium über das Bohrprofil zeigt deutlich erhöhte Gehalte in den Bereichen, in denen Gesteinsdetritus beobachtet wird. Aus diesem Grund ist auch die große Schwankungsbreite zwischen 1 ppm und 1107 ppm erklärlich.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden: Die durch die chemische Analytik erhaltenen Daten bestätigen die lithologischen Einheiten des Bohrprofils. Die Gehalte der einzelnen Elemente schwanken um eine sehr schmale Bandbreite und weichen von den Durchschnittswerten, die aus der Literatur bekannt sind, nur wenig ab.

Literatur

- FESSER, H. (1963): Zur Geochemie des Posidonienschiefers in Nordwestdeutschland. - Beih. Geol. Jb., 58, 221-286, Abb. 34-50, Tab. 48-56, Hannover 1963.
- HIRST, D. M. (1962): The geochemistry of the modern sediments from the Gulf of Paria. - II The location and distribution of trace elements. - Geochim. Cosmochim. Acta, 26, 1147-1187, Oxford, London, New York, Paris 1962.
- HIRST & NICHOLLS, G. D. (1958): Techniques in sedimentary: (1) separation of the detrital and nondetrital fraction of limestones. - J. Sed. Petrol., 28, 468-481, 3 Abb., 5 Tab., Tulsa 1958.
- WEDEPOHL, K. H. (1972): Handbook of Geochemistry. - Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 1972.

Neue Bohrergebnisse als Beitrag zur Kenntnis der bleiführenden randnahen mittleren Trias bei Weiden-Grafenwöhr (Opf.)

VON HUBERT SCHMID

Mit 4 Abbildungen

Kurzfassung

Die in Blei-Prospektionsbohrungen des Bayerischen Geologischen Landesamtes (1978) sowie der Preussag AG Metall (1976) angetroffenen lithologischen und stratigraphischen Verhältnisse in tieferem Keuper, Muschelkalk und oberstem Buntsandstein werden beschrieben. Die Bleiführung ist an den ehemaligen Beckenrand gebunden, der sich durch lithologische Zonierung abzeichnet. Die Bohrkerne in Verbindung mit Gamma-Logs erlauben gewisse Schichtparallelisierungen.

1. Einführung

Die Erforschung der Trias-Randfazies in der Weidener Bucht war mit vielen stratigraphischen Fehlschlüssen verknüpft. Die untypische sandige Ausbildung der Serien des Muschelkalks und tieferen Keupers am Beckenrand erschwert auch heute noch vielfach exakte Einordnung oder stratigraphische Grenzziehung und läßt immer noch Fragen und Unsicherheiten offen.

Von besonderer Bedeutung für die stratigraphische Erforschung der randnahen mittleren Trias waren die dort vorkommenden Bleivererzungen. Zum einen waren es die Bleivererzungen verschiedener Horizonte, die zu falschen Schichtparallelisierungen verleiteten, zum anderen erbrachten der Bergbau und die Bohrungen auf Bleierz immer wieder neue Erkenntnisse zur Stratigraphie.

GÜMBEL (1894) ordnete die Bleierz-führenden Schichten bei Freihung und Pressath-Wollau-Eichelberg einem Horizont zu (S. 758)¹⁾.

Die Auffassung gleicher stratigraphischer Position beider Erzreviere teilten die folgenden Bearbeiter, auch noch HEIM (1936), sogar noch ZIEHR & JAKUBEC (1975). Die vererzten Schichten wurden meist in den oberen Benker Sandstein oder die Estherienschichten, seltener in die Lehrbergstufe gestellt. TILLMANN (1958) stellte die Freihunger Vererzung in die Stufe D des Benker Sandsteins („Freihunger Stufe“), die Vererzung bei Pressath in den Schilfsandstein. Entscheidende Fortschritte für die Einstufung der Serien erbrachten einige neuere Bohrungen, insbesondere die Boh-

¹⁾ „Bei Freihung selbst läßt sich bei den geringen Aufschlüssen über Tag und wegen der in der Nähe durchziehenden Schichtenstörungen über das Verhältnis zu den übrigen Keuper-Schichten Zuverlässiges nicht ermitteln. Dagegen die Gegend südlich von Pressath, wo am Eichelberg zwar keine abbauwürdigen, aber doch sicher denselben Schichten angehörenden Sandsteine zu Tag austreichen . . .“

rung Wollau 2 (1956)²⁾ in der Deutung von HAUNSCHILD & SCHRÖDER (1960) sowie die Bohrungen Freihung 1³⁾ und Eschenfelden³⁾ in der Bearbeitung von GUDDEN (1966, 1970, 1975). GUDDEN konnte anhand von Bohrprofilvergleichen die Freihunger Vererzung eindeutig dem Schichtstoß Oberer Muschelkalk und/oder Unterer Keuper zuordnen. Die Pressather Vererzung liegt in den Estherienschiechten.

1976 brachte die Preussag AG Metall 11 Bohrungen zur Exploration des Muschelkalks und tiefern Keupers im Manteler Forst nieder (v. SCHWARZENBERG 1976, unpubl., KLEMM & v. SCHWARZENBERG 1977). Daran anschließend im Jahr 1978 wurden durch das Bayerische Geologische Landesamt im Auftrag und mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Verkehr weitflächig verteilt im Raum Weiden-Manteler Forst-Grafenwähr sieben Bohrungen mit insgesamt 753 Bohrmeter durchgeföhrt. Im Folgenden werden die in den Bohrungen angetroffenen stratigraphischen und lithologischen Verhältnisse vorgestellt.

2. Allgemeines

Das Bohrgebiet liegt im südlichen Teil der Weidener Bucht (siehe geologische Übersichtsskizze Abb. 1 sowie Skizze der Bohrlochlokationen Abb. 2). Die Bohrungen waren auf den bleiföhrenden Muschelkalk und/oder Unterer Keuper gerichtet. Die Bohrungen „Parkstein 1–7“ (1978) des Bayerischen Geologischen Landesamtes wurden im Schichtpaket Oberer Muschelkalk und/oder Unterer Keuper angesetzt und erreichten den obersten Buntsandstein. Die Bohrungen „Manteler Wald 1–11“ (1976) der Preussag erreichten ebenfalls alle den Buntsandstein, wurden aber in verschiedenen Horizonten von Unterem Muschelkalk bis Benker Sandstein angesetzt. Die Bohrungen Parkstein 1–7 sind lückenlos bohrlochphysikalisch vermessen (Gamma-ES- und SP-Log).

Die stratigraphische Gliederung wurde auf folgenden Grundlagen vorgenommen:

- Lithologische Bohrkernaufnahme
- Vergleich der Gammalogs mit denen der Bohrungen Eschenfelden (GUDDEN 1966, 1970, 1975, GUDDEN & HOLY 1970).
- Lithologischer Vergleich mit den Verhältnissen auf dem Blatt 6237 Grafenwähr, beschrieben von HAUNSCHILD & SCHRÖDER (1960), die ihrerseits auf der Basis von GEVERS (1927), STEINLEIN (1953), SCHRÖDER (1956, 1958) und NEUPERT (1959) gliederten.
- SCHRÖDER (1963, 1964).

3. Zur Stratigraphie

Die Bohrungen „Parkstein“ und „Manteler Wald“ erlauben die Erstellung eines Profils etwa senkrecht zum ehemaligen Beckenrand über eine Erstreckung von ca. 14 km durch den Muschelkalk, den obersten Buntsandstein und den tieferen Keuper (?), siehe Abb. 3.

²⁾ Blei-Explorationsbohrung der GAB (= Gesellschaft zur Aufsuchung von Bodenschätzen in Bayern).

³⁾ Bei Eschenfelden/Opf. wurden in den Jahren 1964 bis 1973 insgesamt 19 Bohrungen zur Erkundung der dortigen Gewölbestruktur auf UT-Gasspeichereigenschaften niedergebracht.

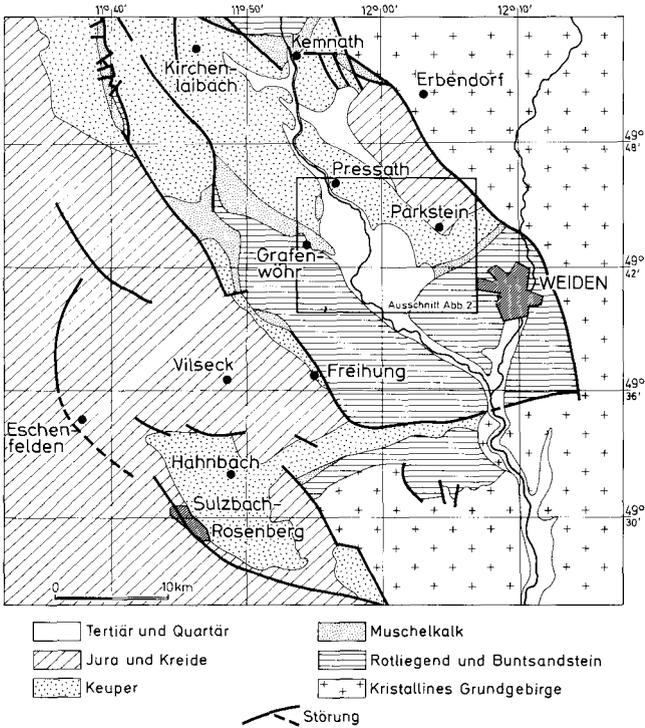


Abb. 1. Geologische Übersichtsskizze

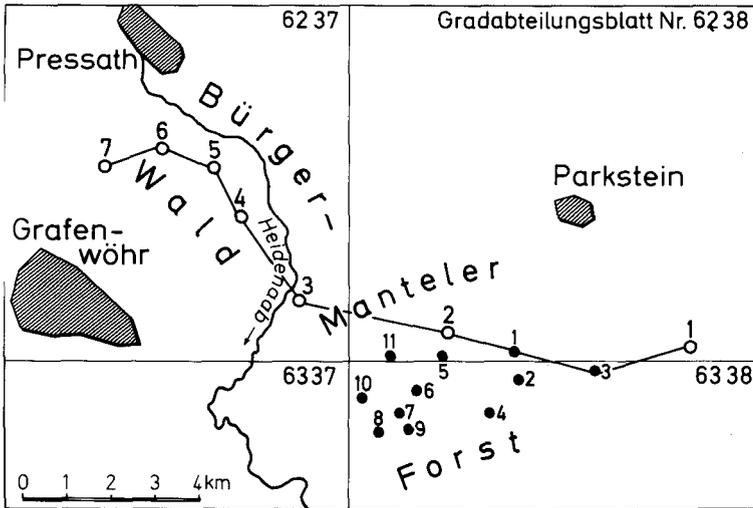


Abb. 2. Lageskizze der Bohrungen Parkstein 1 bis 7 (Bayer. Geol. Landesamt 1978, Kreise) und Manteler Wald 1 bis 11 (Preussag 1976, Punkte) mit Profilinie der Abb. 3.

3.1. Buntsandstein (s)

Der Buntsandstein, von dem nur jeweils die obersten Meter erfaßt worden sind, ist überwiegend als grobkörnige, vielfach kaolinisierte Arkose ausgebildet. Die Farben sind im Osten (etwa bis Troschelhammer) vorherrschend rot, im Westen vorherrschend grau. Die Grenze zum Muschelkalk ist im Westen nicht deutlich ausgebildet, im Osten wird sie durch rote Letten, bzw. in der Bohrung Parkstein 2 durch Limonitkrusten (mit bis zu 1,3% Blei) gekennzeichnet, die jeweils bereits dem Muschelkalk zugerechnet werden müssen (Basisletten).

3.2. Muschelkalk (m)

Die horizontale Zonierung der lithologischen Ausbildung des Muschelkalks macht die Lage des Beckenrandes deutlich. Die intensivsten Bleikonzentrationen im Bereich des Profils (Abb. 3) wurden in den Bohrungen Manteler Wald 1 und Parkstein 2 angetroffen. Östlich davon ist eine rasche Verringerung der Mächtigkeit, Vergrößerung der Korngrößen und zunehmende Rotfärbung festzustellen, so daß im Bereich zwischen den Bohrungen Manteler Wald 3 und Parkstein 1 der Übergang vom marinen zum terrestrischen Muschelkalk anzunehmen ist. Westlich der – den Beckenrand nachzeichnenden – Bleimineralisationen (SCHMID 1981) nimmt die Mächtigkeit zu, die Korngrößen nehmen rasch ab, Rotfärbung kommt nur mehr selten vor, und etwa westlich Dießfurt (Bohrung Parkstein 3) tritt zunehmend Karbonat auf – teils in der Sandsteinmatrix, teils als Kalklagen –. In der am westlichsten gelegenen Bohrung 7 ist dagegen wieder eine leichte Verringerung der Mächtigkeit sowie eine bemerkenswerte Abnahme der Karbonatführung zu verzeichnen, möglicherweise auf Grund einer ehemaligen Küsten-vorgelagerten Barrenbildung. Die erbohrten Muschelkalkserien wären demnach Sedimente eines, möglicherweise lagunenähnlichen, randlichen Teilbeckens. Die Parameter: Korngrößen, Bleiführung, Auftreten von kohligter Substanz und Karbonatführung ergeben eine Zonierung, die in Abb. 4 schematisch dargestellt ist. (Schwermineral- und Tonmineralanalysen wurden nicht durchgeführt, da es sich um reine Prospektionsbohrungen handelte).

Im Schichtpaket „Unterer und Mittlerer Muschelkalk“ läßt sich in den Bohrungen eine Dreigliederung vornehmen entsprechend der Einteilung nach HAUNSCHILD & SCHRÖDER (1960) in Älteren Unteren Muschelkalk (μ_1), Jüngeren Unteren Muschelkalk (μ_2) und Mittleren Muschelkalk (mm).

Der μ_1 besteht aus grauen Sandsteinen mit grünen Letteneinlagerungen und enthält gelegentlich sporadisch Bleiglanz. Die Mächtigkeit beträgt in den Bohrungen Parkstein 4–7 ca. 18 m, wobei hier die Abgrenzung gegen den μ_2 anhand der Gammalogs sowie lithologisch zuverlässig gezogen werden kann.

Östlich davon nimmt die Mächtigkeit rasch ab und die Grenze zum μ_2 verwischt sich.

Der μ_2 besteht ebenfalls im wesentlichen aus grauen Sandsteinen mit grünen Letten und fällt in den Bohrungen Parkstein 3–7 durch mehr oder weniger Karbonatführung, in den Bohrungen 2 und 3 durch cerussitische Bleivererzung auf. Er ist ca. 30–40 m mächtig. Die Grenze zum mm ist nicht exakt festzulegen, sondern muß in einem bestimmten Bereich angenommen werden (siehe Abb. 3).

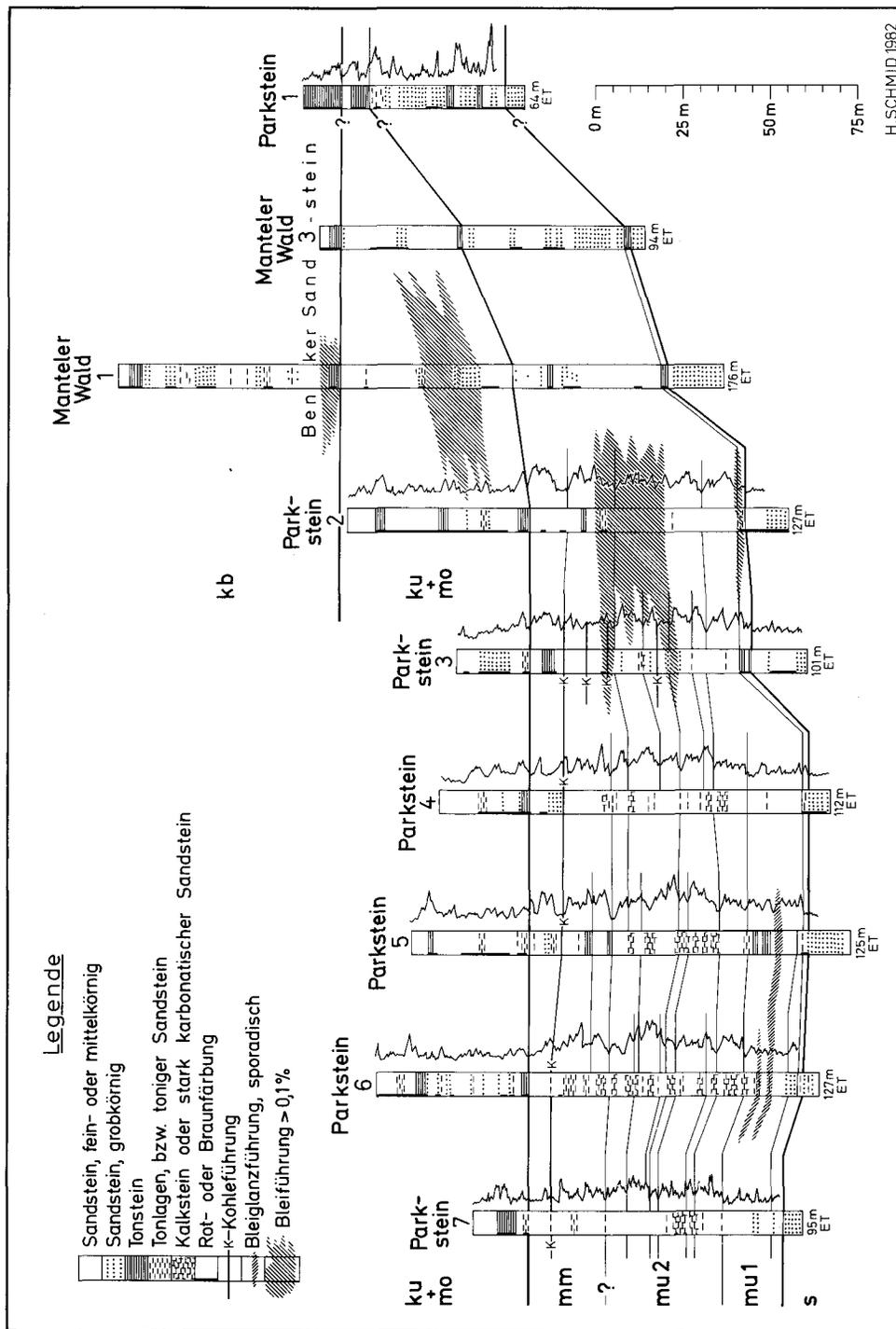


Abb. 3. Profil durch den bleiführenden randnahen Muschelkalk und tieferen Keuper anhand von Bohrungen und Gamma-Logs.

Im mm schließlich (ca. 20–25 m mächtig) tritt Karbonat wieder zurück. Neben den charakteristischen grauen Sandsteinen mit grünen Letten kommen hier gelegentlich rote oder braune Farben vor sowie eine dünne, relativ horizontbeständige Schicht mit Kohleführung, gelegentlich mit Pyrit und Bleiglanz.

3.3. Oberer Muschelkalk und Unterer Keuper (mo+ku)

HAUNSCHILD & SCHRÖDER (1960) nehmen für das Grafenwöhrer Gebiet in Anlehnung an SCHRÖDER (1958) und NEUPERT (1959) ein Fehlen des Unteren Keupers (= „Lettenkohle“) an. SCHRÖDER (1963, S. 103) tritt jedoch von der Annahme einer Schichtlücke zurück. HAUNSCHILD (1977) kann am Bohrprofil Seitenthal 2 (Nordwestecke dess Gradabteilungsblattes 6237 Grafenwöhr) den Unteren Keuper abgrenzen. In vorliegenden Bohrungen bietet sich kein Anzeichen einer Schichtlücke, aber auch keine Gliederungsmöglichkeit, so daß das Schichtpaket zwischen Mittlerem Muschelkalk und Basis Benker Sandstein (Kbe) die zeitlichen Äquivalente des Oberen Muschelkalks und des Unteren Keupers enthalten muß (siehe auch GUDDEN 1970, 1975). Dieses Schichtpaket besteht aus Sandsteinen und Letten, die häufig rot oder rotbraun gefärbt sind, und sich deshalb deutlich von dem darunter liegenden Unteren und Mittleren Muschelkalk abheben. Die Grenze zwischen beiden Schichtstößen wurde anhand roter Lettenhorizonte sowie bohrlochphysikalischer Kriterien festgelegt. Die Mächtigkeit des mo+ku beträgt ca. 50–55 m, nach Osten abnehmend. Die Bohrung Manteler Wald 1 durchteufte in diesem Horizont eine cerussitische Bleivererzung, die somit in ihrer stratigraphischen Position der Freihunger Lagerstätte entspricht.

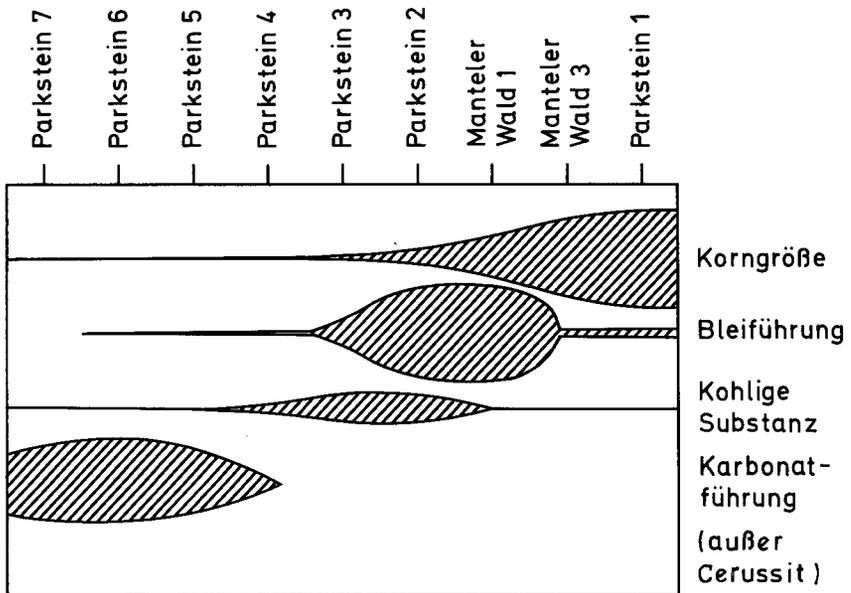


Abb. 4. Schema der Zonierung in Muschelkalk und tieferem Keuper zwischen Grafenwöhr und Weiden.

4. Zur Vererzung

Die lagerstättenkundlichen bzw. Prospektionsergebnisse der Bohrungen sind bei SCHMID (1981) zusammengestellt. Deshalb werden hier nur die Grundzüge der Vererzung kurzgefaßt wiedergegeben:

Im Manteler Wald, bei Freihung-Tanzfleck und bei Hahnbach sind bisher im Muschelkalk und tieferen Keuper Bleivererzungen bekannt geworden, die offensichtlich dem ehemaligen Beckenrand als geochemischer Achse folgen. Die Vererzungen sind syngenetisch, sedimentär, weitgehend schichtgebunden und schichtförmig-linsenförmig. Hauptmineral ist Cerussit, untergeordnet kommt Bleiglanz vor, meist an kohlige Substanz gebunden. Pyromorphit wurde insbesondere bei Tanzfleck beobachtet. Auffällig sind gelegentliche Coronaditkonkretionen. Vererzt sind in der Regel helle, fein- bis mittelkörnige, reine Sandsteine. Teils sind die vererzten Sandsteine kaolinisiert. Die Vererzung ist am Beckenrand am stärksten, reicht aber, wenn auch nur sporadisch, weit ins Beckeninnere. Abb. 3 macht eine staffelartige Anordnung der vererzten Körper deutlich, d. h. die Erzfazies wanderte generell mit zunehmender Auffüllung des Beckens nach außen.

5. Bohrprofile

Folgende Abkürzungen werden verwendet:

fk:	feinkörnig	FS:	Feldspäte
mk:	mittelkörnig	Qz:	Quarz
gk:	grobkörnig	Cor.:	Coronadit
karb.:	karbonatisch, (kalkig oder dolomitisch)		

KB Parkstein 1, 26. 9. 1978–2. 10. 1978

Gradabteilungsblatt 6238 Parkstein, R 45.07.64–H 55.07.48

Endteufe 64 m

0 – 0,20 m humoser Sand, ockerfarben

- 1,00 m Sand, mk, ockerf., mit einzelnen Quarzgeröllen
- 1,35 m mürber Sandstein, mk, mit kleinen Kohleschmitzen, braun
- 2,00 m sandiger Letten, braun bis violett mit wenigen Kohleschmitzen und dünnen (mm) hellen Sandsteinlagen
- 3,30 m Letten, rotbraun bis leicht violett mit hellen Sandsteinnestern, bei 2,10 m Quarzgerölle, seltene Kohleschmitzen, 270 ppm Pb
- 4,00 m Letten, rotviolett
- 5,05 m Sandstein, mürb, mk, hellgrau, von 4,40–4,65 m dunkler durch Kohleführung, 250 ppm Pb
- 5,45 m Letten, wie vorher
- 5,50 m Letten, hellgrau
- 6,15 m Sandstein, meist mürb, mk, Kohleführung, 950 ppm Pb (PbS-Pseudomorphose)
- 6,40 m Letten, grau, 0,4% Pb
- 7,15 m Letten, rotbraun
- 8,00 m Letten, rotbraun mit hellgrauen und braunen fk Sandsteinnestern
- 10,80 m Letten, rotbraun, mit wenigen Sandsteinputzen
- 10,90 m Letten, grüngrau
- 11,10 m Sandstein, mk, grau, Kohleschmitzen (Störungszone mit Harnisch und schwarzen Mangan?-Krusten) – PbS-Pseudomorphose, 0,2% Pb
- 13,10 m Sandstein, mk, hellgrau, leicht geschichtet, 230 ppm Pb
- 13,45 m Sandstein, etwas grobkörniger als vorher bis 1 mm), Kohleschmitzen 2800 ppm Pb
- 13,65 m feinsandiger Letten, grünlich-grau, Kohleführung 760 ppm Pb
- 13,75 m Letten, rotbraun
- 14,00 m schluffiger Sandstein, mittel- bis feinkörnig, hell, Kohleführung
- 14,35 m feinsandiger Letten, hellgrau, gelegentlich Pb

- 14,50 m Letten, grünlich-grau
 - 17,75 m Letten, rotbraun mit hellgrauen Sandsteinnestern
 - 18,20 m sandiger Letten, grau bis grünlich-grau, bei 17,90 m kohlig
 - 18,30 m Letten rotbraun
 - 18,85 m wie vorher, 240 ppm Pb
 - 19,00 m Letten, rotbraun
 - 19,65 m Sandstein, mittelkörnig, hellgrau, nach unten in grauen sandigen Letten übergehend, Pb-Spuren
 - 20,00 m Letten, rotbraun
 - 20,30 m Sandstein, mittelkörnig, hellgrau
 - 20,53 m Letten, rotbraun
 - 20,75 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, bei 20,63 m 2 cm rotbrauner Letten, Pb-Spuren
 - 21,36 m Letten, rotbraun
 - 21,67 m Letten, grünlich-grau, Pb-Spuren
 - 22,88 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, hellgrau, gebändert, dünne kohlige Streifen, dünne rotbraune Letteneinlagerungen, Pb-Spuren
 - 23,40 m Letten, rotbraun mit grünlich-grauen, sandigen Zwischenlagen, Pb-Spuren
 - 24,90 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, hellgrau, Pb-Spuren
 - 25,50 m Sandstein, grob- bis mittelkörnig, hellgrau
 - 27,00 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, hellgrau, rötlich bei 26,30–26,60 m, Pb-Spuren
 - 35,20 m Sandstein, grobkörnig, hellgrau, rötlich von 30,50–31,50 m, bei 34 m 1640 ppm Pb
 - 35,90 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, rotbraun
 - 36,05 m Sandstein, mittelkörnig, violett
 - 36,60 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, rotbraun
 - 37,20 m Sandstein, hellgrau, grobkörnig, schwache Pb-Führung
 - 37,65 m Letten, rotbraun
 - 38,45 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, hellgrau, teils rötlich (schwache Pb-Führung)
 - 40,00 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, rotbraun
 - 41,80 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, hellgrau mit kleinen violetten Lettennestern, schwache Kohleführung, schwache Bleiführung, bei 41,80 m 2,2% Pb
 - 42,00 m Letten, sandig, blaugrau
 - 43,30 m Letten, rotbraun
 - 43,50 m Letten, grünlich-grau
 - 43,65 m Letten, sandig, rotbraun
 - 44,50 m Sandstein, hellgrau, mittel- bis feinkörnig, schluffig, leicht Pb-führend, bei 43,70 m 0,4% Pb
 - 45,00 m Sandstein, mittelkörnig, rotbraun
 - 49,30 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, rotbraun, mit helleren, etwas Pb-führenden Einlagerungen, bei 46,90 eisenschüssig
 - 50,15 m Sandstein, mittelkörnig, nach unten grobkörniger werdend, rotbraun
 - 50,80 m Sandstein, grau, grobkörnig, mit kantigen Geröllen und Einlagerungen von violetten, eisenschüssigen Letten
 - 50,95 m Letten, rotbraun
 - 51,20 m Letten, grünlich-grau, sehr wenig Pb-führend
 - 51,80 m Letten, rotbraun
 - 51,90 m Letten, grünlich-grau, mit Manganflecken, 600 ppm Pb
 - 52,40 m Sandstein, mittelkörnig, grau bis etwas rötlich, wenig Pb
 - 53,45 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, rotbraun, Gerölle bei 52,70 m
 - 53,60 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, hellgrau
 - 53,75 m Letten, rotbraun
 - 54,00 m Letten, sandig grau mit rotbraunen Lagen, wenig Pb
 - 55,90 m Sandstein, mittelkörnig, rotbraun
 - 56,17 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, grünlichgrau
 - 56,45 m sandiger Letten, rotbraun
 - 56,90 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, hellgrau, von 56,60–56,70 m 0,6% Pb
 - 57,35 m Letten, sandig, rotbraun bis dunkelrotbraun
 - 57,70 m Sandstein, mittel- bis feinkörnig, hell grünlichgrau, Pb-Spuren
 - 58,40 m Sandstein, stark lettig, mittelkörnig, rotbraun mit grauen Sandstein-Einlagerungen
 - 64,00 m Sandstein, grob- bis mittelkörnig, meist aber grobkörnig, rotbraun
- Endteufe

KB Parkstein 2, 3. 10. 1978–12. 10. 1978

Gradabteilungsblatt Nr. 6238 Parkstein

R 45.02.40 – H 55.07.84, Endteufe 127 m

- 0 – 0,10 m humoser Waldboden
- 0,80 m schwach bindiger Sand, braungelb
- 0,90 m Sand, mk, hellbraun
- 1,05 m Sandst., mk-fk, mürb, braun-rotbraun
- 2,60 m Sandstein, mk, mürb bis Sand, mk, hellgrau bis bräunlich
- 2,75 m Sandstein, mk, sehr mürb, gelbbraun
- 3,25 m Letten, rotbraun mit grüngrauen Sandsteinnestern
- 6,70 m Sandstein, sehr mürb, mk-fk, hellgrau, teilweise leicht bräunlich, 100 ppm Pb
- 7,10 m Sandstein, sehr mürb, mk, bräunlich grau
- 7,20 m Letten, grau, sandig
- 7,80 m Sandstein, mk-fk, rotbraun, gebändert mit grauen Lagen
- 8,30 m Sandstein, mk, tonig, ockerfarben
- 8,50 m Wechsellagerung grauer mk Sandsteine, roter Letten
- 9,20 m Letten, rotbraun, teilweise eisenschüssig
- 9,35 m Sandstein, mk, gellgrau
- 9,65 m Letten, rotbraun
- 10,00 m Sandstein, mk, hellgrau
- 10,60 m Letten, rotbraun mit kleinen Sandsteinnestern
- 10,85 m Letten, rhythmisch rotbraun-gelb-gebändert, Setzungsstrukturen
- 11,30 m Sandstein, fk, hellgrau
- 11,80 m Sandstein, fk, hellgrau mit rotbraunen Einlagerungen
- 12,80 m Sandstein, oben fk, nach unten mk, hellgrau
- 14,50 m Sandstein, lettig, mk, rotbraun
- 14,70 m Sandstein, lettig, fk, beige-ocker
- 17,40 m Sandstein, lettig, mk, rotbraun
- 18,00 m Sandstein, lettig, mk-gk, grau bis ocker
- 18,25 m Letten, sandig, rot
- 18,40 m Sandstein, mk, beige
- 18,65 m Letten und fk Sandstein, rotbraun
- 19,45 m Sandstein, mk-fk, beige
- 20,00 m Sandstein, fk-mk, hellgrau
- 20,40 m Sandstein, gk-mk, bräunlich grau
- 20,55 m Sandstein, fk, rot
- 20,90 m Sandstein, mk, grünlich grau, schwache Pb-Führung
- 21,50 m sandiger Letten bis lettiger Sandstein, braungrau
- 21,90 m sandiger Letten, rot
- 22,20 m Sandstein, lettig, mk, braun bis grau
- 23,05 m Sandstein, mk-fk, grau
- 23,25 m Sandstein, mk-fk, braun und grau
- 24,85 m Sandstein, lettig, mk, braun
- 25,00 m Sandstein, mk, grau
- 25,20 m Letten, rot
- 25,70 m Sandstein, fk, nach unten mk, grau bis braun
- 26,00 m Sandstein, mk, mürb, rotbraun
- 27,30 m lettiger Sandstein – sandiger Letten, mk-fk, braun bis grau, bei 27 m 140 ppm Pb
- 28,20 m Sandstein fk-mk, hellgrau
- 28,30 m Sandstein, mk, beigegräu, etwas Pb
- 29,10 m Letten, rot
- 29,90 m Sandstein, mk-fk, grau bis bräunlich, Pb-Spuren
- 31,10 m Sandstein, lettig, mk-fk, rotbraun
- 33,60 m lettiger Sandstein, fk-mk, ocker und rotbraun, einzelne kohlige Bänder, 30 ppm Pb
- 33,80 m Sandstein, gk, rotbraun
- 34,90 m lettiger Sandstein, mk-gk, rotbraun
- 35,00 m Sandstein, mk-fk, kaolinisiert, braungrau
- 37,70 m Sandstein, lettig, mk, braun bis braungrau, 20 ppm Pb

- 37,90 m Sandstein, gk, braungrau
- 40,00 m sandiger Letten bis lettiger Sandstein, mk–fk, braun, gelegentlich Kohleführung mit Pb
- 40,50 m Sandstein, gk, braun
- 41,00 m Letten, rot
- 42,25 m lettiger Sandstein, hellbraun, Pb-Spuren
- 43,00 m Sandstein, gk, bräunlich bis rotbraun
- 43,50 m stark lettiger, gk Sandstein, hellbraun
- 43,90 m Sandstein, gk, braun
- 44,05 m Sandstein, mk, grau
- 45,10 m stark lettiger Sandstein, mk, braun bis grau
- 45,30 m Sandstein, gk, braun
- 47,10 m wie vorher
- 47,40 m Sandstein, gk, braun
- 48,70 m Sandstein, mk, braun-grau
- 50,00 m Sandstein, mk–fk, grau bis ocker
- 50,65 m Sandstein, fk, lettig, ocker bis rotbraun, gelegentlich kohlig, etwas Pb
- 51,00 m Sandstein, mk, hellgrau
- 51,15 m wie vorher
- 51,65 m lettiger Sandstein, fk, grau
- 52,00 m Letten, rot
- 52,10 m wie vorher, etwas kohlig
- 52,55 m Letten, rot, sandig
- 53,30 m Sandstein, fk, hellgrau
- 54,50 m Sandstein, fk–mk, bräunlich grau, bei 54,50 m Coronadit, 70 ppm Pb
- 54,70 m Letten, sandig, rot
- 54,85 m Letten, feinsandig, grau, Pb-Spuren
- 55,35 m Letten, rot mit grauen Einlagerungen
- 55,70 m wie vorher
- 55,90 m Letten, rot
- 57,53 m schluffiger Sandstein, grau bis gelblich grau, gelegentlich lagenweise kohlig gepunktet, etwas Pb, besonders bei 55,90–56,00 m
- 57,63 m Letten, rot
- 60,30 m Sandstein, fk, schluffig, gebändert, mit lagenweiser kohligter Einlagerung, gelb bis gelblich-grau
- 60,40 m Sandstein, mk–fk, rotbraun
- 60,65 m Sandstein, fk–mk, hellgrau
- 61,00 m Sandstein, mk–fk, rotbraun
- 61,55 m Letten, blaugrau mit ockerfarbenen Einsprengungen
- 62,00 m Sandstein, mk, hell rotbraun mit steilstehender Coronadit und Ocker führender Kluft
- 63,70 m Sandstein, fk–mk, gebändert, hellgrau, nach unten gelb werdend
- 64,10 m Sandstein, mk, braun
- 64,27 m lettiger Sandstein, fk, ocker mit Coronaditsplittern
- 64,60 m Letten, sandig, grau, 590 ppm Pb
- 65,10 m Sandstein, fk, gelblich-grau
- 65,50 m Sandstein, mk–fk, rosa-braungrau
- 65,52 m wie vorher
- 65,53 m Ton, grau
- 65,70 m Sandstein, mk, rosa-braungrau, nach unten abgegrenzt durch 3 cm grauen Ton, plastisch, mit Sand
- 66,40 m Sandstein, mk, braun bis ocker mit steilstehender Kluft, etwas Coronadit, 390 ppm Pb
- 67,15 m schluffiger Sandstein, fk, gelbgrau und grau
- 67,75 m Sandstein, mk, nach unten größere Korngrößen, grau mit bräunlichen Lagen, 280 ppm Pb
- 67,85 m Sandstein, gk, braun
- 69,00 m Letten, rot
- 72,50 m Sandstein, mk–fk, hellgrau, die untersten 20 cm etwas bräunlich, etwas Cerussit, 300–400 ppm Pb
- 72,54 m Letten, blaugrau, Pb
- 72,65 m Letten, rot
- 72,70 m Letten, grau, Pb

- 73,15 m schluffiger Sandstein, fk
- 73,34 m Letten, grau
- 73,40 m Letten, rot
- 73,50 m Letten, grau, sandig
- 73,70 m schluffiger Sandstein, grau
- } 1630 ppm Pb
- 74,50 m Letten, feinsandig, 970 ppm Pb
- 75,50 m Sandstein, fk, lettig, 360 ppm Pb
- 78,30 m Sandstein, fk, mürb, einzeln Cerussit, 500–800 ppm Pb
- 79,10 m Sandstein, mk, bräunlich grau, Pb-Spuren
- 82,90 m Sandstein, fk, mürb, Pb, Cerussit, 600–800 ppm Pb
- 83,40 m Sandstein, mk–fk, hart, grau, Cerussit, 1770 ppm Pb
- 83,50 m Letten, grau, Pb
- 84,30 m Sandstein, fk, schluffig, grau, gebändert, Pb, Cerussit, 1170 ppm Pb
- 85,45 m Sandstein, mk–fk, hart, grau, etwas Cerussit
- 85,55 m Letten, plastisch, grau, Pb
- 85,60 m Sandstein, mk, grau, Pb
- 85,70 m Letten, plastisch, grau, Cerussit, 2930 ppm Pb
- 85,90 m Wechsellagerung Sandstein, mk und grauer Letten, Pb, Coronadit bei 86,30 m
- 87,70 m Sandstein, mk, grau, Tonbändchen, ab 87,30 m mürbe, bei 87,60 m Coronadit, Pb, etwas Cerussit, 1640 ppm Pb
- 87,80 m Letten, gebändert, grau
- 88,40 m Sandstein, fk, grau
- 88,50 m Letten, grau, Steinsalz-Pseudomorphose?
- 88,65 m Sandstein, mk, hellgrau
- 88,75 m Letten, grau
- } 470 ppm Pb
- 91,40 m Sandstein, fk, hellgrau, etwas Pb, bei 90,70 m Cerussit, 2220 ppm Pb
- 93,40 m Sandstein, wechselnd mk–fk, grau, Aussehen wie vorher, 500–600 ppm Pb
- 94,00 m Letten, feinsandig, grau, wenig Pb
- 94,15 m Letten, rot, 380 ppm Pb
- 94,25 m Sandstein, fk, lettig, bräunlichgrau, etwas Pb
- 94,28 m Letten, rot
- 94,33 m wie vorher
- 94,37 m Letten rot
- 94,48 m wie vorher
- 94,52 m Letten, grau
- 99,35 m Sandstein, fk–mk, hellgrau, etwas Pb, bei 95,50 m steilstehende Kluft mit 700 ppm Pb, sonst 100–300 ppm Pb
- 99,80 m Sandstein, mk, bräunlich grau
- 99,92 m Letten, grau und braun
- } 340 ppm Pb
- 100,10 m Letten, rot
- 100,30 m Letten, grau
- 100,60 m Sandstein, fk, hellgrau
- 100,65 m Letten, grau und rot
- 100,95 m wie vorher
- } 420 ppm Pb
- 101,00 m Letten, grau, etwas Pb
- 101,80 m Sandstein, mk, grau bis bräunlich grau, gelegentlich Coronadit, etwas Pb
- 104,00 m Sandstein, fk, hellgrau, ca. 200 ppm Pb
- 104,10 m Letten, grau und rot
- 105,30 m Sandstein, oben fk, nach unten gk werdend, oben hellgrau, unten bräunlich grau, bei 104,50 m steilstehende Kluft mit Coronadit, bei 105,30 m Coronadit, gelegentlich etwas Pb
- 106,10 m Sandstein, mk, hellgrau, 230 ppm Pb
- 106,35 m Letten, rot mit grauen Einlagerungen (Pb)
- 106,53 m sandiger Letten, grau
- 106,80 m Letten, rot
- 107,85 m Sandstein, mk, bräunlich grau, bei 106,80 m Coronadit und Pb
- 108,75 m Sandstein, fk, hellgrau bis bräunlich grau, bei 108,00 m lettige Schicht mit Pb
- 109,00 m Letten, grau und rot, 190 ppm
- 109,45 m Sandstein, fk–mk, hellgrau

- 110,90 m Sandstein, mk, grau teils ockerfarben verwittert, Cerussit, Coronadit bei 109,60 m bis 110,80 m 900 ppm Pb
 - 112,30 m Sandstein, fk, lettig, hellgrau, leichte Kohleführung, Pb, besonders bei 111,55–111,70 m 1,3% Pb
 - 114,40 m Sandstein, mk, rostbraun verwittert, zahlreiche Coronaditkrusten, eisenschüssig
 - 114,90 m Sandstein, lettig, mk, hellgrau
 - 115,00 m Letten, rot
 - 115,16 m Sandstein, lettig, mk, teils gk Komponenten, grau
 - 115,35 m Sandstein, mk–gk, lettig, rotbraun
 - 115,60 m Sandstein, mk, hellgrau
 - 115,75 m Letten, rot
 - 116,30 m Sandstein, mk, hellgrau, mürb, leicht kaolinisiert
 - 116,55 m Letten, rot
 - 116,80 m Sandstein, mk–fk
 - 116,83 m Letten, rot
 - 116,87 m wie vorher (ohne Pb)
 - 118,80 m Sandstein, lettig, mk, rotbraun
 - 121,10 m Sandstein, mk, lettig, rotbraun mit hellen, leicht kaolinisierten Bändern
 - 121,85 m Sandstein, gk–mk, rotbraun, schwach kaolinisiert
 - 123,15 m Wechsel zwischen hellrotbraunem und hell braungrauem Sandstein, leicht kaolinisiert, mk, gelegentlich gk
 - 124,15 m Sandstein, gk–mk, hellgrau, braune Feldspäte, etwas Kaolin, mürb, 200 ppm Pb
 - 124,20 m Letten, rot und grün
 - 124,90 m Sandstein, mk, sehr mürb, grau, leicht kaolinisiert
 - 127,00 m Sandstein, gk, bräunlich grau bis grünlich grau, leicht kaolinisiert
- Endteufe

KB Parkstein 3, 13. 10. 1978–24. 10. 1978

Gradabteilungsblatt Nr. 6237 Grafenwöhr

R 44.99.00 – H 55.08.78, Endteufe 101 m

0–0,25 m humoser Boden

- 1,30 m Überdeckung, sandig, locker mit Sandstein-Brocken und Geröllen
- 1,90 m Letten, rot mit hellen Sandeinlagerungen
- 2,65 m Sand, grau
- 4,30 m Sandstein, mürb bis Sand, mk, ocker, nach unten rot
- 6,30 m Sandstein, mk, rot, einzelne Gerölle
- 7,00 m Sandstein bis Sand, stark verwittert, sehr mürbe, beige, rotbraun
- 7,25 m Sandstein, mk–gk, rot
- 7,60 m Sandstein, fk–mk, rotbraun, etwas eisenschüssig
- 9,20 m Sandstein, gk–mk, beige, ab 9,00 m rot
- 9,60 m Sandstein, fk, rot
- 10,05 m Sandstein, mk, rot
- 10,90 m Sandstein, gk, rotbraun
- 11,10 m Sandstein, gk, gelb (ocker)
- 11,25 m Sandstein, gk, grau
- 11,40 m Sandstein, mk, grau
- 11,80 m Sandstein, mk–gk, rotbraun
- 12,10 m Sandstein, mk–gk, ocker, gebändert
- 12,25 m Konglomerat (QZ + Fs), Kgr. ca. 0,5–1 cm
- 12,50 m wie vorher
- 12,75 m Sandstein, fk, rot
- 12,80 m Sandstein, mk–fk, ocker
- 13,20 m Sandstein, mk–gk, grau
- 14,15 m Sandstein, fk–mk, rotbraun
- 14,30 m Sandstein, gk–mk, rotbraun
- 14,85 m Sandstein, mk, fk, rotbraun
- 14,92 m Sandstein, gk–mk, grau
- 15,10 m Sandstein, mk, rotbraun

- 15,25 m Sandstein, gk, rot
- 15,40 m Sandstein, mk-gk, rotbraun
- 16,00 m Sandstein, gk, ocker, mit kohligem Material
- 16,85 m Sandstein, gk, grau mit Einlagerungen von grünem Ton und kohligem Material
- 18,60 m Sandstein, fk, grau bis bräunlich
- 18,75 m Sandstein, mk, grau
- 19,15 m Sandstein, mk, rotbraun, mürbe
- 19,35 m Sandstein, mk mit Lettenbändern, rot und grün, kohliges Material
- 20,60 m Letten, rot mit grünen Einlagerungen, bei 20 m-20,10 sandig
- 21,00 m Letten, grüngrau
- 24,28 m Sandstein, mk, teilweise fk, dunkelgrau, gebändert, etwas Kohleführung, 40 ppm Pb
- 24,90 m Sandstein, gebändert, hellgrau, dunkelgrau, oben mk, von 24,45 m-24,60 m gk, dann fk, etwas Pb
- 25,50 m Letten, rot
- 25,90 m Letten, grau, sandig
- 26,05 m Sandstein, fk, lettig
- 26,30 m Letten, rot
- 27,00 m Sandstein, fk, schluffig-lettig, grau
- 28,15 m Letten, rot und grau
- 28,85 m Sandstein, fk, mit massenweise kohligem Häcksel, bis 28,60 m gepunktet und etwas karbonatisch, dann gebändert, 30 ppm Pb
- 29,50 m Sandstein, mk, gelbgrau
- 29,70 m Letten, grüngrau
- 30,55 m Sandstein, fk, rosa-grau
- 30,60 m Letten, grüngrau
- 30,70 m Sandstein, fk, ocker
- 30,85 m Sandstein, grau, fk, kohlig
- 31,10 m Letten, grau
- 31,38 m Sandstein, fk-mk, kohlig
- 33,00 m Sandstein, fk-mk, braungrau, zersetzte FS, kohlig bei 32,10 m, lettig bei 32,60 m
- 33,36 m Sandstein, fk, dunkelgrau kohlig gebändert
- 33,77 m Sandstein, bräunlich grau (wie vorher) mit Kohlehäcksel
- 34,05 m Wechsellagerung Sandstein wie vorher mit grüngrauen Letten
- 34,60 m Sandstein wie vorher mit Letten, grau, bei 34,30 m-34,40 m
- 34,75 m Letten, grau, etwas sandig
- 35,10 m Sandstein, fk, schluffig-lettig, etwas Kohleführung, 100 ppm Pb
- 35,90 m Sandstein, mk, bräunlich grau, etwas feinverteilte Kohle
- 36,50 m Sandstein, fk, grünlich grau, kohlig bei 36,00 m
- 40,60 m Sandstein, fk, gelegentlich kohlig, grau bis bräunlich grau
- 40,75 m Sandstein, fk, rotbraun
- 42,25 m Sandstein, fk, grau, ab 41,90 m grünlich grau
- 43,15 m Letten, rot, mit weißen Kalknestern
- 43,85 m Sandstein, fk, schluffig-lettig, grüngrau
- 44,70 m Sandstein, mk, verwitterte FS, bräunlich grau
- 44,85 m Letten, sandig, kohleführend, grüngrau,
- 45,90 m Sandstein, fk, gebändert, grau bis bräunlich, teilweise etwas kohlig mit Einlagerungen von grünen Letten, bei 45,00-45,20 m 2470 ppm Pb
- 47,45 m Sandstein, mk-fk, grau
- 47,50 m Letten, grüngrau
- 47,80 m Sandstein, beige, oben mk, unten gk
- 48,05 m Sandstein, fk, schluffig, gebändert, kohlig 450 ppm Pb
- 49,60 m Sandstein, mk-fk, gepunktet durch zersetzte Glimmer
- 49,80 m Letten, grüngrau im Wechsel mit Sandstein
- 51,45 m Sandstein, fk, dicht, hart grau bis grünlich, teils leicht karbonatisch
- 51,55 m Letten, grün
- 52,00 m wie vorher
- 52,10 m Letten, grün
- 52,60 m Sandstein, fk, schluffig mit Letteneinlagerungen, grau
- 53,05 m Letten, grüngrau, schichtenweise sandig

- 53,40 m Sandstein, fk, grau
- 53,80 m wie vorher
- 54,00 m Mergelbank, kalkig, sandig
- 54,35 m Letten, grüngrau, gebändert
- 55,00 m Sandstein, gk, grau
- 55,20 m Sandstein, mk, dunkelgrau
- 55,60 m Letten, dunkelgrau im Wechsel mit Sandstein, fk, grau
- 55,70 m Kalkbank
- 56,65 m Sandstein, fk, grau
- 57,45 m Sandstein, mk, dunkelgraubraun, etwas kohlig
- 60,80 m Sandstein, fk, grau, Letteneinlagerungen, teilweise etwas kohlig, bei 60,60 m Kalkeinlagerungen
- 61,25 m Kalkbank, sandig
- 63,80 m Sandstein, fk, schluffig, lettig, grau, kohlig von 61,60–62,00 m, bei 62,30 m, 63,00 m und 63,50–63,70 m, von 61,25 bis 62,00 m 1% Pb, bei 63,80 m 0,4% Pb
- 64,00 m Sandstein, gk, grau
- 64,85 m Kalk-Mergel, sandig, gebändert, grüngrau
- 65,55 m Sandstein, mk, braungrau mit Lettenschichten, grüngrau
- 66,00 m Sandstein, fk, braungrau
- 66,65 m wie vorher
- 67,45 m Sandstein, gk, grünlichgrau, lettig
- 67,75 m Letten, rot
- 68,15 m Letten, feinsandig, grüngrau
- 69,25 m Sandstein, mk–fk, bräunlichgrau
- 69,35 m Letten, rot
- 70,25 m Sandstein, fk–mk, bräunlichgrau
- 70,32 m Letten, rot
- 70,55 m Sandstein, fk, schluffig, grau
- 70,75 m Letten, rot
- 71,15 m lettiger fk Sandstein – fk sandiger Letten, grau
- 73,20 m Sandstein, fk, grau
- 74,70 m Sandstein, oben mk, nach unten zu mk–gk, braungrau
- 74,85 m Sandstein, fk–mk, grau
- 75,35 m Sandstein, mk, braungrau
- 77,65 m Sandstein, fk, teilweise schluffig-lettig, grau
- 78,00 m feinsandiger Letten, rot
- 78,30 m Sandstein, fk, grau
- 78,40 m Letten, sandig, rot
- 78,55 m Letten, sandig, grau
- 78,70 m Letten, rot
- 79,00 m Sandstein, fk, lettig, grau
- 79,15 m Letten, sandig, grünlich grau
- 80,35 m Sandstein, mk, grau
- 80,70 m Sandstein, mk, ocker
- 81,85 m Sandstein, fk, rot
- 81,90 m Letten, sandig, dunkelrot
- 81,95 m Kaolinsandstein, fk, weiß
- 82,75 m Letten, rot, teilweise leicht kalkig
- 82,90 m Sandstein, fk, lettig, grau
- 83,00 m Letten, rot
- 83,35 m Sandstein, mk, braungrau
- 83,65 m feinsandiger Letten, grau bis grüngrau
- 84,60 m Letten, rot, gelegentlich grüngrau
- 84,80 m lettiger Sandstein, gk, grau, etwas karbonatisch
- 85,55 m Sandstein, mk, braungrau, etwas kaolinisiert
- 85,73 m Letten, rot
- 85,83 m Sandstein, gk–mk, braungrau
- 86,70 m Sandstein, mk, braungrau
- 86,80 m Letten, grüngrau

- 88,00 m Sandstein, fk, grau
 - 88,45 m Sandstein, mk, grau
 - 88,60 m Sandstein, fk, grau
 - 90,00 m Sandstein, mk, grau
 - 90,25 m Sandstein, mk–gk, grau
 - 90,30 m Letten, grau
 - 90,55 m Sandstein, gk, braungrau
 - 90,75 m Sandstein, fk, grau
 - 97,15 m Sandstein, fk, leutig, rot, gelegentlich Lettenzwischenlagen, helle Sandsteinpartien von
91,08–91,13 m, 91,27–91,32 m, 91,50–91,60 m, 91,75–91,87 m, 92,65–92,90 m,
94,25–94,45 m, 95,10–95,26, 95,50–96,00 m
 - 97,80 m Sandstein, fk, grau, verwitterte FS
 - 98,45 m Sandstein, fk–mk, leutig, rot
 - 99,00 m Sandstein, mk–gk, hellgrau
 - 101,00 m Sandstein, gk–mk, braungrau, mit Geröllen, Schrägschichtung
- Endteufe

KB Parkstein 4, 25. 10. 78–6. 11. 78

Gradabteilungsblatt 6237 Grafenwöhr

R 44.97.61 – H 55.10.34, Endteufe 112 m

- 0– 0,80 m Humoser Mutterboden
- 3,00 m Sand und Geröll, grau, schlecht sortiert, Gerölle schlecht gerundet
- 4,00 m Sand, humos, dunkel braungrau
- 6,00 m Sand mit kleinen (cm) Geröllen, grau
- 10,30 m Sand, grau, bei 8,30 m ca. 10 cm große Kristallin-Gerölle
- 10,55 m ca. 5 cm große Quarz- und Kristallingerölle in rotem Sand
- 11,00 m Sand, rot
- 11,10 m Sandstein, fk–mk, beige
- 12,00 m Sandstein, fk, schluffig-leutig, rot
- 12,20 m Sandstein, mk, grau
- 13,15 m wie vorher
- 13,30 m Sandstein, fk, hellgrau, schwache Kohleführung 20 ppm Pb
- 16,15 m wie vorher, aber mk von 14,60 m–15,00 m und von 15,80–16,15 m
- 16,50 m Sandstein, mk, grau
- 16,85 m Letten, sandig, rot
- 17,60 m Sandstein, fk, hellgrau, von 17,50–17,60 m 20 ppm Pb
- 18,20 m Letten, sandig, rot
- 18,40 m Sandstein, mk, leutig, grüngrau
- 18,70 m Sandstein, fk, mk, ocker
- 22,00 m Sandstein, fk–mk, bei 20,50 m gk, rot
- 22,25 m Sandstein, mk, grau
- 22,80 m Sandstein, fk–mk, leutig, rot
- 23,60 m Sandstein, gk–mk, braungrau, hart 30 ppm Pb
- 25,40 m Letten, rot, mit kleinen Sandsteineinlagerungen
- 26,15 m Sandstein, fk, hell-grau, leichte Kohleführung 30 ppm Pb
- 27,35 m Sandstein, fk–mk, leutig, rot, leicht karbonatisch
- 29,40 m Sandstein, gk, braungrau, Korngrößen nach unten zunehmend, bis 28,00 m 20 ppm Pb
- 29,80 m Sandstein, fk, leutig, oben grün, unten rot
- 30,40 m Letten, rot, mit Sandsteineinlagerungen, hellgrau, karbonatisch 30 ppm Pb
- 30,85 m Sandstein, mk, oben rot, nach unten zu braun
- 35,00 m Sandstein, gk, braungrau, gelegentlich grüne Tonnerter
- 35,50 m Wechsellagerung o. g. Sandstein und grüner Ton
- 35,70 m wie vorher Sandstein
- 36,80 m Sandstein, mk, braungrau, bis 36,15 m kohleführend, von 35,70–35,80 m
- 37,10 m feinsandiger Letten, hellgrau
- 39,44 m Sandstein, mk, braungrau
- 39,48 m Letten, dunkelgrau
- 39,70 m wie vorher

- 39,75 m Letten, dunkelgrau
- 39,80 m wie vorher
- 39,87 m Letten, dunkelgrau
- 40,58 m wie vorher
- 40,77 m feinsandiger Letten, gebändert, hellgrau
- 42,60 m wie vorher, nach unten zu dunkelbraungrau
- 43,00 m Sandstein, fk, hellgrau
- 47,00 m Sandstein, mk–fk, dunkelgrau
- 47,10 m Sandstein, fk, schluffig, grüngrau
- 47,16 m Kalkbank, sandig, grau
- 47,32 m wie vorher
- 47,35 m Kalkbank
- 47,80 m wie vorher
- 47,90 m Kalkbank, sandig grau
- 48,30 m Wechsellagerung (cm-Bereich) Letten, grün, Kalk, hell, Sandstein, mk, dunkelgrau
- 52,20 m Sandstein, mk–fk, dunkelgrau, mit grauen Lettenzwischenlagen
- 52,80 m Sandstein, fk, schluffig, grüngrau
- 53,85 m Sandstein, fk–mk, karbonatisch, hart, grüngrau
- 54,00 m Sandstein, fk, braungrau
- 54,40 m Sandstein, fk, schluffig, lettig, grüngrau
- 55,30 m stark karbonatischer Sandstein, fk, grau
- 56,55 m Sandstein, fk–mk, schluffig, gebändert, grüngrau
- 57,80 m Sandstein, fk–mk, dunkelgrau
- 58,80 m Sandstein, fk, schluffig, hart, grüngrau
- 59,50 m Sandstein, fk-mk, geschichtet, braungrau
- 60,00 m feinsandiger Letten, grüngrau
- 60,15 m Sandstein, fk, karbonatisch, grau
- 60,25 m Letten, grün
- 60,32 m wie vorher
- 60,60 m Wechsellagerung Letten, grün und Sandstein, fk, grau
- 61,25 m Sandstein, fk, grau
- 61,85 m Wechsellagerung Letten, grün, Sandstein, fk, grau
- 62,28 m Sandstein, fk–mk, dunkelgrau
- 62,60 m Sandstein, fk, karbonatisch, grau
- 63,10 m Wechsellagerung, Letten, grün, Sandstein, fk, grau
- 63,90 m Sandstein, fk, schluffig, hellgrüngrau
- 65,55 m Sandstein, mk–fk, dunkelgrau
- 66,00 m Wechsellagerung Sandstein, fk, dunkelgrau – Letten, grün
- 66,70 m Sandstein, fk, karbonatisch, grau
- 67,80 m Sandstein, fk, grau
- 68,85 m Sandstein, fk, schluffig, grünlich, grau
- 69,35 m Letten, sandig, karbonatisch, grün bis weiß
- 69,80 m Sandstein, fk–mk, grüngrau mit grünen Lettenzwischenlagen
- 70,80 m Sandstein, mk–fk, dunkelgrau
- 71,45 m feinsandiger schluffiger Letten, grüngrau
- 74,00 m Sandstein, mk–fk, dunkelgrau, mit grünen Letteneinlagerungen
- 74,60 m Sandstein, fk, schluffig, grüngrau
- 74,95 m Letten, grün, mit dünnen Sandsteinschichten
- 75,05 m Letten, grün, sandig, karbonatisch
- 76,70 m Sandstein, fk, schluffig, grau bis grüngrau
- 76,85 m Letten, grün
- 77,00 m Kalkbank
- 78,25 m Sandstein, fk–mk, braungrau, mit grünen Lettenzwischenlagen
- 80,10 m Sandstein, fk, schluffig, hart, grau
- 80,42 m Kalkbank, sandig, grau
- 80,70 m Letten, sandig, karbonatisch, hart
- 80,80 m Letten, rot
- 81,55 m Sandstein, fk, mk, grau
- 81,62 m Kalkbank, grau

- 81,80 m Letten, karbonatisch, grün
 - 82,00 m Letten, etwas sandig, grün
 - 82,10 m Letten, etwas sandig, rot
 - 87,15 m Sandstein, fk, hellgrau, teilweise etwas karbonatisch
 - 87,35 m Letten, rot
 - 87,50 m Sandstein, fk, schluffig, grüngrau
 - 88,60 m Sandstein, mk, grau
 - 88,83 m Letten, rot, etwas sandig
 - 89,20 m Sandstein, fk, grüngrau
 - 89,30 m Sandstein, mk, rot
 - 90,30 m Sandstein, fk–mk, grüngrau
 - 93,30 m Sandstein, mk, grau, bräunliche FS
 - 93,50 m Letten, rot
 - 93,57 m Letten, grün, sandig
 - 94,10 m Sandstein, mk, mit grünen Letteneinlagerungen
 - 97,10 m Sandstein, mk, grau, bräunliche FS
 - 97,90 m Sandstein, fk, grau
 - 98,20 m wie vorher
 - 98,50 m Sandstein, fk, schluffig
 - 99,60 m Sandstein, mk, teilweise mk–gk, grau, bräunliche FS
 - 102,00 m Sandstein, fk–mk, hellgrau
 - 102,25 m Sandstein, mk, grau
 - 103,53 m Sandstein, fk–mk, hellgrau
 - 104,30 m sandiger Letten, rot
 - 104,50 m Sandstein, mk, grau
 - 106,05 m lettiger Sandstein, mk, gelegentlich gk, rot, mit hellen, leicht karbonatischen Nestern
 - 106,40 m Sandstein, mk, grau
 - 107,00 m Sandstein, gk, rot
 - 107,50 m sandiger Letten mit kleinen Quarzgeröllen, rot
 - 107,68 m Sandstein, mk, grau
 - 108,70 m Sandstein, lettig, mk, rot
 - 108,90 m Sandstein, fk, schluffig
 - 109,20 m Sandstein, mk, mürb, braun
 - 112,00 m Sandstein, gk, grau
- Endteufe

KB Parkstein 5, 7. 11. 78–21. 11. 78

Gradabteilungsblatt 6237 Grafenwöhr

R 44.96.76 – H 55.11.40, Endteufe 125 m

- 0– 0,30 m Humoser Mutterboden
- 5,40 m Kies und Sand, große Quarzgerölle
- 6,20 m Letten, rot, teilweise sandig
- 8,50 m Sandstein, fk, weich, hellbraun, teilweise bindig, vereinzelt kleine Limonitkrusten
- 8,72 m Letten, rot
- 13,35 m Sandstein bis Sand, mürbe, fk, grau bis braungrau, gelegentlich mk, 30 ppm Pb
- 14,00 m Sandstein, fk, rötlich grau, 20 ppm Pb
- 19,30 m Sandstein, mk–fk, rot, gelegentlich helle Sandsteinzwischenlagen mit 30 ppm Pb
- 20,00 m Sandstein, fk, grau mit schwarzen Krusten
- 20,30 m Letten, rot, sandig
- 20,90 m Sandstein, fk, grau bis gelb, mürbe
- 21,20 m Letten, rot
- 21,47 m Sandstein, fk, grau mit Pflanzenresten
- 22,40 m Sandstein, fk–mk, lettig, mürb, rot
- 22,55 m Sandstein, fk, grau, 30 ppm Pb
- 22,60 m Letten grau
- 23,60 m Sandstein, mk, grau, mürb
- 23,55 m Sandstein, mk–fk, grau
- 23,85 m Sandstein, mk, grau

- 25,50 m Sandstein, fk–mk, lettig, rot-grau gebändert
- 26,65 m Sandstein, mk, rot
- 26,77 m Sandstein, mk, grau
- 26,90 m Letten, rot
- 27,50 m Wechselfolge Letten, rot – Sandstein, fk, rot – Sandstein, fk, grau, leicht karbonatisch, 30 ppm Pb
- 27,75 m Sandstein, fk, grau
- 28,60 m Sandstein, mk-fk, lettig, rotbraun
- 30,15 m Sandstein, fk, grau, etwas Coronaditführung 20 ppm Pb
- 30,50 m Sandstein, fk, gelb, 20 ppm Pb
- 31,10 m Letten, rot
- 32,45 m Sandstein, fk, grau und rot, Coronadit, 10 ppm Pb
- 33,55 m Letten, rot
- 34,35 m Sandstein, mk–fk, ockerfarben, mürb
- 35,00 m Sandstein, mk, braungrau
- 36,00 m feinsandiger Letten, grau, gebändert
- 36,65 m Sandstein, fk, grau
- 37,00 m wie vorher
- 37,50 m Sandstein, fk, tonig, leicht karbonatisch, grüngrau
- 38,00 m Sandstein, fk, grau
- 39,90 m Sandstein, mk–gk, ockerfarben
- 42,00 m Letten, grau, nach unten zu sandiger werdend
- 43,55 m Sandstein, fk, grau
- 46,00 m Sandstein, fk, gelbgrau, bei 44,50 m Holzreste mit Pyrit, bei 46,70 m Holzreste mit Bleiglanz
- 48,00 m Sandstein, fk, grau, meist schluffig, lettig
- 48,20 m Letten, grün
- 48,50 m Sandstein, fk, dunkelbraun
- 50,00 m Sandstein, fk, grau, schluffig – lettig
- 52,20 m Letten, grau
- 52,40 m Sandstein, fk, grau
- 54,85 m Sandstein, mk, braungrau
- 55,00 m Letten, sandig, grün
- 56,25 m sandiger Letten bis lettiger Sandstein, fk, grau
- 56,30 m Letten, grün
- 56,90 m Sandstein, fk, braungrau
- 58,25 m Letten, grau bis rot
- 59,35 m Sandstein, fk–mk, gelb
- 63,10 m feinsandiger Letten bis lettiger Sandstein, fk, grau
- 68,50 m Letten, grün, mit karbonatischen hellgrauen Sandsteineinlagerungen, fk
- 66,00 m Sandstein, fk, hellgrau und dunkelgrau
- 66,40 m Wechselfolge, Letten, dunkelgrau – Sandstein, karbonatisch, hellgrau
- 67,00 m Sandstein, fk, lettig, braungrau
- 67,30 m Sandstein, fk, braungrau
- 68,38 m Letten, feinsandig, grüngrau
- 68,44 m Sandstein, fk, braungrau
- 68,90 m Letten, feinsandig, grün und hellgrau
- 69,00 m Sandstein, fk, braungrau
- 69,05 m Kalkbank
- 72,20 m feinsandiger Letten, grüngrau, mit Sandzwischenlagen, fk
- 76,50 m Sandstein, fk, grau, mit einzelnen grünen Toneinlagerungen
- 76,80 m Kalkbank
- 77,60 m Sandstein, fk, grau
- 78,00 m Letten, grün, Sandsteineinlagerungen, hellgrau
- 78,80 m wie vorher
- 79,65 m Sandstein, wie vorher mit vielen grünen Letteneinlagerungen
- 79,73 m Kalkbank
- 81,36 m wie vorher
- 81,43 m Kalkbank
- 83,00 m wie vorher

- 84,00 m Sandstein, fk, hellgrau, mürb, ab 83,70 m lettig
- 85,00 m Sandstein, fk, hart, karbonatisch, Kalkbank von 84,35–84,60 m
- 87,20 m Sandstein, fk, braunbrau, ab 86,60 m mit Letteneinlagerungen
- 87,43 m Kalkbank
- 88,60 m Sandstein, fk, grau, mürb, mit Letteneinlagerungen
- 90,80 m Sandstein, fk, grau, hart, oben karbonatisch
- 91,00 m Letten, grün und Sandstein, fk, braungrau
- 96,35 m Sandstein, mk–fk, braungrau bis grau, bei 94,00 m grüner Letten
- 96,45 m karbonatischer Sandstein, hart, grau
- 98,90 m Sandstein, fk–mk, grau
- 100,00 m Letten, grün
- 101,45 m wie vorher
- 103,00 m Letten, grün
- 103,45 m wie vorher
- 103,80 m Letten, grün
- 104,80 m Sandstein, fk, grau
- 105,50 m Letten, grün, sandig, mit Sandsteinzwischenlagen
- 105,90 m Sandstein, fk, braungrau, sporadisch PbS
- 106,00 m Letten, dunkelgrau
- 106,15 m Sandstein, mk, braungrau
- 106,62 m Letten, grün
- 108,60 m Sandstein, mk, grau mürb
- 108,65 m Letten, grün
- 108,90 m Sandstein, mk, grün
- 109,34 m Kernverlust
- 109,42 m Letten, grau
- 110,45 m Sandstein, fk, grau
- 110,53 m Letten, grün
- 110,83 m Sandstein, mk, grau
- 111,20 m Letten, grün
- 111,50 m Letten, rot
- 112,15 m Sandstein, fk, grau
- 112,38 m Letten, rot
- 112,65 m Sandstein, mk, rot und grau
- 112,80 m Sandstein, fk, lettig, rot
- 113,50 m Sandstein, fk, grau bis braungrau
- 113,65 m Sandstein, fk–mk, lettig, rot
- 113,90 m Sandstein, fk–mk, grau
- 114,70 m Sandstein, mk–gk, braungrau
- 114,80 m Letten, sandig, grün und rot
- 119,30 m Sandstein, mk–gk, braungrau
- 119,45 m Sandstein, fk, lettig, rot
- 121,60 m Sandstein, mk–gk, braungrau
- 121,62 m Letten, sandig, grün
- 122,20 m Letten, sandig, rot
- 122,25 m Letten, sandig, grün
- 123,25 m Sandstein, gk, mit einzelnen Quarzgeröllen, braungrau
- 124,50 m Sandstein, mk, hellgrau bis rötlich grau, leicht kaolinisiert
- 124,60 m Sandstein, mk–fk, graubraun
- 125,00 m Sandstein, mk+fk, rot
- Endteufe

KB Parkstein 6, 22. 11. 78–14. 12. 78

Gradabteilungsblatt 6237 Grafenwöhr

R 44.95.78 – H 55. 11. 82, Endteufe 127 m

0– 0,30 m Humoser Mutterboden

- 1,00 m Sand, hell-braun, mit einzelnen Geröllen
- 3,40 m Sand, braun, mit einzelnen Geröllen

- 3,70 m Sand, braun, mit viel Geröll
- 4,35 m wie vorher
- 5,10 m Sand, fk, hellgrau
- 5,25 m große Gerölle
- 5,75 m Sandstein, mk–fk, oben braun, unten grau
- 6,40 m Letten, rot
- 6,60 m Übergang rote Letten – Sandstein, fk, hellgrau
- 7,75 m Sandstein, fk, hellgrau bis braungrau, sehr mürb
- 8,05 m Letten, rot
- 9,00 m wie vorher
- 9,60 m Sandstein, mk–fk, beige, mürb
- 10,50 m Sandstein, lettig, mk–fk, rotbraun
- 10,90 m Sandstein, mk, beige, mit Limonitkrusten
- 11,15 m wie vorher
- 11,55 m Sandstein, mk, hellgrau
- 13,20 m wie vorher, mit gel. hellen Sandsteineinlagerungen
- 13,40 m Sandstein, mk, hellgrau
- 13,75 m Wechsellagerung: rote und helle Sandsteine fk, rote Letten
- 14,32 m Sandstein, gk–mk, hellgrau
- 14,55 m feinsandiger Letten, oben rot, unten grau, gebändert
- 17,15 m Sandstein, mk, hell-braungrau (teilweise etwas kohlig? 20 ppm Pb)
- 17,80 m Sandstein, mk–gk, mit roten Letteneinlagerungen
- 17,90 m Sandstein, lettig, mk, braungrau
- 18,60 m Sandstein, lettig, fk–mk, rotbraun
- 18,90 m Sandstein, mk, mürb, beige
- 19,25 m Sandstein, lettig, schluffig, fk, beige
- 21,30 m Sandstein, mk–gk, beige
- 21,60 m Sandstein, fk–mk, hellgrau
- 21,75 m Sandstein, mk–gk, beige
- 21,95 m Sandstein, lettig, mk, hellgrau
- 22,02 m Sandstein, fk, rot
- 22,30 m wie vorher
- 22,40 m Sandstein, fk, lettig, rotbraun und grau
- 23,80 m Sandstein, mk, hell bräunlich grau, gelegentlich graue, lettige Zwischenlagen, bei 23,70 m kohlig
- 24,00 m wie vorher, aber grobkörniger
- 26,00 m Sandstein, mk–fk, hellgrau
- 26,25 m Sandstein, gk, hellgrau
- 27,00 m Sandstein, mk (ab 26,90 m gk–mk), einzelne Quarzgerölle, einzelne graue Lettennester, hellgrau
- 27,30 m Letten, rotbraun, nach unten zu feinsandig
- 28,00 m Sandstein, mk–fk, hellgrau
- 28,55 m Sandstein, mk–gk, hellgrau
- 30,00 m Sandstein, fk–mk, hellgrau
- 30,40 m Sandstein, mk–gk, hellgrau
- 30,90 m wie vorher
- 31,40 m Sandstein, mk–gk, grau-beige gebändert
- 34,70 m Sandstein, fk, grau, von 33,00–33,50 m etwas Kohle und Blei führend; bis 500 ppm Pb
- 35,00 m Sandstein, mk–gk, grau, braune Feldspäte
- 36,20 m Sandstein, fk, grau, von 35,00–35,30 m, 20 ppm Pb
- 37,75 m Sandstein, mk, rot
- 38,00 m Sandstein, mk–gk, grau
- 38,17 m Sandstein, mk–gk, mit Limonitkrusten
- 38,27 m Sandstein, mk–gk, beige, mit Limonitkrusten
- 38,35 m Sandstein, fk, braungrau
- 39,50 m Letten, sandig, rot
- 40,25 m Sandstein, fk–mk, beige, „verwittert“, Limonitkrusten
- 40,80 m Kernverlust
- 41,00 m wie vorher

- 41,30 m Sandstein, mk-fk, hellgrau, leicht kaolinisiert
- 42,40 m Letten, meist sandig, rot und grau, total zerbröckelt
- 43,05 m Sandstein, mk, hell braungrau, mürbe
- 43,30 m Letten, rot mit beigen Sandsteinlagen
- 44,10 m Sandstein, mk, bräunlich grau, mürbe
- 45,50 m Sandstein, mk, beige „verwittert“ mit Limonitkrusten, teilweise kavernös
- 46,00 m Sandstein, fk, hell bräunlich grau
- 46,50 m Sandstein, mk, beige, mürb
- 46,75 m Sandstein, mk, hellgrau
- 47,00 m Sandstein, fk, hellgrau
- 48,60 m Sandstein, fk, Kohleführung, 20 ppm Pb
- 49,25 m Letten, teilweise sandig, grau
- 52,40 m Sandstein, fk-mk, grau bis beige mit Limonitführung
- 52,60 m feiner roter Sand (?Störung?)
- 53,60 m lettiger Sandstein, fk, dunkelgrau
- 55,00 m sandiger Letten, dunkelgrüngrau
- 55,75 m Sandstein, fk-mk, fest, hellgrau
- 56,00 m Letten, sandig, dunkelgrüngrau
- 56,60 m Sandstein, wie vorher
- 57,70 m Wechsellagerung o.g. Sandstein – o.g. Letten
- 58,60 m Sandstein, fk, grau
- 61,50 m Wechsellagerung wie vorher, gebankt, teilweise zerbröckelt
- 62,25 m Sandstein, fk-mk, hart, grau
- 62,45 m lettiger Sandstein, fk-mk, dunkelgrüngrau
- 63,25 m Sandstein, wie vorher, grau
- 63,30 m Mergel, grün
- 63,45 m sandiger Kalk
- 63,60 m Mergel, grün, sandig
- 64,35 m Sandstein, fk, grau mit Lettenbändern
- 64,43 m Kalkbank
- 65,30 m Sandstein, fk, karbonatisch
- 65,80 m Kalkbank
- 68,00 m Sandstein, fk-mk, grau, meist karbonatisch
- 68,35 m Kalkbank, etwas sandig
- 68,63 m Mergel, grün
- 68,70 m Sandstein, fk, grau, karbonatisch
- 69,25 m Letten, grün
- 71,00 m Sandstein, fk-mk, grau, nach unten karbonatisch
- 72,15 m Sandstein, fk, schluffig, grau, mit Lettenlagen, grün
- 72,30 m Kalkbank, sandig
- 74,10 m Sandstein, fk, grau, karbonatisch, dünne grüne Mergelzwischenlagen
- 74,30 m Kalkbank
- 78,00 m wie vorher, meist karbonatisch
- 79,00 m Kalkbank, meist etwas sandig, dünne grüne Mergelzwischenlagen, wenig Gips
- 79,60 m wie vorher, gelegentlich karbonatisch
- 80,00 m Wechsellagerung Sandsteinbank, grau, fk, Letten grün
- 80,70 m Sandstein, fk-mk, grau
- 81,00 m Letten, grün, sandig
- 83,00 m Sandstein, fk, grau mit gelegentlichen grünen Lettenbändern, bei 82,50 m karbonatisch
- 83,40 m Tonstein, grau
- 84,40 m Sandstein, fk-mk, braungrau, hart
- 84,70 m Sandstein wie vorher mit grünen Lettenbändern
- 85, 05 m Karbonatbank (Dolomit), hellgrau, mit dünnen grünen Lettenlagen und dünnen grauen Sandsteinlagen
- 85,40 m Sandstein, fk, grüngrau
- 85,83 m Wechsellagerung Sandstein fk, graubraun/grüner Letten
- 85,88 m Karbonatbank, grau
- 88,35 m Sandstein, fk-mk, braungrau mit grünen Lettenbändern
- 88,70 m Wechselfolge Sandstein wie vorher / Karbonatbänkchen, grau

- 99,52 m Sandstein, fk, braungrau, mit dunkelgrauen Tonsteinlagen
 - 99,58 m Mergelstein, hart, dunkelgrau
 - 100,46 m wie vorher
 - 100,52 m Karbonatbank, grau
 - 100,80 m Wechselfolge Karbonat, hellgrau/Tonstein, schwarz (dunkelgrau)
 - 101,90 m Sandstein, fk, etwas karbonatisch, braungrau, mit dkl.-grünen Lettenlagen
 - 102,05 m Karbonat, mit dünnen grauen Lettenlagen
 - 102,26 m Sandstein, wie vorher
 - 102,70 m Karbonatbank (Kalk)
 - 103,30 m wie vorher
 - 103,55 m Karbonat mit dkl.-grauen Lettenlagen
 - 103,75 m wie vorher
 - 103,95 m Letten, dunkelgrau mit dünnen Sandeinlagen
 - 105,38 m Sandstein, fk, gelegentlich karbonatisch, braungrau, mit einzelnen dunkelgrüngrauen Lettenbändern
 - 105,62 m Karbonatbank, hellgrau (Kalk)
 - 107,40 m wie vorher (mk bei 106,30 m)
 - 107,66 m Wechselfolge Karbonat, hell/Letten, dkl.-grau
 - 108,50 m wie vorher
 - 108,70 m Letten, dkl.-grau, mit Karbonatbändern
 - 109,00 m Karbonat mit Sandstein, wenig PbS
 - 109,76 m Sandstein, mk, braungrau
 - 109,88 m Letten, dkl.-grau, mit Karbonatbändern
 - 110,05 m wie vorher
 - 110,17 m Sandstein, fk, grüngrau und dunkelgrau
 - 112,35 m Sandstein, mk, nach unten zu gröber, durchgehend leichte PbS-Führung, 0,1% Pb
 - 113,70 m Sandstein, fk-mk, grau, mürb, mit dünnen grauen Lettenzwischenlagen
 - 116,74 m Sandstein, fk-mk, grau, gel. Kreuzschichtung
 - 116,80 m Sandstein, gk, grau
 - 117,30 m Sandstein, fk-mk, grau
 - 117,50 m Sandstein, gk, grau
 - 121,25 m Sandstein, mk-gk, grau
 - 121,90 m Sandstein, mk, grüngrau
 - 127,00 m wie vorher, dunkle Letten bei 124,40 m und 125,80 m
- Endteufe

KB Parkstein 7, 15. 12. 78–19. 12. 78
 Gradabteilungsblatt 6237 Grafenwöhr
 R 44.94.55 – H 55.11.60, Endteufe 95,30 m

- 0– 0,20 m humoser Mutterboden, sandig
- 7,60 m Sand, ab 4,50 m bindig, hellgrau
- 12,85 m Letten, rot, feinsandig, gelegentlich helle Sandstein-Einschaltungen (–10 cm mächtig)
- 14,85 m Sandstein, mk, hellgrau, mürb
- 15,00 m Letten, rot
- 15,35 m Sandstein, mk, hellgrau, mürb
- 15,55 m Letten, rot und grau
- 15,70 m Sandstein, fk, hellgrau, mürb
- 16,00 m Letten, rot und grau
- 22,05 m Sandstein, mk, schluffig, hellgrau bis bräunlichgrau, mürb bis zerfallen
- 22,70 m Letten, schluffig, hellgrünlich grau
- 23,00 m Sandstein, fk-mk, hellgrau, etwas Pflanzenhäcksel
- 26,00 m Sandstein, mk, hell bräunlich grau
- 28,10 m Sandstein, fk-mk, hell bräunlich grau
- 29,00 m Schluffstein, hellgrau
- 29,30 m Letten, schluffig, hellgrau, etwas karbonatisch
- 29,60 m Schluffstein
- 29,90 m Letten, schluffig, hellgrau, etwas karbonatisch
- 30,70 m Schluffstein, hellgrau

- 31,50 m Letten, schluffig, hellgrau, etwas karbonatisch
 - 31,85 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 32,00 m Schluffstein, hellgrau
 - 33,65 m Sandstein, fk, hellgrau, von 32,00–33,00 m etwas kavernös
 - 37,85 m Sandstein, fk, bis Schluffstein, hellgrau
 - 39,00 m Wechselfolge (gebändert), Sandstein, fk, hellgrau/Letten, grüngrau
 - 39,52 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 39,80 m wie vorher
 - 40,30 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 40,33 m Letten, grüngrau
 - 40,45 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 40,75 m Wechsellagerung Sandstein, fk, hellgrau/Letten, grüngrau
 - 41,00 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 41,05 m Letten, sandig, grüngrau
 - 42,90 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 43,25 m obere 10 cm Letten, grün, nach unten in Sandstein übergehend
 - 44,50 m Sandstein, fk, hellgrau, mit gelegentlichen Letteneinlagerungen
 - 45,00 m Wechsellagerung Sandstein, fk, hellgrau/Letten grüngrau
 - 51,00 m Sandstein, fk, hellgrau, mit Lettenbänderung von 46,40–46,60 m; 47,30–47,80 m; 48,60–49,50 m; gelegentlich karbonatisch
 - 52,00 m Wechsellagerung Sandstein, wie oben/Letten, grüngrau, etwas karbonatisch
 - 56,00 m Sandstein, fk, hellgrau, karbonatisch, gelegentliche Lettenbänder, ab 55 m etwas kavernös und schwache Pyritführung
 - 56,50 m Wechsellagerung wie vorher
 - 56,85 m Sandstein, fk, hellgrau, mit einzelnen Lettenbändern
 - 57,10 m Wechsellagerung wie vorher
 - 57,50 m Sandstein, wie vorher, etwas karbonatisch
 - 58,58 m Wechsellagerung wie vorher
 - 58,65 m Sandstein, wie vorher (nicht karb.)
 - 58,72 m Dolomit, sandig, kavernös
 - 59,00 m Sandstein, wie vorher, schwach karbonatisch
 - 60,20 m Wechsellagerung wie vorher
 - 60,35 m Sandstein, wie vorher (nicht karb.)
 - 60,45 m Dolomit, sandig
 - 64,00 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 64,30 m Dolomit, sandig, hellgrau
 - 66,25 m Sandstein, wie vorher, mit Lettenbänderung von 64,30–64,70 m; 65,20–65,50 m; gelegentlich Schrägschichtung
 - 66,85 m Letten, sandig, grüngrau, mit Dolomitknauern
 - 71,40 m Sandstein, fk, hellgrau, Lettenbänderung bei 68,50 m; karbonatische Knauern bei 68,10–68,20 m
 - 72,00 m Sandstein, mk–fk, hellgrau
 - 72,45 m Schluffstein, hellgrau mit Lettenbändern, grüngrau
 - 80,43 m Sandstein, mk, hellgrau
 - 80,50 m Letten, grün
 - 84,60 m Sandstein, mk–gk, hellgrau, gelegentliche Lettenbänder
 - 87,00 m Sandstein, mk–fk, hellgrau
 - 87,40 m Sandstein, gk, hellgrau
 - 87,90 m Schluffstein, hellgrau
 - 90,00 m Sandstein, mk, hellgrau
 - 92,50 m Sandstein, mk–gk, hellgrau
 - 93,00 m Sandstein, fk, hellgrau
 - 95,30 m Sandstein, mk–gk, hellgrau
- Endteufe

6. Literatur

GEVERS, T. W. (1927): Der Muschelkalk am Nordwestrande der Böhmisches Masse. – N. Jb. Mineral. usw., Beil.-Bd. 56, 243–436, Stuttgart 1927.

- GUDDEN, H. (1966) Das Profil der Bohrung Eschenfelden B 1 (1964/1965). – Geol. Bl. NO-Bayern, 16 (1), 67–87, Erlangen 1966.
- (1970): Stratigraphische Gliederung einiger Tiefbohrprofile in die höhere Trias unter der nördlichen Frankenalb anhand bohrlochphysikalischer Messungen. – Geol. Bl. NO-Bayern, 20 (3), 105–119, Erlangen 1970.
 - (1975): Zur Bleierzführung in Trias-Sedimenten der nördlichen Oberpfalz. – Geologica Bavarica 74, 33–55, München 1975.
- GUDDEN, H. & HOLY, H. (1970): Die Bohrung Eschenfelden 5 (1968). – Geol. Bl. NO-Bayern, 20 (1/2), 78–83, Erlangen 1970.
- GÜMBEL, C. W. v. (1894): Geologie von Bayern. – Bd. II Geologische Beschreibung von Bayern. – Cassel 1894.
- HAUNSCHILD, H. (1977) Die Bohrung Seitenthal – ein neues Profil aus dem Grenzbereich Keuper/Muschelkalk der Randfazies nördlich Eschenbach/Opf.-Geol. Bl. NO-Bayern, 27, 173–180, Erlangen 1977.
- HAUNSCHILD, H. & SCHRÖDER, B. (1960) Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6237 Grafenwöhr. – München (Bayer. Geol. Landesamt) 1960.
- HEIM, F. (1936): Die Bleierzlagerstätte von Freihung-Tanzfleck. – In: Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns, II. Band, München (Piloty & Loehle) 1936.
- KLEMM, D. D. & SCHWARZENBERG, TH. v. (1977): Die Bleierzvorkommen am Rande des Oberpfälzer Waldes. – Erzmetall, 30 (11), 531–536, 17 Abb., Stuttgart 1977.
- NEUPERT, E. (1959): Das Gebiet der Störungzone von Kirchenthumbach und Stegenthumbach (Oberpfalz). – Erlanger Geol. Abh., 32, Erlangen 1959.
- SCHMID, H. (1981): Zur Bleiführung in der Mittleren Trias der Oberpfalz – Ergebnisse neuerer Bohrungen. – Erzmetall, 34, (1981), Nr. 12, 652–658, Weinheim 1981.
- SCHRÖDER, B. (1956): Der Keuper des Gebietes um Kemnath/Neustadt – Diplom-Arbeit, Erlangen 1956.
- (1958): Stratigraphie und Tektonik vor der Fränkischen Linie bei Kemnath-Pressath (Opf.), und die tektonische Lage der Basaltdurchbrüche. – Erl. geol. Abh., 27, Erlangen
 - (1963): Gliederung und Lagerungsverhältnisse in der Randfazies der Trias bei Weiden-Parkstein. – Geol. Bl. NO-Bayern, 13, Erlangen 1963.
 - (1964): Muschelkalk und Lettenkohle zwischen Bayreuth und Weiden. – Geologica Bavarica, 53, 12–28, München 1964.
 - (1977): Unterer Keuper und Schilfsandstein im germanischen Trias-Randbecken. – 2 bl. Geol. Paläont. Teil I, 1976 (5/6), 1030–1056, Stuttgart 1977.
- SCHWARZENBERG, TH. v. (1975): Lagerstättenkundliche Untersuchungen an sedimentären Bleivererzungen der Oberpfalz. – 54 S., 4 Taf., Diss. Univ. München 1975.
- (1976): Bleiprospektion in der Oberpfalz/Bayern, Bericht für den Zeitraum 1. 1.–30. 6. 1976. – Unpubl. Ber., Preussag, Goslar 1976.
- STEINLEIN, H. (1955): Der Buntsandstein am Westrand der Böhmisches Masse. – Erl. geol. Abh., 8, Erlangen 1953.
- THÜRACH, H. (1888): Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleiche zu den benachbarten Gegenden. – Geol. Jh., 1, 75–162, Cassel 1888.
- TILLMANN, H. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6337 Kaltenbrunn. – 118 S., 8 Abb., 6 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.
- ZIEHR, H. & JAKUBEC, F.: Erzminerale von Freihung und Wollau (Oberpfalz) und die Spurenelemente in Bleiglanz und Cerussit. – Aufschluß, 16. Sonderh., 292–300, Heidelberg 1967.

Der Verfasser dankt Herrn Ministerialrat Dr. HADAMITZKY/Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr für die Ermöglichung der Arbeiten, Herrn Prof. Dr. GUNZERT/Preussag für die Erlaubnis, Bohrergebnisse der Preussag verwenden zu dürfen, sowie den Herren Dr. GUDDEN und Dr. HAUNSCHILD/Bayerisches Geologisches Landesamt für Hinweise und Diskussionen.

Geologica Bavarica	83	245-253	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Die Mineralwasser-Untersuchungsbohrung Knetzgau

Von JOSEF SCHWARZMEIER

Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

Kurzfassung

Die 410 m tiefe Mineralwasser-Untersuchungsbohrung Knetzgau durchhörte die ungestörte Schichtenfolge des Unteren Keupers, des gesamten Muschelkalks, des Oberen Buntsandsteins und des obersten Teils des Mittleren Buntsandsteins (Hardeggen-Folge). Die Gesteinsausbildung entsprach den aus benachbarten Tiefbohrungen und Obertageaufschlüssen bekannten Verhältnissen. Bis auf den relativ geringmächtigen Mittleren Muschelkalk traf dies auch für die durchteuften Mächtigkeiten zu. Kräftige Residualbildungen lassen aber den Schluß zu, daß die primäre Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalks deutlich größer war und man eine ehemalige Steinsalzführung annehmen kann. Zusammen mit der revidierten Bohrung Bergheinfeld (SCHWARZMEIER 1981b) kann das bisherige paläogeographische Bild zur Zeit des Mittleren Muschelkalks dahingehend geändert werden, daß sich der Nordwestrand der Steinsalzfazies im eindampfenden Becken von Eltmann bis etwa Schweinfurt erstreckte. Stärker zerklüftete Profilbereiche weisen auf die Nähe der Kissingen-Haßfurter Störungszone hin. Sie dienen allochthonen Wandersolen aus dem Mittleren Muschelkalk, die aus südlich und südöstlich angrenzenden Gebieten stammen, als Wasserleiter.

1. Einleitung

Die Mineralwasser-Untersuchungsbohrung Knetzgau wurde Anfang 1976 im Auftrag der Firma Partin, damals Bergheinfeld, heute Knetzgau¹⁾, abgeteuft (Bohrunternehmen H. Anger's Söhne, Hess. Lichtenau). Der Ansatzpunkt liegt südöstlich der Ortschaft, etwa 150 m SSW der Siech-Kapelle (Abb. 1). Der Verfasser hatte am 22. 10. und 25. 10. 1976 Gelegenheit, Spülproben der Bohrung, die alle Meter genommen wurden, bei der Gemeinde Knetzgau einzusehen. Hydrologische Daten wurden bereits von GEORGOTAS & UDLUFT (1978) und UDLUFT (1979) publiziert. Die Bohrung ist inzwischen verfüllt.

2. Bohrprofil

Mineralwasser-Untersuchungsbohrung Knetzgau, R 43 96 430, H 55 40 390, Ansatz ca. 236 m NN, Tiefe 410 m, vgl. Abb. 1.

Auftraggeber: Fa. Partin, Bergheinfeld; Bohrzeit: Anfang 1976.

Geologische Aufnahme: J. SCHWARZMEIER am 22. 10. und 25. 10. 1976.

- 0,4 m Bodenbildung
- 2 m Dolomitsteinbrocken mit braunem, tonigem Zwischenmittel (Verwitterungszone)
- 4 m Dolomitstein, ockergelb, mit mergeligem Zwischenmittel, grüngrau
- 5 m Tonstein, mergelig, schwarz- bis umbragrau

¹⁾ Der Fa. Partin, Knetzgau, danke ich für die Publikationserlaubnis.

- 7 m Dolomitsteinbänke, hell- bis dunkelgrau, mit Tonsteinlagen, hellgrau, mit eisenhaltigen Konkretionen
- 12 m Dolomitstein, hellblau, teils violettgrau, mit wenigen dünnbankigen, kalkreicheren Lagen
- 20 m Tonstein, schluffig, dolomitsch, hell- bis schwarzgrau, mit Tonlagen, plastisch, hellgrau
- 22 m Dolomitsteinbänke, tonig, hellgrau, mit Tonsteinlagen, mergelig, hellgrau
- 24 m Tonstein, schluffig, dunkel- bis schwarzgrau
- 26 m Tonstein, schluffig, dolomitsch, hellgrau, mit dünnen Dolomit- und Tonsteinlagen
- 28 m Tonstein, teils schluffig, umbra bis schwarzgrau und Sandstein, feinkörnig, olivgrün, mit cm-dünnen Kalksteinlagen, dolomitisch, ockerfarben
- 30 m Tonstein, teils plastisch, hell- bis dunkelblaugrau, mit sehr wenigen dünnen Dolomitsteinlagen, violett- bis umbragrau
- 32 m Tonstein, dolomitisch, teils schluffig, hell- bis blaugrau, glaukonitführend
- 33 m Tonstein, dolomitisch, teils schluffig, dunkelgrau
- 36 m Tonstein, dolomitisch, teils schluffig, hell- bis blaugrau, teils ockerfarben, mit dünnen, härteren, dolomitischen Lagen
- 37 m Tonstein, teils schluffig, schwarz- bis umbragrau, glaukonitführend
- 39 m Tonstein, teils schluffig, schwarz- bis umbragrau, mit etwas härteren, helleren, dünnen, dolomitischen und ockerfarbenen, kalkigen Lagen
- 42 m Tonstein, dolomitisch, mittel- bis hellgrau und Dolomitstein, grau
- 43 m Tonstein, schwach kalkhaltig, umbra- bis schwarzgrau, mit schluffigen, dolomitischen Lagen
- 44 m Tonstein, hell- bis olivgrau
- 45 m Tonstein, dolomitisch, mittel- bis hellgrau, mit stärker dolomitschen Lagen
- 46 m Kalkstein, stark dolomitisch, mittelgrau
- 47 m Wechselfolge von Kalkstein, Dolomitstein und Tonstein, mittel- bis olivgrau, stark glaukonitführend
- 48 m Tonstein, mittel- bis dunkelgrau, mit Kalksteinlagen
- 50 m Kalkstein, dolomitisch, mittelgrau, mit Tonsteinzwischenlagen
- 63 m Kalkstein, teils schwach mergelig, hell-, mittel- bis blaugrau
- 80 m Kalkstein, mittel-, oliv- bis blaugrau, mit mergelig-tonigem Zwischenmittel
- 82 m Kalkstein, mittel- bis blaugrau
- 90 m Kalkstein, mittel- bis dunkelgrau, mit Tonsteinzwischenlagen
- 99 m Kalkstein, teils stark tonig, mittel- bis olivgrau
- 112 m Kalkstein, mittel- bis dunkelgrau, mit wenigen schwachen Tonsteinlagen
- 121 m Kalkstein, mittel- bis olivgrau und Tonsteinlagen, olivgrau
- 123 m Kalkstein, oliv- bis dunkelgrau
- 125 m Dolomitstein, kalkhaltig, hell- bis gelbgrau
- 141 m Dolomitstein, kalkhaltig, gelblichgrau, mit Mergelstein, dunkelgrau, gipsführend
- 150 m Mergelstein, mittel- bis dunkelgrau, mit Residualtonen, dunkel- bis schwarzgrau und Gipslagen
- 155 m Kalkstein, mergelig, dunkelgrau und Dolomitstein, hellgrau, mit mergeligem Zwischenmittel
- 162 m Dolomitstein, hellgrau und Kalkstein, mittelgrau, schwache Gipsführung (156–159 m)
- 168 m Dolomitstein, mergelig, mittelgrau, teils mit tonigem Zwischenmittel und schwacher Gipsführung
- 180 m Dolomitstein, mergelig, hell- bis bräunlichgrau
- 182 m Dolomitstein, hell- bis bräunlichgrau
- 184 m Kalkstein, mergelig, dunkelgrau, schwach tonig
- 189 m Kalkstein, mergelig, mittel- bis dunkelgrau, wellig-wulstig (= Wellenkalkstein)
- 190 m Wellenkalkstein mit Calcitapeten
- 210 m Wellenkalkstein
- 211 m Wellenkalkstein mit Calcit
- 214 m Wellenkalkstein
- 216 m Wellenkalkstein mit Calcit
- 262 m Wellenkalkstein, teils schwach tonig
- 267 m Wellenkalkstein, mit mergeligen und tonigen Zwischenlagen
- 270 m Kalkmergelstein, grau, mit zum Liegenden hin zunehmenden, rotbraunen Tonsteinen, gipsführend
- 271 m Tonstein, rotbraun, gipsführend, mit grauen Mergelsteinlagen
- 276 m Tonstein, mergelig, grau, schwach gipsführend
- 280 m Tonstein, rotbraun, untergeordnet grau und mergelig, sehr schwach gipsführend
- 296 m Tonstein, braunrot und graugrün bis grün, kalkhaltig und teils schwach gipsführend

- 300 m Sandstein, feinkörnig, weiß bis violettrot und Tonstein, braunrot und graugrün
- 301 m Tonstein, kalkhaltig, rotbraun und grün, plastisch
- 304 m Sandstein, weiß, schwach violettrot und Tonstein, rotbraun, teils graugrün
- 306 m Tonstein, rotbraun und graugrün, plastisch
- 308 m Tonstein, rotbraun, stark plastisch
- 309 m Tonstein, rotbraun, wenig graugrün, plastisch
- 310 m Tonstein, rotbraun und graugrün, stark gipsführend
- 320 m Tonstein, blaßrotbraun, schwach gipsführend
- 339 m Tonstein, rotbraun, graugrüne Reduktionsflecken, teils schwach plastisch
- 350 m Tonstein, braunrot und graugrün, bröckelig
- 353 m Tonstein, weiß bis bläulichgrau, schwach rotgestreift, plastisch, mit weißen, feinkörnigen Sandsteinlagen
- 359 m Sandstein, feinkörnig, weiß, mit rostfarbenen Rändern, mit dünnen, violettroten bis graugrünen Tonsteinlagen
- 365 m Sandstein, feinkörnig, rotbraun, stark tonig, teils Schluffstein und Tonstein
- 367 m Sandstein, feinkörnig, rotbraun, tonig
- 369 m Sandstein, fein- bis grobkörnig, blaßviolett bis rotbraun
- 378 m Sandstein, feinkörnig, blaßviolett bis rotbraun
- 383 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, violettrot, teils quarzitisches gebunden, mit dünnen, rotbraunen und grüngrauen Tonsteinlagen
- 385 m Sandstein, fein- bis grobkörnig, blaßviolettrot, schwach quarzitisches gebunden
- 394 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, violettrot, teils schwach rotbraun, teils quarzitisches gebunden, mit sehr wenigen, dünnen, rotbraunen und grüngrauen Tonsteinlagen
- 405 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, braunrot, tonig
- 410 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, blaßviolettrot, mit sehr dünnen, rotbraunen und graugrünen Tonsteinlagen.

Deutung:

- 0,4 m Holozän
- 45 m Unterer Keuper
- 123 m Oberer Muschelkalk
- 182 m Mittlerer Muschelkalk
- 267 m Unterer Muschelkalk
- 353 m Oberer Buntsandstein
- 410 m Mittlerer Buntsandstein.

3. Geologische Deutung

Stratigraphie

Die Mineralwasser-Untersuchungsbohrung Knetzgau, kurz Bohrung Knetzgau genannt, setzt im Top des Grenzdolomits an, durchteuft fast vollständig den Unteren Keuper, durchörtet Muschelkalk und Oberen Buntsandstein und steht in der Hardegsen-Folge des Mittleren Buntsandsteins (Abb. 1).

Der Untere Keuper wurde mit 45 m mehr oder minder vollständig durchteuft, da die erbohrte Mächtigkeit des Grenzdolomits von 4 m der in der Umgebung nachgewiesenen Gesamtmächtigkeit entspricht. Die Mächtigkeit des Unteren Keupers ordnet sich zwanglos in das bisherige Bild der Mächtigkeitsverteilung ein (vgl. Tiefbohrungen in Tab. 1, SCHRÖDER 1976, GUDDEN 1981a, 1981b, SCHWARZMEIER 1981b, 1982). Die Bohrung Knetzgau liegt demnach im Bereich einer geringen Mächtigkeitsreduzierung, die nach Norden bis etwa Hofheim i. Ufr. streicht und zwei Gebiete mit bis zu über 50 m Mächtigkeit nördlich Schweinfurt und zwischen Lichtenfels und Eltmann voneinander trennt. Die Gesteinsausbildung zeigt den

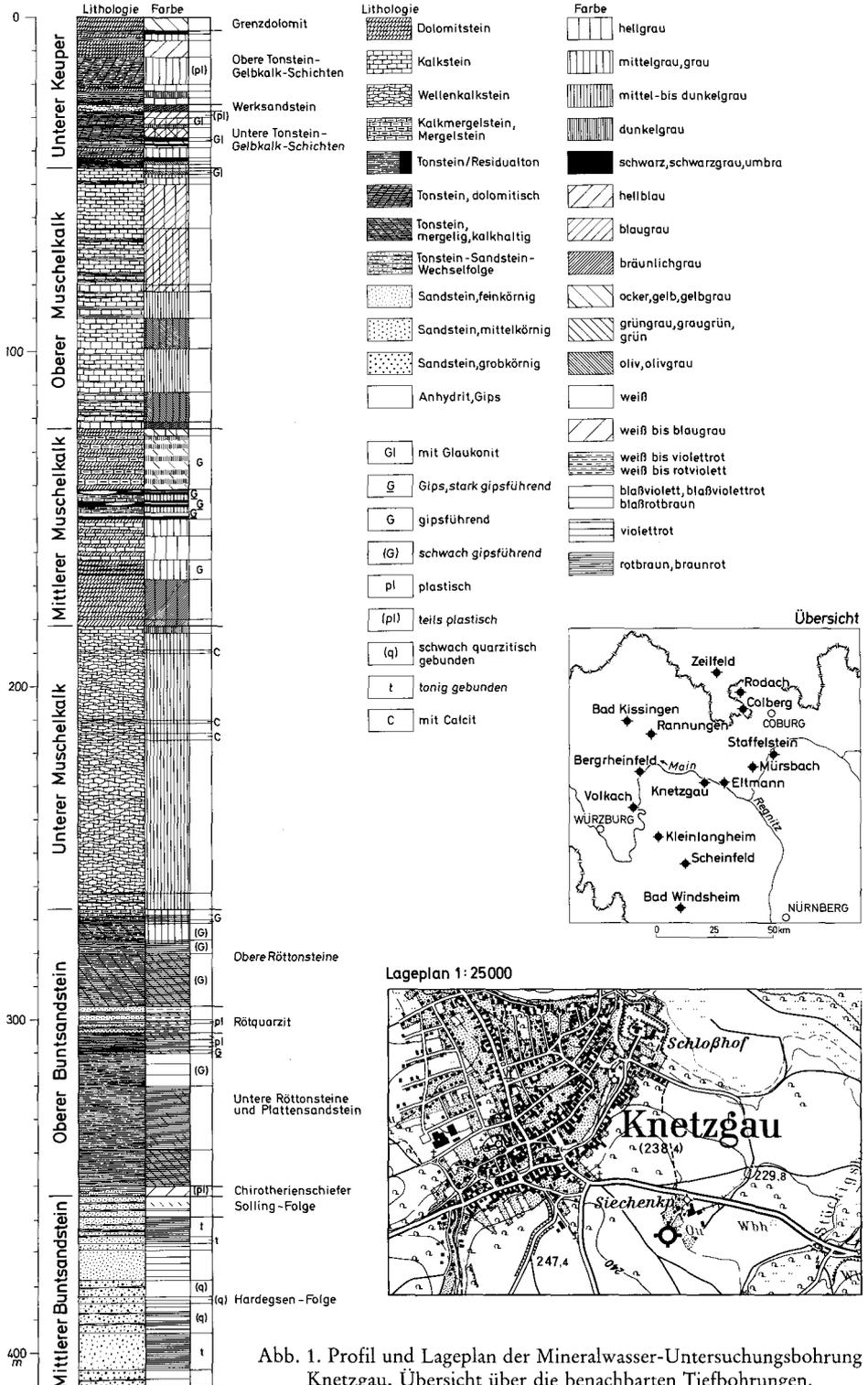


Abb. 1. Profil und Lageplan der Mineralwasser-Untersuchungsbohrung Knetzgau, Übersicht über die benachbarten Tiefbohrungen.

erwarteten Habitus. In hell- bis dunkelgraue oder umbrafarbene, dolomitische oder mergelige, teils schluffige Tonsteine sind olivgrüne, feinkörnige Sandsteinlagen und hell- bis dunkelgraue, ockerfarben verwitternde Dolomitstein- bzw. dolomitische Kalksteinbänke eingeschaltet. Generell fällt der geringe Sandsteinanteil ins Auge.

Die Probennahme (Spülproben) schließt wohl eine exakte Untergliederung des Unteren Keupers aus, es gelingt aber dennoch, die im Geologischen Landesamt bei der geologischen Landesaufnahme angewandte Gliederung nachzuvollziehen (SCHWARZMEIER 1981b, 1982). Demnach wurden durchteuft: -4 m Grenzdolomit, -26 m Obere Tonstein-Gelbkalk-Schichten, -28 m Niveau des Werksandsteins, -45 m Untere Tonstein-Gelbkalk-Schichten. Gemäß der Gliederung nach den etwas horizontbeständigeren Karbonatbänken in der Mitte der Schichtenfolge (HOFFMANN 1967) kann der Teufenabschnitt von 20–22 m der Albertibank zugeordnet werden, die bei diesem Gliederungsschema als Grenzbank zwischen Unterem Keuper 1 und 2 fungiert. Ein weiterer Leithorizont, die Hauptquarzitschieferplatten etwas unterhalb des Werksandsteins, ist in den Spülproben nicht dokumentiert. Dies kann mit der doch recht willkürlichen Probennahme zusammenhängen, durch die etwa gleichstarke Horizonte gar nicht oder sogar zweimal, wie im Falle der Albertibank, erfaßt werden können. Sicher abzugrenzen ist der Grenzdolomit, ein ockerfarbener Dolomitstein. Aus der liegenden, im wesentlichen aus gering differierenden Tonsteinen bestehenden Schichtenfolge heben sich lithologisch nur wenige Schichtglieder ab. In den Oberen Tonstein-Gelbkalk-Schichten sind weder Oberer Sandstein noch Anoplophora-Sandstein oder andere Sandsteinlagen dokumentiert. Die karbonatreichen Lagen bis 12 m Teufe dürften dem Komplex Gelbmergel-Horizont/Bunte Lettenmergel einschließlich der Hauptanthrakonitbank entsprechen. Unter der Albertibank (Teufe 22–24 m) deutet die schwarzgraue Färbung der Tonsteine auf die für diesen Abschnitt typische Kohleführung hin (Lettenkohle). Das Niveau des Werkstandsteins (Teufe 26–28 m) kennzeichnet eine Tonstein-Sandstein-Wechselfolge, die Ausbildung entspricht der sogenannten Mangelfazies. Aus dem Verband der Unteren Tonstein-Gelbkalk-Schichten heben sich lediglich in 37–42 m Teufe härtere, kalkig-dolomitische Lagen ab, die im Normalprofil dem Abschnitt Untere Dolomitsteine, Dolomitische Mergelschiefer, Blaubank bis WAGNERS Plattenhorizont zuzuordnen sind. Die Tonsteine bis 45 m Teufe sind die Unteren Vitriolschiefer.

Die Mächtigkeit des Muschelkalks liegt mit 222 m etwas niedriger als aufgrund benachbarter Tiefbohrungen zu erwarten war (vgl. Tab. 1) Schuld daran sind nicht Oberer und Unterer Muschelkalk, die in normaler Mächtigkeit durchörtet wurden, sondern der Mittlere Muschelkalk. Der 78 m mächtige Obere Muschelkalk ließ sich nicht weiter unterteilen. Es handelt sich um graue und blaugraue, teils mergelige, teils dolomitische Kalksteine mit im oberen Teil stärkeren, im unteren Abschnitt schwächeren, grauen bis olivfarbenen Tonsteinzwischenlagen. Die Glaukonitführung von 46–47 m Teufe zeigt den Grenzglaukonitkalkstein an der Hangendgrenze an. Weitere Hinweise auf Leitbänke waren nicht festzustellen.

Den Mittleren Muschelkalk zeichnen graue, teils gelblichgraue Dolomit- und Mergelsteine aus, in die schwache Gipslagen und -linsen, insbesondere von 141–150 m Teufe, eingeschaltet sind. Kalk- und Tonsteine treten zurück. Die

Tabelle 1: Vergleich der Mächtigkeiten der in Bohrung Knetzgau und benachbarten Tiefbohrungen durchteuften Schichtglieder (in m)

Tiefbohrung Autor	Unterer Keuper	Muschel- kalk	Oberer Muschel- kalk	Mittlerer Muschel- kalk	Unterer Muschel- kalk	Oberer Bunt- sandstein
Knetzgau	ca. 45	222	78	59	85	86
Bergrheinfeld SCHWARZMEIER (1981b)	47	258	96	74,62	86,57	
Kleinlangheim 1 CRAMER (1964)	40,55	262	73	97	92,07	
Volkach 1 SCHWARZMEIER (1981b)				55	84	87
Scheinfeld 1 EMMERT (1968)	34	>205	66,5	74,2	>64,3	
Eltmann 1 GUDDEN (1981b), TRUSHEIM (1964)	52,8	225	72	75	78	92*
Mürsbach 1 GUDDEN (1981b)	52,1	214	—	—	—	—
Staffelstein 1 GUDDEN (1981a, 1981b)	52,2	229	77	62	90	99
Colberg 2 GUDDEN (1973)	51	227,1	84	66,5	76,6	
Rodach 1 GUDDEN (1981a)	52	266	82	84,4	99,6	119
Rannungen 1 TRUSHEIM (1964)						120*

* einschließlich „Übergangsschichten“ (\cong Chirotherienschiefer+Solling-Folge)
 — keine näheren Angaben

stärkere Gipsführung im Bereich der Oberen Anhydritzone ist von kräftig entwickelten, schwarzgrauen, plastischen Residualtonen begleitet, Relikte einer abgelaugten Salinarbildung. Steinsalz ist nicht angetroffen worden. Ob primär Steinsalz vorhanden war kann eher bejaht als verneint werden. Wenn auch die Mächtigkeit von 59 m gegenüber den in den benachbarten Bohrungen Bergrheinfeld (74,62 m, SCHWARZMEIER 1981b) und Eltmann 1 (75 m, TRUSHEIM 1964) angetroffenen Mächtigkeiten reduziert ist, darf doch aufgrund der Residualbildungen und der Lage des Bohrpunkts, berücksichtigt man die paläogeographische Situation im Mittleren Muschelkalk, eine ähnliche Primärmächtigkeit vermutet werden. Die dargelegten Umstände lassen neben Anhydrit- und Gipslösung auch auf Steinsalzauslaugung schließen.

Der 85 m mächtige Untere Muschelkalk zeigt die typische lithologische Ausbildung in Form grauer, wellig-wulstig-knaueriger, dünnbankiger, fest aufeinander gepreßter, mergeliger Kalksteinlagen (Wellenkalkstein). Mergelig-toniges Zwischenmittel ist nur im untersten Abschnitt bemerkenswert eingeschaltet. Calcitbildungen lassen auf eine stärkere Zerklüftung schließen.

Vom Buntsandstein wurden die oberen 143 m angefahren. Davon entfallen 86 m auf den Oberen Buntsandstein, von dem alle Schichtglieder entwickelt sind. Bei den 29 m mächtigen Oberen Röttonsteinen, rotbraunen und durch Reduktion grüngrauen, mergeligen, gipsführenden Tonsteinen, entsprechen die obersten 3 Meter (Teufe 267–270 m), graue, kalkig-mergelige, gipsführende Lagen, den Myophorienschichten. Der Rötquarzit ist als feinkörniger, weißer bis violettroter Sandstein mit rotbraunen und graugrünen Tonsteinlagen ausgebildet. Den Sandsteinkomplex teilt etwa in der Mitte ein ca. 1 m mächtiger Tonsteinhorizont, der teils entfestigt ist, wahrscheinlich eine Folge der Grundwasserführung in den Sandsteinen. Die 46 m mächtige Schichtenfolge im Liegenden ist nicht exakt zu untergliedern, da die Spülproben keine Sandsteine dokumentieren. Die rotbraunen und durch Reduktion graugrünen, teils entfestigten Tonsteine unterscheiden sich nur in der oberen Bereich wechselnd starken, im unteren Abschnitt fehlenden Gipsführung. Demnach könnte man die Grenze Untere Röttonsteine/Plattensandstein bei 320 m Teufe annehmen. Für die Unteren Röttonsteine ergeben sich somit 16 m, für den Plattensandstein 30 m Mächtigkeit. Vergleiche mit anderen Tiefenaufschlüssen zeigen, daß die Mächtigkeit des Plattensandsteins aber wohl zugunsten der der Unteren Röttonsteine etwas geringer (etwa bei 25 m) angesetzt werden muß. Die Chirotherienschiefer, ein heller Tonstein mit Feinsandsteinlagen an der Basis des Oberen Buntsandsteins, wurden 3 m mächtig durchörtert.

Die am Ende des Mittleren Buntsandsteins abgelagerte Solling-Folge wurde als 6 m mächtiger, weißer Feinsandstein mit violettroten, teils graugrün reduzierten Tonsteinlagen angetroffen. Die bis zur Endteufe erbohrten, 41 m mächtigen, violettroten bis rotbraunen, fein- bis grobkörnigen, teils quarzitisches gebundenen Sandsteine gehören der Hardeggen-Folge an. In der tonigen Ausbildung unter der Hangengrenze ist der Karneol-Dolomit-Horizont angedeutet.

Paläogeographie

In der Ausbildung der durchörterten Schichtenfolge ist die bisher bekannte erdgeschichtliche Entwicklung für diesen Zeitraum bestätigt (vgl. EMMERT 1981, SCHRÖDER 1971, SCHWARZMEIER 1981b, 1982, TRUSHEIM 1971). Als Teil des Germanischen Beckens wird der Raum Schweinfurt–Bamberg im Mittleren Buntsandstein von limnischer und fluviatiler Sedimentation bestimmt, deren Liefergebiete im Südosten und Süden lagen. Zeitweise mag das Gebiet trocken gelegen sein. Die Verhältnisse verändern sich im Oberen Buntsandstein durch das allmähliche Eindringen des Muschelkalkmeeres von Norden her grundlegend und nachhaltig. Im Muschelkalk herrschen vollmarine Bedingungen. Im Unteren Keuper verlandet das Meer, es entsteht ein weitgespanntes, amphibisches Flachwassergebiet, in dem geringere Wasserspiegelschwankungen genügen, um einen horizontal weitreichenden Fazieswechsel zu bewirken, obwohl sich die Bedingungen vertikal rasch ändern.

Die Ablagerung des Grenzdolomits zeigt einen kurzzeitigen Vorstoß des Meeres von regionalem Ausmaß an (vgl. BERGER 1981, EMMERT 1981, SCHWARZMEIER 1981a, 1981b).

Der auffällige Sandunterschluß in den Profilabschnitten des Plattensandsteins und des Unteren Keupers ist, vergleicht man die Profile benachbarter Tiefbohrungen, wohl in der Probennahme begründet. Von besonderem Interesse sind die Verhältnisse zur Zeit des Mittleren Muschelkalks, als eine zeitweilige Abschnürung vom Weltmeer und die Ausbildung eines Sonderbeckens im Gebiet Eltmann-Schweinfurt-Burgbernheim in Verbindung mit einem trockenen Klima zur Ausfällung von Gips und Steinsalz führten. Trotz der relativ geringen Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalks von 59 m weisen die kräftigen Residualbildungen darauf hin, daß der Rand der Steinsalzfazies von Eltmann über Knetzgau bis etwa Schweinfurt verläuft (vgl. revidierte Brg. Bergheinfeld in SCHWARZMEIER 1981b), wo er dann scharf nach Süden in Richtung Volkach umbiegt. Weitere saline Bildungen, die allerdings nicht über das Stadium der Gipsausfällung hinausgingen, deren Genese ebenfalls im Eindampfen von flachen Sonderbecken bei aridem Klima begründet ist, fanden sich in den Röttonsteinen.

Tektonik

Der Bohrpunkt liegt etwa im Streichen der Kissingen-Haßfurter Störungszone, etwa dort, wo die Dislokationszone die Keuperlandstufe durchschlägt und damit dem damaligen „Urmain“ Gelegenheit bot, das nach Süden entwässernde Flußsystem östlich der Landstufe anzuzapfen und dem Rheinsystem zuzuführen. Eine Verwerfung war jedoch weder im Bohrgut festzustellen, noch konnte sie anhand abnorm reduzierter Mächtigkeiten indirekt gefolgert werden. Allerdings deuten kräftige Kluffzonen in Teufe 350–359 m, deren Funktion als Wasserleiter zu einer bemerkenswerten Bleichung der Gesteine und zu rostfarbenen Belägen auf den Trennfugen führte, auf die Nähe dieser Störungszone hin. Auch einzelne Calcitfüllungen in 189–216 m Teufe zeigen indirekt Kluffzonen an.

Hydrogeologie

Als hydrogeologische Besonderheit erschloß die Bohrung Knetzgau im Mittleren Buntsandstein Salzwässer, die nach GEORGOTAS & UDLUFT (1978) folgenden Chemismus aufwiesen (mg/l): Na^+ 6278,0; K^+ 281,0; Mg^{2+} 382,0; Ca^{2+} 629,0; Cl^- 9572,0; NO_3^- 1,5; SO_4^{2-} 2423,0; HCO_3^- 988,5; Ionensumme 20 555,0. Der pH-Wert betrug 7,2, die elektrolytische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$ bei 20 °C) 30 500. Da autochthone Salzwässer des Buntsandsteins mit einem Natriumchloridgehalt von 16 g/l auszuschließen sind, muß es sich um allochthone Wandersolen aus dem Mittleren Muschelkalk handeln. Die Residualbildungen in diesem Profilabschnitt, die auf eine primäre, jetzt abgelagte Steinsalzföhrung schließen lassen, weisen darauf hin, daß sich der Auslaugungsrand der Steinsalzlager nur wenig südlich und südöstlich der Bohrung befindet (Brg. Eltmann 1 erbrachte 13 m Steinsalz). Als Wasserleiter fungieren kräftige Kluffzonen im Bereich der Solling-Folge (Teufe 350–359 m), die mit der Kissingen-Haßfurter Störungszone in Verbindung stehen. Auf Verwerfungen und Klüften dieser NW-SE-steichenden (ca. 120°) Störungszone, die weiter im Südosten den Ablaugungsrand und die Steinsalzlager anschneidet, werden die Salzwässer herbeigeleitet.

4. Literatur

- BERGER, K. (1981): Keuper. – In: BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 49–54, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.
- CRAMER, P. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6227 Iphofen. – 132 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.
- EMMERT, U. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6328 Scheinfeld. – 124 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.
- (1981): Muschelkalk. – In: BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 46–49, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.
- GEORGOTAS, N. & UDLUFT, P. (1978): Tiefes Grundwasser. – Schr.-R. Bayer. L.-Amt Wasserwirtsch., 7 (Das Mainprojekt): 289–296, München 1978.
- GUDDEN, H. (1973): Die Thermalwasser-Erschließungsbohrung Rodach 1/1972. – *Geologica Bavarica*, 67: 80–118, München 1973.
- (1981a): Über Thermal-Mineralwasser-Bohrungen im Coburger Umland. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F.* 63: 229–252, Stuttgart 1981.
 - (1981b): Der Untere Keuper in Bohrungen zwischen Eltmann und Rodach. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, 31: 448–462, Erlangen 1981.
- HOFFMANN, U. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6225 Würzburg Süd. – 134 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.
- REIS, O. M. (1901): Der mittlere und untere Muschelkalk im Bereich der Steinsalzbohrungen zwischen Burgbernheim und Schweinfurt. – *Geognost. Jh.*, 14 [1901]: 23–127, München 1901.
- SCHRÖDER, B. (1971): Strukturell-fazielle Entwicklung Nord-Bayerns während Trias und Jura. – *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 138: 101–118, Stuttgart 1971.
- (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5829 Hofheim i. UFr. – 116 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.
- SCHWARZMEIER, J. (1981a): Buntsandstein. – In: BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 41–46, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.
- (1981b): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6027 Grettstadt. – 126 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.
 - (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5927 Schweinfurt. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.
- THÜRACH, H. (1901): Über die mögliche Verbreitung von Steinsalzlagerstätten im nördlichen Bayern. – *Geognost. Jh.*, 13 [1900]: 107–148, München 1901.
- TRUSHEIM, F. (1964): Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953–1960. – *Geologica Bavarica*, 54: 92 S., München 1964.
- (1971): Zur Bildung der Salzlager im Rotliegenden und Mesozoikum Mitteleuropas. – *Beih. geol. Jb.*, 112: 51 S., Hannover 1971.
- UDLUFT, P. (1979): Das Grundwasser Frankens und angrenzender Gebiete. – *Steir. Beitr. Hydrogeol.*, 31: 5–128, Graz 1979.

Geologica Bavarica	83	255–261	München 1982
--------------------	----	---------	--------------

Stratigraphie und Sedimentologie der Bohrung Brüderes I (Oberfränkisches Bruchschollenland, südöstlich von Bayreuth)

Von W. KANZ, D. MAHADJER & W. A. SCHNITZER

Mit 1 Abbildung

Kurzfassung

Die Stratigraphie der ca. 200 m tiefen Wasserbohrung in der Mulde von Kirchenlaibach umfaßt die Abfolge vom Unteren Blasensandstein (Mittlerer Keuper) bis zum Liegenden des Grenzdolomits (Unterer Keuper). Der Benkersandstein erreicht dabei mit ca. 103 m die größte bislang bekannte Mächtigkeit. Schwermineralspektrum und Bestrahlungsanalyse zeigen einen gravierenden Wechsel an der Hangengrenze des Benkersandsteins, was auf unterschiedliche Liefergebiete der Klastika hinweist.

1. Einleitung

Im Frühsommer 1981 wurden durch die Stadtwerke Bayreuth bei Brüderes zwischen Kirchenlaibach und Seybothenreuth drei Bohrungen zur Erschließung von Trinkwasser abgeteuft (Blatt 6136 Kirchenlaibach). Alle drei Bohrungen wurden im Saugbohrverfahren niedergebracht und haben Endteufen von ca. 200 m. Die geographischen Koordinaten sind: Brüderes I (R 4482100 H 5526540), Brüderes II (R 4482205 H 5526900), Brüderes III (R 4482790 H 5526800).

Bekanntlich ist eine feinstratigraphische Einstufung faziell so stark differenzierter Schichten nach den Spülproben einer großkalibrigen Bohrung (Anfangsdurchmesser 700 mm) sehr schwierig. Um so günstiger ist der Umstand zu werten, daß hier drei Bohrungen in geringem Abstand und im gleichen stratigraphischen Niveau vorliegen, so daß manche Befunde, die sonst als fraglich hätten angesehen werden müssen, als weitgehend gesichert gelten dürfen. In den Bohrungen Brüderes I und II wurde im Liegenden noch der Grenzdolomit erreicht, wodurch diesen Bohrungen eine höhere stratigraphische Bedeutung zukommt als vielen bisherigen Bohrungen im Benkersandstein, bei denen der Grenzdolomit infolge seiner relativ geringen Mächtigkeit nicht erkannt wurde.

Die stratigraphische Grenzziehung zwischen Schilfsandstein und Lehrberg-schichten mußte bisher nach rein lithologischen Gesichtspunkten vorgenommen werden und gestaltet sich, wenn – wie im vorliegenden Fall – der Schilfsandstein in Tonfazies vorliegt, recht schwierig (vgl. EMMERT 1977: 58). Hier wurde zur Untergliederung erstmals die Quarzbestrahlungsanalyse zu Hilfe genommen.

2. Stratigraphie

Blasensandstein Die Bohrung wurde in diesem Schichtglied angesetzt. Die obersten 14 m des Bohrprofils bestehen aus verschiedenen Sandsteinen, die jedoch vielfach in stark verwitterter Form vorliegen (vgl. Schichtenverzeichnis).

Lehrbergsschichten Lehrbergbänke, wie sie in den Bohrungen Laineck (Blatt 6035 Bayreuth) z. T. noch vorkommen, konnten nicht festgestellt werden. Dennoch könnten sich eine oder mehrere dieser Bänke in Spülproben von feinkörnigen grauen Sandsteinen verbergen, die hier zum Blasensandstein gerechnet wurden.

Die eigentlichen Lehrbergsschichten bestehen aus teils sandigen roten Letten, die zum Liegenden hin einen Farbübergang nach violett zeigen. Dieser Farbwechsel, der innerhalb weniger Meter erfolgt, wurde in allen drei Bohrungen beobachtet. Eine Bestrahlungsprobe aus 42 m Teufe ergab in dieser Übergangszone bereits deutlich mehr verfärbte Quarze als in den Lehrbergsschichten, so daß hier – mit Vorbehalt – die Grenze zum Schilfsandstein gelegt wurde.

Schilfsandstein Der Schilfsandstein liegt in Tonfazies vor; es überwiegen violette Letten. Die wenigen, meist grünen Sandsteinlagen sind tonig-mürbe. Im tieferen Bereich dieses Schichtenstoßes finden sich stellenweise auch die typischen, durch Eisenoxid hervorgerufenen roten Flecken. Schilfsandstein und Estheriensschichten zeigen nach den bisherigen Untersuchungen einheitliches Bestrahlungsverhalten und fast gleiche Schwermineralspektren, was auf einen engen genetischen Zusammenhang dieser Schichten hindeutet.

Estheriensschichten Diese Schichten bestehen vorwiegend aus dolomitischen Tonsteinen und Steinmergeln. Zweifellos liegen in diesem Bereich die besten stratigraphischen Leithorizonte der Bohrung. In allen drei Bohrungen wurden an der Obergrenze der Estheriensschichten dunkelgraue bis schwarze dolomitische Steinmergel festgestellt, ebenso ein gipsführender Horizont nach ca. 10 m im Liegenden des Schilfsandsteins. Rote Farben bei den Tonen sind selten, lassen sich aber stratigraphisch verwenden. Eine Einteilung in untere bunte, mittlere graue und obere bunte Estheriensschichten wie in Unterfranken läßt sich jedoch nicht durchführen.

Benkersandstein In Bohrung Brüderes I und II erreicht der Benkersandstein, eine Randfaziesbildung des Gipskeupers, die den Myophorienschichten der Beckenfazies entspricht, mit ca. 103 m seine bisher größte bekannte Mächtigkeit in der Mulde von Kirchenlaibach. v. FREYBERG (1954) gibt als erster eine eingehende lithologisch-stratigraphische Beschreibung dieses vor allem auch hydrogeologisch bedeutenden Schichtkomplexes. In v. FREYBERG (1956) wird eine Feingliederung für den Benkersandstein der Mulde von Kirchenlaibach aufgestellt, die sich zwanglos auf die Bohrung Brüderes I übertragen läßt.

Grenzdolomit (Unterer Keuper) Der Grenzdolomit wird in Bohrung Brüderes I aus einer 1,20 m mächtigen Folge von harten bis sehr harten Dolomiten und dolomitischen Sandsteinbänkchen gebildet, die äußerst heterogen sind: das Farbspektrum reicht von grau bis bräunlich gelb, die Struktur kann dabei dicht bis spätig oder gar knauerig sein.

Im Liegenden wurden noch einige Dezimeter graue bis braune Tone des Lettenkeupers erbohrt.

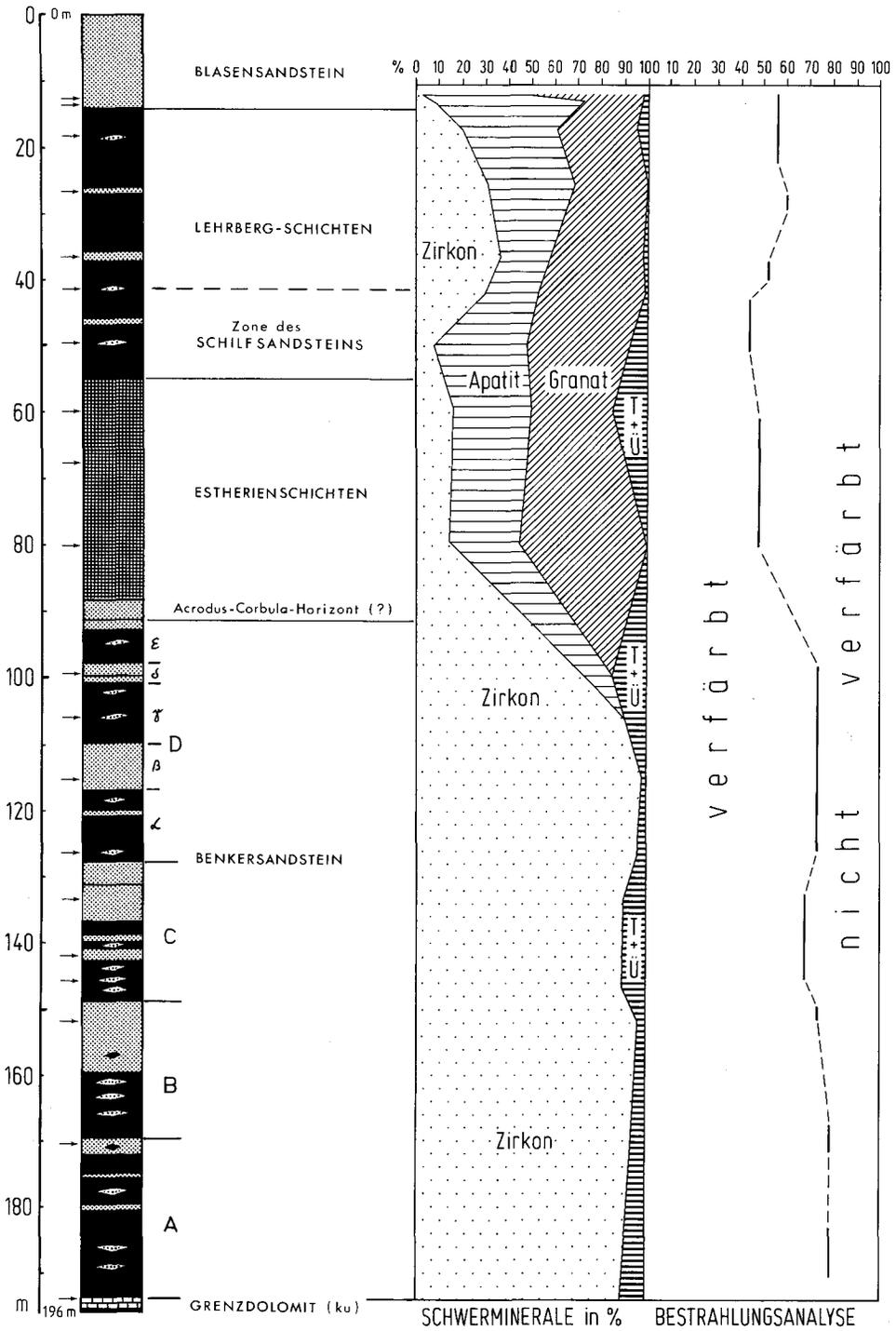


Abb. 1. Stratigraphie der Bohrung Brüders I mit den Ergebnissen der Schwermineral- und Bestrahlungsanalyse (Proben durch Pfeile gekennzeichnet). Punktiert = Sandstein; schwarz = Letten, Tonstein; gerastert = dolomitische Ton- und Steinmergel.

3. Schwermineraluntersuchungen

Die Schwerminerale wurden aus der Fraktion 0,25–0,063 mm \varnothing gewonnen. Getrennt wurde gravitativ mit Bromoform (Dichte 2,88) in bauchigen Scheidetrichtern mit zwei Hähnen. Die Trennzeit betrug 24 Stunden.

Von einer vorhergehenden Aufbereitung mit Säuren muß im Keuper auf jeden Fall Abstand genommen werden, da dadurch der diagnostisch wichtige Apatit in wenigen Minuten zerstört wird (vgl. SCHNITZER 1957). Nach der gravitativen Trennung wurden die gewonnenen Schwermineralkonzentrate mit Na-Dithionit enterzt und in Kanadabalsam ($n = 1,545$) eingebettet. Die Mitteilung der Labortechnik ist keineswegs unwichtig, da es sich gezeigt hat, daß recht unterschiedliche Schwermineralassoziationen in Abhängigkeit der verwendeten Schwereflüssigkeit und ihrer Dichte, der Trennzeit, der vorhergehenden Aufbereitung etc. entstehen können. Wahrscheinlich beruht dies auf der unterschiedlichen Benetzbarkeit der Minerale (Einzelheiten bei SCHNITZER 1981). Pro Präparat wurden 300 Körner ausgezählt, da die Zählung von nur 100 Körnern viele Fehlermöglichkeiten in sich birgt (vgl. SCHNITZER 1957).

Im Benkersandstein setzt sich das Schwermineralspektrum überwiegend aus Zirkon zusammen, mit geringen Prozentsätzen ist auch Turmalin vertreten (vgl. Abb. 1). Eine weitere Untergliederung mit Hilfe der schweren Akzessorien ist schwierig. Die zehn untersuchten Proben aus dem Benkersandstein zeigen lediglich eine Abnahme des Zirkonanteils in der Abteilung C. Der für die spezielle Untergliederung so wichtige Granatanteil, der in den Bohrungen Laineck 1, Lehen, Osterbrunnen und Seybothenreuth 2 (Birk) eine wesentliche Rolle spielt, konnte in Brüderes nicht nachgewiesen werden. Die Bedeutung der Granatführung hat SCHNITZER (1954 und 1961) im einzelnen diskutiert. Bei den vorgenannten Bohrungen waren die Abteilungen A und D granatführend, die Abteilungen C und B nicht. Eine Erklärung hierfür ist schwierig; jedoch betont SCHNITZER, daß bereits in der Bohrung Seybothenreuth der Granatgehalt gegenüber der weiter im NW liegenden Bohrungen stärker reduziert ist. Außerdem muß in Betracht gezogen werden, daß in der Bohrung Brüderes die Fraktion 0,250–0,063 mm untersucht wurde, in den anderen Bohrungen die Fraktion 0,25–0,10 mm. Dadurch können sich ohne weiteres Abweichungen in bezug auf den Granatgehalt ergeben. Ein gravierender Wechsel in der Mineralzusammensetzung ist zwischen Estheriensichten und Benkersandstein zu verzeichnen (vgl. Abb. 1). Apatit und Granat sind nunmehr die wesentlichsten Schwerminerale. Lediglich in den Lehrbergschichten tritt der Zirkon nochmals mit etwa 30% auf.

Die Ausdeutung des Schwermineralprofils ist problematisch. Zu wenig ist über die diagenetische Schwermineralausmerzung in den Keupersedimenten bekannt. Die Schwermineralanalyse für sich allein kann oft nicht als repräsentativ für stratigraphische oder paläogeographische Interpretationen gewertet werden (SCHNITZER 1979). Nach dem Schwermineralbefund müßten die Liefergebiete für den Benkersandstein verschieden gewesen sein.

4. Bestrahlungsanalyse

Gegenüber der Schwermineralanalyse, die oft nur 0,1% des Sedimentes erfaßt, können durch die Bestrahlung der Quarze 80–90% des Sedimentes auf die Herkunft untersucht werden. Die Bestrahlungsdosis lag bei $5,3 \times 10^6$ rd., eine Dosis, die sich bei der Bestrahlung von Quarzen aus präkambrischen bis rezenten Sedimenten immer wieder bewährt hat. Die Ursache der Neubildung der „smoky-quarzte“, der Analysengang, die Wahl der Korngrößenfraktion und die Methodik der Bestrahlung wurden im einzelnen durch SCHNITZER (1979) zusammenfassend dargestellt.

Einige wesentliche Punkte seien nochmals kurz erwähnt. Für das ostbayerische Grundgebirge ließen sich anhand untersuchter Flußsande folgende „smoky-quartz“-Neubildungen feststellen: Granitgebiete ergaben 70–90% verfärbbarer Quarze, Granitareale und metamorphe Gesteine zu gleichen Teilen etwa 40–60%, Gebiete kristalliner Schiefer 20 bis max. 40%, Quarzlinsen aus Quarzphylliten und niedrig thermale Gangquarze 2–5%. Anhand dieser Werte können nunmehr auch in der Bohrung Brüderes 1 Informationen über die Gesteinszusammensetzung der Liefergebiete abgerufen und das vorliegende Schwermineralspektrum, das durch viele Parameter geprägt sein kann, auf seine Verlässlichkeit überprüft werden. Der hohe Anteil an verfärbten Quarzen im Benkersandstein würde auf granitische Liefergebiete hinweisen; geringe Veränderungen in der Schwermineralzusammensetzung, etwa in der Abteilung C, zeigen sich ebenso bei der Bestrahlungsanalyse. Mit dem Einsetzen des Granates im Sandsteinkeuper nimmt die Zahl der verfärbbaren Quarze um 30% ab und zeigt damit, ebenso wie das Schwermineralspektrum, den Einfluß metamorpher Liefergebiete an. Für die Schichten im Hangenden des Acrodus-Corbula-Horizontes sind metamorphe Gesteine und Granite als Liefergebiete kennzeichnend. Manchmal überwiegen kristalline Schiefer als Abtragsgebiete in den Lehrbergschichten; wiederum ist anhand der verfärbten Quarze eine Zunahme von granitischem Material zu verzeichnen (Abb. 1).

Insgesamt gesehen läßt sich in den Bohrungen Brüderes 1 durch die Bestrahlung der Quarze nachweisen, daß für den Benkersandstein und die hangende Schichtenfolge Liefergebiete unterschiedlicher Gesteinszusammensetzung vorhanden waren. Da die Schwermineral- und die Bestrahlungsanalyse zu gleichen Ergebnissen führt, kann der sonst so schwer zu überblickenden „intrastratal solution“, die recht unterschiedliche Mineralspektren bedingen kann, in diesem Fall keine große Bedeutung zugemessen werden.

5. Bohrprofil

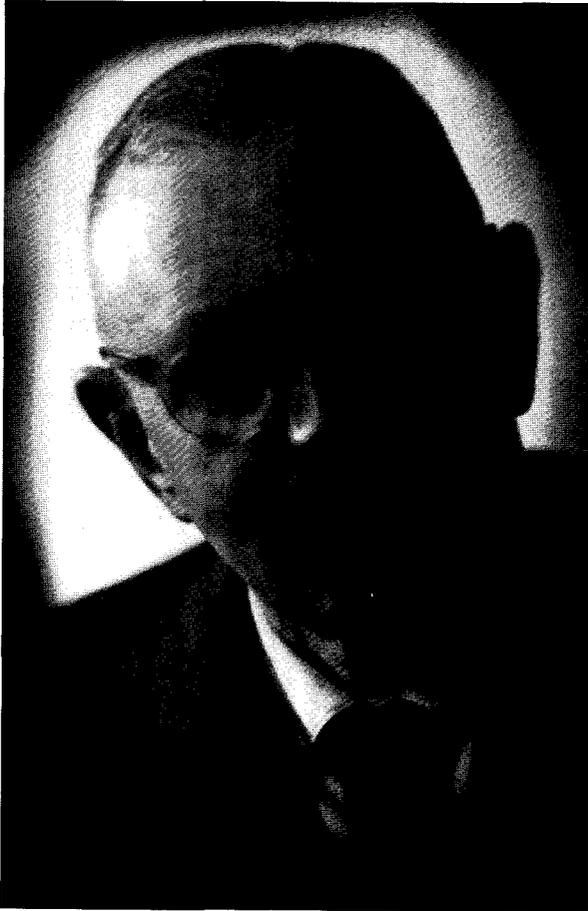
Teufe	Bohrprofil
0– 14,00 m	fein- bis grobkörniger Sandstein, grünlich bis grau, z. T. bräunlich verwittert
– 26,00 m	rote Letten (sandig zwischen 18–19 m)
– 27,00 m	hellgrauer Feinsandstein
– 30,00 m	rote Letten mit Sandsteinbänkchen
ca. 35,80 m	rote Letten
ca. 37,30 m	mittelkörniger Sandstein, hellgrau bis grünlich
– 46,00 m	rote Letten, zum Liegenden langsamer Übergang zu violett
– 47,00 m	grünlicher Sandstein, mittelkörnig, tonig
– 55,00 m	violette Letten, mit einzelnen z. T. rot gesprenkelten fein- bis mittelkörnigen Sandsteinlagen
– 57,00 m	dunkelgraue bis schwarze Steinmergel
– 60,00 m	graue dolomitische Tone, feinsandig
– 64,00 m	graue dolomitische Tone und Mergel
– 65,00 m	dito, gipshaltig
– 68,00 m	graue dolomitische Tone
– 71,00 m	rotbraune und graue dolomitische Tone
– 81,00 m	graue dolomitische Tone, teils feinsandig
– 82,00 m	graue und rote dolomitische Tone
– 85,00 m	graue dolomitische Tone
– 86,00 m	graue dolomitische Tone mit rötlichem Feinsandstein

- 88,50 m schwärzliche Tone, weich
- 91,50 m weißlich-grüner Feinsandstein
- 93,00 m gelbgrüner Sandstein, fein- bis mittelkörnig
- 94,00 m grüner Letten
- 97,00 m olivgrüner Letten mit dünnen bunten Sandsteinbänken, Limonitkrusten
- 98,00 m schwachsandige Letten, ockerfarben
- 100,00 m bunter, mittelkörniger Sandstein, tonig
- 101,00 m hellgraue Arkose, fein- bis grobkörnig
- 104,00 m violettrote Letten, stark sandig
- 105,00 m grüne Letten, rotfleckig, sandig
- 107,00 m bunter, mittelkörniger Sandstein, weich, tonig
- 108,00 m rote Letten
- 109,00 m bunte Letten, stark sandig
- 110,00 m rote, weiche Tone (mit grünen Flecken)
- 111,00 m bunter, toniger Sandstein, z. T. sehr hart
- 117,00 m hellgrüner, toniger Sandstein, z. T. rötlich gefleckt
bei 115 m kleine schwarze Sandsteinstücke
bei 117 m Kohleflasern!
- 118,00 m bunte Letten, stark sandig
- 118,50 m ockerfarbene Lettenschicht
- 120,00 m hellgrau bis grüne Letten mit buntem, glimmerhaltigem Feinsandstein
- 121,00 m weißliche Arkose, hart
- 123,50 m violette Tone, weich
- 127,00 m rötliche Tone, weich, mit buntem Sandstein
- 128,00 m gelbliche, sandige Letten
- 131,00 m rötlicher, toniger Sandstein, fein- bis mittelkörnig
- 136,00 m bunte Arkose, mittel- bis grobkörnig
- 137,00 m hellgraue Arkose mit rotem Ton
- 138,30 m bunte Wechsellagerung Letten / Arkose
- 138,90 m ziegelroter Ton, weich
- 140,00 m hellgraue, harte Arkose, grobkörnig
- 141,00 m violette Letten, stark sandig
- 143,00 m bunte, grobkörnige Arkose, stark tonig
- 145,00 m bunte Wechsellagerung Sandstein / Letten
- 146,00 m gelber bis rötlicher Feinsandstein, tonig
- 148,00 m gelber Sandstein, mittel- bis grobkörnig
- 149,00 m grauviolette Letten, grünfleckig
- 156,00 m bunte, z. T. tonige Sandsteinfohle, mittel- bis grobkörnig
- 157,50 m gelbe Letten, stark sandig
- 160,00 m bunte, tonige Sandsteine, mittel- bis grobkörnig
- 161,00 m dunkelrote Letten, grünfleckig
- 162,50 m grüne, feinsandige Letten
- 165,00 m bunte Feinsandsteine, stark tonig
- 167,00 m bunte Letten, stark sandig
- 172,60 m bunte, tonige Sandsteine, mittel- bis grobkörnig
- 173,00 m blaugrüne Tonlage, weich
- 175,50 m grünlich-grauer Tonstein
- 176,00 m hellgrauer Sandstein, mittel- bis grobkörnig
- 180,00 m bunte (vorwiegend rote) Letten mit Fein- bis Mittelsandstein
- 181,00 m hellgrauer weicher Sandstein, mittelkörnig, schwach tonig
- 186,00 m bunte sandige Letten (vorwiegend violett), ab 184 m vereinzelt kleine Kohleflasern
- 187,00 m hellgrauer Feinsandstein, weich, mit rotem Ton
- 189,00 m rote Letten mit grünem und violetter Fein- bis Mittelsandstein
- 190,00 m bunter Sandstein, fein- bis mittelkörnig
- 191,00 m grüne und rote Letten
- 194,00 m bunte weiche Letten, mit Fein- bis Grobsandstein
- 194,20 m violettroter und grüner Tonstein
- 195,40 m grauer bis gelber Dolomit, sehr hart, z. T. sandig
- 196,00 m (Endteufe) graubrauner Letten

6. Literatur

- EMMERT, U. (1977): Erläuterungen zum Blatt Nr. 6035 Bayreuth der Geologischen Karte 1:25 000 von Bayern. – 180 S., 20 Abb., 6 Tab., 6 Beil., München 1977.
- FREYBERG, B. v. (1954): Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benkersandstein in Franken. – Erlanger Geol. Abh., **11**, 3–47, mit 1 Geol. Karte, Erlangen 1954.
- (1956): Geologie der Mulde von Kirchenlaibach. – Erlanger Geol. Abh., **20**, mit 2 Geol. Spezialkarten, Erlangen 1956.
 - (1965): Neue Benkersandsteinprofile aus Tiefbohrungen östlich Bayreuth. – Geol. Bl. NO-Bayern, **15**, 107–121, Erlangen 1965.
- HAUNSCHILD, H. (1976): Neue Gipskeuper-Profile aus Tiefbohrungen südlich Bayreuth. – Geol. Bl. NO-Bayern, **26**, 245–262, Erlangen 1976.
- KANZ, W. (1983): Zur Stratigraphie und Lithologie der Estheriensichten des Mittleren Keupers in Haßbergen und Steigerwald. – Festschrift z. 60. Geburtstag von E. RUTTE, 1983 (im Druck).
- SCHNITZER, W. A. (1954): Der Schwermineralgehalt der Randfazies des fränkischen Mittleren Keupers in Tiefbohrprofilen. – Erlanger Geol. Abh., **11**, 49–60, Erlangen 1954.
- (1957): Die Lithologie und Paläogeographie des Buntsandsteins am Westrand der Böhmisches Masse. – Erlanger Geol. Abh., **24**, Erlangen 1957.
 - (1961): Petrographie des Benker Sandsteins in der Tiefbohrung Berneck b. – Geol. Bl. NO-Bayern, **11**, 75–78, Erlangen 1961.
 - (1979): Die Bestrahlungsmethode (Gamma-Bestrahlung von detritischem Quarz) und ihre Einsatzmöglichkeit in klastischen Sedimenten. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. N. F., **61**, 347–366, 9 Abb., Stuttgart 1979.
 - (1981): Die gravitative Abtrennung von Schwermineralen aus Sedimenten und Sedimentgesteinen und ihre Problematik. – Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **41**, 209–216, 2 Abb., Köln 1981.

Nachruf auf Bruno von Freyberg
(22. März 1894 bis 3. Juni 1981)



Am 3. Juni 1981 ist Herr Professor Dr. BRUNO VON FREYBERG im 88. Lebensjahr in Erlangen verstorben.

Er war nach Studienzeit in Halle und München, nach Dozenten- und Professoren-Tätigkeit in Halle und Tübingen, 29 Jahre lang, von 1933 bis 1962 Inhaber des Lehrstuhles für Geologie und Direktor des Institutes für Geologie und Paläontologie der Universität Erlangen. Ehrenvolle Rufe an die TH Berlin und an die Universitäten München, Göttingen und Leipzig lehnte er bereits in seinen ersten

Erlanger Jahren ab. Nach seiner Emeritierung, ab 1962, war er noch weitere 19 Jahre, bis kurz vor seinem Tod, als ihn der Verlust der Sehkraft zum Stillstand zwang, in ungebrochener Schaffenskraft vielseitig tätig im „Banne der Erdgeschichte“, wie er den Rückblick auf sein Lebenswerk selbst überschreibt. VON FREYBERGS Leben war der Geologie gewidmet, einer Geologie, die er immer als Erdgeschichte verstanden wissen wollte, die er auch immer als historische Wissenschaft auffaßte und deren eigene Historie ihn ebenfalls reizte, zu deren Aufhellung oder Bildhaftmachung er in einer Reihe von Arbeiten selber Namhaftes beigetragen hat.

Sein weitgespanntes und umfangreiches wissenschaftliches Werk zu würdigen und ihm gerecht zu werden – es hätte eines Meisters seines Faches bedurft –, und es hat ihn gefunden: VON FREYBERG selbst hat vier Jahre vor seinem Tode für sich selbst und für die Fachwelt Rückschau gehalten, einen „ausführlichen Lebenslauf“ niedergelegt, unter dem er, und das war typisch für ihn, der seine Person immer hinter seinem Anliegen, hinter seiner Wissenschaft zurücktreten ließ, nur „den Gang der wissenschaftlichen Bestrebungen verstehen zu dürfen“ glaubte. Die Fachgenossen, die aus dem von ihm so kraftvoll geförderten Gang der Wissenschaft ihren Nutzen ziehen, müssen ihm dankbar sein, denn kaum einer von ihnen hätte es verstanden, das VON FREYBERGSCHES Lebenswerk in gleicher Übersicht, in gleicher Detailkenntnis und in gleicher Vollständigkeit rückblickend kritisch zu werten, Fortschritte und Irrtümer aus jahrzehntelanger eigener Beobachtung zu gewichten und den wissenschaftlichen Weggefährten, den Begegnenden, den Lehrern und den Schülern in gleicher Weise gerecht zu werden.

231 Fachveröffentlichungen¹⁾, darunter einige heute noch grundlegende Bücher sprechen für ihren Verfasser, 46 Doktoranden und 5 Habilitanden, von denen einer allzufrüh verstorben ist, vier aber selber anerkannte Hochschullehrer und Professoren geworden sind, sprechen für ihren Lehrer, der seinerseits nie versäumt hat, seiner eigenen Lehrer, insbesondere des von ihm verehrten JOHANNES WALTHER (1860–1937) in Halle, zu gedenken. Wie JOHANNES WALTHER, zu dessen Lehrern übrigens auch GÜMBEL gehörte, war auch VON FREYBERG ein glänzender Lehrer, dessen pädagogische und didaktische Qualitäten ihn befähigten, auch ursprünglich weniger Interessierte in seine Vorlesungen zu locken und dort zu Freunden der Geologie zu machen. So nimmt es nicht wunder, daß VON FREYBERGS fachliche Ausstrahlung und die ihm daraus erwachsenden Verbindungen weit über den Kreis der bei ihm lernenden Fachgeologen hinaus reichte. Dies erwies sich nicht zuletzt noch bei einem ungewollt letzten großen Treffen, das einen Großteil seiner ehemaligen Schüler zu Ehren ihres „Altmeisters“ zu Pfingsten 1980 in Erlangen vereint hat, und bei dem von Freyberg mit seiner Gattin in ihrer Mitte weilte. Dieses Treffen war zugleich auch das letzte für den langjährigen treuen Mitarbeiter und zeitweiligen Platzhalter VON FREYBERGS im Erlanger Institut, für Herrn Professor Dr. FRIEDRICH BIRZER, der am 18. 9. 1980 verstorben ist.

¹⁾ Die in den folgenden Zeilen eingeklammerten Ziffern entsprechen den chronologisch geordneten Nummern des von VON FREYBERG selbst aufgestellten Literaturverzeichnisses in seiner posthum erschienenen Darlegung seines Lebenswerkes (Im Banne der Erdgeschichte, 30 S., 1 Tafel, Selbstverlag, Erlangen 1977).

VON FREYBERG war sich dessen immer sehr bewußt, daß er (wie jeder andere Wissenschaftler) nur aufbaute auf den Fundamenten, die andere vor ihm gelegt hatten, und daß er seinerseits die Fundamente mitschuf, auf denen Jüngere weiterbauen würden. Seine Ehrfurcht, seine Achtung vor den Leistungen älterer Generationen findet u. a. Niederschlag in mehreren historisch-biographischen Arbeiten über „alte“ z. T. in Vergessenheit geratene Geologen und ihre Verdienste um den Gang der Wissenschaft, die z. T. umfangreiche Quellenforschung verlangten und liebevolle Detaildarstellung fanden. Erinnert sei hier an seine Abhandlungen oder Notizen über JOHANN FRIEDRICH BAUDER (153), EUGEN JOHANN CHRISTOPH ESPER (159), EOANUS HESSUS (228), TOBIAS KONRAD HOPPE (115), ALEXANDER VON HUMBOLDT (160), HUGO RÜHLE VON LILIENSTERN (106, 109), FRIEDRICH PFAFF (160), GEORG CHRISTIAN SARTORIUS (105) und ERNST FRIEDRICH VON SCHLOTHEIM (60) oder an seine Bücher über JOHANN GOTTLOB LEHMANN (142) und JOHANN JAKOB BAIER (156). Seine Nachrufe auf seinen unmittelbaren Vorgänger auf dem Erlanger Lehrstuhl, Professor HANS LENK (81), sowie auf den ihm freundschaftlich verbundenen Professor GEORG WAGNER (212) und auf seinen überaus vielversprechenden, doch viel zu früh verstorbenen Schüler HANS STEINLEIN (128) erweisen VON FREYBERG auch als einen im Menschlichen betroffenen Kollegen und Autor. Er beherrschte die klare und einfache Sprache dessen, der sich selbst darüber klar ist, was er sagen will und was er zu sagen hat. Er verstand es, schwierige Sachverhalte oder spröde Materie frisch und lebendig auszudrücken und seine Leser ebenso wie seine Zuhörer zu fesseln.

In seiner Erlanger Zeit, von 1933 bis zu seinem Tod, also während 48 Jahren, war Professor VON FREYBERG dem Bayerischen Geologischen Landesamt eng verbunden, zunächst durch gemeinsames Fachinteresse an der Geologie Nordostbayerns und an der geologischen Kartierung in diesem Raum, zu der das Erlanger Institut unter seiner Leitung 22 Blätter der geologischen Karte von Bayern 1:25 000 sowie eine beträchtliche Zahl von Spezialkarten beigetragen hat, dann aber auch durch sein über das Fachliche hinausgehendes gutes menschliches Verhältnis zu den Amtsleitern Dr. HEINRICH ARNDT, Dr. HANS NATHAN und Prof. Dr. HELMUT VIDAL. Mehrere der Schüler VON FREYBERGS sind, z. T. seit Jahrzehnten, bayerische Landesgeologen. Im Jahr 1955 wurde VON FREYBERG selbst „in dankbarer Anerkennung seiner Verdienste um die Geologie des Landes“ und im Einvernehmen mit dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr zum korrespondierenden Mitglied des Amtes ernannt, eine Ehrung, die er gerne angenommen hat. Galt sie doch seinem nicht hoch genug einzuschätzenden Beitrag zur Kenntnis der geologischen Verhältnisse in Nordbayern, der auch in seiner eigenen Rückschau auf sein wissenschaftliches Werk den größten Raum einnimmt und dessen Würdigung er noch in seiner letzten, erst posthum erschienenen Arbeit (229) den Hinweis auf die besonders hervorzuhebende „harmonische Zusammenarbeit“ mit dem Bayerischen Geologischen Landesamt voranstellt. Bei dem zu Ehren VON FREYBERGS veranstalteten Gedenk-Kolloquium am 19. 2. 1982 in Erlangen, bei dem auch K. BEURLEN, E. VOIGT und W. SCHNITZER vortrugen, hat der Präsident des Amtes, Prof. Dr. H. VIDAL, seinen Vortrag dem Beitrag des Erlanger Institutes an der geologischen Landesaufnahme in Bayern gewidmet. So kann ein in *Geologica Bavarica*, dem Publikationsorgan dieses Amtes erscheinender Nachruf auf unser langjähriges korrespondierendes Mitglied, dem großen Geologen, dem vielseitigen Wissenschaftler

und Lehrer nicht gerecht werden, ohne nicht auch dessen menschlichen Werdegang und Lebenslauf wenn schon nicht ausgeleuchtet so doch skizziert zu haben.

Kaspar Rudolf Bruno von Freyberg wurde am 22. März 1894 in Cottbus als ältestes von drei Geschwistern geboren. (Ein weiterer Bruder verstarb kurz nach der Geburt.) Seine Mutter, Henriette Karoline Klara Auguste, geb. Gothe, stammte aus Schlotheim, wo sie am 29. 7. 1868 geboren war. Sein Vater, Wilhelm Theodor Hilmar Arthur von Freyberg, geb. 10. März 1866 zu Schleusingen, war kgl. preußischer Forstmann, nachmalig in Frauenwald bei Schmiedefeld. Forstmann wurde auch sein Bruder.

Die von Freybergs entspringen der Löwenfelser Linie einer im Lauf der Jahrhunderte weitverzweigten uradeligen Familie, die ihre Ahnherren bis in die Stauferzeit zurückverfolgen kann, und deren verschiedene Zweige vor allem im süddeutschen Raum, Schwaben und Bayern, ansässig waren und z. T. noch sind. Kaspar (oder Caspar), der erste Taufname Bruno von Freybergs, war in früheren Generationen der Familie ein immer wieder getragener Name, der zuerst belegt ist bei Caspar von Freyberg, der mit seiner Gemahlin Hildegarde von Fronsberg um das Jahr 1140 mehrere Stiftungen zum Kloster Heggbach machte, wo beide auch begraben sind.

Bruno von Freybergs Großvater und Urgroßvater, Georg Ludwig Wilhelm (1835–1915) und Karl Friedrich Christian (1793–1862) waren Offiziere, ersterer in österreichischen, letzterer während der Befreiungskriege in Coburgschen, später in kgl. preußischen Diensten. Offiziere, zumeist in österreichischen Diensten an der Militärgrenze und in Türkenkriegen waren die von Freybergs auch 4 weitere Generationen zurück.

Bruno von Freyberg besuchte das Gymnasium in Schleusingen. Als Student im 1. Semester an der Universität Halle meldete er sich im August 1914 als Kriegsfreiwilliger. Noch im gleichen Jahr wurde er an der Ostfront schwer verwundet, geriet in russische Kriegsgefangenschaft und verlor durch Amputation den rechten Arm bis zur Schulter. Vorzeitig über Schweden aus der Gefangenschaft entlassen setzte er ab 1916 sein unterbrochenes Studium in München (bei BROILI) und Halle (bei WALTHER) fort. Seine Doktorarbeit, eine Untersuchung „Zur Genese des Wellenkalkes“ (1) erschien 1919. Bereits 3 Jahre später habilitierte er sich in Halle mit einer Arbeit über „Die Fauna und Gliederung des Thüringer Untersilurs“ (12).

Ab 1919 bis zum Jahre 1980, also über 60 Jahre, verging kein Jahr (ausgenommen die Jahre 1945–1947 und 1978/79) in denen nicht mindestens eine, meistens aber mehrere wissenschaftliche Arbeiten aus seiner Hand erschienen sind. So waren es 1927, nach Rückkehr von seiner ersten Brasilienreise, 8 Arbeiten über Ergebnisse dieser Reise, dazu noch eine Arbeit über „Die nutzbaren Begleitschichten der Braunkohle in Thüringen“ (30) und „Ein System der Verwitterungs- und sedimentären Lagerstätten“ (33), die er innerhalb eines einzigen Jahres publizieren konnte. Auch 1951 – es ist das Jahr, in dem er mit der Herausgabe der von ihm begründeten Geologischen Blätter für Nordostbayern beginnt – legte er 10 Arbeiten innerhalb eines Jahres vor, darunter sechs aus Nordostbayern, u. a. eine 108seitige Abhandlung („Zur Stratigraphie und Fazieskunde des Doggersandsteins und seiner Flöze“ [121]), zwei mehr programmatische Aufsätze – „Unser Ziel (112) und

„Rettet unsere Aufschlüsse!“ (116) – sowie eine „Geologie und Lagerstättenkunde des Braunkohlenreviers von Serrae (Makedonien)“ (119) und eine biographische Abhandlung über TOBIAS KONRAD HOPPE (115).

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, nicht nur die ungeheure Schaffenskraft und Energie, den Gedankenreichtum und auch die schriftstellerische Begabung, sondern auch die an frühere Universalisten gemahnende Breite seines wissenschaftlichen Bemühens anzudeuten. Sie sind in eindrucksvoller Weise ausgebreitet und dokumentiert in von Freybergs eigenhändiger Rückschau mit seinem Schriftenverzeichnis, von dessen neuerlicher Wiedergabe hier abgesehen werden muß. Sein Arbeitsfeld umfaßte regional gesehen das jeweilige Umfeld seiner Wirkungsstätten – erst Thüringen, dann, als selbstgewählte Reiseziele, Teile von Brasilien, später Nordostbayern und – als Folge und Nachwirkung seiner dort verbrachten Zeit als Wehrgeologe – Teile von Griechenland. Thematisch reichte seine Spannweite vom Proterozoikum des brasilianischen Schildes über das Paläozoikum Thüringens und des Frankenwaldes, über das mesozoische Deckgebirge Mitteldeutschlands und besonders Nordbayerns bis in das griechische Neogen und das Tertiär Thüringens. Aktuogeologische Untersuchungen an tropischen Mangrove-Küsten (48) finden sich in seinem Lebenswerk ebenso wie solche über „Alte und junge Strandlinien auf Gotland“ (67). Paläogeographische Themenstellungen wechseln mit paläontologischen. Geomorphologischen Fragen und solchen der Verwitterung und geochemischer Phänomene widmet er seine Aufmerksamkeit ebenso wie solchen der Sedimentation oder – sie haben ihn Zeit seines Lebens begleitet – der Ooid- und Oolith-Bildung. Drei umfassende Themenkomplexe aber haben ihn besonders und immer wieder beschäftigt. Es sind dies Lagerstätten, Stratigraphie und Fazies sowie Geschichte der Geologie – letztere verknüpft mit dem Leben und Wirken von Geologen, von denen er einige biographisch gewürdigt hat, u. a. auch als Mitarbeiter am Dictionary of Scientific Biography, New York.

Sein Interesse für Lagerstätten fand ihren Niederschlag nicht nur in zahlreichen Abhandlungen über Spezialfragen, sondern auch in drei Büchern über „Erz- und Minerallagerstätten des Thüringer Waldes“ (15), über „Die Tertiärquarzite Mitteldeutschlands und ihre Bedeutung für die feuerfeste Industrie“ (23) und über „Die Bodenschätze des Staates Minas Geraes“ (65). Die Möglichkeit zu seiner ersten Südamerika-Reise (1925/26) verdankte er dem materiellen Ergebnis, das ihm der 1924 mit streng wissenschaftlichen Methoden gelungene Nachweis der Quarzitlagerstätte Corbetha (41) als der bedeutendsten in Deutschland eingebracht hatte. Auch seine drei weiteren Südamerika-Reisen, 1928 und 1929, konnte er z. T. durch seine beratende Tätigkeit auf dem Lagerstättensektor finanzieren.

Nachdem Erlangen sein Wirkungszentrum geworden war, ab 1933, fand von Freyberg in den nordostbayerischen Kreide- und Dogger-Eisenerzlagerstätten ein neues Betätigungs- und Forschungsfeld, in dem er seine lagerstättenkundlichen Interessen und Kenntnisse zu neuen Erfolgen führen und zahlreiche Ergebnisse publizieren konnte (z. B. 83, 84, 86, 93, 121, 130, 154, 170), zuletzt noch 1976 (227).

Auch sein Aufenthalt in Griechenland als Wehrgeologe findet Niederschlag u. a. in lagerstättenkundlichen Bearbeitungen von Braunkohlenlagerstätten bei Katerini (108) und Serrae (119).

Doch mehr noch als allen anwendungsorientierten Fragen der Geologie, sei es solchen der Wassererschließung oder des Baugrundes, die er – wenn auch mehr beiläufig – ebenfalls behandelte (z. B. 43, 124, 127, 132, 134, 135, 176, 216), oder solchen der Lagerstätten war von Freyberg der Stratigraphie und Fazieskunde zugetan, d. h. denjenigen Phänomenen der uns zu Tage sichtbaren Erdkruste, die er als die eigentlichen Schlüssel zur Erkenntnis der Erdgeschichte ansah. Krustenbewegungen (Orogenesen, Tektonik) haben ihn kaum mehr beschäftigt als er für notwendig hielt, um Erklärungen für Schichtfolgen und Faziesänderungen zu finden, letztere aber waren es, die er zu Recht für die ersten und sorgfältigst zu betrachtenden Ansatzpunkte des Erkennens hielt. Ihnen gilt – gleich wo – sein Hauptinteresse, ihnen ist die Fülle seiner Arbeiten gewidmet. Er ließ sich nicht, modernen Strömungen folgend, dazu verleiten, globale Bilder zu entwerfen, sondern er erforschte das Detail – mit Passion und Zuverlässigkeit. Und so beschrieb er es auch – und zwar über 60 Jahre seines Berufslebens.

Als von Freyberg von seiner vierten Südamerika-Reise zurückkehrte, heiratete er die Frau, Gertraud Honndorf, die er als Schwester seines alten Schul- und Studienfreundes schon aus erster Studentenzeit kannte, und die Gewerbelehrerin an der Berufsschule in Halle geworden war. Gertraud und Bruno von Freyberg haben 1929 in Eisfeld geheiratet und fürderhin 52 Jahre lang ihr Leben in Liebe miteinander geteilt, erst in Tübingen, dann in Erlangen, bis zu seinem Tode. Ihr schmuckes Holzhaus auf dem Erlanger Burgberg nahe dem Wasserturm war ein Sammelpunkt gepflegter Gastlichkeit und Geistigkeit. Mancher Student hat hier freigebig Obdach und Fürsorge gefunden, viele Geologen denken gern an diesen Ort zurück. Kinder blieben von Freybergs leider versagt, doch Kontakt zu Kindern fehlte ihnen nie, seien es die Neffen und Nichten in Thüringen, denen zuletzt noch großherzigste Hilfe galt, seien es die Kinder von Freunden oder Bekannten gewesen. Zu von Freybergs Freunden zu zählen waren wohl neben seinem Lehrer, Johannes Walther, vor allem die Fachkollegen Karl Beurlen und Erhard Voigt, denen er fachlich und menschlich sehr verbunden war, dann aber auch seine Erlanger Kollegen, der Botaniker Julius Schwemmler und der Zoologe Hans-Jürgen Stammer. Auch gemeinsame politische Haltungen und Zeiten, in denen Begriffe wie deutsch, national und sozial nicht nur einen guten Klang hatten, sondern für selbstverständlich ehrenvoll und ehrenhaft galten, bewirkten gemeinsame Schicksale, die freundschaftliche Bindungen schufen.

Daß Bruno von Freyberg auch in den 5 Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg, in denen er als Einarmeriger Nachtwächterdienste verrichten mußte, Forscher und Wissenschaftler seines Faches blieb, beweist sein Schriftenverzeichnis für diese Jahre, das 10 Arbeiten nennt. Die erste Arbeit nach Rückkehr auf seinen Lehrstuhl (1. 1. 1950), zugleich die erste, die er in seinen eben neugegründeten „Geologischen Blättern für Nordostbayern“ publiziert, heißt „Unser Ziel“ (112), und der erste Satz lautet: „In dieser Zeitschrift wollen wir Zwiesprache halten mit der lebendigen, in unerschöpflichem Wandel sich gestaltenden Erde“. Dieses Ziel könnte auch über das von Freybergsche Lebenswerk gestellt sein. Zu diesem Lebenswerk gehörte nebenbei auch die in schweren Jahren (1937–1941) ausgeübte Schriftleitung der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, später auch die Gründung, Schriftleitung und Herausgabe zweier neuer Fach-Publikationsreihen der „Geologischen Blätter für Nordost-Bayern“ (1981 im 31. Jahrgang!) und der „Erlanger Geologischen

Abhandlungen“ (ab 1952 bis 1981 bereits 109 Hefte!). Auch sie bieten Zeugnis für die fast besessene Schaffenskraft und den wissenschaftlichen Impetus ihres Schöpfers.

Es ist ein Lebenswerk, wie es in dieser Umfänglichkeit und Breite, in dieser Themenfülle auf dem Gebiet der Geowissenschaft kaum mehr zu finden sein mag. Und es wurde erarbeitet in einer das ganze Leben prägenden Bescheidenheit, die allen Ehrungen und öffentlichen Herausstellungen abhold war. Helmuth von Moltkes Maxime „Mehr sein als scheinen“ könnte auch über diesem Leben gestanden haben. Dennoch konnten Ehren und Würdigungen nicht ausbleiben: Folgende Akademien wählten Bruno von Freyberg zu ihrem Mitglied:

Erfurter Akademie gemeinnütziger Wissenschaften (1932)

Deutsche Akademie der Naturforscher (Leopoldina) in Halle (1937)

Bayerische Akademie der Wissenschaften München (1956).

Das Geologische Reichsamt in Rio de Janeiro verlieh ihm die Derby-Medaille (1951).

Das Bayerische Geologische Landesamt, das ihn bereits 1955 zum korrespondierenden Mitglied ernannt hatte, hat ihm zu seinem 70. Geburtstag (1964) einen 256seitigen Festband „Zur Geologie von Nordost-Bayern“ mit Beiträgen von 21 Autoren gewidmet (Geologica Bavarica, 53, München 1964).

Seine letzte Arbeit vollendete und publizierte von Freyberg 1980, ein Jahr vor seinem Tode, sie galt den alten Steinbrüchen in der Umgebung Erlangens und auf dem Burgberge, auf dem er fast 50 Jahre mit seiner Frau gewohnt hat. Es ist eine 138seitige Abhandlung, die in seinem Schriftenverzeichnis die Nummer 231 zu bekommen hat. In ihr breitet er nochmals stratigraphische, fazielle, lagerstättenkundliche, historische und historiographische Details mit jener Zuverlässigkeit und Liebe zur Sache aus, die fast alle seine Arbeiten auszeichnen und ihnen besonderen Reiz verleihen. Weiteren Arbeiten machte die Erblindung ein Ende, die das letzte halbe Jahr seines Lebens überschattete. Seine Frau, die treue Begleiterin seines Lebens und seines Werkes, las ihm vor.

Am 3. August 1981 ist Bruno von Freyberg auf einem Lehnstuhl sitzend eingeschlafen und nicht mehr erwacht.

Nicht mit ihm gestorben ist die hohe Wertschätzung seiner Fachkollegen und Schüler. Und er lebt weiter in seinem Werk und in der Erinnerung derer, die ihn kannten.

HELMUT GUDDEN

Nachruf auf Fritz Heim

(20. Juli 1887 bis 6. August 1980)



Wenige Tage nach dem Tod seiner geliebten Frau entschlief am 6. August 1980 der Oberregierungsrat i. R. Dr. FRITZ HEIM in einem Altersheim in Pullach bei München. HEIM hat 28 Jahre lang, und damit den Hauptabschnitt seines aktiven Berufslebens, als Geologe dem Bayerischen Geologischen Landesamt bzw. deren Vorgänger-Institutionen, der Geognostischen Abteilung am Bayerischen Oberbergamt oder der Zweigstelle München des Reichsamtes für Bodenforschung angehört. Da er ebensolange dann zurückgezogen im Ruhestand lebte, gab es kaum mehr

aktive Amtsangehörige, die ihn noch persönlich gekannt haben. Dennoch war und ist er vielen ein Begriff: Davon, daß der „alte Heim“ im Andenken selbst jener, die ihn gar nicht kannten, sehr existent war und weiter sein würde, hätte er sich noch bei Lebzeiten selbst überzeugen können, wenn er es nicht vorgezogen hätte, als Privatmann den Kontakten mit der Geologie und seinem früheren Amt zu entsagen. Dies geschah ohne jede Bitterkeit, sondern mit der Freundlichkeit und Güte des Weisen, der ein Kapitel seines Lebens beendet, um ein neues zu beginnen.

HEIM war ein guter Geologe und seine Freunde nannten ihn „gütig, ehrlich, treu und hilfsbereit“. Gibt es bessere Worte der Nachrede? Wohl kaum!

Wer war der Mann, dem sie galten?

Als HEIM geboren wurde, war Bismarck noch Reichskanzler. HEIM ist 93 Jahre alt geworden. Daß er nach 61jähriger glücklicher Ehe seiner geliebten Frau Anna mit nur 14 Tagen Abstand in den Tod nachfolgen durfte, mutet an wie die Wirklichkeit gewordene Erfüllung des Lebenswunsches von Philemon und Baucis. Freilich war auch dieser durch diamantene Hochzeit gekrönten und durch fast gleichzeitigen Heimgang beendeten Ehe von ANNA und FRITZ HEIM schweres Leid nicht erspart geblieben durch das tragische Los ihres einzigen Sohnes, den sie 1936 als Fünfzehnjährigen durch Krankheit verloren. Es wäre vermessen, ein Leben, das sich über fast ein Jahrhundert, über zwei Weltkriege und über politische, territoriale und gesellschaftliche Umwälzungen kaum dagewesenen Ausmaßes erstreckt hat, an dieser Stelle nachzeichnen zu wollen. Es kann nicht mehr als eine Skizze werden.

FRITZ HEIM wurde am 20. Juli 1887 in Bayreuth geboren, als Sohn des Kaufmannes und späteren Privatiers JEAN HEIM und seiner Ehefrau MATHILDE, geb. GEMEINHARDT.

„Bin protestantischer Konfession und bayerischer Staatsbürger“, schrieb HEIM selbst später in seinem Lebenslauf, und es scheint Zeit seines Lebens etwas mitzuschwingen von lutherischem Bekennermut einerseits und einem gerade in Franken nicht seltenen Stolz auf die Zugehörigkeit zu Bayern.

Er absolvierte 1903 die Realschule in Bayreuth, 1906 die Oberrealschule in Heidelberg und studierte dann in Heidelberg, München, Grenoble und seit Wintersemester 1909/10 wieder in Heidelberg Geologie und allgemeine Naturwissenschaften. Seine akademischen Lehrer waren – und in folgender Reihenfolge hat er selbst sie aufgezählt: Salomon, Wülfing, Hettner, Rosenbusch, Bütschli, Wolf, Goldschmidt, Groth, Weinschenk, Rothpletz, Broili, Stromer von Reichenbach, Kilian und P. Levy. Eine stolze Reihe, die erkennen läßt, welch breitem Spektrum der Student seine Interessen zugewandt hat und wie vielseitig seine Ausbildung gewesen ist.

Von manchen diesen seiner Lehrer hat er zeitlebens gerne und mit Dankbarkeit erzählt, so insbesondere von seinem Doktorvater Salomon.

Seine Doktorarbeit, in der er nur Teile des erarbeiteten Materials vorlegte, nannte er „Beiträge zur Kenntnis des Wellengebirges der Gegend von Zweibrücken (Rheinpfalz)“. Er hatte sie entgegen seiner ursprünglichen Konzeption vorzeitig rasch abgeschlossen und gekürzt zugunsten eines Angebotes, dem er ohne lange Überlegung gefolgt ist: Der Teilnahme an der deutschen antarktischen Expedition

1911–1913 unter der Leitung des damaligen Oberleutnants Dr. Wilhelm Filchner. Ihren Niederschlag fand die Expeditionsarbeit des damals in den Mittzwanzigern stehenden HEIM in einigen kleineren Arbeiten, die mehr als vorläufige Mitteilungen gedacht waren.

Der Ausbruch des Ersten Weltkrieges mag alle Ausarbeitungspläne zunichte gemacht, notwendige Kommunikationsmöglichkeiten zerstört und auch neue menschliche Maßstäbe geschaffen haben. HEIM hatte die Weite der Welt während der Blüte des Kaiserreiches kennengelernt. Verhaftet war er aber auch, wie alle seine Expeditionsgefährten einschließlich W. Filchner, den damals herrschenden Vorstellungen von der Verletzbarkeit und Wiederherstellung persönlicher Ehre. Kleine Querelen, wie sie unter extremen Expeditionsbedingungen nicht selten sind, mußten dem herrschenden militärischen Ehrenkodex entsprechend hinterher ausgeräumt werden: – Forderungen und Gegenforderungen – Klage und Gegenklage. Es ist bemerkenswert, mit welcher Delikatesse und mit welchem Geschick das Gericht der 1. Division, deren kgl. 1. Infanterie-Regiment Oberleutnant Dr. Filchner damals angehörte, diese aus heutiger Sicht völlig unbedeutende „Affaire“ bereinigt hat mit der Einsicht und zum Wohle aller Beteiligten.

Am Ersten Weltkrieg nahm HEIM vom ersten bis zum letzten Tag als Kriegsfreiwilliger im 1. bayer. Fußartillerie-Regiment teil und kehrte als Oberleutnant, dekoriert mit EK 2 und Bayer. Militärverdienstorden 4. Kl. mit Schwertern, zurück. Noch in den letzten Kriegsmonaten, am 20. August 1918, hatte er Fräulein Dr. Anna POHLMANN geheiratet, seine Lebensgefährtin für fast 61½ Jahre, zu der er im Januar 1919 heimkehrte.

Ende des Jahres 1919 fand er auch wieder Anschluß an seinen Beruf. Er wurde Assistent am Petrographischen Institut der Universität München bei seinem früheren Lehrer Weinschenk.

Am 1. Mai 1924 endlich trat HEIM seinen Dienst an als Geologe bei der Geognostischen Abteilung am Bayerischen Oberbergamt dem späteren Geologischen Landesamt, dem er dann bis zu seiner Pensionierung am 31. Juli 1952 angehört hat. Als Oberregierungsrat, damals die höchste Rangstufe unter dem Amtsleiter, trat er in den Ruhestand.

Soweit die nüchternen Daten seines Berufslebens, durch das er beigetragen hat, das Ansehen des nun schon über 130 Jahre bestehenden staatlichen geologischen Dienstes in Bayern zu prägen und zu mehren. HEIM hat viel gearbeitet und viel Kenntnis erworben, im Vergleich dazu aber wenig publiziert. Seine Arbeiten lassen sich zeitlich und thematisch mehreren Gruppen zuordnen. So folgten der Doktorarbeit und den Berichten über die Antarktis-Expedition einige mineralogische Untersuchungen über Kieselsäureseptarien und Basalte der Rhön, letztere als Beiträge zu Kartenerläuterungen, dann eine Untersuchung über die „Absenkung des Walchensees und ihre Auswirkungen“ (im Zusammenhang mit dem erstmaligen Absenken des Sees durch das neugebaute Kraftwerk im Winter 1924/25). Ob diese Vielseitigkeit HEIMS eigenem Wunsche entsprach oder ob sie ihm gewissermaßen aufgebürdet worden ist, ist heute nur noch schwer zu beurteilen. Sie zeigt sich aber auch in dem ihn nunmehr zunehmend ausfüllenden Bereich der geologischen Landesaufnahme. Er ist an der Aufnahme von 15 Positionsblättern 1:25 000 im Steigerwald beteiligt, eine Tätigkeit, die in der Reinzeichnung einer geologischen

Karte 1:100 000, Teilblatt Schlüsselfeld 1930 ihre Krönung findet. Daneben aber finden sich 17 Atlasblätter 1:50 000 von Bayern, auf denen HEIM seine Tätigkeit durch kleinere geologische Eintragungen dokumentiert hat, sie erstrecken sich vom Steigerwald im Nordwesten bis Passau und Wegscheid im Südosten und ihr Gebiet umfaßt von präkambrischer Bunter Serie und moldanubischen Gneisen bis zu tertiären Basalten und quartären Terrassen Gesteine aus fast allen dazwischenliegenden erdgeschichtlichen Abschnitten.

Leider sind diese Arbeiten und die dabei gewonnenen Kenntnisse Fragmente geblieben, ein Wort, das HEIM selbst auf wohl alle seine Arbeiten angewandt hat. Dabei zeigen seine Arbeiten über den Oberen Buntsandstein in Oberfranken (1933) oder seine Kapitel, die er für die Sammelwerke „Abriß der Geologie von Bayern“ (1928) und „Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns“ (1936) über Keuperbildungen und die Bleierzlagerstätten bei Freihung geschrieben hat, daß er sehr wohl fähig war, in sich abgeschlossene Darstellungen zu liefern, die heute noch Gültigkeit haben. Er hat die seit GÜMBEL (1868) für Keupersedimente gehaltene Füllung der Bodenwöhrer Senke erstmalig richtig als Kreide gedeutet und – gestützt u. a. auf Bestimmungen von DEHM (1933) – gegliedert. Es kann gerade als charakteristisch gelten für HEIM, daß er diese für das Bild der Geologie von Bayern keineswegs ganz unbedeutende Erkenntnis außer durch lokale Fachvorträge lange Jahre nicht veröffentlicht hat. Erst 1950 erscheinen diese für das dortige Gebiet doch grundlegenden Kartierungsergebnisse, nicht etwa in Form einer Karte, sondern in Form von 3 Seiten Text als Unterkapitel eines Beitrages von J. LUTZ „Über den Gesellschaftsanschluß oberpfälzischer Kiefernstandorte“ in den Berichten der Bayerischen Botanischen Gesellschaft in München.

Das war HEIM: Seine Ansprüche an sich selbst waren hoch, vielleicht manchmal zu hoch. So war er wohl selten zufrieden mit seinen Ergebnissen, die ihm niemals umfassend genug, ausgereift genug, abgesichert genug erschienen sein mochten. Diese Einstellung schien sich auch in seiner gern geübten Selbstironisierung zu äußern. Er war sich seiner nach strengen Maßstäben selbst gesetzten Grenzen zu bewußt, als daß er nach Art anderer alles publiziert hätte, was er gewußt hat. Nach dem Empfinden eines seiner ältesten Kollegen und Freundes scheint es ihm oft genügt zu haben, daß er für sich selber Erkenntnis gewonnen hatte; den Drang, sich der Öffentlichkeit mitzuteilen, hatte er nicht im gleichen Maße.

Wohl aber war er erfüllt vom Gefühl der Verantwortung, auch der Öffentlichkeit, dem Staat gegenüber. Dies äußerte sich auch in seiner aufrechten politischen Haltung und Einstellung, in der er, auch hier mit seiner Frau völlig konform, demokratisch bis ans Herz, allen Anfechtungen seiner Zeit widerstanden hat. Er genoß die Freude, seine Frau an ihrem 95. Geburtstag gefeiert zu sehen als eines der Gründungsmitglieder der F.D.P. in München und Bayern und die „älteste Liberale“ im Lande, die Glückwünsche u. a. von Bundesaußenminister Genscher und Bundesernährungsminister Ertl entgegennehmen konnte.

HEIM war aber auch sonst in mannigfacher Weise den Freuden des Lebens zugetan. Humorvoll wußte er seine Lust nicht nur an gutem Essen und Trinken bis in seine letzten Lebensmonate zu glossieren. Am Vorabend seines 90. Geburtstages schrieb er einem Freunde „Von je hab ich mich vor Geburtstagen gefürchtet: Es gibt Tage voll Ärger und Bitternissen, wo's ei'm schier wurscht waar, wenn's ei'm

niederschussen. Es gibt aber auch schöne und frohe Tag, wo eim das Bier schmeckt und der Tabag.“ Sein Geist blieb ungetrübt bis zuletzt.

Es steht uns nicht an, über das Leben anderer zu urteilen, aber wenn es berechtigt ist, von einem erfüllten Leben zu sprechen, so scheint dies ein solches gewesen zu sein. Dr. FRITZ HEIM war ein vielseitiger, gewissenhafter Geologe. Sein Leben und das Zeugnis derer, die ihn kannten, weisen ihn aus als „gütig, ehrlich, hilfsbereit und treu“. Er blieb sich selber treu auch in seiner Bescheidenheit: In seinem Nachlaß gab es außer zwei Paßbildern, deren eines hier vorangestellt ist, kein Bild von ihm. Doch das Andenken an Dr. FRITZ HEIM wird weiterleben, länger als Bilder es vermöchten.

Verzeichnis der wissenschaftlichen Veröffentlichungen von FRITZ HEIM

Wellengebirge der Gegend von Zweibrücken. – Geogn. Jh., 23 (1910), 115–148, München 1910.

Beiträge zur Kenntnis des Wellengebirges der Gegend von Zweibrücken (Rheinpfalz). – Diss. Heidelberg 1910. – Geogn. Jh., 23 (1910), 34 S., München 1911.

Bericht über die Grundproben (II. Dt. Antarktis-Exp. 1911/13.) – Z. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 2, 4 S., Berlin 1912.

Geologische Beobachtungen über Süd-Georgien. – Z. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 6, 6 S., Berlin 1912.

Diamantstaub und Schneekristalle in der Antarktis. – Meteorolog. Z. 5, 232–235, Braunschweig (Vieweg) 1914.

Über die geologisch-geographischen Ergebnisse der zweiten Deutschen Antarktischen Expedition. – Petermanns Mitt., 60, 3, Berlin 1914.

Das Eis der Antarktis und der subantarktischen Meere. Nach E. v. Drygalsky. 1922. – Geogr. Z., 28, (7/8), 265–272, 1922.

Mikroskopische Untersuchung der Basalte. – In: REIS, O. M.: Erläuterungen zu Blatt Schönderling Nr. 39 der Geol. Karte v. Bayern 1:25 000, 14–28, München 1924.

REIS, O. M. & HEIM, F.: Über Kieselsäureseptarien und -Geoden (Litholyphsen) in Verbindung mit Eruptivgesteinen. – Jb. Preuß. L.-A., 45 (1924), 451–488, Berlin 1925.

Die Absenkung des Walchensees und ihre Auswirkungen. – Nur als Sonderdruck. – 3 S., München 1925.

Hydrothermale Neu- und Umbildungen im Basalt des Sodenberges (45 S.). – In: SCHUSTER, M.: Die geologische Beschaffenheit des Landstriches nordwestlich vom Sodenberg an der Saale. – Erläuterungen zu Blatt Gräfendorf Nr. 64 der Geol. Karte v. Bayern 1:25 000, 39–42, München 1925.

Südvictorialand und Rossmeergebiet (Antarktis) nach d. Ergeb. der Scottschen Südpolarexpedition. – Geogr. Z., 247–261, 1926

Die Keuperbildungen der nördlichen Frankenhöhe, des randlichen Steigerwaldes und der Haßberge (13 S.). – In: Abriß der Geologie von Bayern, Abt. VI, 72–84, München (Piloty u. Loehle) 1928.

Gliederung und Faziesentwicklung des Oberen Buntsandsteins im nördlichen Oberfranken. – Abh. Geol. L.-Untersuchung Bayer. Oberbergamt, 11, 37–46, München 1933.

Tektonische Übersichtskarte des Bodenwöhrer Beckens. – Z. dt. geol. Ges., 87 (1935), 658–659, Berlin 1935.

Beiträge in: Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns, Bd. II. – München 1936.

Geologischer Überblick über das Schwandorfer Gebiet. – Ber. Bayer. Botan. Ges. in München, 28, 1950. (3 S.) Beitr. in: LUTZ, L.: Über den Gesellschaftsanschluß oberpfälzischer Kiefernstandorte. – München 1950.

Verschiedene Buchbesprechungen.

HELMUT GUDDEN

Nachruf auf Fritz Kohl

(17. April 1908 bis 12. November 1980)



Am 12. 11. 1980 verstarb in München Oberregierungsdirektor i. R. Dr. FRITZ KOHL.

FRITZ KOHL wurde am 17. 4. 1908 in Mönchen-Gladbach als Sohn des aus Kitzingen a. M. stammenden Fabrikanten WILHELM F. KOHL und seiner Ehefrau HEDWIG geboren. In seiner Heimatstadt besuchte er die Volksschule und von 1918 bis zum Abitur 1927 die Oberrealschule.

Da er Landwirtschaft studieren wollte, unterzog er sich einer zweijährigen praktischen Lehrzeit auf Gutsbetrieben in Unterfranken und Westfalen. Im Jahr 1929 begann er sein Studium an der Technischen Hochschule München und beendete es im Wintersemester 1932 in Weihenstephan mit der Diplomhauptprüfung. Schon während der Studienzeit entwickelte er eine besondere Vorliebe für die

Agrikulturchemie und die Bodenkunde. Sie führte ihn an das Agrikulturchemische Institut der Technischen Hochschule zu Professor HANS NIKLAS, bei dem er im Jahr 1933 mit dem Thema „Beiträge zur Aspergillusmethode zur Prüfung der Böden auf ihre Phosphorsäuredüngedürftigkeit“ promovierte. KOHL blieb zunächst an diesem Institut mit der Aufgabe einer umfassenden Zusammenstellung der einschlägigen Fachliteratur. „Seiner Tatkraft und zähen Beharrlichkeit war es in allererster Linie zu verdanken, daß der große Band III ‚Pflanzenernährung‘ mit etwa 1100 Seiten der Literatursammlung Agrikulturchemie veröffentlicht werden konnte“ (NIKLAS).

Am 1. 6. 1935 trat FRITZ KOHL als Wissenschaftlicher Angestellter bei der Bodenkundlichen Untersuchungsstelle des Bayerischen Oberbergamts in München, der späteren Abteilung Bodenkunde des Bayerischen Geologischen Landesamtes ein. Seine damaligen Aufgaben erstreckten sich hauptsächlich auf die Untersuchung von Bodenproben aus dem gesamten Reichsgebiet. Sie waren wissenschaftliche Grundlage für die durchzuführende Bodenschätzung, insbesondere für die Bewertung der Reichsmusterstücke. Zusammen mit A. HOCK hat er außerdem ein Konzept für die nichtsteuerliche, rein bodenkundliche Auswertung der Bodenschätzung erarbeitet, das für Süddeutschland nach dem Krieg richtungweisend wurde.

Im September 1940 wurde FRITZ KOHL zum Wehrdienst einberufen. Im Juni 1945 kehrte er aus amerikanischer Gefangenschaft zurück. Im November 1948 konnte er seine Tätigkeit beim Bayerischen Geologischen Landesamt wieder aufnehmen.

Nun begann eine Zeit intensiven Wirkens und fruchtbaren Schaffens: Die 1938 begonnene Auswertung der Bodenschätzungsergebnisse wurde mit großem Schwung fortgesetzt. Wenn heute in Bayern als einzigem Bundesland die Bodenschätzungskarten im Maßstab 1:5000, durch Tausende von Bodenprofilbeschrieben interpretiert, für jede Gemeinde flächendeckend vorliegen, so ist dies im wesentlichen ein Verdienst KOHLs. Gleiches gilt für die in der Bearbeitung weit fortgeschrittenen Bodenschätzungsübersichtskarten im Maßstab 1:25 000 und 1:100 000, die sich zu unersetzlichen Unterlagen der Planung entwickelt haben.

Von 1955 an war Dr. KOHL Stellvertreter des Abteilungsleiters, daneben Leiter des bodenchemischen Laboratoriums des Amtes. Er war damit an allen laufenden Projekten der bodenkundlichen Landesdurchforschung, insbesondere von Anfang an bei der Neuaufnahme des Bodenkartenwerkes 1:25 000 von Bayern beteiligt. Dabei arbeitete er über Fragen der Nährstoffversorgung, der Tondurchschlammung und über Substrate der Bodenbildung.

Im Jahr 1962 wurde ihm die Leitung der Abteilung Bodenkunde übertragen. Zielbewußt und weitblickend hat er die Abteilung für die zügige Durchführung einer modernen Landesaufnahme ausgebaut. Im letzten Jahr vor seiner Pensionierung im April 1972 übernahm er die ständige Vertretung des Präsidenten.

Dr. KOHL war ein vorbildlicher Beamter vom guten alten Schlag. Pflichtbewußtsein, Zuverlässigkeit, Verschwiegenheit, Pünktlichkeit und ein ausgeprägter Sinn für Ordnung waren Merkmale, die ihn auszeichneten. Seinen Mitarbeitern war er zwar ein energischer und strenger, aber in höchstem Maße korrekter Vorgesetzter. Dabei war seine Strenge sicherlich oft Selbstschutz vor seiner Güte. Niemals

nachtragend und mit hohem Sinn für Gerechtigkeit ausgestattet, sicherte er sich den guten Kontakt zu allen seinen Mitarbeitern und zugleich ihre Achtung. Immer war es sein Bestreben, den Menschen in den Mittelpunkt des Geschehens zu stellen.

Aufgrund dieser und seiner fachlichen Qualitäten reichte sein Einfluß über die Grenzen Bayerns hinaus. Zwölf Jahre lang, von 1959 bis 1971 führte er den Vorsitz der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde der Geologischen Ämter der Bundesrepublik.

Auch in diesem Kreis war es seiner zähen Beharrlichkeit zu verdanken, daß damals eine umfangreiche Anleitung für die Bodenkartierung in der Bundesrepublik ausgearbeitet und gedruckt wurde. Ein Divergieren der bodenkundlichen Arbeitsgrundlagen war damit verhindert; für eine sinnvolle Einheitlichkeit und für Bewahrung des Bewährten war gesorgt.

Auch in der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft genoß Dr. KOHL hohes Ansehen. Über ein Jahrzehnt war er Vorsitzender des Arbeitskreises Bodensystematik dieses wissenschaftlichen Gremiums.

FRITZ KOHL heiratete im Herbst 1941. Die sehr glückliche Ehe mit seiner Frau LIESELORE blieb kinderlos. Das 40jährige Zusammenleben war erfüllt von vielen gemeinsamen Interessen, allem voran von der Liebe zur Musik. Selbst musikalisch sehr begabt, war KOHL ein großer Freund der Oper und des Konzerts. Ausgleich gaben ihm darüber hinaus die schöne Literatur, der Aufenthalt in der freien Natur, insbesondere die Wanderungen durch die Jahreszeiten des von ihm so geliebten Alpenvorlandes, nicht zuletzt auch die Arbeit in seinem Garten.

FRITZ KOHL fand seine letzte Ruhestätte in Weilheim, wo er auch seinen Wohnsitz hatte. Die Bodenkunde war ihm ohne Zweifel bestimmender Lebensinhalt, seine Tätigkeit am Geologischen Landesamt von prägendem Einfluß auf die bodenkundliche Landesdurchforschung und Landesaufnahme Bayerns.

Veröffentlichungsverzeichnis von Fritz Kohl

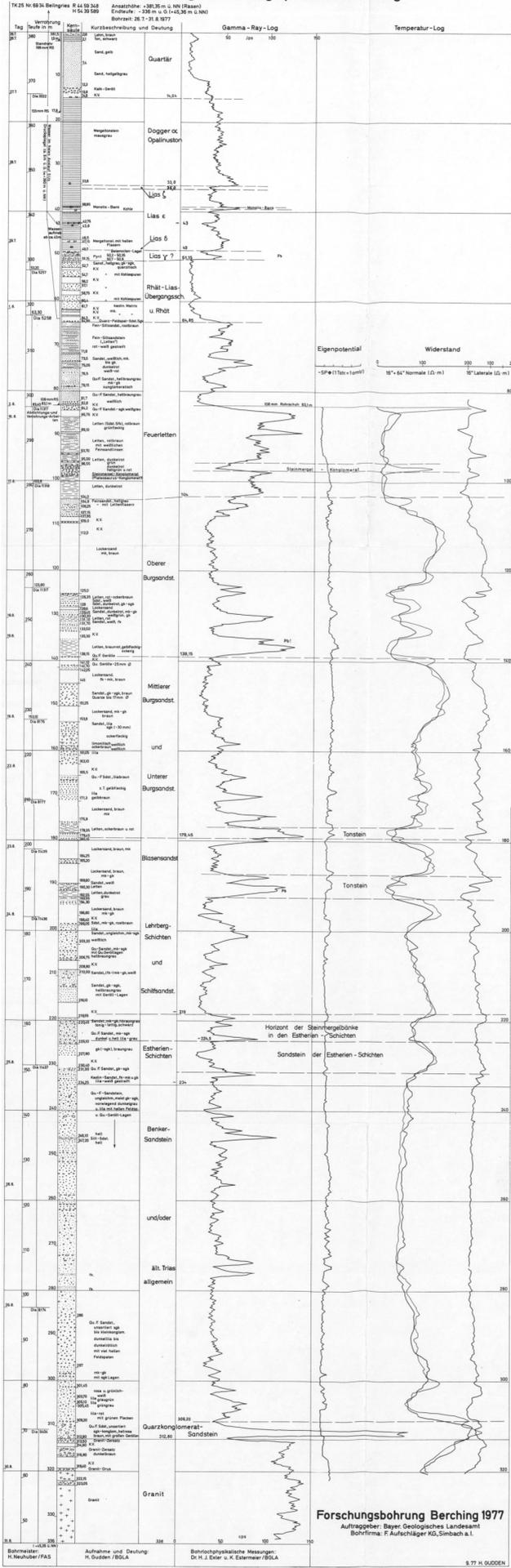
- KOHL, F. (1933): Beiträge zur Aspergillismethode zur Prüfung der Böden auf ihre Phosphorsäuredüngebedürftigkeit. – Diss. TH München, 1933.
- NIKLAS, H., VILSMEIER, G. & KOHL, F. (1933): Die Bestimmung der Phosphorsäuredüngebedürftigkeit der Böden mittels *Aspergillus niger*. – Z. f. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkunde, 32, 50–70, Berlin 1933.
- CZIBULKA, F. & KOHL, F. (1934): Sachbearbeiter des Bandes III: Pflanzenernährung der Literatursammlung aus dem Gesamtgebiet der Agrikulturchemie, herausgegeben von H. NIKLAS und A. HOCK, 1114 S., Weihenstephan/München 1934.
- ADER, F., CZIBULKA, F., KISSEL, F. & KOHL, F. (1938): Sachbearbeiter des Bandes IV: „Düngung und Düngemittel“ der Literatursammlung aus dem Gesamtgebiet der Agrikulturchemie, herausgegeben von H. NIKLAS, A. HOCK und G. VILSMEIER, 1248 S., Weihenstephan/München 1938.
- KOHL, F. (1939): Bodenkartierung, ein wertvolles Hilfsmittel in der Landwirtschaft. – Deutsche landwirtsch. Presse, 29 u. 30, Berlin 1939.
- (1939): Gemeindebodenkartierung und landwirtschaftliche Ertragssteigerung. – In mehreren landwirtschaftlichen Wochenblättern (Saarpfalz, Hessen, Württemberg), 1939.
 - (1939): Erzeugungsschlacht und Bodenkartierung. – „Der Diplomlandwirt“, 20, 9, Berlin 1939.

- HOCK, A. & KOHL, F. (1939): Bodenübersichtskarte der Bayer. Ostmark 1:500 000. In: Atlas Bayer. Ostmark der Reichsarbeitsgemeinschaft für Raumforschung.
- (1940): Über die Humusverhältnisse deutscher Böden. – *Forschungsdienst*, **9**, 141–170, Berlin 1940.
 - (1940): Über den Zusammenhang der Kalk- und Humusverhältnisse unserer Böden. – *Z. f. Bodenkunde und Pflanzenernährung*, **21/22**, 630–643, Berlin 1940.
- KOHL, F. (1951): Exkursionsbericht über die bodenkundliche Exkursion in die Umgebung von München. – *Geologica Bavarica*, **6**, 167–183, München 1951.
- (1951): Ackerberge auf diluvialen Terrassen. – *Geologica Bavarica*, **14**, 156–165, München 1952.
- VOGEL, F. & KOHL, F. (1952): Das Bodenprofil, Verfahren zu seiner Entnahme u. Präparation für Labor- u. Sammlungszwecke. – 120 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt), 1952.
- KOHL, F., VOGEL, F. & WACKER, F. (1954): Vergleich zwischen bodenkundlicher und pflanzensoziologischer Kartierung am Beispiel der Gemeindeflur Obermedlingen im Landkreis Dillingen a. d. Donau. – *Landw. Jb. f. Bayern*, **31**, 491–581, München 1954.
- KOHL, F. (1956): Die bodenkundliche Landesdurchforschung Bayerns. – *Landw. Jb. f. Bayern*, **33**, 557–565, München 1956.
- (1956): Phosphorsäureuntersuchungen an Profilen aus Lössen und deren Böden aus Südbayern. – *Z. f. Pflanzenernähr., Düngg. u. Bodenkunde*, **75**, 114–131, Weinheim 1956.
 - (1957): Trockenspalten im Dachauer Moos. – *Z. f. Pflanzenernähr., Düngg. u. Bodenkunde*, **78**, 50–51, Weinheim 1957.
 - (1958): Durchwaschungs- u. Durchschlammungserscheinungen an Böden aus Bayern. Ein Beitrag zur Frage der Parabraunerden. – *Z. f. Pflanzenernähr., Düngg. u. Bodenkunde*, **80**, 237–244, Weinheim 1958.
 - (1958): Die Böden. – In STETTNER, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 5937 Fichtelberg. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.
 - (1960): Die Böden. – In BAUBERGER, W., HAUNSCHILD, H., SCHNEIDER, E. F. & TILLMANN, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6437 Hirschau. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.
 - (1960): Die Böden. – In BAUBERGER, W. & HAUNSCHILD, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6438 Schnaittenbach. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.
 - (1960): Die Böden. – In STETTNER, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:25 000, Blatt Nr. 5836 Münchberg. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.
 - (1961): Bodenschätzungs-Übersichtskarte 1:100 000 des Reg.-Bezirktes Niederbayern, Blatt II (NO). – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.
 - (1962): Die Böden. – In RUTTE, E.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7037 Kelheim. – München, (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.
 - (1963): Bodenschätzungs-Übersichtskarte 1:100 000 des Reg.-Bezirktes Niederbayern, Blatt III. – München, (Bayer. Geol. L.-Amt) 1963.
 - (1964): Die Böden. – In STETTNER, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 5837 Weißenstadt. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.
 - (1965): Der nichtkarbonatische Anteil in südbayerischen Schottern und deren Böden. – *Geologica Bavarica*, **55**, 360–371, München 1965.
 - (1965): Bodenschätzungs-Übersichtskarte 1:100 000 des Reg.-Bezirktes Niederbayern, Blatt I. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.
 - (1967): Bodenschätzungs-Übersichtskarte 1:100 000 d. Reg.-Bezirktes Oberpfalz, Blatt III (SE). – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

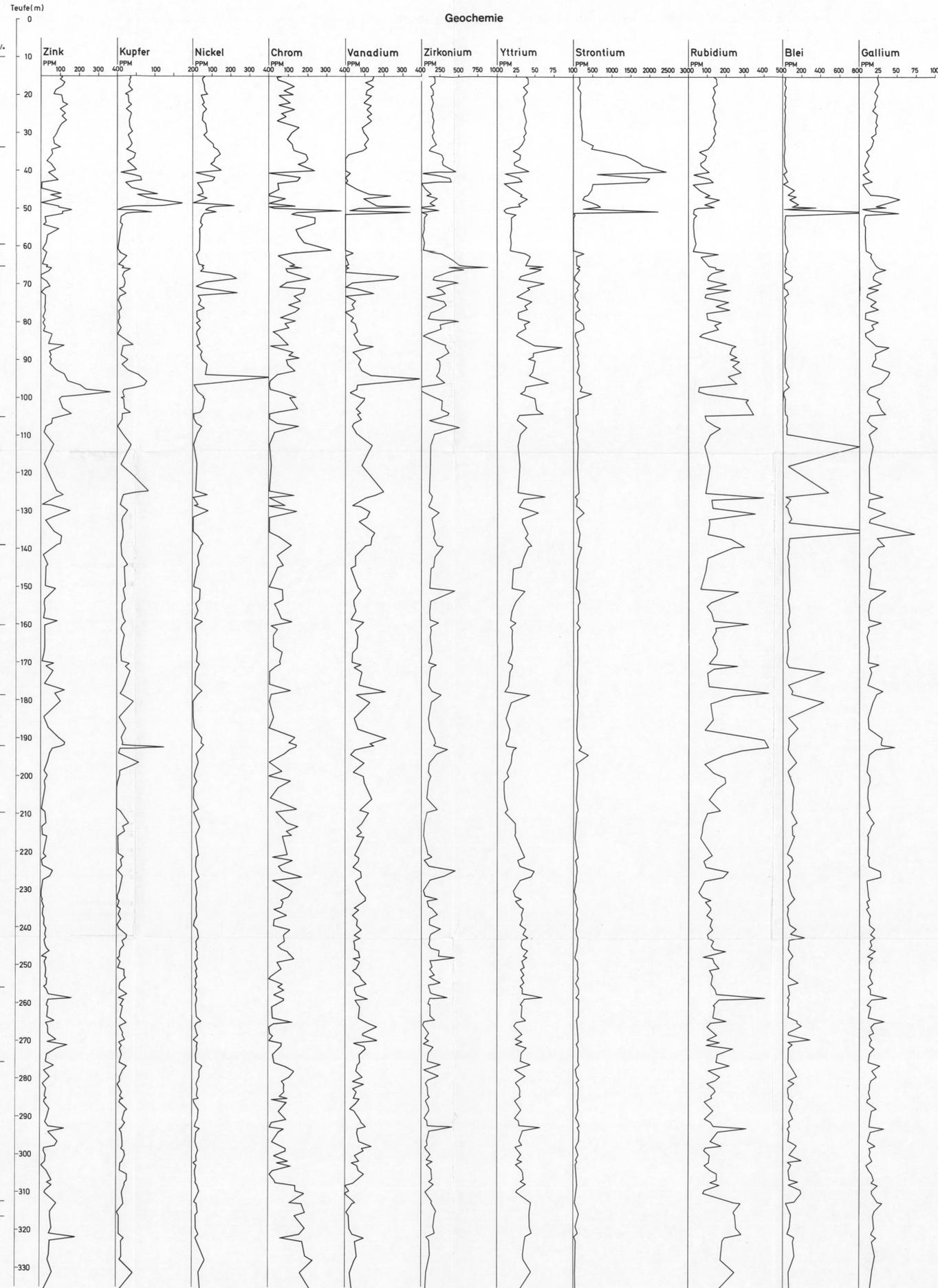
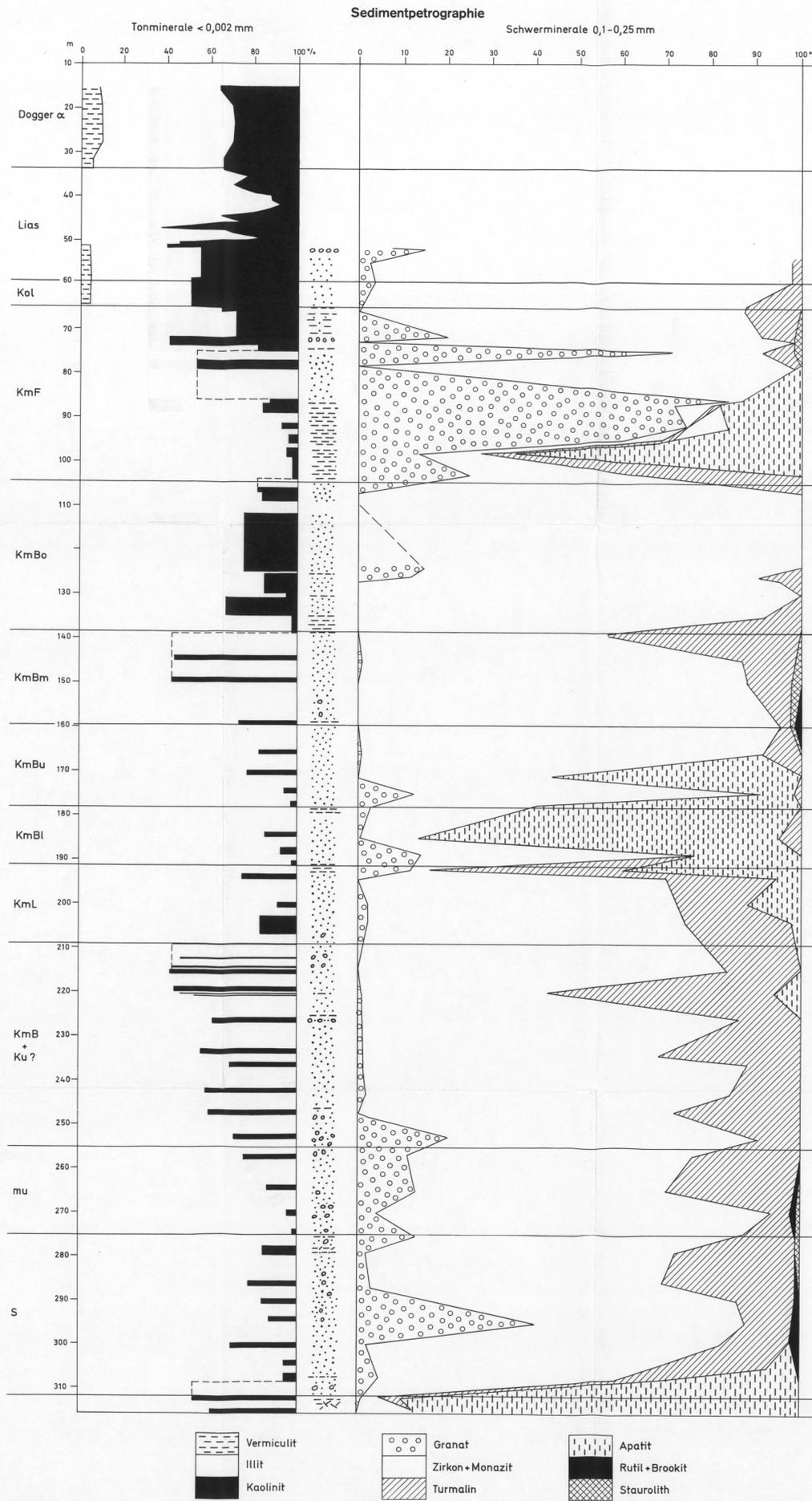
- (1969): Bodenschätzungs-Übersichtskarte 1:100 000 d. Reg.-Bezirktes Oberpfalz, Blatt II (SW). – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.
 - (1969): Bodenschätzungs-Übersichtskarte 1:100 000 d. Reg.-Bezirktes Oberpfalz I. (N). – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.
 - 1970): Nachruf auf A. HOCK. – *Geologica Bavarica*, **63**, 11–17, München 1970.
- KOHL, F., DIEZ, TH., JERZ, H. & WITTMANN, O. (1971): Bodenlandschaften und Böden in Bayern. – *Mitt. Deutsche Bodenkundl. Ges.*, **13** 479–521, Göttingen 1971.
- KOHL, F. (1979): Nachruf auf FRANZ VOGEL (1896–1976). – *Geologica Bavarica*, **78**, 138–143, München 1979.

OTTO WITTMANN

Gesteinsfolge und stratigraphische Gliederung



Forschungsbohrung Berching 1977

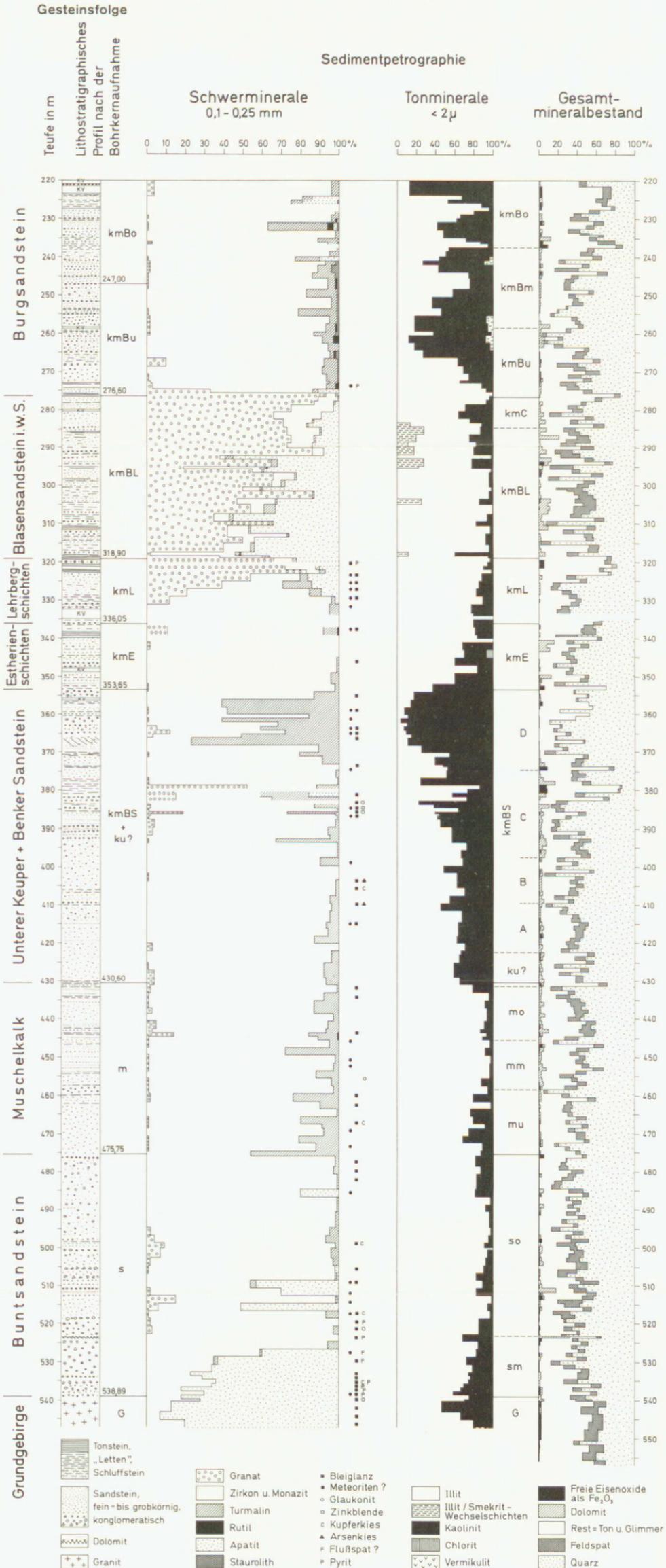


Forschungsbohrung Berching 1977
 Auftraggeber: Bayer, Geologisches Landesamt
 Bohrfirma: F. Aufschläger KG, Simbach a. L.

Wegen der unterschiedlichen stratigraphischen Deutung vergleiche man die entsprechenden Textbeiträge in diesem Band

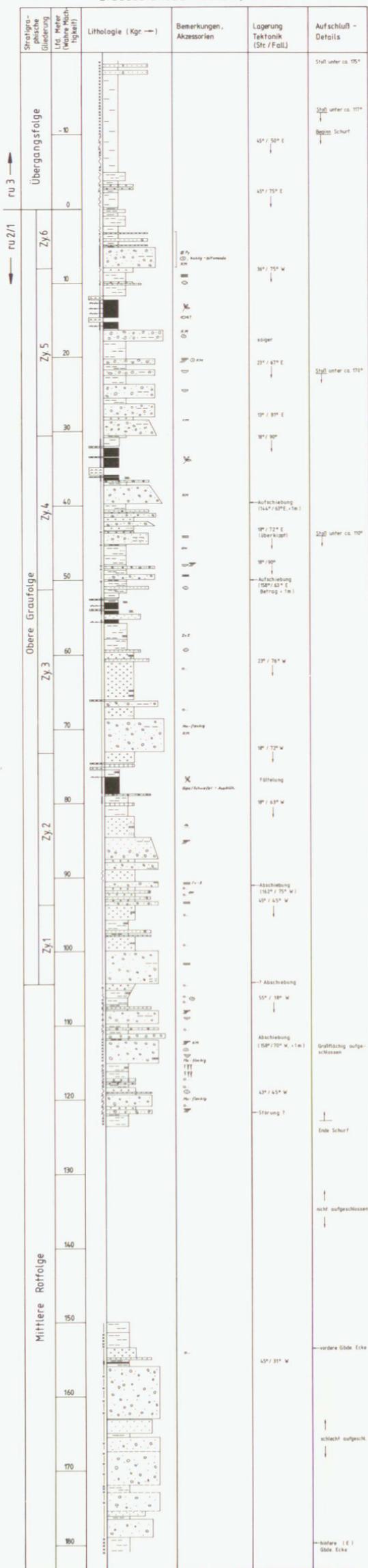
Forschungsbohrung Eschertshofen 1981

Gesteinsfolge (SCHMID) und Sedimentpetrographie (SALGER)

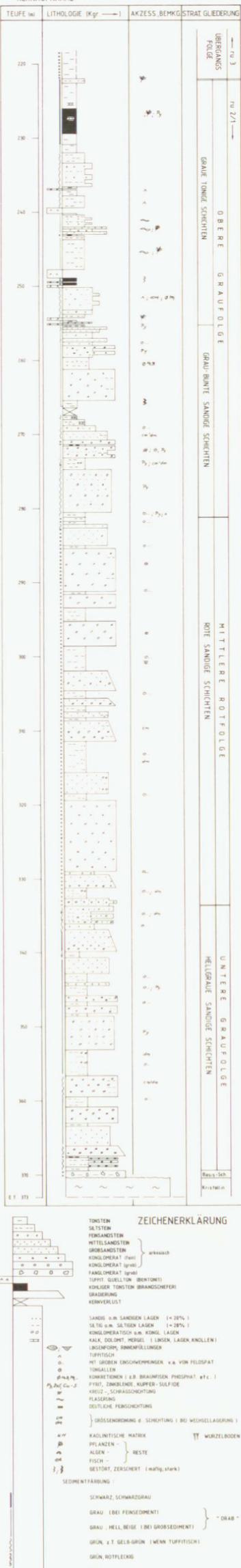


Rotliegendprofile der Ziegeleigrube Keller in Weiden und der Bohrung V16 Bechtsrieth (HELMKAMPF, KUHLMANN & KAISER)

ZIEGELIGRUBE KELLER, WEIDEN



KERNAUFNAHME BOHRUNG V 16 Bechtsrieth

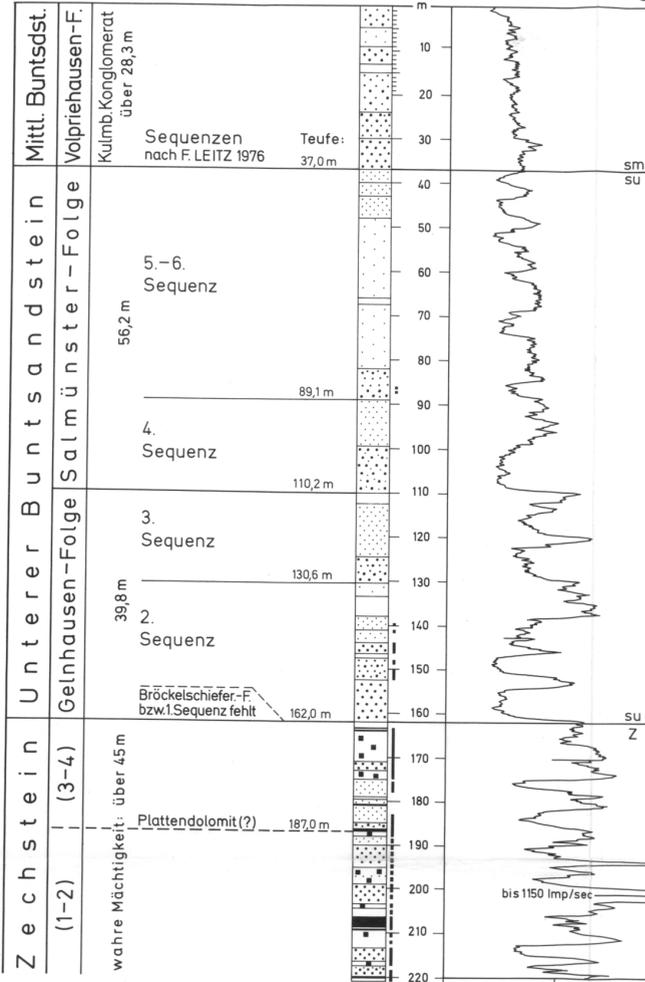


ZEICHENERKLÄRUNG

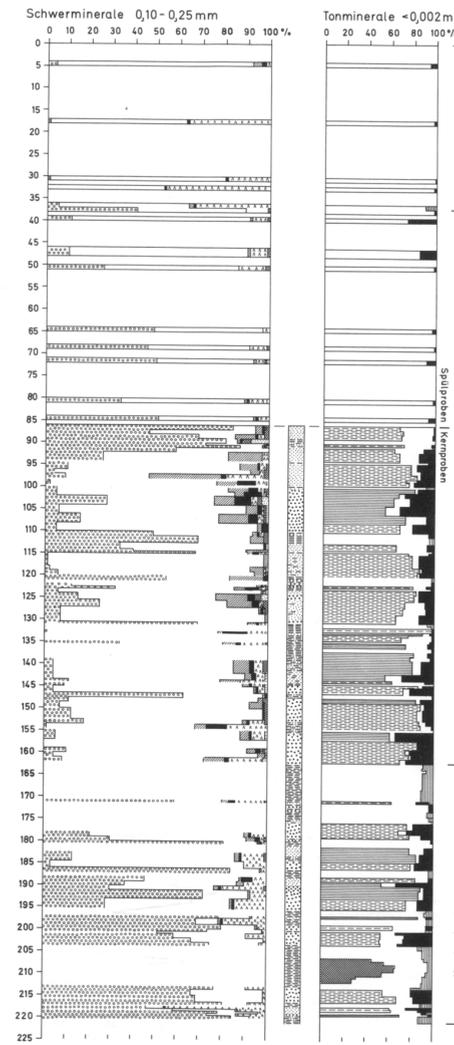
- TONSTEIN
 - SILTSTEIN
 - FERSANDSTEIN
 - MITTELSANDSTEIN
 - GROBSANDSTEIN
 - KONGLOMERAT (hart)
 - KONGLOMERAT (grau)
 - FANGLOMERAT (grau)
 - TUFFITE - QUELLEN - BENTONITE
 - KONGLOMERAT (BRANDSCHNEFFER)
 - GRADERUNG
 - KERNVERLUST
-
- SANDIG o. m. SANDIGEN LAGEN (= 20%)
 - SILTIG o. m. SILTIGEN LAGEN (= 20%)
 - KONGLOMERAT o. m. KONGL. LAGEN
 - KALK, DOLOMIT, MERGEL (LINSEN, LAGEN, ANLÖSEN)
 - IRGENSEITIG, IRGENSEITIGEN u. v. v. FELDSPAT
 - HIT GROSSEN ERDGESCHWENKENEN u. v. v. FELDSPAT
 - TONKLEIN
 - KONGLOMERATEN u. v. v. BEACHTEN (PHOSPHAT etc.)
 - PTIT, ZINNOBER, KUPFER - SULFIDE
 - KREUZ - SCHWARZSCHICHTUNG
 - FLASERUNG
 - DEUTLICHE FERSCHICHTUNG
 - GRÖSSENREICHUNG o. SCHICHTUNG I BEI WECHSELLAGERUNG I
 - KALINITISCHE MATRIX
 - PFLANZEN
 - ALGEN
 - FISCH
 - GESTÖRT, ZERSCHERT (mäßig, stark)
-
- SEDIMENTFÄRBUNG:
- SCHWARZ, SCHWARZGRAU
 - GRAU (BEI FERSCHICHTUNG)
 - GRAU (HELL, BEIGE (BEI GROBSANDSTEN))
 - GRÜN, z. T. GELB-GRÜN (WENN TUFFITISCH)
 - GRÜN, ROTFLECKIG
 - ROT, ROTVIOLETT, ROSA

Stratigraphische Gliederung

(Schichtneigung um 40°, 0-86,3m Meißelbohrung, 86,3-221m Kernbohrung)

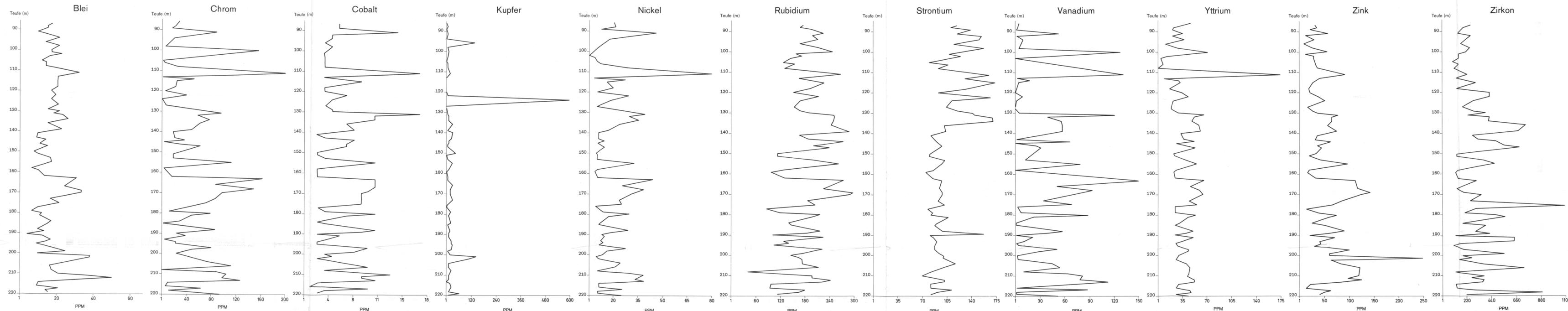


Sedimentpetrographie



Untersuchungsbohrung Bindlach 1980

Geochemie



- Tonstein
- Tonstein mit Dolomit-Ausscheidungen
- ▨ Dolomitstein bzw. Steinmergel
- ⋯ Karbonatgehalt
- Feinsandiger Tonstein bis Tonsandstein
- Feinsandstein
- Mittelkörniger Sandstein
- Grobsandstein

- ▨ Granat
- ▨ Zirkon + Monazit
- ▨ Turmalin
- ▨ Rutil
- ▨ Apatit
- ▨ Staurolith
- ▨ Zoisit
- ▨ Montmorillonit-Smectit
- ▨ Weichselchichten Illit/Smectit
- ▨ Illit
- ▨ Kaolin
- ▨ Chlorit
- ▨ Palygorskit

Gamma-Strahlung Messung am 21.8.1980 von Dr. H. FRANK
Verröhrung 133mm: 00 - 86,3m
89mm: 00 - 164,1m