

FREIBERGER
FORSCHUNGSHEFTE

C 156

GEOLOGIE

HANS-GÜNTHER THON

**Sedimentpetrographische Untersuchungen
zur Gliederung des Buntsandsteins
im südöstlichen Harzvorland**

FFH
C156
e



SCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE LEIPZIG

1963

C 156

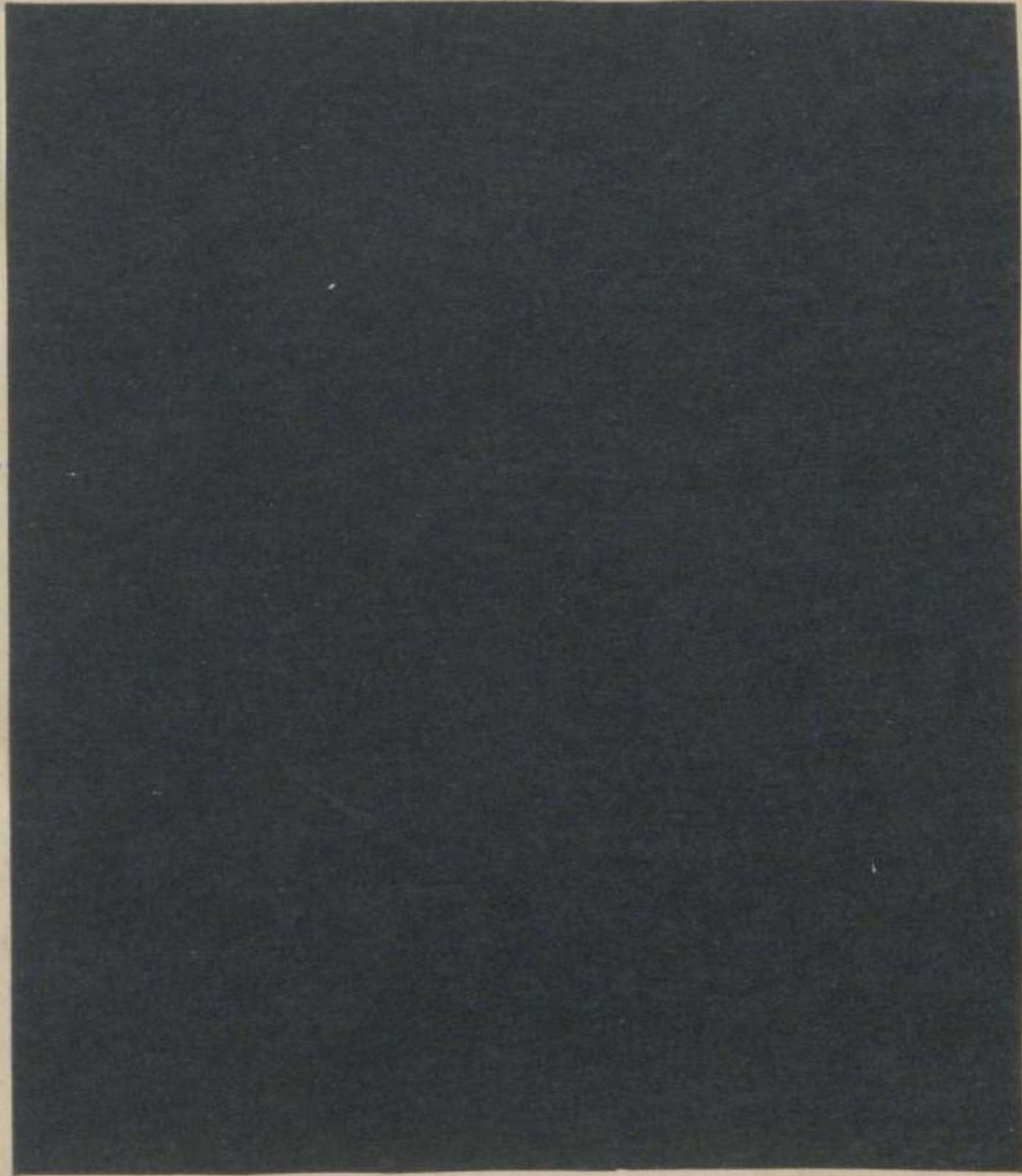
XVI 1142 e



TU BERGAKADEMIE FREIBERG



XVI 1142 . C 156 E 6



FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

C 156

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

C 156

GEOLOGIE

Sedimentpetrographische Untersuchungen zur Gliederung des Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland

Von

HANS-GÜNTHER THON



VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie · Leipzig

Freib. Forsch.-H.	C 156	Seite 1—84	16 Bilder	11 Anlagen	2 Taf.	3 Tab.	Leipzig April 1963
-------------------	-------	------------	-----------	------------	--------	--------	--------------------

Von der naturwissenschaftlichen Fakultät
der Bergakademie Freiberg
genehmigte Dissertation

Referent: Prof. Dr. phil. A. Watznauer
Korreferent: Prof. Dr. phil. W. Hoppe



M 1142 (156)
— e

Das Manuskript wurde der Redaktion am 24. 4. 1962 übergeben

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften. Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie, Prof. Dr.-Ing. Günther Hollweg. — Chefredakteur: Dr. rer. nat. M. Wolf, Freiberg/Sa. Klubhaus der Bergakademie, August-Bebel-Str. 5 (Fernruf 2497, Telex 0578535). — Verlag: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig W 31, Karl-Heine-Straße 27 (Fernruf 44441). — Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Redaktion der Bergakademie oder dem VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. — Vertrieb: in der Deutschen Demokratischen Republik durch den Buchhandel; in Westdeutschland durch den Buchhandel (Auslieferung KUNST UND WISSEN, Erich Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstraße 4–6); in Österreich durch den Globus-Buchvertrieb Wien I, Salzries 16; im übrigen Ausland durch eine Importbuchhandlung, den Deutschen Buch-Export und -Import, GmbH, Leipzig C 1, Postschließfach 276, oder den Verlag.
Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“ Bad Langensalza — Lizenz-Nr. VIN 152 — 915/201/63
Printed in Germany. — Alle Rechte vorbehalten. — ES 18 F 2

(63, 7706)

VORWORT

Die Arbeit entstand auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. A. Watznauer, aus dem Bedürfnis heraus, die schwierige stratigraphische Eingliederung verschiedener Schichtfolgen des Buntsandsteins durch Gewinnung von Kennwerten sedimentpetrographischer Art zu erleichtern. Die Mittel für die Bearbeitung des Themas wurden vom Staatssekretariat für das Hoch- und Fachschulwesen der Deutschen Demokratischen Republik über einen Forschungsauftrag zur Verfügung gestellt.

Ich bin Herrn Prof. Dr. A. Watznauer für seine ständige Anteilnahme an den zu lösenden Problemen und die fördernde Kritik zu außerordentlichem Dank verpflichtet. Besonderen Dank schulde ich Herrn Dr. Jung vom VEB Mansfeld-Kombinat „Wilhelm Pieck“, Eisleben. Er stellte die Bohrkerne der Tiefbohrungen Udersleben 10, Sangerhausen 74 und 109 sowie der Bohrung Burgsdorf 58 zur Verfügung. Die VVB Kali, Erfurt, überließ den Buntsandsteinkern der Bohrung Roßleben 2/59 zur Bearbeitung. Im Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre der Bergakademie gestattete der Direktor, Herr Prof. Dr. O. Oelsner, die Ausführung einiger Röntgengoniometeraufnahmen, wofür ihm herzlichst gedankt sei. Zu tiefstem Dank verpflichtet bin ich dem Direktor des 1. Physikalischen Instituts der Bergakademie, Herrn Prof. Dr. R. Liebold, und seinen Mitarbeitern für die Unterstützung beim Aufbau der zur Verfügung gestellten radiometrischen Apparatur.

Nicht zuletzt sei den Studierenden gedankt, die im Rahmen ihrer Ausbildung die oft sehr eintönigen Arbeitsgänge der Methodik stets mit großer Gewissenhaftigkeit ausführten und so wesentlich zum Fortschreiten der Untersuchungen beitrugen.

Die Zeichnungen und Fotokopien wurden im Geologischen Institut der Bergakademie nach Vorlagen und Aufnahmen des Verfassers hergestellt.

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

I N H A L T

1. Einleitung	9
2. Das Gebiet der bearbeiteten Bohrungen	10
3. Arbeitsmethodik	12
3.1. Probenahme	12
3.2. Schwermineraluntersuchungen	13
3.2.1. Schwermineraluntersuchungsgang	13
3.3. Leichtmineraluntersuchungen	16
3.4. Karbonatbestimmungen	16
3.5. Messung der natürlichen Radioaktivität	17
4. Die bisherige Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins	19
4.1. Unterer Buntsandstein	19
4.2. Die Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein	20
4.3. Mittlerer Buntsandstein	21
5. Die Ausbildung des Buntsandsteins in den einzelnen Bohrungen	23
5.1. Die Ausbildung des Unteren Buntsandsteins	23
5.1.1. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Udersleben 10 (U 10)	23
5.1.2. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Sangerhausen 74 (S 74)	25
5.1.3. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Sangerhausen 109 (S 109)	27
5.1.4. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Burgsdorf 58 (Bu 58)	30
5.1.5. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Roßleben 2/59 (R 2/59)	34
5.2. Die Ausbildung des Mittleren Buntsandsteins	35
5.2.1. Der Mittlere Buntsandstein der Bohrung Sangerhausen 74 (S 74)	36
5.2.2. Der Mittlere Buntsandstein der Bohrung Udersleben 10 (U 10)	38
5.2.3. Der Mittlere Buntsandstein der Bohrung Burgsdorf 58 (Bu 58)	40
6. Betrachtung der einzelnen Stufen, Unterstufen und Schichtfolgen unter Berücksichtigung zyklischer Erscheinungen	41
6.1. Der Untere Buntsandstein	41
6.1.1. Die Grenze Zechstein/Unterer Buntsandstein	41
6.1.2. Der Bröckelschiefer	42
6.1.3. Gliederungsprobleme des höheren Unteren Buntsandsteins über dem Bröckelschiefer	43
6.1.4. Die zweite Unterstufe des Unteren Buntsandsteins und ihre Untergliederung	44
6.1.5. Die dritte Unterstufe des Unteren Buntsandsteins (su 3)	46
6.1.5.1. Die Sandsteinfolge (su 3's)	46
6.1.5.2. Die Obere sandige Tonstein-(Schiefer)-Folge (su 3'ts)	47

6.2. Der Mittlere Buntsandstein	48
6.2.1. Zur Grenze Unterer Buntsandstein/Mittlerer Buntsandstein	48
6.2.2. Die Volpriehausener Gruppe (sm V)	49
6.2.2.1. Volpriehausener Sandstein (sm V's)	49
6.2.2.2. Volpriehausener Wechselfolge (sm V'st) und Hauptgervillienlager (sm V'st)	50
6.2.3. Die Detfurther Gruppe (sm D)	50
6.3. Zyklische Erscheinungen im Mittleren Buntsandstein	51
7. Zur Sedimentation des Buntsandsteins	51
7.1. Die Ablagerungsbedingungen	51
7.2. Zyklen und ihre Ursachen	54
8. Die Schwerminerale	57
8.1. Apatit	57
8.2. Granat	58
8.3. Turmalin	59
8.4. Zirkon	59
8.5. Rutil	60
8.6. Weitere Schwerminerale	61
8.6.1. Brookit	61
8.6.2. Anatas	61
8.6.3. Epidot, Korund, Disthen	61
8.6.4. Opake Minerale	61
9. Paläographie	62
10. Zusammenfassung	71
Literatur	74

Es ist zu einem dringenden Erfordernis geworden, die Gliederung des deutschen Buntsandsteines auf einer einheitlichen Grundlage aufzubauen. Bisher existieren im Buntsandstein — wie wohl nur in wenigen Formationsabteilungen — viele nach verschiedenen Gesichtspunkten aufgestellte regionale Gliederungen. *W. Hoppe* (1959, S. 4) mußte feststellen, daß „die Stratigraphie des Buntsandsteins sich in einem Zustand befindet, der nur als unbefriedigend bezeichnet werden kann“, und „der Buntsandstein, eine der vernachlässigten Formationen in Deutschland“ darstellte. Trotz der relativ spärlichen lithologischen Merkmale und des starken Fazieswechsels wurden in den letzten Jahren die Versuche immer zahlreicher, die auf eine möglichst weiträumige, gleichartige Gliederung hinzielten. Für diese können im wesentlichen nur petrographische Merkmale herangezogen werden. Auf *S. v. Bubnoffs* grundlegenden Ausführungen über die Sedimentationszyklen (*S. v. Bubnoff* 1948 und 1954) aufbauend, wurden in den letzten Jahren immer häufiger Ansichten über eine mögliche zyklische Gliederung des Buntsandsteins geäußert. So erkannte zum Beispiel für den Raum Südhannover *H. Boigk* (1957, S. 336) eine mehrfache Wiederholung gleichartiger oder ähnlicher Sedimente im Mittleren Buntsandstein. *G. Gunzert* (1958) führte eine zyklische Gliederung des Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies mit sechs Stufen konsequent durch und gibt damit entscheidende Anregungen zu einer allgemein gültigen Gliederung.

Auch im Buntsandsteingebiet am Westrand der Böhmisches Masse kann *W. A. Schnitzer* (1957, S. 113) einen fünffachen Hauptwechsel von grob und fein feststellen, der wegen der mehrere Meter messenden Mächtigkeit nicht auf jahreszeitliche Sedimentationsschwankungen zurückgeführt werden kann.

W. Hoppe (1959) gelingt der Versuch einer zyklischen Gliederung des Thüringischen Buntsandsteins, zumindest im Mittleren Buntsandstein.

W. Jung (1958) gliedert den Unteren Buntsandstein der Sangerhäuser Mulde in fünf Zonen und kann nachweisen, daß der Untere Buntsandstein südlich und westlich dieses Gebietes sowie in der Mansfelder und Edderitzer Mulde in ähnlicher Weise gegliedert werden kann.

Die Basispartien des Mittleren Buntsandsteins im Bereich der Meßtischblätter Allstedt, Artern, Sangerhausen und Ziegelroda werden von *W. Jung* (1959) nach den gleichen Prinzipien gegliedert, wie es *H. Boigk* (1957) für den Raum Südhannover gelang. *W. Jung* weist darauf hin, daß eine schwermineralanalytische Bearbeitung der beiden von ihm berücksichtigten Kernbohrungen Udersleben 10 und Sangerhausen 74 von *H. Thon* durchgeführt werden würde. Die in Aussicht genommenen Arbeiten sollten Anhaltspunkte und Kennwerte einer anderen Methodik für die Einstufung der Schichten liefern.

Im Rahmen dieser Aufgabe kamen später Kerne von drei weiteren Tiefbohrungen hinzu, die allerdings im wesentlichen den Unteren Buntsandstein erfaßt hatten.

J. Dockter und *P. Puff* (1959) nahmen zu *W. Jungs* Gliederung des Unteren Buntsandsteins und der Basispartien des Mittleren Buntsandsteins Stellung, wobei die Einstufung der letzteren umgestellt wurde. Es erwies sich somit als dringend notwendig, Kennwerte oder Anhaltspunkte für eine Präzisierung der Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein zu finden.

Es sollte zunächst festgestellt werden, ob die Schwermineralführung und die Intensität der γ -Strahlung die zyklische Ablagerung der Sedimente des Mittleren Buntsandsteins widerspiegelt. Diese Untersuchungen waren auf den Unteren Buntsandstein zu erweitern. Besonderer Wert wurde dabei auf die Auswertung der γ -Strahlung gelegt, da sie in der Praxis relativ leicht zu messen ist.

Weiterhin sollten Fragen nach den Herkunftsgebieten der Schwerminerale geklärt werden.

2. Das Gebiet der bearbeiteten Bohrungen

Die vom VEB Mansfeld-Kombinat „Wilhelm Pieck“ durch Herrn Dr. *Jung* und von der VVB Kali zur Verfügung gestellten Kernbohrungen begrenzten das Arbeitsgebiet. Sie waren an folgenden Orten angesetzt: Udersleben 10 stand 2,5 km südsüdwestlich Reinsdorf auf Blatt Artern (*E. Kayser* 1884a), Sangerhausen 74 und 109 auf dem östlichen Nachbarblatt Ziegelroda (*W. Dames* 1882). Sangerhausen 47 bohrte am Nordrand des Kartenblattes 3 km östlich von Allstedt, Blatt Riestedt (*O. Speyer* 1882a) an der Straße nach Querfurt. Sangerhausen 109 wurde am westlichen Dorfausgang von Ziegelroda niedergebracht. Der von der VVB Kali zur Verfügung gestellte Buntsandsteinbohrkern stammte von der Bohrung Roßleben 2/59, die auf dem südöstlich anschließenden Kartenblatt Bibra (*O. Speyer* 1882 b) am Westrand des Ortes Tröbsdorf abgeteuft wurde. Standen diese vier Bohrungen am SO-Rand des Sangerhäuser Raumes und südöstlich der Hornburger Tiefenstörung, so wurde die Bohrung Burgsdorf 58 vom Mansfeld-Kombinat im nördlichen Teil der Mansfelder Mulde bei Augsdorf, Blatt Gerbstedt (*E. Kayser* 1884 b) niedergebracht (s. Abb. 1).

Die Bohrungen Udersleben 10 und Sangerhausen 74 erfaßten die Obere Schiefertonzone (su 5) und die Basispartien des Mittleren Buntsandsteins bis zum Detfurther Sandstein (sm D's) (*W. Jung* 1959). Die Bohrung Sangerhausen 109 durchteufte rund 300 m des Mittleren Buntsandsteins, doch standen mir nur wenige Meter dieses Bohrkernteiles zur Verfügung. Der Kern des Unteren Buntsandsteins wurde bis zum Zechstein sichergestellt. Die Bohrung Roßleben 2/59, bei Tröbsdorf im Mittleren Buntsandstein angesetzt, kernte vom Bohrmeter 450 an abwärts. Nach einer Mitteilung von Herrn Dr. *Jung* beginnt der Kern mit Teilen der Unteren Schiefertonzone (*W. Jung* 1958) und reicht bis zum Bröckelschiefer hinab. Die Bohrung Burgsdorf 58 aus dem nördlichen Teil der Mansfelder Mulde wurde von Dr. *Jung* (freundliche schriftliche Mitteilung) nach der Bohrkernauf-

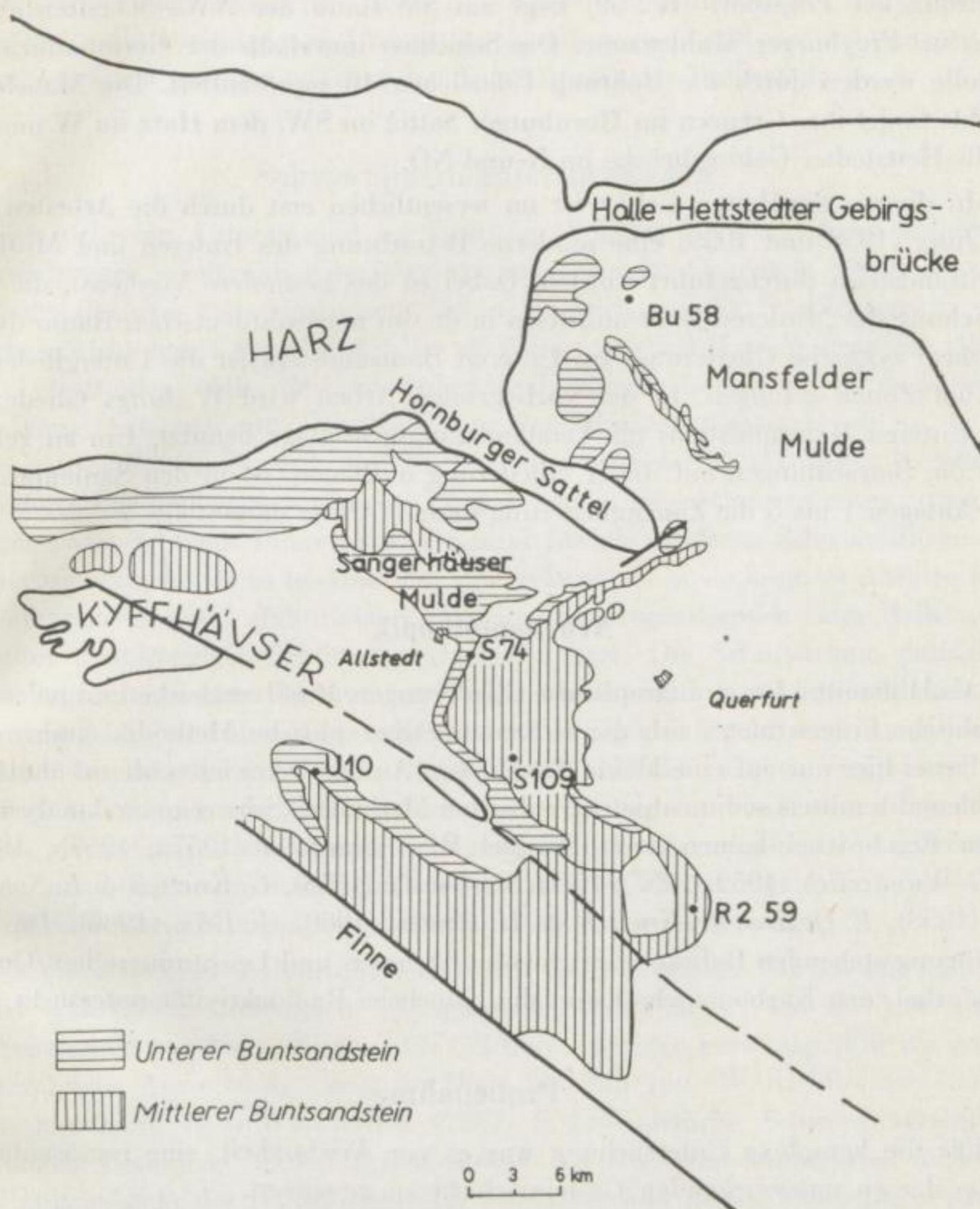


Abb. 1. Lage der Kernbohrungen im Untersuchungsgebiet

nahme gegliedert. Die erbohrten Kerne reichen vom Detfurther Sandstein (sm D's) bis zum Bröckelschiefer (su 1).

Die untersuchten Schichten gehören zu dem Buntsandsteinstreifen der in NW-SO-Richtung am Nordrand des Thüringer Beckens und zwischen der Hermundurischen Scholle und dem Harz entlang zieht und im W in das ausgedehnte Buntsandsteingebiet von Nordhessen und Südhannover übergeht. In engerer regional-tektonischer Hinsicht gehören die erbohrten Schichten den nachfolgend erwähnten Einheiten an: der Sangerhäuser Mulde, die durch den Harz und den Hornburger Sattel im N und die Hornburger Tiefenstörung im SO und die Hermundurische Scholle mit dem Kyffhäuser im SW begrenzt ist (s. Abb. 1); weiterhin wird das Ziegelrodaer Buntsandsteinplateau bis weit nach SO hin erfaßt. Die

Bohrung bei Tröpsdorf (R 2/59) liegt am SW-Rand der NW—SO streichenden Querfurt-Freyburger Muldenzone. Die Schichten innerhalb der Hermundurischen Scholle werden durch die Bohrung Udersleben 10 repräsentiert. Die Mansfelder Mulde findet ihre Grenzen im Hornburger Sattel im SW, dem Harz im W und der Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke im N- und NO.

In diesem erwähnten Gebiet ist im wesentlichen erst durch die Arbeiten von *W. Jung* (1958 und 1959) eine moderne Betrachtung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins durchgeführt worden. Dabei ist das besondere Verdienst, die Einbeziehung des Mittleren Buntsandsteins in die im nordwestdeutschen Raum durchgeführte zyklische Gliederung. Im Unteren Buntsandstein ist die Untergliederung in fünf Zonen gelungen. In der vorliegenden Arbeit wird *W. Jungs* Gliederung des Unteren Buntsandsteins als Verständigungsgrundlage benutzt. Um zu zeigen, daß die Betrachtungen auf dieser Gliederung aufbauen, ist in den Säulenprofilen der Anlagen 1 bis 5 die Zonengliederung nach *W. Jung* dargestellt.

3. Arbeitsmethodik

Als Hilfsmittel für stratigraphische Gliederungen, Profilvergleiche und paläogeographische Fragen bietet sich die sediment-petrographische Methodik eindringlich an. Es sei hier nur auf eine kleine Anzahl von Autoren verwiesen, die in ähnlicher Problematik mittels sedimentpetrographischer Methoden (Schwermineralanalyse) zu guten Ergebnissen kamen, zum Beispiel *W. A. Schnitzer* (1957a, 1957b, 1960), *H. G. Wunderlich* (1952, 1957), *K.-H. Sindowski* (1958), *G. Knetsch & E. Sprengler* (1958), *E. Degens, G. Knetsch & H. Reuter* (1960), *F. Brix* (1960). Die zur Verfügung stehenden Bohrkerne wurden auf Schwer- und Leichtmineralien (Quarkornfarbe), den Karbonatgehalt und die natürliche Radioaktivität untersucht.

3.1. Probenahme

Für die komplexe Untersuchung war es von Wichtigkeit, eine repräsentative Probe der zu untersuchenden Gesteinsschicht zu gewinnen.

Die Bohrkerne wurden sorgfältig von Spülungsresten gesäubert. Nach Möglichkeit ist das nicht verunreinigte Kerninnere und nur Material aus einer petrographisch einwandfreien Schicht zu einer Durchschnittprobe vereinigt worden. Bei den Wechsellagerungen der geringmächtigen Schiefertone und Tonsteine mit dünnen Feinsandanlagen wurde auf eine sorgfältige Entnahme einwandfreier Durchschnittpuben geachtet, um die Ergebnisse von Schwankungen der Mineralanteile, wie sie durch verschiedene Sedimentationsbedingungen, Korngrößenabhängigkeit (*W. Schnitzer* 1957b, *G. u. H. Ludwig* 1953) hervorgerufen werden, freizuhalten. Es wurde im allgemeinen darauf gesehen, daß Proben aus deutlich erkennbaren Einheiten gewonnen wurden. Schwierigkeiten entstanden dabei durch die oft recht hohen Kernverluste. Hier liegt ein Unsicherheitsfaktor der Bearbeitung, doch ist versucht worden, die Horizontierung so gut als möglich vorzunehmen und Fehlerquellen nach Möglichkeit auszuschalten.

Die Probemenge betrug ca. 1,5 bis 2 kg. Diese Menge reichte aus, um genügend Material für die verschiedenen Untersuchungsreihen zur Verfügung zu stellen, und garantierte einen genügend gesicherten Durchschnitt der Probestelle.

3.2. Schwermineraluntersuchungen

Von mehreren Autoren sind zur Klärung ähnlicher Probleme Schwermineraluntersuchungen erfolgreich eingesetzt worden. Dazu im Gegensatz stehen schwermineralanalytische Untersuchungen, die in Hinblick auf die Parallelisierung von Schichten nicht zum Erfolg führten. So muß zum Beispiel *H. G. Wunderlich* (1957, S. 123) feststellen, daß im nordhessisch-südhannoverschen Buntsandstein selbst über kurze Distanzen eine Parallelisierung der Schichten nicht möglich ist, da die Schwermineralführung sich in der Horizontalen weit stärker als in der Vertikalen verändert. Für paläogeographische Fragen waren Schwermineraluntersuchungen trotzdem von größtem Interesse. Der Grund für die größeren Schwankungen des Schwermineralgehaltes in horizontaler Erstreckung als in senkrechter Abfolge liegt in Südhannover darin, daß dieses Gebiet im Konvergenzbereich einer Reihe von einander unabhängiger Schüttungsrichtungen liegt. Die Schuttströme enthielten jeweils ganz bestimmte Schwermineralassoziationen und ihre Lage wie auch ihr Ursprungsgebiet war über längere Zeiträume hinweg gleich geblieben. Aus gleichen Gründen bemerkt *W. A. Schnitzer* (1960, S. 40), daß ein genaues Vergleichen von Profilen auf Grund von Schwermineralanalysen nur innerhalb eines Sedimentfächers, das heißt innerhalb einer Schwermineralprovinz möglich ist. Andererseits stehen im südhannoverschen Gebiet die Arbeiten *W. Plessmanns* (1957) den *Wunderlichschen* Betrachtungen mit positiven Ergebnissen gegenüber.

Da die bearbeiteten Bohrungen in einem Gebiet standen, für das zunächst ein relativ einheitliches Liefergebiet angenommen werden durfte, war die Anwendung der Schwermineraluntersuchungen für Gliederungsfragen berechtigt. Für die paläogeographische Auswertung stand ihr Wert ohnehin fest (*W. A. Schnitzer* 1957b). Weiterhin hatte *H. G. Wunderlich* (1957, S. 124) örtliche Schwermineraluntersuchungen, besonders in den Randbezirken des Buntsandsteinbeckens, angeregt. Im Buntsandstein des südöstlichen Harzvorlandes und dessen südöstlicher Erweiterung über die Hornburger Tiefenstörung hinweg fehlten Schwermineraluntersuchungen. *H. G. Wunderlich* (1957) mußte Analysen aus dem Porphyrkonglomerat heranziehen, um das paläogeographische Bild zu rekonstruieren. Ob die aus dem Rotliegenden interpolierten Verhältnisse auch im Buntsandstein gelten, sollte mit diesen Untersuchungen überprüft werden.

3.2.1. Schwermineraluntersuchungsgang

Das im allgemeinen sehr feinkörnige Material wurde unter einer hydraulischen Presse etwas vorzerkleinert. Damit sollte für die weitere Aufbereitung eine günstigste Ausgangsgröße der Gesteinsstücken geschaffen werden. Von einem vollständigen Zerdrücken des Materials mußte abgesehen werden, da Testversuche eine Zertrümmerung von zu vielen Einzelkörnern aufwiesen und somit eine Verzer-

rung des Körnungsbildes entstanden wäre. Die weitere Herauslösung des Einzelkornes aus dem Verband gelang durch beharrliche Wiederholung der Sprengung mit Glaubersalz. Besonders tonige Partien konnten durch Aufkochen mit Wasserstoffsuperoxyd gelockert werden. Um den Kornverband völlig zu lösen, machte sich oft ein sehr zeitraubendes, vorsichtiges Zerstoßen des Materials im Holzmörser notwendig. Auf eine Lockerung des Gefüges mittels Säuren (G. u. H. Ludwig 1953, S. 432, 1955, S. 5) wurde verzichtet, da schon eine kurze Behandlung mit Säuren den Apatitanteil des Schwermineralspektrums zerstört (W. A. Schnitzer 1957b, S. 16). Jeweils 100 g einer Probe wurden auf Siebsätzen nach DIN 4188 gesiebt. Es fanden Siebe mit folgender lichter Maschenweite Verwendung: 0,315, 0,2, 0,1, 0,063, 0,04 mm. Bei gröberem Sandsteinen wurde das Sieb 0,04 mm nicht benutzt. Bei den sehr feinen Schiefertönen hat sich ein Nachsieben mit diesem Sieb bewährt, da die Schlämmanalyse, wie sich bei mikroskopischer Überprüfung zeigte, die Schwerminerale verschiedener Korndurchmesser vereinigt, deren Größe mit den zu gleicher Zeit gewonnenen Leichtmineralien nicht übereinstimmt. Es findet sich im gewonnenen Gut auch verhältnismäßig viel Fehlkorn. Es ergibt sich somit neben der größeren Genauigkeit auch eine wesentliche Zeitersparnis, da die Schlämmanalyse für größere Serien sehr zeitraubend ist. Die Trennung in Kornfraktionen ist notwendig (abgesehen von der Korngrößenanalyse), weil sich die Schwerminerale in den einzelnen Fraktionen in verschieden großen Mengen ansammeln. Besonders in den feineren Fraktionen findet eine Anreicherung statt (R. Weyl 1937 und 1952, K.-H. Sindowski 1938a und 1938b, W. Richter 1939, 1940). Die verschiedenen Korngrößengruppen eines Sedimentes führen verschiedenartige Schwermineralgesellschaften (W. A. Schnitzer 1960, S. 39 und 1957b S. 15), was durch Vorversuche im allgemeinen bis auf eine Bohrung festgestellt wurde. Um eine gegenseitige Vergleichbarkeit zu ermöglichen, auch infolge der Abhängigkeit der Häufigkeit der Schwerminerale von der Korngröße, werden von vielen Bearbeitern die gleichen Korngrößenintervalle untersucht. Vielfach ist die Fraktion 0,2–0,1 mm verwendet worden (R. Weyl 1938, K.-H. Sindowski 1938b, 1939; W. Richter 1939). Doch fanden, den jeweiligen Verhältnissen angepaßt, vielfach auch andere Intervalle Verwendung. Mehrere Kornfraktionen zu untersuchen, wie W. Richter (1939) vorschlägt, ist außerordentlich zeitraubend, so daß diese wohl genaueste Methode nur bei einigen Probenreihen in dieser Arbeit durchgeführt werden konnte. Da ein großer Teil der zu untersuchenden Proben aus sehr feinkörnigem Material bestand, in dem Korngrößen über 0,1 mm Durchmesser nur in geringem Maße oder überhaupt nicht vorkamen, schieden Fraktionen über dieser Korngröße aus. Die nächst kleinere Fraktion 0,1–0,063 mm erwies sich als an typischen Schwermineralien genügend reich. Ein ungünstiges Ansteigen oder Abnehmen einzelner Schwerminerale, zum Beispiel Zirkon (W. A. Schnitzer 1957b, S. 17) konnte nicht beobachtet werden. Somit lag der zu untersuchende Kornbereich fest, denn bei der Gewinnung von Schwermineralien aus der Fraktion 0,04–0,063 mm treten erhebliche Schwierigkeiten auf, und die sichere optische Bestimmung der Minerale setzt hochleistungsfähige Mikroskope voraus. Nur zu Vergleichszwecken ist diese Fraktion in drei Bohrungen auf Schwermineralien durchgezählt worden.

Die Schwerminerale mußten in Zentrifugen abgetrennt werden. Versuche, die Trennung in Scheidetrichtern vorzunehmen, waren infolge der kleinen Korngrößen negativ ausgefallen. Schon 1942 forderte *C. W. Correns* in diesem Kornbereich den Einsatz von Zentrifugen. Als Trennungsfüssigkeit wurde Tetrabromäthan verwendet. Sorgfältige Messungen nach verschiedenen Methoden ergaben im allgemeinen Dichtewerte zwischen 2,85 und 2,9. Die Zentrifugenlaufzeit war mit zweimal 8 Minuten festgelegt worden. Es hatte sich als zweckmäßig erwiesen, das eingebrachte Material zwischendurch einmal kurz umzurühren. Wir benutzten Zentrifugen der Firma Janetzki, Leipzig, Typ 13 mit 4 Trennbehältern zu je 75 m³ Inhalt. Nachdem verschiedene Formen von Glaseinsätzen für die Abtrennung ausprobiert waren, und auch die von *C. W. Correns* (1933, S. 205) vorgeschlagenen Hülsen aus Celluloseacetat sich nicht bewährten, wurden Glaseinsätze entwickelt, die ein rasches und sauberes Arbeiten ermöglichten (Abb. 2).

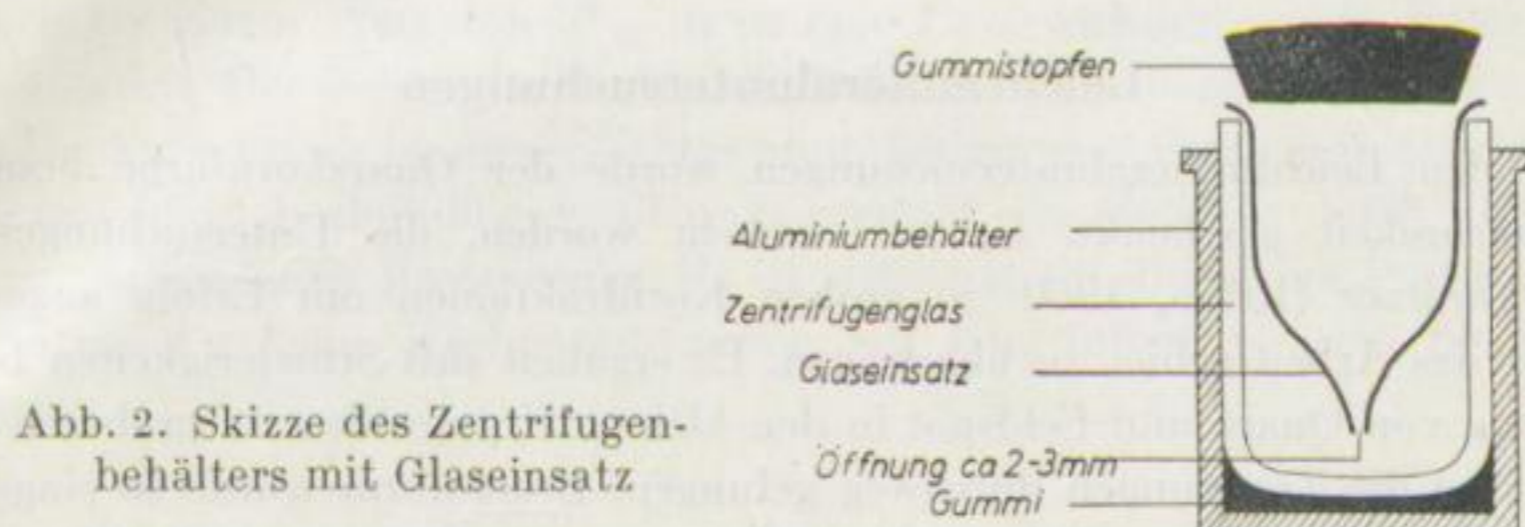


Abb. 2. Skizze des Zentrifugenbehälters mit Glaseinsatz

Ein trichterförmiger Einsatz im eigentlichen Trenngefäß enthält eine nur 2 bis 3 mm große Öffnung an seinem spitz zulaufenden unteren Teil. Die große obere Öffnung kann durch einen gut sitzenden Gummistopfen verschlossen werden. In dem mit Schwereflüssigkeit gefüllten Gefäß sinken die Schwerminerale durch die kleine Öffnung des Glaseinsatzes hindurch. Der nach Beendigung des Zentrifugierens verschlossene Glaseinsatz kann aus dem Zentrifugenglas herausgenommen werden, ohne daß die Schwereflüssigkeit und die auf ihr schwimmenden Leichtminerale abfließen können. Die Schwerminerale werden über Filter getrennt und wie alle von der Schwereflüssigkeit zu säubernden Gegenstände mit Methanol gewaschen. Die Rückgewinnung des teuren Tetrabromäthans geschieht durch nachfolgendes Ausschütteln der Methanolwaschflüssigkeit mit dest. Wasser. Über einen Scheidetrichter kann die sich hierbei ausscheidende Schwereflüssigkeit abgezogen werden. Die Dichte des wiedergewonnenen Tetrabromäthans war der Ausgangsdichte nahezu gleich.

Die von *C. W. Correns* (1933) beschriebene Methode des Einfrierens von Bromoform bietet eine außergewöhnlich gute Trennungsmöglichkeit. Im Seriengebrauch hat sie sich als etwas unhandlich erwiesen. Da Tetrabromäthan des hohen Glimmeranteiles wegen zur Trennung besser geeignet war, aber nicht rationell zum Einfrieren gebracht werden konnte, mußte auf diese Methode bei den Serienuntersuchungen verzichtet werden.

Der größte Teil der abgetrennten Schwerminerale war mit Eisenhydroxydkrusten überzogen, so daß nur in wenigen Fällen eine sofortige Untersuchung der

gewonnenen Minerale möglich gewesen wäre. Es mußte noch eine 10 Minuten dauernde Behandlung mit einer Lösung von Oxalsäure und Ammonoxalat (*H. Freund* 1955, S. 707) angeschlossen werden. Die Krusten ließen sich auf diese Art einwandfrei beseitigen. Obwohl eine Kontrolle der Beeinflussung von Apatit sehr schwierig war, infolge der vorherigen Undurchsichtigkeit, fanden sich keine Anzeichen, die auf wesentliche Auflösungserscheinungen deuteten.

Zur mikroskopischen Bestimmung eigneten sich bestens, mittels einer 0,2 bis 0,3%igen Gelatinelösung hergestellte Streupräparate (*W. H. Fairbairn* 1923, *H. Schumann* 1951, *G. u. H. Ludwig* 1955, u. a.). Da die Körner nur angeheftet sind und der größte Teil des Kornes aus der Gelatineschicht herausragt, ist ein einwandfreies Bestimmen der Lichtbrechung mit Hilfe verschiedener Brechungsflüssigkeiten möglich. Etwa 500 Körner sind in den einzelnen Präparaten jeweils ausgezählt worden.

3.3. Leichtmineraluntersuchungen

Bei den Leichtmineraluntersuchungen wurde der Quarzkornfarbe besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Es ist versucht worden, die Untersuchungen, die *W. A. Schnitzer* (1957a, 1960) in groben Kornfraktionen mit Erfolg angewandt hat, auf das Arbeitsgebiet zu übertragen. Es ergaben sich Schwierigkeiten bei der Trennung von Quarz und Feldspat in den kleinen Korngrößen. In gröberen Fraktionen sind die Trennungen durchweg gelungen. Bromoform wurde so eingestellt, daß der Quarz oder der Orthoklas schwammen. Im allgemeinen mußte versucht werden, die Trennflüssigkeit schwerer als den Quarz zu erhalten, da Plagioklase, Glimmer und die Schwerminerale in reichlicher Menge vorhanden waren. Das Farbbild wurde durch die Beimengungen oft gestört, so daß eine sinnvolle farbliche Auswertung unmöglich wurde. Auch Behandlungen der gewonnenen Quarze mit Salzsäure, um Krusten zu entfernen, führten nur teilweise zu Ergebnissen.

Der Abrollungsgrad der Quarzkörner wurde nach einer Methode von *K. Eissele* (1957) bestimmt. Es werden fünf Abrundungsgruppen ausgeschieden, aus deren Ergebnissen ein Rundungsfaktor bestimmt wird. Nach Bearbeitung einiger Versuchsproben konnten die Ergebnisse der Bestimmung als zufriedenstellend angesehen werden. Doch zeigten die kleinen Korngrößen eine derartige Gleichartigkeit, daß keine auswertbaren Unterschiede festgestellt werden konnten.

3.4. Karbonatbestimmungen

Bei verschiedenen Bearbeitungen von Sedimentgesteinen hat sich gezeigt, daß der Kalkgehalt manchmal regelmäßigen Veränderungen unterliegt. Am Abschluß größerer Zyklen konnte häufig ein Ansteigen bemerkt werden (*H. Boigk* 1957a, S. 336). Daher wurde auf eine Bestimmung des Kalkgehaltes nicht verzichtet. Für schnelle Serienbestimmungen empfehlen sich Kohlendioxyd-Bestimmungsapparate nach *Scheibler* (*R. Fabry* 1950, S. 113) oder *Passon* (*V. Jenny & F. de Quervain* 1960, S. 59). Durch Verwendung etwas schmalerer Meßröhren als in den Originalgeräten wurde eine größere Ablesegenauigkeit erreicht. In den CO₂-Entwicklungsraum wird eine lufttrockene Probe eingebracht, die mit genügend Salzsäure über-

gossen wird. Die Menge des sich entwickelnden CO_2 wird mittels einer Sperrflüssigkeit (gesättigte Kochsalzlösung) gemessen. Temperatur und Luftdruckschwankungen müssen berücksichtigt werden. Nach Vorversuchen erwies sich eine Arbeitsmethodik nach *V. Jenny & F. de Quervain* als die günstigste. Die einzubringende Menge des Probematerials richtete sich nach dem Karbonatgehalt, der durch eine einfache Salzsäureprüfung abgeschätzt wurde. Wird die Analysenprobe sehr fein gepulvert in das Gerät eingebracht, so ist die Zersetzung des Kalkspates in ca. 1 Minute beendet. Erst nach einer kurzen Pause beginnt dann im allgemeinen die Dolomitzersetzung. Es ist somit möglich, eine Trennung des Kalkspat- und Dolomitgehaltes vorzunehmen. Die Gasentwicklung aus dem Dolomitanteil kann bis zu einer Stunde andauern. Aus Zeitgründen wurden die Messungen nach 30 Minuten abgebrochen. Danach ist nur noch in wenigen Fällen ein Ansteigen der Gasmenge zu beobachten gewesen. Liegt der Kalk- und Dolomitgehalt gemeinsam unter einem Wert von 3%, so ist eine Unterscheidung nach dieser Methode unmöglich. Der Fehler für Kalk und Dolomit allein liegt bei 1%. Für die vorgesehene Auswertung ist dieser Fehler ohne Bedeutung. Einen nur überblicksmäßigen und leicht beeinflussbaren Charakter erhält die Methode durch die sehr geringe zu verwendende Probemenge. Es ist schwierig, in die kleine Probemenge von höchstens 1 g keine Karbonatstückchen aus Kluffüllungen usw. hineinzubekommen.

3.5. Messung der natürlichen Radioaktivität

Die Frage, ob Strahlungsintensitäten konstant in stratigraphischen Horizonten über größere Entfernungen aushalten oder sich im Profil Schwankungen zeigen und ob solche Schwankungen diagnostisch verwertbar sind, konnte von *G. Knetsch & E. Spengler* (1958) zum Teil positiv beantwortet werden. Ebenfalls zu deutbaren Ergebnissen führten weitere Arbeiten von *E. Degens, G. Knetsch & H. Reuter* (1960), *G. Knetsch, E. Degens, D. Welte & Reuter* (1960). Es bestand somit die Aussicht, mit dieser Methode ebenfalls Erfolge zu erzielen. *Von Chang I-I* (1959) wurden Vorarbeiten in Hinsicht auf die Verwendungsmöglichkeit der Apparatur geleistet. Weitere Vorversuche zur Feststellung der Abhängigkeit der Zählrate von der Einwaage ergaben mit 300 g die günstigste Probemenge. Ein Korngrößenbereich von 0,8 bis 1,25 mm war als günstigster Wert der Abhängigkeit der Zählrate von der Korngröße bestimmt worden. Das Probematerial wurde unter einer 2,5-t-Pressen zerdrückt und die entsprechende Korngröße abgesiebt.

Gemessen wurde mit einem Strahlungsmeßplatz vom Typ VA-G-20A des VEB Vakutronik, Dresden. Als Meßkopf diente ein Universal-Szintillationszählkopf vom Typ VA-S-961 mit einem Natriumjodid(Thallium)-Kristall (Nr. 171) des VEB Carl Zeiss, Jena, und dem Sekundär-Elektronen-Vervielfacher (SEV) vom Typ M 12 FS Nr. 32416. Zwischen den Meßkopf und den Strahlungsmeßplatz ist ein Breitbandlinearverstärker vom Typ VA-V-82 des VEB Vakutronik geschaltet worden (s. Abb. 3). Die Probe ist in einem runden Aluminiumtopf von 2,5 mm Wanddicke mit dem Durchmesser des senkrecht stehenden Meßkopfes auf diesen aufgesetzt worden (Abb. 4).

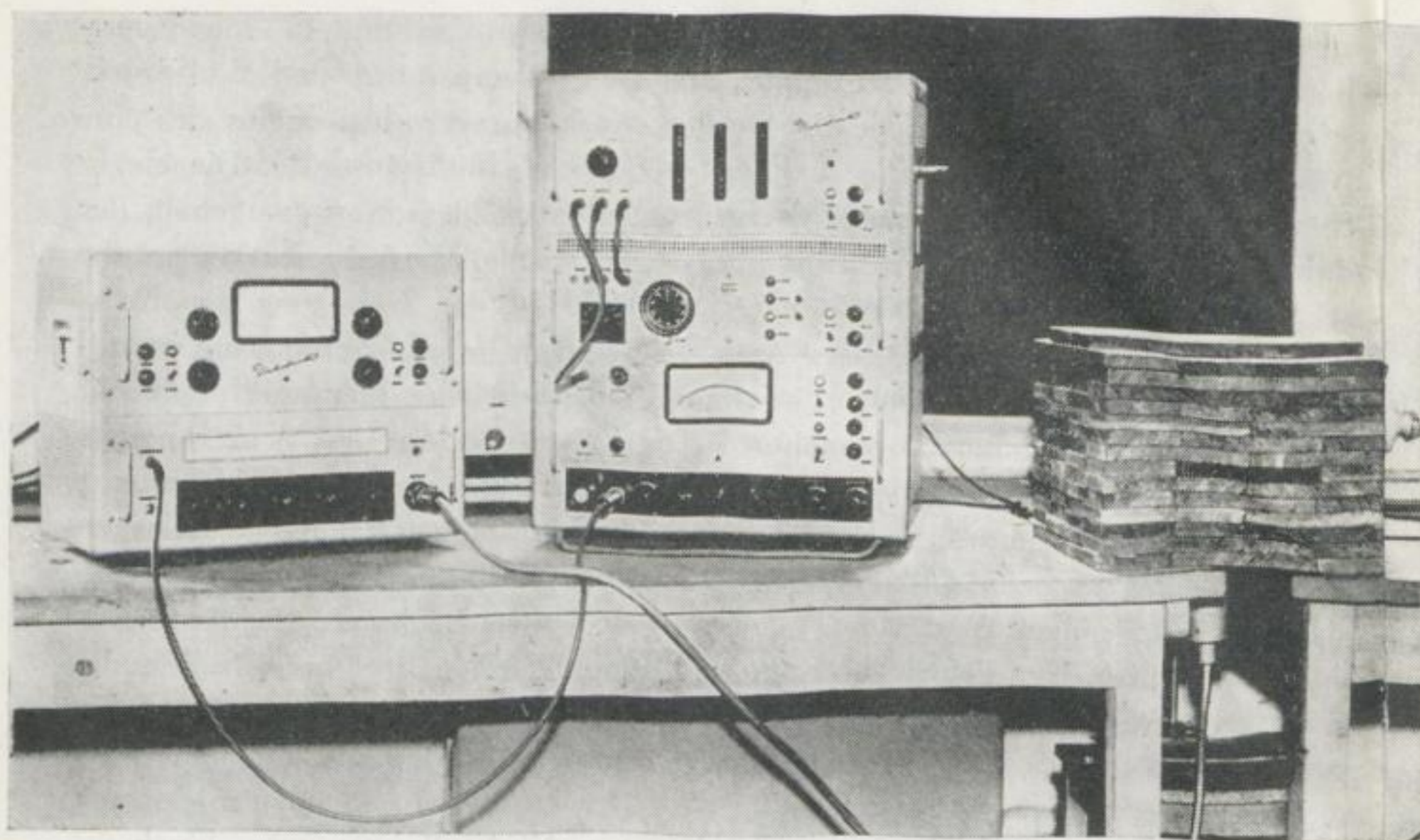
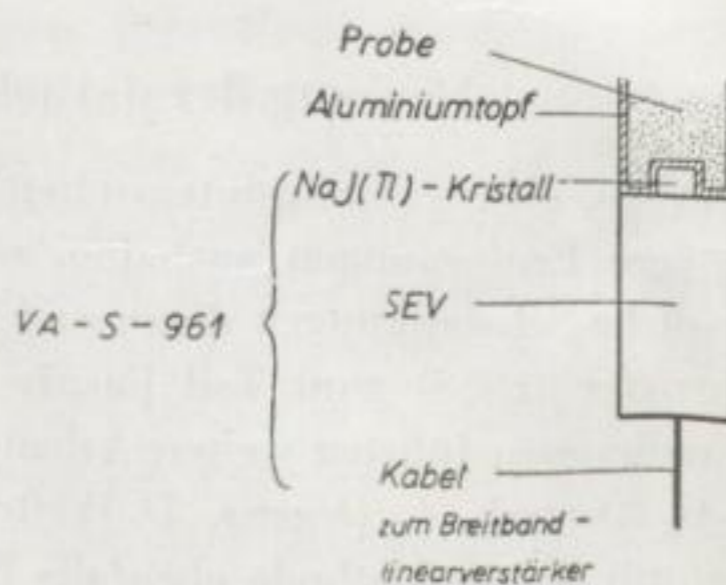


Abb. 3. Strahlungsmeßplatz mit Bleikammer und Breitbandlinearverstärker

Abb. 4. Skizze des Meßkopfes
mit dem aufgesetzten
Probebehälter



Meßkopf und Probebehälter wurden durch eine 10 cm dicke Bleiwand nach allen Seiten abgeschirmt.

Infolge der Anordnung handelte es sich bei der Messung im allgemeinen um ein Registrieren der γ -Strahlung.

Aus zahlreichen Vorversuchen ergaben sich folgende günstige Arbeitsbedingungen:

Diskriminatorspannung	$U_A = 10 \text{ V}$
Arbeitsspannung des Sekundär-Elektronen-Vervielfachers	$U_D = 1500 \text{ V}$
Zeitkonstante	$T_1 = 25 \mu\text{s}$
Zeitkonstante	$T_2 = 1 \mu\text{s}$
Meßzeit	$T = 10 \text{ min}$

Nach ca. 5 bis 7 Messungen wurde der Nulleffekt durch eine 20 Minuten andauernde Messung neu bestimmt.

In den Anlagen 1 bis 5 ist die wahre Zählrate mit Z_w bezeichnet.

4. Die bisherige Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins

4.1. Unterer Buntsandstein

In Erstaufnahmen der Kartenblätter Artern, Riestedt, Ziegelroda, Bibra, Gerbstedt u. a. Kartenblättern des Arbeitsgebietes befaßten sich die Bearbeiter nur kurz mit dem Buntsandstein. Für den Unteren Buntsandstein werden stets als besondere Merkmale die Rogensteinhorizonte hervorgehoben und im einzelnen auskartiert. So beschreibt *O. Speyer* (1882a) auf Blatt Riestedt fünf Rogensteinzonen, von denen die beiden oberen als die mächtigsten hervorgehoben werden. Eingehendere stratigraphische Untersuchungen folgten im Raum Allstedt mit einer Arbeit von *A. Gatzke* (1956), der drei Zonen ausscheidet, die er als „Zone der Bröckelschiefer (su 1)“, „Untere Schiefer-tonzone (su 2)“ und „Obere Schiefer-tonzone (su 3)“ bezeichnet. Auch hier wurde besonderer Wert auf die Auskartierung von Rogensteinhorizonten gelegt. *H. Kießling* (1957) gliedert den Unteren Buntsandstein in sieben Abschnitte. Aus dem Nachbargebiet, der Mansfelder Mulde, ist eine Gliederung nach *E. Picard* (1909) bekannt, der folgende vier Horizonte ausgeschieden hat:

Obere Schieferletten (su 2)	119—139 m
Obere Bröckeltone (su β)	97—143 m
Untere Schieferletten (su 1)	19— 59 m
Untere Bröckeltone (su α)	29— 56 m

Bei der Neuaufnahme des Kartenblattes Eisleben durch *E. Fulda & P. Hülsemann* (1930) wurden die beiden unteren Horizonte zu einem Horizont zusammengefaßt, so daß drei Abteilungen auseinandergehalten wurden:

Bunte Schieferletten mit Estherien (su 2 O)	70 m
Bröckelton mit Rogensteinen (su 2 U)	125 m
Bröckelton und sandige Lagen ohne Rogenstein (su 1)	130 m

E. Kayser (1884a) hat auf Blatt Gerbstedt keine Aufgliederung des Unteren Buntsandsteins vorgenommen. Er weist auf zahlreiche mehr oder minder dicke Bänke von Rogenstein hin, die in größerer Anzahl übereinander auftreten. Die oberste dieser Zonen besteht im Gegensatz zu den unteren aus einem grauen, gelblichen dichten, porösen und feinkörnigen, dolomitischen Kalkstein. In Nähe der Grenze gegen den Mittleren Buntsandstein gehen die sonst roten, tonigen Schieferletten in sandigere, graugefärbte über, in denen häufig Estherien gefunden worden sind. Aus dem Gebiet der Kartenblätter Artern, Ziegelroda und Bibra sind keine eingehenderen Beschreibungen als aus den Erläuterungen der geologischen Karten bekannt.

Für den Gesamtbereich des Unteren Buntsandsteins am Nordrand des Thüringer Beckens im Helme- und Wippergebiet hielt *W. Hoppe* (1959) die Kenntnis dieser Schichten „für völlig unbefriedigend“. Zur Einstufung verweist er auf die Erläuterungen der Blätter Nordhausen Nord und Ellrich (*W. Schricl* 1935, S. 19), in denen folgende Gliederung mit genauer Beschreibung vorgelegt wird:

Oberer Kalksandsteinhorizont
 Oberer Lettenhorizont
 Unterer Kalksandsteinhorizont
 Unterer Lettenhorizont

Schriel bemerkt, daß erst weiter östlich die Rogensteine auftreten, die in diesem Gebiet durch die Kalksandsteine vertreten werden.

Eine Wende in die Versuche zur Gliederung des Unteren Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland brachte eine umfassende Betrachtung von *W. Jung* (1958). Aufbauend auf einer großen Anzahl von Untersuchungsbohrungen mit Meißelproben und mehreren Schacht- und Bohrkernprofilen, kann *W. Jung* eine Untergliederung des Unteren Buntsandsteins im Raum Sangerhausen—Allstedt in fünf Zonen vornehmen:

Obere Schiefertonzone (su 5)	30— 60 m
Rogensteinzone (su 4)	15— 30 m
Untere Schiefertone (su 3)	80—120 m
Sandsteinschiefertonzone (su 2)	50— 70 m
Zone der Bröckelschiefer (su 1)	20— 25 m

Zur Zone der Bröckelschiefer, deren stratigraphische Stellung zum Teil umstritten ist, kann *W. Jung* feststellen, daß sie recht gut gegen das Hangende und Liegende abgegrenzt werden kann.

Diese Gliederung kann vom Zentrum Allstedt aus nach den benachbarten Gebieten hinübergeführt werden. Im Bereich der Kartenblätter Frankenhausen und Sondershausen glaubte *E. Picard* (1909, S. 609 und 614) keine Zusammenhänge mit dem Mansfelder Gebiet erkennen zu können, und unterteilte den Unteren Buntsandstein nach einem Schachtprofil in drei Hauptabschnitte. Doch auch dieses Gebiet läßt sich bei Beachtung einiger sich allmählich deutlich bemerkbar machender Veränderungstendenzen einer Fünfgliederung ohne besondere Schwierigkeiten unterziehen. Auch im Norden und Nordwesten des Kyffhäusers kann die Gliederung *W. Schriels* (1935, S. 19) ohne weiteres in die Gliederung nach *W. Jung* (1958, S. 1027) überführt werden. Es gelang, diese auf einen großen Raum ausdehnbare Gliederung zu schaffen, durch die Ausscheidung größerer Schichtenpakete, im Gegensatz zu früheren Versuchen, die das Aushalten einzelner charakteristischer Gesteinsbänke in den Vordergrund stellten (*W. Jung* 1958, S. 1023). Die faziellen Unterschiede sind im Unteren Buntsandstein auf kleinem Raum so groß, daß auf kürzeste Entfernung der Übergang von Schiefertone in Sandstein, Kalksandstein oder Rogenstein stattfindet. Die mächtigeren Schichtenpakete dagegen lassen sich mehr oder weniger gut parallelisieren, da über längere Zeiten die gleiche Tendenz der Sedimentation anhält.

Auf die Gegenüberstellung der Gliederung von *W. Jung* mit neueren Auffassungen (*J. Dockter & P. Puff* 1959) soll später eingegangen werden.:

4.2. Die Grenze Unterer/Mittlerer Buntsandstein

Im Arbeitsgebiet ist von früheren Autoren die Grenze zwischen dem Unteren und Mittleren Buntsandstein vielfach nach dem letzten Auftreten der Rogensteine

gezogen worden (*O. Spejer* 188a, *E. Kayser* 1884a, *W. Dames* 1882). Schon *O. Grupe* (1912, S. 405) erkannte aber, daß mit dem Beginn grobkörniger Ablagerungen ein neuer Abschnitt in den Buntsandsteinablagerungen beginnt. Allerdings trifft die von *O. Grupe* dann weiterhin gezogene Schlußfolgerung, daß die einsetzende gröbere Schüttung mit dem „Eckschen Konglomerat“ identisch sein soll, nicht zu (*G. Gunzert* 1958, S. 26, *A. Voilrath* 1939, u. a.). *W. Hoppe* (1957, S. 185) legt die Grenze auf Blatt Sondershausen dorthin, wo ein gröberer, verschiedenkörniger Sandstein über den feinkörnigen, grauen oder gelblichen Sandsteinen des su einsetzt. Es sei auch auf die gröbere Basisschüttung der Hessischen Stufe nach *G. Gunzert* (1958, S. 26) hingewiesen. Daß die Rogensteine nicht auf den Unteren Buntsandstein beschränkt sind und damit als Grenzhorizonte wegfallen, hat *O. Grupe* in der Einstufung seiner Bohrprofile für die Mansfelder Mulde gezeigt (*O. Grupe* 1912, S. 584, 590, 593, 603; *H. Boigk* 1959). *W. Jung* (1958, S. 1025) kann sich auf die von *K. Kolesch* (1908, S. 594 u. 603) und *W. Hoppe* (1932, S. 757) zur Abgrenzung benutzten Merkmale — Korngröße, Farbe, Bindemittel — stützen und so die Rogensteinhorizonte als charakteristische Anzeichen außer acht lassen, da er sie ebenfalls in Spülproben in höheren Bereichen gefunden hat, und die Grenze dorthin legen, wo erstmalig Sandsteine mit größerem Korn auftreten. Die von *W. Jung* als Basispartien des Mittleren Buntsandsteins angesehenen Schichten werden von *J. Dockter & P. Puff* dem Unteren Buntsandstein gegenübergestellt. Darauf soll später eingegangen werden.

4.3. Der Mittlere Buntsandstein

Der Mittlere Buntsandstein in dem nördlich des Thüringer Beckens gelegenen Raum ist bis auf die Kartierungen vor der Jahrhundertwende und eine Kartierung, die *W. Hoppe* 1931 im Raum Sondershausen durchführte, unbearbeitet geblieben (*W. Hoppe* 1932, 1957). Die Bearbeitung des Mittleren Buntsandsteins im südhannoverschen-hessischen Gebiet wurde dagegen weiter vorangetrieben, so daß, auf einigen wesentlichen Abhandlungen aufbauend (*W. Hoppe* 1926, *M. Blankenhorn* 1950, *G. Gunzert* 1954, *H. Boigk* 1952), der letztgenannte Bearbeiter zu einer allgemein gültigen und zusammenhängend belegten Gliederung kommen konnte (*H. Boigk* 1957). Es gelang ihm, den Schlüssel für die Untergliederung des Mittleren Buntsandsteins in einer vierfachen Wiederholung von Schichtfolgen zu finden, die jeweils mit einer grobklastischen Einschüttung beginnen, nach oben zu feinkörniger werden und mit mehr oder weniger tonigen Sedimenten abschließen. Somit begann, vom Mittleren Buntsandstein als der am stärksten differenzierten Stufe ausgehend, der Versuch, den Buntsandstein zyklisch zu gliedern.

G. Gunzert versuchte 1958 eine einheitliche Gliederung auf zyklischer Basis für das gesamte Süddeutsche Buntsandsteinbecken zu schaffen. So fruchtbringend diese Arbeit war, so fehlten als Grundlage noch ausreichende Kenntnisse in einigen Gebieten. Der Mittlere Buntsandstein wurde in drei Zyklen unterteilt. Dabei unterließ *G. Gunzert*, wie sich später herausstellte (*M. Laemmlen* 1961), ein entscheid-

der Fehler, indem er die „Hardegsener Gruppe“ und die „Solling Gruppe“ in seiner „Hannoverschen Stufe“ zusammenfaßte. In den letzten Jahren hat sich die Vierteilung des westdeutschen Mittleren Buntsandsteins auf der Grundlage der zyklischen Gliederung nach *H. Boigk* durchgesetzt. *A. Herrmann* (1957), *E. Backhaus*, *H. Lohmann* & *H. Regenhardt* (1958), *H. Kupfahl* (1958), *M. Laemmlen* (1958a, 1958b, 1961), *H. Boigk* (1959), *E. Backhaus* (1960) u. a. zeigten, daß vom Raum im Nordwesten des Harzes bis ins holländische Grenzgebiet und nach Süden bis zum Mittleren Buntsandstein des Odenwaldes im Grundsätzlichen die Möglichkeit besteht, vier Sedimentationszyklen auszuscheiden. Dabei ist dem Ablagerungsraum zunächst sandiges, dann sandig-toniges und abschließend toniges Material zugeführt worden (*H. Boigk* 1959, S. 625). Es ist somit nicht verwunderlich, daß *W. Jung* (1959) im südöstlichen Harzvorland (Raum Artern und Allstedt) ebenfalls eine zyklische Gliederung nach *H. Boigk* (1957) durchführte, die auch mit der zyklischen Gliederung *W. Hoppes* (1959) für den Thüringer Raum gut in Einklang zu bringen ist. In Arbeiten zur Gliederung des gesamten Thüringischen Buntsandsteins (*P. Puff* 1961, *J. Jungwirth* 1961) wird die Zyklengliederung von *W. Hoppe* zur Grundlage genommen. *W. Jung* gliederte die Bohrung Udersleben 10 und die Bohrung Sangerhausen 74, die auch in dieser Arbeit sedimentpetrographisch untersucht werden. In diesem Gebiet sind nur die Basispartien des Mittleren Buntsandsteins vertreten.

Stratigraphische Tabelle 1

Gliederung des Mittleren Buntsandsteins in Südhannover nach *H. Boigk*

Tonige Grenzfolge (sm S'ts)	}	Solling Gruppe sm S
Bausandstein (sm S'st)		
Hardegsener Ton (sm H'ts)	}	Hardegsener Gruppe Sm H
Hardegsener Wechselfolge (sm H'st)		
Detfurther Ton (sm D'ts)	}	Detfurther Gruppe sm D
Detfurther Wechselfolge (sm D'st)		
Detfurther Sandstein (sm D's)		
Haupt-Gervillien-Lager (sm V'ts)	}	Volpriehausener Gruppe sm V
Volpriehausener Wechselfolge (sm V'st)		
Volpriehausener Sandstein (sm V's)		

H. Boigk benutzte zur Benennung der einzelnen Zyklen Lokalnamen. Obwohl andere Autoren diese Namen nicht übernahmen und jeweils neue Lokalbezeichnungen schufen, wurde die Parallelisierbarkeit mit *H. Boigks* Gliederung stets beachtet, so daß es möglich ist, die in einzelnen Gebieten gewonnenen Profile miteinander zu verbinden.

Von *H. Boigk* werden zur näheren Charakterisierung einer Schichtenfolge zu dem die Folge benennenden Symbol noch Hinweisbuchstaben für die petrographische Ausbildung der Schichtenfolge benutzt, zum Beispiel t = tonig, s = sandig, ts = tonig-sandig, st = sandig-tonig. Es ist somit aus den Symbolen die petrographische Beschaffenheit und auch die Stellung im Zyklus zu erkennen.

Nach diesem Grundschema sind von *J. Dockter & P. Puff* (1959) die Symbole für den gesamten Buntsandstein in der DDR vorgeschlagen worden. Die Unterstufen werden dabei nicht mit Lokalnamen belegt, sondern erhalten von unten nach oben fortschreitende Zahlen.

Innerhalb der in der Tabelle etwas vereinfacht dargestellten Verhältnisse stellen *W. Jung* (1959, S. 339) und *H. Boigk* (1959, S. 625) Kleinzyklen fest, die deutlich einen Wechsel von liegenden grobklastischen und hangenden feinklastischen Sedimenten erkennen lassen.

5. Die Ausbildung des Buntsandsteins in den einzelnen Bohrungen

Die sich im Untersuchungsgebiet zwangsläufig anbietende Gliederung nach *W. Jung* (1958, 1959) soll als Grundlage der folgenden Beschreibungen dienen. Der Untere Buntsandstein wird von allen Bohrungen, wenn nicht durchteuft, so doch zumindest in den oberen Teilen erfaßt.

5.1. Die Ausbildung des Unteren Buntsandsteins

5.1.1. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Udersleben 10 (U 10)

Die Bohrung durchteufte den Mittleren und den gesamten Unteren Buntsandstein, doch sind von letzterem nur die obersten 70 m als Bohrkern vorhanden. Nach dem Bohrfortschritt kann mit einer Mächtigkeit des gesamten Unteren Buntsandsteins von etwa 250 m gerechnet werden.

Der unterste Kern weist eine Wechsellagerung von Sandsteinen und Schiefer-tonen auf. Die liegendsten 50 cm enthalten Schiefertone und Rogensteineinlagerungen sowie eine 8 cm mächtige Sandsteinlage. Im gesamten Kern überwiegen die Schiefertone, die allgemein braun gefärbt sind und nur untergeordnet olivgraue Farben tragen. In Sandsteine eingelagerte, dünne Schiefertone sind dagegen öfter grau gefärbt. Die meisten Schiefertone führen Glimmer und eine geringe Sandkomponente. Eine Feinsandstreifigkeit ist öfters zu beobachten. Die Sandsteine sind feinkörnig, meist weißlichgrau gefärbt und enthalten neben dünnen Schiefertoneinlagen nicht selten braune und olivgrüne Tongallen.

Im Hangenden dieser Serie ist eine hohe γ -Intensität zu verzeichnen, während sie im liegenden Teil sehr niedrig ist. Hohe Turmalinwerte zeichnen die Serie aus. Die anderen Schwerminerale zeigen keine Besonderheiten gegenüber den nachfolgenden Sedimenten. Erwähnenswert sind relativ niedrige Karbongehalte gegenüber den folgenden Schichten. Die etwa 5 m mächtige Serie kann als der oberste Teil der in diesem Gebiet meist sehr mächtigen Unteren Schiefertonezone (su 3) angesehen werden.

Die folgende Rogensteinzone (su 4) erreicht eine Mächtigkeit von etwa 47 m. Sie baut sich aus einer Wechselfolge von Feinsandbänken mitunter auch mittel-sandigen Kalksandstein- und Rogensteinbänken sowie Schiefertonen auf. Bis auf einige wenige Horizonte sind die Schiefertone meist recht sandig ausgebildet und führen Glimmer. Isauern kommen häufig vor, an einigen Stellen sogar in großen

Mengen. Die Farbe der Schiefertone ist verschieden. Neben braunen treten auch viele graue bis graugrüne Farbtöne auf. Auch die meist feinkörnigen Sandsteine, nur eine mächtigere Bank enthält Mittelkorn, sind wechselhaft gefärbt. Es finden sich weißlichgraue bis gelblichgraue, gelblichweiße, blaßrosa gefärbte und bräunlich gepunktete Sandsteine; Schiefertone in papierdünnen Lagen, häufig grau gefärbt, durchsetzen die Sandsteine, die neben einem beträchtlichen kalkigen Bindemittel noch häufig Einzelooide in mehr oder weniger großen Mengen führen. Häufig ist eine Trennung von Rogenstein und Kalksandstein nicht möglich, da dünne Rogensteinschichten mit Kalksandsteinlagen wechseln. Die Farbe, der im allgemeinen mitteloolithischen Rogensteine, schwankt zwischen verschiedenen grauen Farbtönen. Graue gelblichgraue Farbtöne leiten oft zu den Kalksandsteinen über. Stellenweise sind die Rogensteine porös und kavernös ausgebildet. Die Hohlräume sind auf sekundäre Auflösungserscheinungen zurückzuführen. Die Mächtigkeit der Rogensteine erreicht selten 1 m. Sandsteinhorizonte, die an Ooiden reich sind, und Kalksandsteinbänke werden mächtiger.

Die Zone weist über ihre gesamte Mächtigkeit eine relativ gleichmäßige Schwermineralverteilung auf. Ausnahmen bilden einige kalkarme Sandsteinpartien. Erstaunlich hoch sind die Gehalte an Turmalin. Die γ -Strahlung schwankt. Im obersten Teil erreicht sie bei mehreren Proben gleichmäßig tiefe Werte, die mit Beginn der nächsten Zone hinaufschnellen. Die Karbongehalte sind der Ausbildung der Schichtenfolge entsprechend hoch.

Die nachfolgende Zone der Oberen Schiefertone hebt sich weder im Schwermineralbild noch in den Kurven der Karbonatgehalte ab. Allerdings ist die veränderte Sedimentation sehr gut an der ansteigenden γ -Strahlung zu erkennen. Die Zone ist hierzu nahezu 18 m mächtig und wird vorwiegend von Schiefertonen gebildet. In den obersten 6 m schalten sich mehrere gelblichgrau, gelblichweiß, weißlichgrau, gelblich oder bräunlichgelb, auch hellorange gefärbte ca. 50 cm mächtige Sandsteinbänke ein. Der Sandstein ist feinkörnig und sein Bindemittel besteht zu einem nicht unwesentlichen Teil aus Karbonaten. Oft wird er von dünnen, glimmerführenden, braunen und olivgrauen Schiefertonalagen durchsetzt und enthält neben braunen vornehmlich olivgrüne Tongallen. Ooide sind zwar nicht in großer Menge, aber doch regelmäßig zu finden.

Die Schiefertone sind braun, rötlichbraun, olivgrün und -grau sowie weißlichgrau gefärbt. Im allgemeinen herrschen bräunliche Farbtöne vor. Sie führen viel Glimmer und eine geringe Feinsandkomponente. Feinsandstreifig sind dagegen nur sehr wenige dünne Lagen. Abdrücke von *Isaura albertii* (Voltz) kommen in einem mächtigen (1,5 m) und einem dünnen Horizont vor.

Im großen betrachtet, ist diese sonst sehr einheitliche Zone leicht in zwei Abschnitte zu gliedern: einen weniger sandigen unteren und einen stärker sandigen oberen Teil. Dies spiegelt auch die Kurve der Karbonatgehalte wider, die im oberen Teil absinkt. Die Sedimentation weist somit schon auf die danach folgenden gröberen Ablagerungen des Mittleren Buntsandsteins hin. Das Bindemittel der Feinsandsteine, ist im allgemeinen bezüglich des Auftretens nach der Menge als Hülle und Stützfülle anzusprechen. Es besteht meist aus „ferritischer Masse“ im Sinne von W. Hoppe (1926). In den Schiefertonen könnte gelegentlich

von Basaltzement gesprochen werden. Sekundärer Quarz trat in den größeren Teilen der Feinsandsteine als Bindemittel auf. Vor allem ist sekundärer Quarz in den größeren Sanden des Mittleren Buntsandsteins anzutreffen. Eine dünne Hülle ferritischer Masse ist stets zu erkennen.

5.1.2. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Sangerhausen 74 (S 74)

Der Untere Buntsandstein ist in dieser Bohrung zwar in einer wahrscheinlichen Mächtigkeit von 331,5 m durchteuft worden (Erfahrungsschluß aus dem Bohrfortschritt). Es liegen aber nur von den obersten 66 m Kernproben vor. Weitere Proben konnten aus bohrtechnischen Gründen nicht gewonnen werden. So beginnt das Profil im Liegenden mit einer wechselnden Folge von Schiefertonen und Sandsteinen, bei der die tonigen Sedimente überwiegen. In den Schiefertonen sind vereinzelt Abdrücke von *Isaura albertii* (Voltz) gefunden worden. *Estheriella lineata* Weiß, von W. Jung erwähnt, konnte nicht nachgewiesen werden. Die erwähnte Schichtfolge erreichte in diesem Teilkern eine Mächtigkeit von 53 m, so daß man nach allgemeinen Vermutungen damit rechnen kann, die obere Hälfte dieser Zone erbohrt zu haben.

Die Schiefertone sind dunkelbraun und olivgrau gefärbt. Sie führen eine reichliche Sandkomponente, die bis zur Ausbildung einer feinen Wechsellagerung von Sandstein und Schiefertone ansteigen kann. Die Glimmerführung ist besonders an den Schichtflächen beträchtlich. In den Schiefertonen, aber auch in den Sandsteinen fällt neben dem Kalkgehalt ein meist mehr als doppelt so hoher Dolomitgehalt auf. Dieser Gehalt an Karbonaten ist aber nur auf gewisse Horizonte beschränkt. In einigen Horizonten fehlt er in nachweisbarer Größe.

Die in die Folge eingelagerten Sandsteine sind gelblichweiß, weißlichgrau und in einigen Fällen auch hellorangerot gefärbt. Sie sind sehr feinkörnig und werden meist von dünnen Schiefertonelagen durchsetzt. Häufig treten dunkelrotbraune Tongallen auf. Etwa 15 m über dem untersten Kern ist eine etwa 50 cm mächtige, gelblichgraue, feinkörnige Kalksandsteinbank in die Schiefertone eingeschoben. Vereinzelt Ooide treten erst in den etwas sandsteinreicheren, höheren Ablagerungen der Zone auf. Im allgemeinen ist das Bindemittel der Sandsteine ferritischer Art. Die Karbonate spielen als Bindemittel nur eine untergeordnete Rolle.

Die γ -Strahlung in dieser Zone kann als hoch angesprochen werden. Es sind Werte weit über der doppelten Höhe des Nulleffektes gemessen worden. Die Schwerminerale in der Fraktion 0,063–0,1 mm halten relativ konstante Werte durch. In der kleineren Fraktion dagegen machen abweichend hohe Granatgehalte auf zwei an Sandstein reichere Horizonte aufmerksam. Zirkon und Rutil sind in der feineren Fraktion in bedeutend stärkerem Maße vertreten.

Nach der Bohrkernaufnahme ist der Schluß berechtigt, daß es sich bei diesem Teil des Kernes um die obere Hälfte der Unteren Schieferzone (su 3) handelt (W. Jung 1958). Auf diese Zone folgt die Zone der Rogensteine, die hier aber nur in einer sehr wenig mächtigen Folge von etwa 10 m entwickelt ist. Die Rogensteinbildung setzte sich in diesem Gebiet auch im Mittleren Buntsandstein fort,

so daß eine Ausscheidung der obersten zwei Zonen des Unteren Buntsandsteins nur mit stark reduzierten Mächtigkeiten erfolgen kann. Die Rogensteinzone beginnt mit einem etwa 1 m mächtigen Sandstein, der ein karbonatisches Bindemittel als Stützhülle und eine recht beträchtliche Anzahl von Einzeloiden führt. Damit ist die Berechtigung gegeben, die Zone an dieser Stelle zu begrenzen. Es folgt eine ca. 50 cm mächtige Rogensteinbank, die wie eine 5 m weiter oben gelegene 1,80 m mächtige Rogensteinbank schwärzlichgrau und fein- bis groboolithisch ausgebildet ist. Eventuell ist die untere Bank etwas feinkörniger entwickelt. Zwischen beiden Bänken wurde im wesentlichen ein Sandsteinpaket abgelagert, das in der unteren Hälfte viel Schiefertoneinlagerungen führt und direkt über der Unteren Rogensteinbank in eine 45 cm mächtige, sandige Schiefertoneinlagerung übergeht. Im obersten Meter des Bohrkernes sind in dem Sandstein mehrere feinoolithische Rogensteinlagen und reichlich Einzelooide eingelagert, so daß ebenfalls wie in der unteren Rogensteinbank ein allmähliches Ansteigen der Ooidanzahl bis zum Rogenstein erfolgt. Die Schiefertone sind olivgrau und rotbraun gefärbt. Die Sandsteine sind weißlichgrau, gelblichweiß und feinkörnig ausgebildet. Hellorangerote Farben treten zu den weißlichgrauen in dem kalkigen Sandstein unter der liegenden Rogensteinbank. Die Ausbildung der Schiefertone und Sandsteine weicht somit nicht von der Ausbildung in der Unteren Schiefertonezone ab. Die obere 1,75 m mächtige Rogensteinbank wird von einem 15 cm mächtigen hellgrauen, durch rötlichbraune Farbtöne gefleckten, feinkörnigen Kalksandstein überlagert. Dieser wird wieder von einer 10 cm mächtigen Rogensteinschicht gleicher Ausbildung bedeckt.

Von den sedimentpetrographischen Werten sind vor allem die erhöhte γ -Strahlung in den Schiefertonen über dem unteren Rogensteinhorizont, die sehr hohen Granatwerte im Sandstein zwischen den beiden Rogensteinhorizonten und die hohen Turmalinwerte der kleinen Fraktion in diesem Bereich zu erwähnen. Verwunderlich ist das Fehlen einer Dolomitkomponente im oberen Teil des kalkigen Sandsteins.

Darüber setzt eine etwa 3,20 m mächtige Lage von Schiefertonen ein. Dunkelrotbraune Farbtöne wechseln mit olivgrauen. Auf den Schichtflächen findet sich reichlich Glimmer, und ein Sandgehalt macht sich in einer feinen Streifung bemerkbar. Es kommen reichlich Abdrücke von *Isaura albertii* (Voltz) vor. Eine 20 cm mächtige Sandstein-Schieferton-Wechselagerung schließt diese Zone ab, die als Obere Schiefertonezone anzusprechen wäre. Hier träfe die von W. Jung (1958, S. 1022) ausgesprochene Feststellung zu, daß die Rogensteine in verschiedener Tiefe unter der Liegendgrenze des Mittleren Buntsandsteins vorkommen und die Rogensteinentwicklung in letzteren sogar oft hinüberreicht. Die Obere Schiefertonezone ist somit manchmal nur mit geringer Mächtigkeit oder überhaupt nicht abzutrennen.

Die Werte der γ -Messung erreichten in den Schiefertonen naturgemäß hohe Werte. Diese entsprechen etwa dem doppelten Nulleffekt. Hervorzuheben sind die niedrigen Anteile von Zirkon und Rutil. Ein scharfes Absetzen aller Werte (außer den Turmalingehalten) gegen den folgenden Mittleren Buntsandstein ist deutlich zu erkennen.

5.1.3. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Sangerhausen 109 (S. 109)

Die Bohrung durchteufte den Buntsandstein in einer Mächtigkeit von 535 m. Im Mittleren Buntsandstein wurde nicht gekernt. Der Untere Buntsandstein ist in einer Mächtigkeit von nahezu 300 m gekernt worden. Der Kern liegt bis auf 70 m der oberen Schichten vor. Der größte Teil des Kernverlustes dürfte die Obere Schieferzone betreffen. Von der Rogensteinzone sind wahrscheinlich nur wenige Meter verloren gegangen.

An der Basis beginnt der Kern mit einer Serie von nahezu gleichmäßig ausgebildeten Schiefertonalagerungen. Die Schiefertone sind rotbraun bis dunkelbraun gefärbt und häufig von olivgrauen Flecken und Streifen durchsetzt. Eine Schichtung ist meist nicht zu erkennen, so daß der Ausdruck Tonstein (*H. Füchtbauer* 1959, S. 608) vielleicht passender wäre. Ein geringer Feinsandgehalt ist festzustellen. Charakteristisch ist ein bröckliges Zerfallen der Schichten bei Beanspruchung. Sandeinlagerungen als selbständige Schichten sind nicht vorgefunden worden. Der Glimmergehalt ist gering. Obwohl augenförmige Gipseinlagerungen und Dolomitknollen häufig vorkommen, ist der Kalk- und Dolomitgehalt der reinen Tonsteine gering. Etwa 15 m über der Basis liegt ein 20 m mächtiger Horizont, der schwärzlichgraue Dolomit- und einzelne graue Gipsknollen führt. Etwas darunter sind die Tonsteine auf einer Erstreckung von ca. 50 cm durch Harnische zerstückelt und enthalten reichlich Anhydrit. Die γ -Strahlung ist in den Tonsteinen etwa doppelt so hoch wie der Nulleffekt. Zu beachten ist nur ein in dieser Zone bemerkbarer sehr hoher Gehalt an Zirkon. Die Granatwerte sind gegenüber den folgenden Zonen ebenfalls sehr hoch, was besonders hervorgehoben sei. Die scharfe Abgrenzung gegen das Hangende gestattet eine einwandfreie Begrenzung dieser „Zone der Bröckelschiefer“.

Über dem Bröckelschiefer folgt eine über 60 m mächtige Zone, die durch eine gut abgrenzende Wechselfolge von Schiefertonen und Sandsteinen charakterisiert wird. Mehrfach sind kalkhaltige Sandsteinbänke und ganz untergeordnet einige bis zu 20 cm mächtige Rogensteinbänke eingeschaltet. Kalkige Sandsteinbänke, zum Teil Kalksandsteine, kommen einige Male in Mächtigkeiten von 50 bis 170 cm vor. Die Farbe reicht von einem Grau bis zu einem Weißlichgrau. Die Ausbildung ist im allgemeinen feinkörnig, doch sind vereinzelte größere Ooide sehr gut zu erkennen. Da einzelne sehr dünne, olivgraue Schiefertonanlagen die Bänke durchsetzen, hat man gelegentlich die Möglichkeit, sehr schöne Stylolithen zu beobachten.

Die Sandsteinbänke erreichen Mächtigkeiten bis 2 m, gehen aber auch bis auf wenige Zentimeter in der Dicke herab. Im wesentlichen herrscht Feinkorn vor, doch ist eine Feinstkomponente nicht selten, und nur wenige Male führen dünne Sandsteinstreifen etwas Mittelkorn. Die Farben wechseln vom Gelblichweiß, Weißlichgrau, Grau, Rotbraun, Hellbraun bis zu einem Hellrosa. Dünne meist rotbraune, vereinzelt olivgraue Schiefertonalagen, die gelegentlich bis knapp 1 cm mächtig werden, durchziehen die Sandsteine. Rotbraune und olivgraue Tongallen sind ebenfalls häufig eingelagert. Einige wenige Sandsteine führen neben

Kreuz- und Schrägschichtung auch Netzleisten und Rippelmarken. Karbonatische Bindemittel sind nur in wenigen Sandsteinbänken in geringem Maße vorhanden. Am häufigsten ist ferritische Masse als Bindemittel anzutreffen. Gelegentlich findet man Einzelooide.

Die Schiefertone sind allgemein rotbraun gefärbt, olivgraue Töne kommen seltener vor, noch seltener graue Flecken. Ausschließlich in den olivgrauen Partien sind Abdrücke von *Isaura albertii* (Voltz) gefunden worden. Der Sandgehalt der ganzen Zone beherrscht auch die Schiefertone, die meist sandig ausgebildet sind, und häufig Feinsandlagen und bis ca. 1 cm mächtige, schnellauskeilende Sandsteinlinsen führen. Der an anderen Stellen häufige Glimmer ist nicht in größeren Mengen anzutreffen.

Von den sedimentpetrographischen Werten ist eine hohe γ -Strahlung an der Basis der Zone zu erwähnen. Die überraschend hohen Werte sind mehrfach geprüft worden, so daß an ihrer Gültigkeit nicht gezweifelt werden kann. Erstaunlich ist das Aushalten dieser hohen Strahlung über einen nur kleinen Bohrkernbereich von 5 m. Danach sinken die Werte ab, gegen das Hangende der Zone steigen sie wieder auf und erreichen die Höhe des Nulleffektes.

Eine deutliche Abgrenzung gegen die Bröckelschiefer spiegeln die Schwermineralanteile wider. So sinken die Granat- und Zirkonanteile sehr deutlich ab. In einem gewissen Maße kann man dies auch von den Turmalinen behaupten, die aber ein generelles Absinken erst im weiteren Verlauf dieser Zone aufweisen. Auf Kosten der anderen Schwerminerale scheint der Apatitgehalt von etwa 40 bis 50% auf 70 bis 80% zu steigen. Eine Überprüfung der Gewichtsanteile zeigte jedoch, daß die Apatitgewichte etwa im gleichen Niveau bleiben. Im Bröckelschiefer traten die anderen Schwerminerale zusätzlich hinzu. Obwohl der etwas weite Probenabstand leicht den Eindruck einer gewissen Gleichmäßigkeit in den einzelnen Kurven vortäuschen könnte, ist in diesem Falle deutlich zu erkennen, daß die Schwermineral-Gehaltskurven ihre Werte in dieser Zone kaum verändern. Die Karbonatgehalte dagegen sind starken Schwankungen unterworfen und erreichen oft eine beträchtliche Höhe.

Über dieser Folge setzt ein ca. 10 m mächtiges Schiefertonpaket ein, das relativ deutlich den Beginn einer neuen Zone anzeigt. Die vorher beschriebene Folge wäre also leicht zu begrenzen und als die Sandstein-Schiefertonzone (su 2) anzusprechen.

Wenn man den Kern, der zur Sandstein-Schiefertonzone gestellt werden soll, unter dem von W. Jung (1958, S. 1021) genannten Aspekt einer Gliederung in zwei Bereiche betrachtet, einem liegenden Bereich mit vornehmlicher Sandstein-Schieferton-Wechselagerung und einem hangenden mit einer sandsteinärmeren Wechselagerung, wo Schiefertone, Kalksandsteinbänke und Rogensteine eine wesentliche Rolle spielen, so kann auch dieses Profil ähnlich aufgegliedert werden.

Die schon weiter oben erwähnten folgenden etwa 10 m mächtigen Schiefertone, die in den oberen 5 m etwas sandig ausgebildet sind, leiten zu der Unteren Schiefertonzonenzone über. Nur gelegentlich treten gegenüber den vorherrschenden Schiefertonen vereinzelt Sandsteinbänke in Erscheinung. In den unteren Teilen der Zone über den Schiefertonen an der Basis finden sich neben einigen dünnen

Bänkchen auch zwei ca. 60 bis 70 cm mächtige Bänke eines kalkigen Sandsteines. Eine dünne, dunkelgraue Kalksteinbank ist über einem wenige Zentimeter mächtigen Sandsteinbänkchen in die Schiefertone der obersten Teile der Zone eingelagert.

Die Schiefertone tragen meistens rot- bis hellbraune Farben. Olivgraue und grüne Schiefertone kommen noch vereinzelter als in der liegenden Sandstein-Schiefertonzone vor. Isarenabdrücke fehlen somit auch, denn, wie schon mehrfach erwähnt, kommen sie nur in den graugefärbten Schiefertönen vor. Die Schiefertone führen nur eine geringe Feinsandkomponente, der Glimmeranteil dagegen ist recht beträchtlich. Die Farbe der Sandsteine schwankt im wesentlichen um gelblichweiße Farbtöne, nur gelegentlich sind sie hellorange und rötlichweiß gefärbt. Häufig findet man zwischengeschaltete, dünne Fasergipslagen, die auch als Kluftfüllungen in reichlichem Maße in Erscheinung treten. Entsprechend der im allgemeinen gleichmäßigen Ausbildung weisen auch die Schwermineral- und γ -Strahlungswerte eine gleichmäßig verlaufende Kurve auf. Die Vorherrschaft der Schiefertone bewirkt recht hohe Werte der γ -Strahlung. Deutlich ist eine Abhängigkeit der γ -Strahlung und der Karbonatgehalte voneinander zu erkennen. Steigende Karbonatgehalte lassen die Intensität der γ -Strahlung absinken. Die Karbonatgehalte sind nicht höher, als man nach der Bemerkung von W. Jung (1958, S. 1022), der mehrmals auf den schwächeren Kalkgehalt hinweist, erwarten könnte. Der Durchschnittswert liegt bei 5⁰/₀.

Die etwas über 20 m mächtige nachfolgende Zone der Rogensteine (su 4) ist nicht scharf gegen die liegende Zone abzugrenzen. Leider sind Kerne in den Grenzgebieten verloren gegangen, so daß Verf. auf die gute Bohrkernaufnahme von Jankowski (s. W. Jung 1958) angewiesen war. Auch im oberen Teil fehlte ca. 10 m Kern. Dominierend sind in dieser Zone sandige, meist rotbraune, selten olivgraue Schiefertone anzutreffen, die reichlich von dünnen Sandsteinlagen durchsetzt werden. Diese Sandsteinlagen und auch einige wenige dünne Sandsteinbänke führen karbonatisches Bindemittel als Stützfülle neben ferritischer „Hülle“ und enthalten reichlich Einzelooide. Bis 10 cm dicke Kalksandsteinbänke durchsetzen mehrmals die Schiefertone. Im obersten Teile des Kernes treten über und unter einer etwa 1,5 m mächtigen Kalksandsteinbank je eine etwa 50 cm mächtige Rogensteinbank auf. Darüber fehlen etwa 60 m des Bohrkernes, die infolge von Spülungsverlusten nicht geborgen werden konnten, so daß die Lage der Grenze der Rogensteinzone nicht festgelegt werden kann. Es ist allerdings aus Vergleichen anzunehmen, daß die Zone nicht direkt über der obersten Rogensteinbank begrenzt ist, sondern daß der Spüldruck sandige Partien der Rogensteinzone zerstörte. Die Kalksandsteine sind schwärzlich und weißlichgrau gefärbt und fein- bis feinstkörnig ausgebildet. Die zwischen die Schiefertone eingeschalteten Sandsteine tragen meist eine gelblich-weiße Färbung, nur äußerst selten treten blaßrosa Farben auf. Die fein- bis mittelkörnig ausgebildeten Rogensteine sind ebenfalls schwärzlich- und weißlichgrau gefärbt und werden von mm-dicken grauen und rotbraunen Schiefertönen durchsetzt.

Infolge der fehlenden Kerne kann die Aussage der sedimentpetrographischen Werte mit Fehlern behaftet sein. Deutlich ist aber ein Absinken der γ -Strahlung

zu verzeichnen. Hohe Karbonatgehalte zeichnen die Zone aus und deuten einen unscharfen Übergang an. Die Schwermineralgehalte ändern sich im Verhältnis zur liegenden Zone nicht.

Eine 6 m lange Bohrkernfolge, wie schon erwähnt, erst 69 m über der letzten Rogensteinbank gezogen, brachte eine Sandstein-Schieferton-Wechselfolge zutage. Die Ausbildung der sandigen Schiefertone und der Sandsteine entspricht der Ausbildung der Sedimente in der Unteren Schiefertonzone. Es ist somit der Schluß berechtigt, daß es sich hierbei um die Obere Schiefertonzone handelt. Die erwähnte Vermutung unterstützen die sedimentpetrographischen Werte, die denen der Unteren Schiefertonzone außerordentlich ähnlich sind.

5.1.4. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Burgsdorf 58 (Bu 58)

Von dem hier über 320 m mächtigen Unteren Buntsandstein lieferte die Bohrung einen gut erhaltenen Kern, der das gesamte Profil repräsentierte.

Über dem „Einsturzgebirge des Zechsteins“ (W. Jung 1958, S. 1020), einem rotbraunen, sehr grobbröckligen Schieferton mit graugrünen Flecken und graugrünem Ton mit Schieferton- und Anhydritbröckchen folgt die etwas über 22 m mächtige Ablagerung des Bröckelschiefers. Es handelt sich dabei um rotbraune, feinsandige, meist glimmerhaltige Schiefertone, die öfter von stark gewellten, zum Teil linsenförmigen, hellbraunen Feinsandsteinlagen durchsetzt werden. Im unteren Teil der Zone treten immer häufiger grüngraue Flecken auf, und der Schieferton liegt in immer größer werdendem Maße in Bruchstücken vor. Im unteren Teil der Zone sind keine nennenswerten Kalkgehalte festgestellt worden, wogegen im höheren Teil sich einige Horizonte durch auffallende Kalk- und Dolomitgehalte bemerkbar machen. Die Radioaktivität ist in der gesamten Zone gleichbleibend hoch. Betrachtet man die Schwerminerale in diesem Bereich, so fällt zunächst das Ansteigen der Turmalingehalte gegenüber den höheren Zonen ins Auge. Die kleinste Fraktion enthält mehr Turmaline, die sich besonders in dem oberen Teil der Zone im Vergleich zu benachbarten Proben in größerer Menge einfinden. Granat fehlt in der kleinen Fraktion, tritt dagegen in der größeren, besonders im unteren Teil der Zone, in stärkerem Maße auf. Es sei an dieser Stelle besonders auf den verstärkten Granatgehalt hingewiesen. An anderer Stelle wird darauf näher einzugehen sein.

Mit einem nahezu 6 m mächtigen Feinsandsteinhorizont setzt die darauf folgende 85 m mächtige Sandstein-Schiefertonzone ein und ist somit gut von dem Liegenden Bröckelschiefer abzugrenzen. Die Begrenzung dieser Zone gegenüber der geringer mächtigen Ausbildung im Raum Sangerhausen—Allstedt ist gesichert. Mehrere Meter mächtige Feinsandsteinbänke finden sich, wie schon erwähnt, in dieser Zone nur an der Basis und innerhalb der obersten 15 m des Bohrkernstückes. Ansonsten beschränkt sich der Sandgehalt im wesentlichen auf eine meist recht dünn-schichtige Wechsellagerung von Schiefertonen und Sandsteinen. Zwischengeschoben finden sich zahlreiche Rogensteinbänke, besonders im mittleren und oberen Teil der Zone.

Die Schiefertone sind vorwiegend rotbraun und olivgrün gefärbt, wobei rotbraune Schiefertone überwiegen. Nur im unteren Teil treten die olivgrünen Farben etwas häufiger auf. Im allgemeinen sind die Schiefertone kalkig ausgebildet und führen nur in geringen Mengen Glimmer. Die Feinsandlagen sind meistens in enger Wechsellagerung mit den Schiefertönen wellenförmig eingelagert. Sie sind dunkelrotbraun und hellbraun gefärbt, doch kommen auch graue Farbtöne vor. Es ist meist eine Feinstschichtung zu erkennen. Nicht selten treten Schräg- und Kreuzschichtung auf. Das Verhältnis der Wechsellagen von Sandstein zu Schiefertone schwankt an einzelnen Stellen und ergibt manchmal ein Übergewicht zugunsten des einen oder anderen Gesteins. Im Gesamtbereich gesehen, dürfte sich das Verhältnis ausgleichen. Bemerkenswert sind die zahlreichen Rogensteinbänke, die sich in häufigsten Fällen aus sehr kleinen Ooiden aufbauen. Die Farbe der Rogensteine ist vorherrschend grau, doch spielen auch braune Farbtöne ins Grau hinein. An einigen Stellen sind Stylolithen zu erkennen.

Der Kalkgehalt dieser Zone ist der Ausbildung gemäß an den verschiedenen Probenpunkten verschieden hoch und schwankt zwischen Werten von 0 bis 12⁰/₀. Der Dolomitanteil ist allgemein niedrig. Die γ -Strahlung bleibt im großen gesehen auf gleichem Niveau. Im Schwermineralspektrum macht sich der geringe Granatanteil in der großen Fraktion im Gegensatz zur liegenden Bröckelschieferzone und zur hangenden Unteren Schiefertonezone bemerkbar. In der kleinen Fraktion tritt etwas Granat auf, doch in sehr kleinen Mengen im Verhältnis zu den anderen Schwermineralien. Der Turmalinengehalt im unteren Teil der Zone ist in beiden Fraktionen niedriger als im oberen Teil. Treten bei der Turmalinkurve geringere Schwankungen auf, so sind diese bei den Zirkonen beträchtlich. Besonders intensiv wechseln die Zirkonwerte der kleinen Fraktion. Das Bild der Schwermineralverteilung in dieser Zone ist unruhig. Durch das Fehlen von Schwermineralien in einigen Proben wird dieser Eindruck noch verstärkt. Mehrere Male fehlen Schwermineralien in beiden Fraktionen. (Unter dem Fehlen ist kein absolutes Fehlen, sondern das Vorhandensein einer äußerst geringen Anzahl von Schwermineralien im ausgewerteten Probeanteil zu verstehen, so daß ein Auszählen sinnlos wurde.) Die Unruhe ist durch die Ausbildung dieser Zone leicht zu erklären.

Auf diese sehr wechselhafte Sandstein-Schiefertonezone folgt in ähnlicher Mächtigkeit (77 m) die weitaus eintönigere Untere Schiefertonezone. Diese läßt sich deutlich infolge der hier vorherrschenden rotbraunen Schiefertone von der liegenden Zone abtrennen.

Nur in den obersten 5 m des Bohrkernes treten vereinzelt olivgrüne Schiefertone auf. Vom Liegenden an bis zur Mitte des Kernes sind Einlagerungen selten. Untergeordnet treten einige dünne Sandsteinlagen auf. Von der Mitte der Zone an werden Sandstein- und Rogensteineinschaltungen etwas häufiger, bleiben aber in untergeordneter Stellung. Vor allem sind es kalkige Sandsteine, die das eintönige Kernmaterial etwas abwechselnd gestalten. Die Schiefertone, im allgemeinen sandig ausgebildet, führen Glimmer und weisen häufig einen etwas bröcklichen Habitus auf. Die Feinsande findet man wellen- und linsenförmig eingelagert. Sie führen im wesentlichen hellbraune bis hellrotbraune Farbtöne, und nur gelegentlich sieht man auch graue Feinsandsteine. Die oberen 30 m des Bohrkernes ent-

halten einen etwas größeren Sandgehalt als die tieferen Schichten. Im Verhältnis zur liegenden Sandstein-Schieferton-Zone ist der Karbonatgehalt der Schiefertone nicht so absetzig und auch bei weitem nicht so hoch. Die γ -Strahlung weist eine außerordentliche Gleichmäßigkeit auf (ca. 325 Zw). Die gleiche Stetigkeit spiegeln die Kurven der Schwermineralien wider. Nur an einer Stelle werden sie durch hohe Granat- und Zirkongehalte der großen Fraktion wesentlich unterbrochen. Dies spricht gemeinsam mit den petrographischen Merkmalen für die Richtigkeit der Abgrenzung der Zone. Im Gegensatz zu den benachbarten Gebieten ist hier die Mächtigkeit dieser Zone kleiner als der darunter befindlichen Sandstein-Schiefertonzone.

Die Grenze zwischen der hangenden Rogensteinzone und der liegenden Schiefertonzone ist sicher feststellbar, da hier auf die Schiefertone deutlich absetzend drei bis zu 1,70 m mächtige Rogensteinbänke auflagern und die folgenden Sedimente sich in ihrer Ausbildung von der eintönigen Schiefertonalfolge abheben. Die Abgrenzung im Hangenden dagegen trifft auf Schwierigkeiten. Die Grenze wurde dorthin gelegt, wo eine Sandstein-Schieferton-Wechselagerung mit Bevorzugung der Sandsteinkomponente in eine reinere Schiefertonalfolge übergeht. Die Rogensteinzone erreicht eine Mächtigkeit von 59 m. An der Basis liegt ein 5 m mächtiger Rogensteinhorizont, der sich in drei Bänke gliedert, die durch Schiefertonalagen getrennt werden. Auf diesen Rogensteinbänken liegt eine 12,5 m mächtige Folge einer Wechselagerung von Sandstein und Schieferton. Die einzelnen Lagen sind 0,5 bis 1,0 cm mächtig, und nur gelegentlich werden maximale Stärken von 10 cm erreicht. In diese Wechselfolge sind mehrere bis 25 cm dicke Rogensteinbänke und einige kalkhaltige Sandsteinbänke eingelagert. Es kann also von der Basis der Zone an ein 18 m mächtiger, an Rogenstein reicher Horizont besonders hervorgehoben werden. Der Schieferton ist in dünnen Lagen wechselnd rotbraun und olivgrün gefärbt, enthält viel Glimmer und in den olivgrünen Lagen Abdrücke von *Isaura albertii* (Voltz). In den liegenden Schichten überwiegen eventuell die rotbraunen Farben. Die zwischengeschalteten Feinsandsteine sind grau, graubraun bis hellbraun gefärbt. Eine Schichtung, häufig auch Kreuz- und Schrägschichtung, ist deutlich zu erkennen. Die Sandsteine sind etwas karbonathaltig, die Schiefertone weniger. Schiefertone und Sandsteine kommen allgemein zu gleichen Teilen vor.

Die Rogensteine, meist grau bis graublau gefärbt, sind fein- bis feinstoolithisch ausgebildet. Nur die oberen Teile der mächtigen Rogensteinbänke an der Basis führen gröbere Ooide (1 bis 2 mm). Ansonsten sind die Ooide makroskopisch kaum zu erkennen.

Diesem Horizont lagert eine Sandstein-Schieferton-Wechselfolge auf, die nur von einem Rogensteinhorizont von ca. 80 cm Mächtigkeit unterbrochen wird. Mit dieser 41 m mächtigen Wechselfolge schließt die Rogensteinzone ab. Die Farben der Sandsteine und Schiefertone bleiben die gleichen. Es verstärkt sich immer mehr eine wellenförmige Wechselagerung, wobei die Sandsteinlagen durchschnittlich 1 bis 1,5 cm, die Schiefertonalagen 1 bis 5 mm Dicke erreichen. Gelegentlich werden die einzelnen, linsenförmig ausgebildeten Lagen etwas mächtiger, was besonders die Feinsandsteine betrifft, die bis zu 5 cm mächtig werden. Die Kar-

bonatgehalte der Schiefertone sind niedrig, wogegen die Sandsteinlagen in ihrem Bindemittel als Stützfülle zum Teil größere Mengen enthalten. Einige Partien sind allerdings karbonatfrei. Die Intensität der γ -Strahlung ist der vorhergehenden Zone gegenüber etwa gleich hoch, doch ist eine stärkere Unruhe zu bemerken. Diese Unruhe würde sich noch verstärken, wenn die fast 0 Zw erreichenden Werte der Rogensteine in den Kurvenverlauf einbezogen worden wären. Auch die Schwermineralverteilung zeigt eine auffallende Unruhe. Besonders macht sich dies durch das Fehlen von Schwermineralien in einigen Proben bemerkbar. Die Anteile sind im allgemeinen sehr niedrig. Nur die Turmaline treten, allerdings nur in der kleinen Fraktion, durch besonders hohe Spitzenwerte mehrmals hervor. Hervorzuheben im Gegensatz zur liegenden Unteren Schiefertonzone ist das Fehlen von Granat in beiden Fraktionen. Nur an einigen wenigen Punkten sind geringe Granatanteile registriert worden. Der wie stets vorwiegend vorhandene Apatit ist in beiden Fraktionen gleich häufig vorhanden. Im Gegensatz zur hangenden Zone ist der meist niedrige Zirkongehalt der kleinen Fraktion zu erwähnen. Die Zirkongehalte der großen Fraktion sind uncharakteristisch und weisen keine wesentliche Veränderung auf.

Auf die relativ sandhaltige Zone der Rogensteine folgen die eintönigen, nur gelegentlich durch kalkige Sandsteinbänke (Kalksandsteine) unterbrochenen Schiefertone der Oberen Schiefertonzone. Sie wird durch eine Wechsellagerung von rotbraunen und olivgrünen Schiefertönen aufgebaut. Die Mächtigkeit der Lagen schwankt von 1 mm bis 5 cm. In den obersten Kernmetern tritt eine olivgrüne Fleckung auf. Teilweise ist eine erhebliche Sandkomponente innerhalb der Schiefertone festzustellen. Schräg- und Kreuzschichtung ist beobachtet worden. Sie macht sich besonders in den hellen, sandreicheren Lagen bemerkbar. Gelegentlich ist viel Glimmer vorhanden. Die eingeschobenen meist 2 bis 3 dm mächtigen Sandsteinbänke sind feinkörnig ausgebildet. Ihre Farbskala reicht von grauen über bräunlichgraue bis zu hellrotbraunen Farbtönen. Nur sehr vereinzelt sind diese Bänke etwas porös. Die Sandsteinbänke führen gegenüber den Schiefertönen hohe Karbonatgehalte. In den Schiefertönen bewegen sich die Gehalte im Bereich der Meßgrenze. Der Karbonatgehalt ist niedriger als in den anderen Zonen des Unteren Buntsandsteins.

Die γ -Strahlung weist trotz der einförmig aussehenden Serie eine bemerkenswerte Unbeständigkeit auf und erreicht in einigen Spitzen recht beträchtliche Werte. Erst innerhalb der obersten 20 m der Zone macht sich eine Ausgeglichenheit der Strahlungswerte bemerkbar. Der Übergang zum Mittleren Buntsandstein ist scharf abgegrenzt.

Weisen Granat- und Apatitanteile keine wesentlichen Veränderungen gegenüber der Rogensteinzone auf, so ist bei den Turmalinen ein deutlicher Unterschied zu bemerken. In beiden Fraktionen bleiben die Gehalte an Turmalin in gleich geringer Höhe. Im oberen Teil der Zone reichern sich die Turmaline in zwei Proben zu höheren Werten in der kleinen Fraktion an, während die große Fraktion keine Turmaline mehr aufweist. Eine ähnliche Tendenz macht sich auch bei den anderen Schwermineralien bemerkbar. Die Zirkonanteile der kleinen Fraktion steigen auch auf recht hohe gleichbleibende Werte an, in der großen Frak-

tion dagegen ist keine wesentliche Änderung zu beobachten. Im oberen Teil sind die Schwankungen denen der Turmaline ähnlich. Es ergibt sich somit auch für die untere Abgrenzung dieser Zone eine gewisse Sicherheit aus der Kombination der verschiedenen ermittelten Daten und der petrographischen Ausbildung, die durch ein Geringerwerden des Sandgehaltes charakterisiert ist.

5.1.5. Der Untere Buntsandstein der Bohrung Roßleben 2/59 (R 2/59)

Diese bei Tröbsdorf niedergebrachte Bohrung lieferte Kerne nur von den unteren Zonen des Unteren Buntsandsteins.

Über dem Grenzanhydrit liegt eine 27 m mächtige, nahezu kontinuierlich ausgebildete Schichtenfolge, die als die Zone der Bröckelschiefer angesehen wird. Sie wird aus einem Schiefertone gebildet, dessen allgemein braune Farbtöne zwischen einem kräftigen Dunkelbraun und einem Hell- und Bläßbraun schwanken. Etwa in der Mitte der Zone befindet sich ein Schiefertonehorizont, der dunkelgrün gefärbt ist. Der Schiefertone ist sehr feinkörnig und fest. Daher ist auch die im Bohrprotokoll vom aufnehmenden Bearbeiter verwendete Bezeichnung „Schluffstein“ verständlich. Nach genauerer mikroskopischer Untersuchung ließ sich jedoch eine Schieferung erkennen. Schlägt man auf das Material, so zerfällt es in der für Bröckelschiefer typischen Weise in kleine Stücke. Hervorzuheben ist das mehr oder weniger häufige Vorhandensein von Anhydrit, der in sehr fein verteilter Form, in Erbsengröße, gelegentlich vereinzelt in Kirschgröße und in der Basiszone in feinen Schmitzen vorkommt. Die kleineren Teilchen liegen meist schon als Gips vor. Die größeren sind stark in der Umbildung begriffen. Auf Klüften findet sich Kalzit und Fasergips. Der Kalkgehalt ist im allgemeinen niedrig (abgesehen von dem Kalzit auf den Klüften). Die γ -Strahlung kennzeichnet diesen Abschnitt des Bohrkerns als eine einheitliche Schichtenfolge, was auch durch die Schwermineralanalyse bestätigt wird.

Die Granate erreichen in den Fraktionen 0,04—0,063 mm und 0,063—0,1 mm nicht nur ungewöhnlich hohe Anteile, sie sind oft das häufigste Schwermineral überhaupt. Die Turmaline und Zirkone erreichen ebenfalls höhere Werte als in den anderen Teilen der Bohrung. Der Turmalin weist höhere Werte in der großen, der Zirkon in der kleinen Fraktion auf. Obwohl die Gehalte der Schwermineralien beträchtlich schwanken, wird gegenüber den hangenden Schichten ein wesentlich anderes Niveau eingehalten. Die Besonderheit der Schwermineralführung zieht sich bis in eine im Hangenden der Schiefertone befindliche ca. 50 cm mächtige, mittelkörnige Sandsteinbank hinein. Aus diesem Grunde wurde diese Schicht mit zur Zone der Bröckelschiefer gerechnet, da es sich hier augenscheinlich um Material aus dem gleichen Abtragungsraum oder doch um Material handelt, das unter teilweise gleichen Bedingungen abgelagert wurde.

Über dieser Zone wurde eine 52 m mächtige Folge von Schiefertonen, Sandsteinen, kalkigen Sandsteinen und Rogensteinen erbohrt. Besonders bemerkenswert ist das häufige Auftreten von Kalksandsteinen, die im Durchschnitt etwa

70 cm mächtig werden. Gelegentlich werden auch Mächtigkeiten von weit über 1 m erreicht. Die Färbung ist allgemein grau bis bräunlichgrau. Das Gestein ist fein- bis mittelkörnig ausgebildet. Die Kalksandsteine werden häufig in mehr oder weniger starkem Maße von dünnen Schiefertonglagen durchsetzt. Nicht selten treten Anhydritknöllchen von Getreide- bis Erbsenkorngroße auf. Oft sind Feinschichtung, Rippelmarken und Trockenrisse zu erkennen. Die mächtigeren Schiefertongpartien führen manchmal in reichlichem Maße dünne, kalkige Sandsteinlagen. Die Schiefertone sind allgemein braun gefärbt. Nur sehr vereinzelt kommen dünne Schichten mit grauen oder graugrünen Farbtönen vor. Der Glimmergehalt der Schiefertone wechselt, doch ist meistens eine relativ hohe Anreicherung vorhanden. Viel Glimmer findet sich auch in den kalkigen Sandsteinen und den Sandsteinen. Letztere sind fein- bis feinstkörnig ausgebildet, führen geringes kalkiges Bindemittel und sind grau, bräunlichgrau und braun gefärbt, wobei die bräunlichen Farbtöne überwiegen. Auch in den Sandsteinen sind Anhydriteinlagerungen in Form von Knöllchen zu finden. Im hangendsten Teil der Zone befindet sich eine über 1 m mächtige, mittelkörnige Sandsteinbank, die hell- bis dunkelrotbraun gefärbt ist, viele, sehr dünne Schiefertonglagen und einige unregelmäßig eingeschaltete, kalkige Sandsteinlagen führt. Direkt über dieser Bank liegen zwei Rogensteinbänke (30 und 10 cm mächtig). Eine weitere, etwas über 1 m mächtige Bank befindet sich in der Mitte der Zone. Die Ooide sind fein- bis mittelkörnig. Die Farbe reicht von grau bis bräunlichgrau. Unter der mächtigen Rogensteinbank liegt eine 1 m mächtige dunkelgraue Kalksteinbank. Ooide sind nicht zu erkennen. Mehrere sehr dünne Schiefertonglagen durchsetzen die massige Kalkablagerung.

Entsprechend dieser beschriebenen Wechselfolge zeigen auch die sedimentpetrographischen Werte eine große Unruhe in ihrem Kurvenverlauf. Besonders auffallend macht sich der geringe Granatgehalt in beiden Fraktionen bemerkbar. Weniger einprägsam zeichnet sich ein etwas geringerer Turmalingehalt gegenüber der Bröckelschieferzone ab. Die γ -Strahlung läßt keine Besonderheiten erkennen. In dieser Zone ist leicht die Zweiteilung zu bemerken, die *W. Jung* (1956, S. 1021) erwähnt. Der untere Teil der Zone enthält vorwiegend eine Sandstein-Schiefer-ton-Wechselagerung mit wenigen Kalksandsteinen, im oberen Teil nimmt der Sandsteinanteil ab, und die Schiefertone enthalten mehr Kalksandsteinlagerungen, zum Teil auch Rogensteine.

Dem Bohrprotokoll nach folgen nun etwa 10 m einer einheitlichen Schiefertonserie. Man kann sie wohl ohne Bedenken an die Basis der Unteren Schiefertonzone stellen. Leider standen davon keine Proben zur Verfügung.

5.2. Die Ausbildung des Mittleren Buntsandsteins

Der Mittlere Buntsandstein wird von den Bohrungen Roßleben 2/59 (R 2/59), Sangerhausen 109 (S 109) und 74 (S 74), Udersleben 10 (U 10) und Burgsdorf 58 (Bu 58) durchteuft. Bohrkerne liegen jedoch nur von den drei letztgenannten Bohrungen vor.

5.2.1. Der Mittlere Buntsandstein der Bohrung Sangerhausen 74 (S 74)

Die Basis des Mittleren Buntsandsteines in dieser Bohrung bildet nach W. Jung (1959) eine 28 m mächtige Folge von Sandsteinen, Schiefertonpartien und Rogensteinen. Das entscheidende Element, die Sandsteine, im allgemeinen mittelkörnig, zum Teil auch fein- und grobkörnig ausgebildet, lassen die Parallelisierung dieser Serie mit dem Volpriehausener Sandstein zu. Die Basis dieser Schichtfolge in der ersten Sedimentationsgruppe des Mittleren Buntsandsteins bildet ein 4,85 m mächtiges Sandsteinpaket, das mit einem 5 cm dicken, groboolithischen, schwärzlichgrauen Rogenstein beginnt. Der Sandstein ist fein- bis mittelkörnig, weißlichgrau, in den liegenden 2,50 m auch hellorangerot gefärbt und führt im liegenden Teil papierdünne, olivgraue und dunkelrotgraue Schiefertonlagen mit Abdrücken von Isauern. Der obere Teil der Sandsteine führt einzelne, stärkere, olivgraue Schiefertonlagen und dunkelrotbraune Tongallen, die auch im unteren Teil gelegentlich vorkommen. Das Bindemittel ist kalkig und dolomitisch, erreicht aber nur geringe Mengenanteile. Dies stimmt mit den Bearbeitungen anderer Autoren überein, die an der Basis des Mittleren Buntsandsteins ein Zurücktreten des kalkigen Bindemittels beschreiben. Die natürliche γ -Strahlung mit Werten von 125 Zw an der Basis und 260 Zw im höheren Teil des Sandsteinpaketes entspricht etwa dem allgemeinen Niveau in Sandsteinen. In der Fraktion 0,04–0,063 mm wie auch in der Fraktion 0,06–0,1 mm ist ein Absinken des Apatitanteiles gegenüber den tonigen Partien zu bemerken. Der Granatanteil ist in der kleinen Fraktion größer als in der großen, fällt gegen das Hangende leicht ab, wogegen die Turmaline in beiden Fraktionen ansteigen. Rutil und Zirkon sind in beiden Fraktionen etwa gleich vertreten und zeigen in diesem Sandsteinpaket die gleiche Tendenz des Ansteigens gegen das Hangende.

Es folgt eine 95 cm dicke schwärzlichgraue, feinoolithische Rogensteinbank, die von einem 15 cm mächtigen Kalksandstein überlagert wird, der dünne Schieferton- und Rogensteinschichten enthält. Den Abschluß dieses grobklastisch begonnenen Kleinzyklus an der Basis des Volpriehausener Sandsteins bildet eine Folge von etwa 3 m mächtigen Schiefertonen, die an der Basis *Isaura albertii* (Voltz) führt und mehr Feinsandlagen als im höheren Teil, wo die sonst olivgrauen, glimmerführenden Schiefertone eine rotbraune Farbe annehmen und nur noch vereinzelt dünne Feinsandstreifen aufweisen. In dieser Schichtenfolge sind im Verhältnis zu den weiteren tonigen und sandigen Sedimenten des Mittlern Buntsandsteins die höchsten Kalk- und Dolomitwerte zu finden. Es hat den Anschein, als sei nach der Rogenstein- und Kalksandsteinbildung die Ausscheidung von Carbonaten erst allmählich abgeklungen.

Die γ -Strahlung erreicht relativ hohe Werte, fällt dann aber ab. Bemerkenswert ist das Ansteigen von Apatit in beiden Fraktionen, während Rutil, Granat und Zirkon gleichsinnig fallen.

Ein neuer Kleinzyklus, der nicht sehr scharf ausgeprägt ist, könnte mit den folgenden, etwa 4 m mächtigen, hellorangeroten und untergeordnet gelblichweißen, fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen eingeleitet werden. Eingelagert sind dünne

Schichten dunkelrotbrauner und olivgrauer Schiefertone. Aus den Kurven der sedimentpetrographischen Untersuchung schließend, die etwa die gleiche Tendenz wie vorher erwähnt beibehalten, würde Verf. vorschlagen, diesen zweiten Zyklus *W. Jungs* eventuell aufzuheben und dem ersten als ausklingende Phase anzugliedern oder ihn zumindest als sehr untergeordnet zu werten; denn auch die Tonschiefer *W. Jungs* beim Bohrkernmeter 67,5 sind nicht allzu deutlich gegenüber dem anderen Material abgesetzt. In dieser Folge klingen die Kalk- und Dolomitwerte ab und sind in dem folgenden 13 m mächtigen Sandsteinpaket höchstens noch im nichtmeßbaren Bereich vorhanden. Der Sandstein wird grobkörniger und führt Schiefertone in der gleichen Farbe wie vorher. Die sedimentpetrographischen Werte halten mit Konstanz das ganze Paket über durch, mit Ausnahme der Turmalinwerte, die ein sehr hohes Maximum erreichen.

Wie schon erwähnt, kann diese Folge mit dem Volpriehausener Sandstein verglichen und zum Mittleren Buntsandstein gestellt werden, obwohl in diesem Gebiet Rogensteine und Kalksandsteine vorkommen und die faziellen Schwankungen stärker sind als in anderen Gebieten.

Während der Kleinzyklus mit den nun einsetzenden 1,20 m mächtigen Schiefertonen abschließt, hat *W. Jung* diese Schiefertone bereits an die Basis einer neuen Schichtfolge gestellt, die der Volpriehausener Wechselfolge entspricht. Da die nächste, sich einwandfrei durch einen petrographischen Schnitt abhebende Schichtfolge erst dem Detfurther Sandstein entspricht, mußte die Volpriehausener Wechselfolge und das „Hauptgervillienlager“ *Boigks* — es wurden keine Pteriiden gefunden — zusammengefaßt werden. Für diese beiden Folgen ergibt sich eine Mächtigkeit von 47 m, womit gegenüber den Sedimentmächtigkeiten in westlich anschließenden Gebieten bedeutend geringere Werte gemessen worden sind. In Südhannover sind beide Folgen zusammen meist über 100 m mächtig. In beiden Fraktionen steigen die Apatitgehalte an, während die Rutil- und Zirkongehalte sinken. Am auffälligsten sind die Spitzen der Dolomit- und γ -Strahlungswerte.

Es folgen über 12 m mächtige im allgemeinen mittelkörnige Sandsteine, die von zahlreichen dunkelrotbraunen und olivgrünen, glimmerführenden Schiefertone durchsetzt sind. Der ca. 7 m mächtige liegende Teil führt hellorangerote und gelblichweiße, der hangende Teil dagegen weißlichgraue Farben. Ein Dolomitgehalt ist gemeinsam mit Kalk in den hangendsten 2 m zu verzeichnen. Im weiteren Profil verschwindet der Dolomitgehalt völlig. Die nachfolgenden etwa 10 m mächtigen, rotbraunen, olivgrün und -grau gefärbten Schiefertone führen an mehreren Stellen Abdrücke von Isauraen. Sie sind im allgemeinen glimmerreich, zum Teil feinsandig oder feinsandstreifig ausgebildet. Mit dem Einsetzen der Schiefertone macht sich ein hoher γ -Strahlungswert bemerkbar. Nach dem Hangenden zu sinken die Werte wieder ab. Nach einer sandigeren Partie ist ein weiteres Ansteigen zu beobachten. Die Basis der sandigen Partie 3 m unter der Oberkante der erwähnten Schiefertone leitet einen neuen Kleinzyklus ein, der sich aber nur noch über die letzten Schiefertone erstreckt. Der Kalkgehalt ist sehr gering und oft unter dem Bereich der Meßgenauigkeit. Nach dieser größeren einheitlichen Schiefertonepartie folgen Sandsteine und Schiefertone meist eng miteinander in Wechsellagerung. Die Ausbildung ähnelt der an der Basis der Schichtfolge. Es

lassen sich vier weitere Kleinzyklen verfolgen, die mit Sandsteinen beginnen und durch Schiefertone oder Schiefertonsandstein-Wechselagerungen abgeschlossen werden. Die γ -Strahlung spiegelt diese Zyklen zum Teil recht deutlich wider. Besonders hervorzuheben ist das Fehlen nennenswerter Karbonatgehalte. Die unruhige Sedimentation ist auch aus den Schwermineralverteilungskurven abzulesen.

Die hangendsten 11 m des Bohrkernes bildet ein Sandsteinpaket. Der mittelkörnige Sandstein ist weißlichgrau, gelblichweiß und hellorangerot gefärbt. Einige Partien weisen ein aus sekundärem Quarz bestehendes Bindemittel auf und bilden feste Sandsteine, wogegen der größte Teil recht mürbe vorliegt und absandet. Neben dem sekundären Quarz, der nach *W. Hoppe* im allgemeinen als „Stützfülle“ anzusprechen ist, tritt ferritische Masse auf, die als Hülle anzusprechen wäre. Die ferritische Masse ist sehr unregelmäßig verteilt. Dünne Schiefertonteilungen, im Sandstein eingelagert, lassen wiederum einen Kleinzyklus erkennen. Die γ -Strahlungskurve zeichnet diese kleinen Schiefertoneinlagerungen nicht ab. Ein Karbonatgehalt ist nicht vorhanden. Außergewöhnlich hohe Zirkonwerte in der großen Fraktion deuten auf eine Veränderung in der Sedimentation hin und bestätigen die Berechtigung, dieses Sandsteinpaket vom vorhergehenden Großzyklus abzutrennen und mit dem Detfurther Sandstein an der Basis der Detfurther Gruppe zu parallelisieren.

5.2.2. Der Mittlere Buntsandstein der Bohrung Uderleben 10 (U 10) [siehe auch *W. Jung* (1959)]

Nach den Wechselagerungen von Schiefertonen und Sandsteinen in der Oberen Schiefertonzone des Unteren Buntsandsteines setzt der Mittlere Buntsandstein mit einem etwa 5 m mächtigen Sandsteinpaket ein. Der Sandstein ist allgemein fein- bis mittelkörnig, an der Basis feinkörnig ausgebildet. Er ist in den oberen Teilen gelblichweiß und hellorangerot gefärbt, im unteren Teil treten noch weißlichgraue Farbtöne hinzu. Außer einigen dünnen, braunen und olivgrauen Schiefertonteilungen kommen vereinzelt olivgraue Tongallen vor. Die einzelnen Körner werden meist nur schwach durch Karbonate verkittet. Es fallen hohe Turmalin-, Zirkon- und Rutilwerte auf. Die γ -Strahlung erreicht eine wahre Zählrate von 225. Es folgt eine Wechselagerung von meist feinkörnigen Sandsteinen mit Schiefertonen. Die Sandsteine führen ähnliche Farbtöne wie die vorher erwähnten. Als Besonderheit sind einzeln vorkommende Ooide zu nennen. An einigen Stellen wird durch deren Anhäufung ein nahezu rogensteinähnliches Aussehen der Sandsteine erreicht. Die Schiefertone treten im wesentlichen in vier bis ca. 40 cm mächtigen Lagen auf. Ihre Farbe ist braun und olivgrau. Sie führen viel Glimmer und eine beträchtliche Komponente an Feinsand. In den grauen Schiefertonen sind Abdrücke von Isauraen gefunden worden. Diese Wechselfolge erreicht eine Mächtigkeit von 8 m und kann als Abschluß eines ersten Kleinzyklus gelten, der mit dem Basissandstein innerhalb des Volpriehausener Sandsteines begann. Die Karbonatgehalte schwanken in diesem Bereich von Probe zu Probe sehr, während die Kurve der γ -Strahlung bis auf einige niedrige Werte in einer etwa 2,50 m mächtigen Feinsandbank auf konstanten Werten bleibt. Die Apatitanteile halten über die Länge des er-

wähnten Kleinzyklus mit relativer Gleichmäßigkeit aus. Ein ähnliches Bild bieten die Kurven der Turmalin-, Zirkon- und Rutilanteile. Den Abschluß der unteren Schichtfolge der Volpriehausener Gruppe bildet ein etwas über 2 m mächtiges, schiefer-tonfreies Sandsteinpaket, dessen Farben von gelblichgrau, bräunlichgrau bis orangerot schwanken. In den liegendsten 1,5 m der Kernstrecke herrschen mittelkörnige Sandsteine vor, in dem hangenden Teil feinkörnige. Gegenüber den höheren und tieferen Proben macht sich ein relativ hoher Dolomitgehalt bemerkbar. Durch hohe Zirkon-, Granat- und Turmalinwerte wird dieser Beginn eines neuen Kleinzyklus deutlich gekennzeichnet. Die γ -Strahlungskurve geht auf für Sand charakteristische Werte zurück.

Über der nun folgenden 42 m mächtigen Wechselfolge von Sandsteinen und Schiefertonen und sandigem Schiefertone und anderen Zwischenstufen von Sandstein und Schiefertone läßt sich erst der Detfurther Sandstein einwandfrei als Basis einer neuen Schichtfolge erkennen. Die Volpriehausener Wechselfolge und das Hauptgervillienlager werden wiederum zusammengefaßt. Im wesentlichen sind in der Volpriehausener Folge acht Kleinzyklen zu erkennen, die mit mittelkörnigen Sandsteinen beginnen und mit Schiefertonen oder an Feinsand reichen Schiefertonen abschließen. Die Sandsteine sind weißlichgrau und hellorangerot gefärbt, in den Basispartien der einzelnen Kleinzyklen mittelkörnig, in den höheren Teilen der Kleinzyklen feinkörnig ausgebildet. In einigen Lagen kommen vereinzelt Ooide vor. Eine gewisse Anreicherung ist auch gelegentlich in den Kurven der Karbonatgehalte abzulesen. In den höheren Teilen der Ablagerungen ist der Karbonatgehalt nur noch auf die Schiefertone beschränkt, er wird aber auch hier geringer. In die Sandsteine sind papierdünne Schichten brauner, olivgrauer und -grüner Schiefertone eingeschaltet. Ebenfalls häufig finden sich Tongallen ähnlicher Farbe. Sämtliche Schiefertone führen in erheblichen Mengen Glimmer. Funde von Isaura sind häufig. Die Strahlungskurve zeigt die Schiefertone-lagen meist deutlich durch höhere Werte an. Aber auch Feinsandpartien in der Nähe von Schiefertone-lagen besitzen noch eine erhöhte Strahlung. Die Kurve der Apatitgehalte zeichnet häufig die gröberen Sandsteinpartien ab. Das Gegenstück liefern die Granatgehalte, die in gröberen Partien meist ansteigen. Vom Beginn des achten Kleinzyklus (s. Profil Anlage 1) macht sich bis in den Detfurther Sandstein hinein eine gewisse Konstanz der Schwermineralwerte bemerkbar. Daraus kann man veränderte Sedimentationsbedingungen ableiten, was für die Vermutung *W. Jungs* (1959, S. 338) sprechen würde, der bis zu dieser Stelle die rotweiße Wechselfolge der Volpriehausener Gruppe annimmt, was auch durch die Strahlungs- und Karbonatgehaltskurven angedeutet sein könnte.

Diese Folge, die wahrscheinlich (Kernverlust) mit stark glimmerführenden, sandsteinstreifigen Schiefertonen abschließt, wird von ca. 14 m mächtigen Sandsteinen überlagert. Die Sandsteine sind bindemittelarm und so mürbe, daß sie dem Spülungsdruck nicht widerstehen konnten und zerstört worden sind. Aus einzelnen Kernstücken ist an der Basis dieser Sandsteine fein- bis mittelgroßes Korn festzustellen. In höheren Teilen ist der Sandstein mittelkörnig. Die Farbe schwankt zwischen mattgrau und gelbbraun in den höheren Teilen und wird nach der Basis zu strohgelb. Etwa 4 m über der Basis durchsetzt ein 50 cm mächtiger,

brauner und graubrauner Schiefertonzonhorizont den Sandstein. Auf den Schichtflächen ist viel Glimmer angereichert. Proben aus dem Detfurther Sandstein sind zur sedimentpetrographischen Bearbeitung nur aus diesem Schiefertonzonhorizont vorhanden gewesen. Sie weisen keine besonderen Charakteristika auf.

Durch den mürben Sandstein ist ein einwandfreies Abgrenzen des Detfurther Sandsteines von der vorhergehenden Wechselfolge möglich, so daß Zweifel an dem Wert dieser Grenze unbegründet sind.

5.2.3. Der Mittlere Buntsandstein der Bohrung Burgsdorf 58 (Bu 58) — Gliederung auf der Grundlage freundlicher Mitteilungen von Herrn Dr. W. Jung

Die Bohrung durchsank den Mittleren Buntsandstein in einer Mächtigkeit von 58 m. Es liegen ähnliche Teile wie in den Bohrungen S 74 und U 10 vor. An der Basis befindet sich eine 8,5 m mächtige, aus einem hellgrau und rotbraun gefärbten, mittelkörnigen Sandstein bestehende Bank. Der Sandstein ist durch ferritische Masse fest verkittet. Ein nicht geringer Teil der Feldspäte weist eine deutliche Kaolinisierung auf. Eine darüberliegende 3 m mächtige Schiefertonzonbank läßt auch in diesem Profil leicht die Möglichkeit einer Untergliederung in Kleinzyklen zu. Der Schiefertonzon ist rotbraun und lagenweise auch olivgrün gefärbt. Er führt an den Schichtflächen viel Glimmer. In den olivgrünen Partien kommen außerordentlich viele und gut erhaltene Abdrücke von *Isaura albertii* (Voltz) vor. Darauf setzt wieder als Beginn eines neuen Zyklus ein mittel- bis grobkörniger Sandstein ein. In diesem etwa 30 cm mächtigen Sandstein fallen bis mehrere Zentimeter große Tongallen ins Auge. Mit diesen hellgrauen Sandsteinen kann die Basispartie des Mittleren Buntsandsteines als abgeschlossen betrachtet werden, und wegen der außerordentlich großen Ähnlichkeit mit der Ausbildung in den benachbarten Gebieten ist die Gliederung nach *H. Boigk* anwendbar und die Folge somit als Volpriehausener Sandstein anzusprechen.

Darüber lagern innerhalb der Volpriehausener Wechselfolge und dem auch hier nicht abzutrennenden „Hauptgervillienlager“ *Boigks* eine Wechselfolge von Sandsteinen und Schiefertonen. Nur eine etwa 4 m mächtige mittelkörnige Sandsteinbank 4 m über der oben beschriebenen Folge hebt sich unter den Sandsteinen etwas heraus, wenn man vom obersten Kernteil absieht. Die übrigen Sandsteinbänke sind feinkörnig und sehr geringmächtig ausgebildet, so daß die Kleinzyklen nicht mit der gleichen Prägnanz wie im Raum Sangerhausen—Allstedt zu verfolgen sind. Bis auf die obersten 20 m der Ablagerungen herrschen im Profil Schiefertone vor, die allgemein dunkelrotbraun und olivgrün gefärbt sind und reichlich Glimmer führen. Isauraen sind häufig zu finden. Die feinkörnigen Sandsteine sind meist hellrotbraun, die 4 m mächtige Sandsteinbank im unteren Teil der Wechselfolge dagegen hellgrau gefärbt. In den hangendsten 20 m des Bohrkernes kommt nach dem Bohrbericht ein mittelkörniger, unverwitterter und ein verwitterter, feinkörniger Sandstein vor. Da beide Sandsteine Schiefertone führen sollen, konnte angenommen werden, daß es sich hierbei wahrscheinlich nicht um den Detfurther Sandstein handelt. Schwierigkeiten bereitet das Fehlen der Be-

schreibung eines etwa 4 m langen Kernstückes, das infolge Spülungsverlustes nicht geborgen wurde. Es könnte sich um einen porösen, wenig festen Sandstein handeln (Zerstörung durch Spüldruck). Durch das fehlende Kernmaterial treten Unsicherheiten in der Gliederung auf. Doch könnte im Randbereich eine stärkere Mächtigkeitsabnahme des „Hauptgervillienlagers“ und der Volpriehausener Wechselfolge stattgefunden haben, so daß dieser Sandstein zum Detfurther Sandstein gerechnet werden könnte.

Im Gegensatz zum Raum Sangerhausen—Allstedt sind hier nur sechs Kleinzyklen bis zur angenommenen Basis des Detfurther Sandsteines sicher nachzuweisen (neun im Raum Allstedt). Diese Tatsache würde eventuell gegen die Einstufung des fraglichen Horizontes als Basis des Detfurther Sandsteines sprechen.

Die sedimentpetrographischen Kennwerte beschränken sich im Mittleren Buntsandstein auf wenige Proben innerhalb der Volpriehausener Wechselfolge und des „Hauptgervillienlagers“. Die γ -Strahlung erreicht Werte, die etwa dem doppelten Nulleffekt entsprechen. Bemerkenswert ist das Fehlen eines Karbonatgehaltes. Die Schwermineralanteile unterscheiden sich etwas von den Werten im Unteren Buntsandstein. Nur in den mittelsandigen Horizonten ist ein höherer Gehalt an Zirkon und Turmalin festzustellen. Eine Probe im hangenden Teil einer mittel- bis grobsandigen Sandsteinlage enthielt zwar absolut gesehen wenig Schwermineralien, doch entfielen ca. 50% des Schwermineralanteiles auf Granat.

6. Betrachtung der einzelnen Stufen, Unterstufen und Schichtfolgen unter Berücksichtigung zyklischer Erscheinungen

6.1. Der Untere Buntsandstein

6.1.1. Die Grenze Zechstein/Unterer Buntsandstein

Kerne des Bröckelschiefers lieferten die drei Tiefbohrungen Sangerhausen 109 (S 109) bei Ziegelroda, Roßleben 2/59 (R 2/59) bei Tröbsdorf und die in der Mansfelder Mulde niedergebrachte Tiefbohrung Burgsdorf 58 (Bu 58) bei Augsdorf. In diesen drei Bohrungen wurde die Grenze vom Zechstein zum Unteren Buntsandstein direkt über den Grenzanhydrit oder das „Einsturzgebirge“ (W. Jung 1958) gelegt.

In der Bohrung Burgsdorf 58 liegt über dem Werraanhydrit eine 6 m mächtige Gesteinsfolge aus Bruchstücken von rotbraunem und graugrünem Schiefertou, graugrünen Ton- und Anhydritbröckchen. Über dieser Einsturzbreccie liegt die etwa 24 m mächtige Folge von vorwiegend kräftig rotbraunen, schwach feinsandigen Schiefertonen, die über diese Kernstrecke mit ziemlicher Gleichmäßigkeit aushalten. In den Bohrungen S 109 und R 2/59 setzt über dem Grenzanhydrit eine braune bis rotbraune Folge von Schiefertonen (Tonsteinen) ein, die in Ziegelroda etwas mehr feinsandig in der Bohrung Tröbsdorf dagegen etwas mehr schluffig ausgebildet ist. Die Gesteine der letzteren Bohrung erhalten durch den hohen Schluffanteil eine hohe Festigkeit. Es ist m. E. nicht möglich, hier Obere Zechsteinletten auszuscheiden. Diese Feststellung traf für den Arbeitsraum schon

O. Grupe (1912) und *E. Picard* (1909). Der klare zyklische Aufbau des Zechsteins verschimmt mit der einsetzenden und anhaltenden, gleichmäßigen Zufuhr von feinklastisch-politischem Material (*H. Boigk* 1950).

Die Diskussion um das Problem, wo der Bröckelschiefer hinzustellen sei, in den Obersten Zechstein oder in den untersten Buntsandstein, möchte ich in dieser Arbeit mit Hinweisen auf *G. Gunzert* (1958) und *W. Hoppe* (1959) abkürzen. Am deutlichsten macht sich die neue Sedimentation im Buntsandstein am Beckenrand bemerkbar, wo sie sich durch „echte“ gröbere Buntsandsteinsedimente abhebt. Vom Rand aus läßt sich eine mit zunehmender Landferne immer feinsandig-toniger werdende Sedimentation beobachten, die über dem in salinarer Fazies tonig entwickelten letzten Zyklus des Zechsteins (Z 4) lagert (rote und häufig grünliche Farbtöne, *W. Hoppe* 1959). Eine scharfe Grenze zwischen Zechstein und Buntsandstein ist letztlich auch nicht zu erwarten, wenn man bedenkt, daß es sich vom Rotliegenden bis zum Buntsandstein bei den Sedimenten um Molassebildungen des Varistikums handelt, die nur durch die saline Phase des Zechsteins unterbrochen worden sind.

Unter diesen Aspekten ist die untere Grenze des Buntsandsteins eine Auffassungsangelegenheit (s. auch *G. Gunzert* 1958). Es erscheint aber aus praktischen Gründen zweckmäßig, den Bröckelschiefer zum Buntsandstein zu stellen, und im südöstlichen Harzvorland den Bröckelschiefer über der Einsturzbreccie der Niedersachsenserie oder dem Grenzanhydrit beginnen zu lassen.

Die obere Grenze des Bröckelschiefers ergibt sich relativ scharf durch einen steigenden Sandgehalt und eine deutliche Veränderung der Schwermineralführung, was besonders in den Bohrungen S 109 und R 2/59 gut zu erkennen ist. Die veränderte Schwermineralführung gegenüber den nachfolgenden Unterstufen des Buntsandsteins wirft sofort die Frage auf, ob der Bröckelschiefer nicht doch noch zu einem letzten Zyklus des Zechsteins gerechnet werden könnte. Andererseits kann aber die veränderte Schwermineralführung ein Anzeichen für den Beginn einer neuen Formation darstellen, denn durch stärkere Hebungen des das Sedimentationsmaterial liefernden Abtragungsgebietes ist die Wende von der salinaren zur tonig-sandigen Fazies sicher begleitet gewesen. Die außerordentlich starke Granatschüttung im Bröckelschiefer der Bohrung R 2/59 wäre durch Hervorheben eines bestimmten Abtragungsgebietes leicht zu erklären. Der Granatreichtum steigt nicht auf Kosten der anderen Minerale, wenn das auch in der prozentualen Darstellung so aussehen mag. Die Tabelle der absoluten Gewichte der Schwerminerale zeigt deutlich an, daß der Apatitgehalt gleich hoch bleibt und der Granatanteil zusätzlich hinzutritt. Es muß somit ein Liefergebiet mit einem wesentlichen Granatgehalt verstärkter Abtragung unterworfen worden sein. Die Einheit von Bröckelschiefer und höherem Unteren Buntsandstein wird durch die gleichbleibend hohen Apatitgewichte dokumentiert.

6.1.2.

Der Bröckelschiefer

Die von *W. Jung* (1958) bearbeiteten Bohrungen im Unteren Buntsandstein (Schachtkernbohrung Sangerhausen, Schacht Niederröblingen, hydrologische Boh-

rung Nienstedt, Schacht Nienstedt) weisen die gleiche Ausbildung des Bröckelschiefers auf, wie sie auch in den weiter südöstlich davon gelegenen Bohrungen S 109 und R 2/59 zu finden ist. Es liegen im allgemeinen rot- bis dunkelbraune, bröcklich zerfallende Schiefertone vor, die nur gelegentlich graue (grüngraue) Flecken enthalten. Ein Sandgehalt ist bemerkbar, doch nimmt er, wie im gesamten Unteren Buntsandstein, nach Osten zu ab und überläßt den schluffigen Anteilen die Vorherrschaft (W. Jung 1958, S. 1030). Das Bindemittel ist allgemein ferritisch, zum Teil spielt Serizit eine Rolle. Der Kalk- und Dolomitgehalt tritt als Bindemittel nicht sehr deutlich in Erscheinung. Mit Hinblick auf die weiter oben angeführte Auffassung zur Grenze Buntsandstein/Zechstein ist auch die von K. Keilhack (1909, S. 599) angeführte Bohrung Allstedt I auf Blatt Ziegelroda mit den vorhandenen Bohrungen parallelisierbar, obwohl infolge der sehr stark zusammenfassenden Wiedergabe des Bohrprofils Schwierigkeiten bestehen.

Der Bröckelschiefer der Bohrung Burgsdorf 58 in der Mansfelder Mulde unterscheidet sich nicht wesentlich von den Bohrungen der Sangerhäuser Mulde und dem daran südöstlich anschließenden Gebiet. Gegenüber dem Bröckelschiefer in Tröbsdorf, Ziegelroda und Nienstedt (W. Jung 1958) macht sich ein etwas stärkerer Feinsandgehalt bemerkbar. Obwohl nicht so deutlich wie in den südlichen Bohrungen ist auch hier eine Veränderung des Schwermineralgehaltes gegenüber den höheren Unterstufen festzustellen. Der Granatgehalt ist besonders im unteren Teil des Bröckelschiefers hoch. Turmalin reichert sich dagegen im oberen Teil der Zone an. Im Gegensatz zur Bohrung R 2/59 im Süden fehlt hier der Granat in der Fraktion 0,04–0,06 mm.

6.1.3. Gliederungsprobleme des höheren Unteren Buntsandsteins über dem Bröckelschiefer

Dem Bröckelschiefer schließen sich in allen Bohrungen stärker sandige Wechselfolgen an, die von den verschiedenen Bearbeitern als Grundlage zur Abtrennung neuer Unterstufen benutzt wurden. Es besteht die Frage, wie weit hinauf ins Hangende die Wechsellagerung von Sandsteinen, Schiefertönen und Rogensteinen als ein einheitliches Ganzes angesehen werden kann. Grundsätzlich wichtig dafür ist die Festlegung der Anzahl der Unterstufen, in die man den Unteren Buntsandstein zerlegen kann. Von W. Hoppe (1959), H. Boigk (1959), J. Dockter & P. Puff (1959) und anderen wird eine Zwei- bzw. Dreigliederung des Unteren Buntsandsteins vertreten und begründet. Im südöstlichen Harzvorland dagegen ist mit großer Deutlichkeit eine Gliederung in fünf Unterstufen möglich (W. Jung 1958). Der von W. Jung gebrauchte Ausdruck „Zone“ scheint nicht ganz gerechtfertigt zu sein, da er eine kleinere Schichtfolge umfassen soll und erst eine weitere Untergliederung des Begriffes „Unterstufe“ darstellt und weiterhin auch in besonderem Maße in der Paläontologie einen bestimmten Begriff umreißt (H. Falke 1954).

H. Boigk (1959, S. 601) stellt bei der Aufgliederung des Unteren Buntsandsteins zwischen Harz und Emsland eine erstaunliche Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen von W. Jung im Unteren Buntsandstein des südöstlichen

Harzvorlandes fest, was durch die drei neuen Bohrungen für den Raum südöstlich der Hornburger Tiefenstörung bekräftigt werden kann. Der Untere Buntsandstein wird von *H. Boigk* in die Bröckelschiefer, eine „Untere“ und eine „Obere Gruppe“ geteilt. Dabei spielen oolithische Zonen eine wichtige Rolle, die jedoch nicht überschätzt wird. Damit im Einklang befinden sich die Gliederungen, die, auf *W. Hoppe* (1959) aufbauend, von *J. Dockter & P. Puff* (1959) vorgeschlagen und von *P. Puff* (1961) und *J. Jungwirth* (1961) im südlichen Randgebiet des Thüringer Beckens durchgeführt wurden. Wie schon erwähnt, läßt sich die Gliederung in fünf Zonen nach *W. Jung*, die mit Sicherheit die einzelnen Schichtfolgen des Unteren Buntsandsteins charakterisiert, in eine Dreigliederung überführen, wobei der zyklische Aufbau des Unteren Buntsandsteins, abgesehen vom Bröckelschiefer, deutlich herausgestellt wird.

Um eine Einheitlichkeit zu erreichen, ist es vorteilhaft, auch die von *J. Dockter*, *P. Puff* und *J. Jungwirth* vorgeschlagene und benutzte weitere Untergliederung der Unterstufen und die von ihnen publizierten Kartensymbole zu verwenden. Die Kartensymbole decken sich im Grundaufbau mit denen *H. Boigks* aus dem Mittleren Buntsandstein.

Es soll damit nicht der Gliederung von *W. Jung* ihre Bedeutung abgesprochen werden, die die Grundlage der hier gegebenen Gliederung darstellt und nur aus Gründen der Vereinheitlichung in eine Dreigliederung überführt wird. Ihre Grundzüge bleiben erhalten. Im Text und in den Anlagen bildet diese Gliederung die Verständigungsgrundlage.

Die *Gunzertsche* Auffassung (*G. Gunzert* 1958) von nur einem großen Zyklus zwischen dem Bröckelschiefer und der mit gröberen Sanden einsetzenden Schüttung des Mittleren Buntsandsteins ist in den Bohrprofilen kaum nachzuweisen, da kein deutliches Übergehen einer sandigen Folge in eine tonigere zu verzeichnen ist. Es ist vielmehr deutlich ein zweifaches Wechseln von sandigen zu tonigen Schichten zu verfolgen.

6.1.4. Die zweite Unterstufe des Unteren Buntsandsteins und ihre Untergliederung

Im Sinne von *H. Boigks* „Unterer Gruppe“ und *J. Dockters & P. Puffs* Unterer Sandstein-Schieferton-Wechselfolge (su 2'st) läßt sich *W. Jungs* Sandstein-Schiefertonzone und seine Untere Schiefertonzone zusammenfassen.

Über dem Bröckelschiefer beginnt eine sandige Folge, die mehr oder weniger Schieferton führt. Schiefertonreicher sind die östlichsten Bohrungen. Direkt über den Tonsteinen (Schluffstein) der Bohrung Tröbsdorf lagert ein ca. 50 cm mächtiger mittel- bis grobkörniger Sandsteinhorizont. Außer der Körnigkeit weisen seine sedimentpetrographischen Daten, zum Beispiel die Schwermineralführung, auf eine Zugehörigkeit zum Bröckelschiefer hin. Aus diesem Grunde ist dieser Horizont zum Bröckelschiefer gestellt worden, obwohl seine petrographische Beschaffenheit durch die Grobkörnigkeit sehr stark von der sonst in diesem Raum üblichen Ausbildung des Bröckelschiefers abweicht.

Die Sandstein-Schiefertonzone (su 2) nach *W. Jung* enthält besonders in den Bohrungen R 2/59, Bu 58 und in den von *W. Jung* veröffentlichten Bohrungen reichlich Rogensteine und Kalksandsteine (kalkige Sandsteine). Nur in der Bohrung S 109 fehlen in diesem Bereich stärkere Rogensteinbildungen, doch sind mehrere Kalksandsteinhorizonte und dünnere Rogensteinbänke vereinzelt anzutreffen. Da die nächsten sandigen Bildungen gemeinsam mit Rogensteinen und Kalksandsteinbänken erst nach einer Folge von Schiefertonen (*W. Jungs* Schiefertonzone) auftreten, kann dieser Bereich als *H. Boigks* „Untere Gruppe“ mit der „unteren oolithischen Zone“ ausgeschieden werden. Diese Sedimentfolge kann mit der zweiten Unterstufe (su 2) der zyklischen Gliederung im Süden des Thüringer Beckens verglichen werden.

Der von *J. Dockter & P. Puff* im Rahmen der Entwicklung von einheitlichen Kartensymbolen vorgeschlagenen weiteren dreifachen Untergliederung dieser Unterstufe im südöstlichen Harzvorland in eine zusätzliche Sandsteinfolge kann man sich nur mit Vorbehalt anschließen. Im oberen Teil der Sandstein-Schiefertonzone nach *W. Jung* macht sich zwar der kalkige Sandstein etwas bemerkbar und kann eventuell als fazielle Vertretung der su 2's gewertet werden. Im allgemeinen beherrschen aber die Schiefertone das Feld. Es ist also schwer oder nur an wenigen Stellen möglich, eine Untere Sandsteinfolge (su 2's) nach *J. Dockter & Puff* abzutrennen. Besser erscheint es vom lithologischen Gesichtspunkt aus, die überall festzustellende Wechselfolge von Schiefertonen und Sandsteinen (mit Rogensteinen und Kalksteinen) bestehen zu lassen und die zweite Unterstufe des Unteren Buntsandsteins nur zweifach zu untergliedern, und zwar u. a. in Anlehnung an *Rippel* (1959, zit. bei *J. Dockter & P. Puff*, 1959) in eine Sandstein-Schieferton-Wechselfolge (su 2'st) und in die noch zu besprechende Untere Tonsteinfolge (su 2'ts), die der Unteren Schiefertonzone (su 3) nach *W. Jung* entspricht. Die Bezeichnung sandige Tonsteinfolge scheint besonders glücklich zu sein, denn sowohl in den von *W. Jung* angeführten als auch in den beiden Bohrungen Bu 58 und S 109, die diese Folge erfaßt haben (siehe Anlagen 3 und 5), ist eine mehr oder weniger starke Feinsandkomponente in den vorwiegend rot- bis hellbraunen, gelegentlich von dünnen, gelblichweißen Feinsandsteinbänken durchsetzten Schiefertonen beziehungsweise Tonsteinen vorhanden. Die einwandfreie Möglichkeit einer Abtrennung der ständigen Tonsteinfolge (su 2'ts) als weit verbreitete und verfolgbare Schichtenfolge zeigt sich auch in der „Unteren Gruppe“ *H. Boigks*. Im Laterolog der Bohrungen, die *H. Boigk* (1959, S. 603, Abb. 2) beschreibt, ist diese Unterstufe deutlich zu erkennen.

In den Schwermineralkurven spiegelt sich zwar nicht die zweite Unterstufe (su 2) als Ganzes wider, wohl aber ist durch γ -Strahlung wie auch durch die Schwermineralgehalte die Möglichkeit gegeben, diese Unterstufe in zwei Sedimentfolgen zu untergliedern.

In der unteren der beiden Sedimentfolgen ist wie schon erwähnt eine zyklische Ablagerung angedeutet zu erkennen, da im unteren Teil der Sandstein-Schieferton-Wechselfolge ein wenn auch geringes Vorherrschen der Sande zu verzeichnen ist. In den oberen Teilen gewinnen die Schiefertone (Tonsteine) in den Bohrungen Bu 58 und S 109 die Oberhand. Bei Tröbsdorf ist diese Erscheinung noch deut-

licher zu erkennen. Die gesamte Unterstufe (su 2) läßt die Tendenz von gröberen zu feinkörnigeren Ablagerungen erkennen, womit ein Zyklus zunächst sicher festgestellt ist.

6.1.5. Die dritte Unterstufe des Unteren Buntsandsteins (su 3)

6.1.5.1. Die Sandsteinfolge (su 3's) (Rogensteinzone nach *W. Jung*)

Auf die Schiefertone (Tonsteine) der Unteren sandigen Tonsteinfolge (su 2'ts) gleich der Unteren Schiefertonzone nach *W. Jung* folgt in den vom Verf. bearbeiteten Bohrungen U 10, S 74, S 109, Bu 58 und ebenfalls in den Bohrungen, über die *W. Jung* berichtete, eine relativ sandreiche Schichtenfolge, die sich im wesentlichen aus Schiefertonen und Rogensteinen aufbaut. Sandsteinbänke verschiedener Dicke, oft bis zu einer Mächtigkeit von mehreren Metern, sind nicht selten. Die Schiefertone führen eine deutlich bemerkbare Sandsteinkomponente und werden häufig von dünnen Sandsteinbänkchen oder Sandsteinschmitzen durchsetzt. Es überwiegen allgemein braune Farben, die häufig von grauen bis graugrünlischen Farbtönen abgelöst werden. In den grauen Schichten sind in einigen Bohrungen Isauraenabdrücke gefunden worden. Die Farbe der allgemein feinkörnigen Sandsteine — nur selten kommen etwas mittelkörnige Partien vor — reicht von grauen bis zu braunen und blaßrosa Farbtönungen.

Wesentlich für diese recht sandig ausgebildete Folge ist die Anhäufung von Rogensteinen und Einzeloiden in den Sandsteinen und Kalksandsteinen. Die Rogensteine führen meist gröbere Ooide als in den liegenden Schichten (mitteloolithisch). Die Begrenzung dieser von *W. Jung* als Rogensteinzone bezeichneten Schichtenfolge ist im Thüringer Becken (*P. Puff, J. Jungwirth* 1961) und Harzvorland (*W. Jung* 1958) sowie zwischen Harz und Emsland (*H. Boigk* 1959) sehr gut möglich. *H. Boigk* läßt mit dem Beginn einer zweiten Häufung von Rogensteinhorizonten seine „Obere Gruppe“ beginnen, innerhalb derer eine besonders große Anreicherung von Rogensteinbänken als „obere oolithische Zone“ ausgeschieden wird. Das schon vorher erwähnte Laterolog (*H. Boigk* 1959) zeigt deutlich, daß die beschriebene Schichtfolge auch im Gebiet zwischen Harz und Emsland abgetrennt werden kann.

Die sedimentpetrographischen Daten: Schwermineral- und Kalkgehalt sowie die Radioaktivität der einzelnen Bohrungen, die die betreffenden Unterstufen und Schichtfolgen durchteuft haben, bestätigen die Abtrennung.

Um mit der in Thürigen durchgeführten Gliederung und den allgemein einheitlich zu gestaltenden Kartensymbolen eine Übereinkunft herbeizuführen, sei vorgeschlagen, die Rogensteinzone *W. Jungs* als Sandsteinfolge (su 3's) zu bezeichnen, obwohl der Hinweis auf den Rogensteinreichtum zweckmäßig wäre. Auf alle Fälle ist das Symbol su 3's hier am richtigen Platz, da es die Situation klar umreißt und die Stellung dieser Schichtfolge im Zyklus festlegt (sandig an der Basis). Daß diese Schichtfolge ausgeschieden werden muß, ergeben auch Erwägungen der angewandten Geologie, die diese Folge in vielen Gebieten, zum

Beispiel im Südhartzvorland, als wichtigen Wasserträger kennt (u. a. W. Jung 1958, S. 1023).

6.1.5.2. Die Obere sandige Tonstein-(Schiefer-ton-)Folge (su 3'ts)

(Obere Schiefer-tonzone su 5 nach W. Jung)

In den Bohrungen U 10, S 74 und Bu 58 hebt sich über der stark sandig ausgebildeten oben beschriebenen Folge eine vorwiegend aus Schiefer-ton aufgebaute Gesteinsfolge deutlich ab. Die Tendenz zu feinklastischeren Sedimenten als in den liegenden Schichtfolgen ist zu erkennen. Rogensteinbildungen sind nicht oder nur sehr vereinzelt zu verzeichnen, Kalksteinhorizonte kommen ebenfalls sehr selten vor. In den von W. Jung bearbeiteten Bohrungen (W. Jung 1958) sind allerdings gelegentlich Rogensteinbänke eingelagert. Infolge der westlicheren Lage dieser Bohrungen ist neben dem Rogenstein auch der Sandanteil etwas stärker als in den vom Verf. bearbeiteten Bohrungen, in denen zwischen vorwiegend dunkel- bis hellbraunen, sandigen Schiefer-tonen nur gelegentlich Sandsteinbänke vorkommen (W. Jung 1958). Ein Unterschied zwischen den westlichen und östlichsten Bohrungen ist leicht festzustellen. So führt die westlichste Bohrung U 10 in dieser Schichtfolge den größten Sandanteil. In S 74 ist diese Folge nur sehr geringmächtig entwickelt. Die östlichste Bohrung führt nur einen sehr geringen Sandanteil, was aus den Spülproben geschlossen werden konnte. Gelegentlich sind in sehr dünnen, grauen Schichten Abdrücke von *Isaura albertii* (Voltz) und von *Esteriella lineata* Weiß gefunden worden. In den von W. Jung bearbeiteten Bohrungen ist die Abtrennung dieser Folge offensichtlich. Zwischen Harz und Emsland kann auf Abbildungen von Laterologs und von γ -Strahlungsmessungen bei H. Boigk diese Schichtenfolge ungewöhnlich deutlich erkannt werden.

In den vom Verf. bearbeiteten Bohrungen spiegeln die sedimentpetrographischen Werte die Untergliederung der dritten Unterstufe nur in einem geringen Maße wider. Wohl aber weisen sie auf eine genetische Zusammengehörigkeit der einzelnen Schichtfolgen der Unterstufe hin. Besonders deutlich zeigen dies die Grauwerte der Bohrung Bu 58. In beiden Fraktionen werden die Granate mit Beginn der dritten Unterstufe zunächst geringer und verlieren sich wenige Meter über der Basis vollkommen, so daß die gesamte Unterstufe keine Granatgehalte aufweist.

Entsprechend der Unteren sandigen Tonsteinfolge ist für die hier beschriebene Folge der entsprechende Name „Obere sandige Tonsteinfolge“ passend, obwohl im Harzvorland in dieser Stufe die Gesteine ohne weiteres als Schiefer-tone angesprochen werden könnten. Deshalb wird die Bezeichnung Schiefer-ton noch beigefügt (Obere sandige Tonstein-(Schiefer-ton)-Folge). Damit wäre eine klare zyklische Aufgliederung der dritten Unterstufe erreicht, und der Untere Buntsandstein erhielte auch im südöstlichen Harzvorland und dessen südöstlicher Erweiterung eine nach zyklischen Gesichtspunkten aufgeteilte Dreigliederung, die mit anderen Gebieten vergleichbar ist (siehe stratigraphische Tabelle 2).

Zu den Symbolen sei gesagt, daß die Zahlen auf die Unterstufen und die dahinterstehenden Buchstaben nach dem Apostroph auf die petrographischen Eigenschaften hinweisen (siehe auch S. 13).

Stratigraphische Tabelle 2
Gliederung des Buntsandsteins in der Umgebung des Harzes

<i>W. Jung</i> (1958)	<i>J. Dockter & P. Puff</i> (1959)	Vorgeschlagene Gliederung für das Südharzvorland	
„Hauptgervillienlager“ sm V'ts Volpriehausener Wechselfolge sm V'ts	Tonsteinfoolge su 3'ts oft einzubeziehen	„Hauptgervillienlager“ sm V'ts Volpriehausener Wechselfolge	sm V
Volpriehausener Sandstein sm V's	Obere Sandstein-Schieferton-Wechselfolge su 3'st	Volpriehausener Sandstein sm V's	
Obere Schiefertonzone su 5	Obere Sandsteinfoolge su 2 s	Obere sandige Tonstein-(Schieferton)-Folge su 3 ts	su 3
Rogensteinzone su 4	Sandige Tonsteinfoolge su 2'ts	Sandsteinfoolge su 3's	
Untere Schiefertonzone su 3	Unt. Sandsteinfoolge su 2's	Untere sandige Tonsteinfoolge su 2'ts	su 2
Sandstein-Schiefertonzone su 2	Unt. Sandstein-Schieferton-Wechselfolge su 2'st	Sandstein-Schieferton-Wechselfolge su 2'st	
Zone der Bröckelschiefer su 1	Bröckelschiefer su 1	Bröckelschiefer su 1	su 1

6.2. Der Mittlere Buntsandstein

6.2.1. Zur Grenze Unterer Buntsandstein/ Mittlerer Buntsandstein

In der von *W. Jung* veröffentlichten Arbeit (*W. Jung* 1959) wurde für das südöstliche Harzvorland auf Grund der Erfahrung von vielen Meißelbohrungen und zwei Kernbohrungen eine Gliederung des Mittleren Buntsandsteins vorgelegt, wobei auf eine neue Grenzziehung zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein eingegangen wurde. Auf älteren Autoren (*E. Picard* 1909, *O. Grupe* 1912, *H. Boigk* 1956, *G. Gunzert* 1958) und Erfahrungen bei der Bearbeitung von Tiefbohrungen fußend, wurde der Wert der „leitenden Rogensteinbänke“ als Kennzeichnung für den Unteren Buntsandstein abgelehnt (*W. Jung* 1958, 1959). Einzelne Ooide und Rogensteinbänke kommen häufig in einigen Zonen des Mittleren Buntsandsteins vor, was auch in der Literatur vielfach vermerkt ist. Die Grenze wurde von *W. Jung* „nach alter durchaus berechtigter Gepflogenheit“ (*O. Grupe* 1912, S. 409) an die Stelle gelegt, wo zum ersten Male eindeutig gröber körnige Sandsteine auftreten. Auch in den Bohrungen Bu 58, S 74 und U 10 folgen auf

die Schiefertone der „Oberen sandigen Tonstein-(Schiefertone)-Folge“ (su 3'ts) mittel- bis grobkörnige Sandsteine. Diese gröber körnigen Sandsteine treten von diesem Horizont an nach dem Hangenden zu immer wieder auf. Das Bindemittel verändert sich mehr oder weniger stark gegenüber den Sandsteinen des Unteren Buntsandsteins. Die Feldspäte weisen Kaolinisierungserscheinungen auf. Farben und sedimentpetrographische Werte lassen deutlich Unterschiede zu den liegenden Gesteinen erkennen.

Diese Sedimentfolge ist nach *W. Jung* (1959) mit der Basis der Volpriehausener Gruppe *H. Boigks* im westdeutschen Buntsandstein zu parallelisieren. Dieser Einstufung kann beigestimmt werden. Eine vergleichende Tabellendarstellung von *J. Dockter & P. Puff* (1959) zeigt diese Sedimentfolge wieder in den Unteren Buntsandstein zurückgestuft. Gegen diese Einstufung sprechen einige Beobachtungen, auf die noch eingegangen wird.

6.2.2. Die Volpriehausener Gruppe (sm V)

6.2.2.1. Volpriehausener Sandstein (sm V's)

Wie schon erwähnt, liegt auf den feinklastischen Ablagerungen der hangendsten Teile der obersten Unterstufe des Unteren Buntsandsteins eine weitaus gröbere Sedimentfolge. Diese wird in den Bohrungen U 10, S 74 und Bu 58 durch 5 bis 8 m mächtige, mittel- bis grobkörnige Sandsteinbänke eingeleitet. Infolge eines mehr oder weniger reichen Anteiles an kaolinitischem Bindemittel sind die Kerngewinne in diesen Schichten gering, da durch den Spüldruck das wenig feste Gestein zerstört wurde. Auf die reinen Sandsteine folgen in verschiedenen Mächtigkeiten Schiefertone, Sandsteine und gelegentlich Rogensteine in einer Wechsellagerung. Die bis mehrere Meter Mächtigkeit erreichenden Sandsteine sind im wesentlichen recht grobkörnig ausgebildet. Feinsandstein spielt nur eine untergeordnete Rolle. Die beschriebene Folge ist von *W. Jung* mit dem Volpriehausener Sandstein parallelisiert worden. Die Zugehörigkeit dieser und der weiter dem Hangenden zu folgenden Schichtglieder zum Mittleren Buntsandstein steht außer Zweifel. Außer den von *W. Jung* (1959) angeführten lithologischen Kennzeichen unterstützen die sedimentpetrographischen Werte die Anschauung von einer wesentlich anderen Sedimentation von der Basis der gröberen Sandsteine ab. Die Veränderung betrifft nicht nur die Sandsteine, sondern auch die eingelagerten Schiefertone. So halten in der Bohrung S 74 die Zirkon-, Rutil- und Turmalinhalte von den groben Basissandsteinen ab ein wesentlich anderes Niveau gegenüber den Gesteinen des Unteren Buntsandsteins ein. Rutil- und Granatgehalte zeigen die gleiche Erscheinung in der Bohrung U 10, während in der Bohrung Bu 58 solche Erscheinungen bei Granat-, Turmalin- und den Zirkongehalten der großen Fraktion zu beobachten sind. In der Bohrung Bu 58 können nur die Schiefertone des Mittleren und Unteren Buntsandsteins miteinander verglichen werden (Kernverlust in Sandsteinbereichen). Die Schwermineralgehalte weisen deutliche Unterschiede auf.

6.2.2.2. Volpriehausener Wechselfolge (sm V'st) und „Hauptgervillienlager“ (sm V'ts)

Eine ca. 30 bis 47 m mächtige Wechselfolge von meist mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen und Schiefertonen lagert über dem Volpriehausener Sandstein, bevor eine weitere besonders deutlich abgrenzbare Sandsteinpartie (mittelkörnig mit viel Grobkorn) sie begrenzt. Eine Grenze innerhalb der Wechselfolge zu ziehen, ist sehr schwer und wenig sinnvoll. Da aber die erwähnte sich scharf absetzende Sandsteinbank als die Basissandsteinpartie der Detfurther Gruppe angesehen werden kann, muß in der darunterliegenden Gruppe die Volpriehausener Wechselfolge mit dem „Hauptgervillienlager“ zusammengefaßt werden. Die Schiefertone und Sandsteine der Folge sind schon mehrfach beschrieben worden. Hervorzuheben sind die grundsätzlich veränderten Niveaus der Schwermineralgehalte auch dieser Folge gegenüber den Sedimenten des Unteren Buntsandsteins. Damit dürfte ein erhebliches Argument gegen ihre Zugehörigkeit zum Unteren Buntsandstein festgestellt sein. Die Messungen der γ -Strahlung geben zwar keine Anhaltspunkte für die Trennung in Unteren oder Mittleren Buntsandstein, doch zeichnen sie mit sehr großer Genauigkeit die Sandstein- und Schiefertontpartien ab. Es ergibt sich somit die Möglichkeit, im Buntsandstein (speziell im Mittleren) durch Messung dieser Werte eine ausgezeichnete Grundlage für Einstufungen zu erhalten. Ein sehr schönes Beispiel für die erfolgreiche Deutung des γ -Logs ist bei *H. Boigk* angeführt.

Auf den geringen Kalk- und Dolomitgehalt der Gesteine der Schichtfolge sei hingewiesen. Aus den Anlagen 1 bis 5 sind diese Werte leicht zu ersehen.

6.2.3. Die Detfurther Gruppe (sm D)

Von dieser Gruppe liegt im Untersuchungsgebiet nur der Detfurther Sandstein (sm D's) vor. Infolge seines markanten Absetzens gegenüber den Schiefertonen der Volpriehausener Gruppe ist er im südöstlichen Harzvorland schon früher besonders aufgefallen und wurde als Basis des Mittleren Buntsandsteins gedeutet. Durch die Vorstellung des ausschließlichen Auftretens der Rogensteine im Unteren Buntsandstein ist diese Annahme noch verstärkt worden. Dieses Sandsteinpaket (gelegentlich von Schiefertonen durchzogen) weist durch seine Lithologie (im Sinne von *L. B. Ruchin* 1958) auf seine Vergleichbarkeit mit *H. Boigk's* Detfurther Sandstein hin (vgl. Anlagen und *W. Jung* 1959, *H. Boigk* 1957).

Leider liegt infolge der Bindemittelarmut und eines Kaolingehaltes nur wenig Kernmaterial vor. Die Sandsteine sind unter dem Spüldruck zerfallen, andererseits wird auch selten versucht, diese Partien zu kernern. Hier macht sich besonders das Fehlen der Bohrloch- γ -Messungen bemerkbar.

Die Proben der Bohrung S 74 weisen zwar einige sehr hohe Zirkonwerte auf, beweisen aber sonst, daß zwischen diesem Sandstein und dem Liegenden kein Unterschied besteht. Es zeigt sich somit auch in der sedimentpetrographischen Bearbeitung, daß diese Schichtfolgen in einem gewissen Maße zusammengehören und nicht durch eine Grenze (zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein) getrennt werden können.

6.3. Zyklische Erscheinungen im Mittleren Buntsandstein

Betrachtet man die Bohrkerne in Hinsicht auf zyklische Erscheinungen, so lassen sich in der Körnigkeit dieser Schichtfolge deutliche Kennzeichen dafür erkennen. In vielen Arbeiten über den westdeutschen Buntsandstein wurde ein zyklischer Aufbau des Mittleren Buntsandsteins beschrieben und die Gliederung in vier Gruppen (Unterstufen) durchgeführt. Es sei auf die mehrfach angeführten Autoren hingewiesen. Diese Gruppen kennzeichnen einen großzyklischen Ablauf. Dem Ablagerungsraum wurde zunächst sandiges, dann toniges und abschließend vorwiegend toniges Material zugeführt. Dieses Nacheinander ist auch deutlich in den Bohrungen des südlichen Harzvorlandes und dessen südöstlicher Erweiterung in der Volpriehausener Gruppe festzustellen, die als einzige Gruppe mehrmals mit einem vollständigen Kernprofil vorliegt. *W. Jung* (1959) und *H. Boigk* (1959) machten auf Kleinzyklen aufmerksam, die innerhalb eines Großzyklus die zyklische Ablagerungsfolge von sandig zu tonig mehrfach wiederholen. *W. Jung* konnte die innerhalb der Volpriehausener Gruppe auftretenden Kleinzyklen der Bohrungen U10 und S74, die ca. 12 km Luftlinie voneinander entfernt sind, sogar miteinander parallelisieren. Es gelang ihm, in dieser Gruppe neun Kleinzyklen zu unterscheiden.

In der Mansfelder Mulde (Bu 58) konnten dagegen nur sechs Kleinzyklen erkannt werden.

Aus den γ -Messungen, die *H. Boigk* abbildet, lassen sich ebenfalls acht bis neun Kleinzyklen innerhalb der Volpriehausener Gruppe im Gebiet zwischen Harz und Emsland erkennen. Die Schwermineraluntersuchungen zeigten keine Anzeichen für eine generelle Verfolgung der Kleinzyklen.

7. Zur Sedimentation des Buntsandsteins

G. Richter-Bernburg (1953, 1955) zeigte bei der Betrachtung der Salinare, daß sich der Übergang von einer Sedimentationsperiode in die andere im allgemeinen nicht plötzlich vollzieht. Die Umweltverhältnisse, die die verschiedene Ausbildung der Sedimente bedingen, ändern sich allmählich. So sind Toneinschaltungen in Salzen und die ständig zunehmende Verunreinigung der salinaren Sedimente an der Grenze vom Zechstein zum Buntsandstein ein Zeichen für sich verändernde Abtragungsbedingungen im sedimentliefernden Hinterland. Eventuell können die Verunreinigungen auch Anzeichen für eine klimatische Veränderung darstellen (s. auch *H. Boigk* 1959). Der Einfluß des Hinterlandes auf das Sedimentationsgebiet macht sich besonders deutlich im Buntsandstein bemerkbar, der durch vollmarine Ablagerungen im Liegenden und Hangenden begrenzt wird. Der Buntsandstein, bisher als bevorzugte kontinentale Periode angesehen, ist nicht frei von marinen Bildungen, die abwechselnd mehr oder weniger sogar vorherrschten (*H. Boigk* 1959).

7.1. Die Ablagerungsbedingungen

Die Ablagerungsbedingungen im Buntsandstein sind ein vielfach diskutiertes Problem. In neuerer Zeit setzt sich immer mehr die Meinung von einem Absatz

eines großen Teiles der Buntsandsteinsedimente im wäßrigen Medium durch. Es mag dabei dahingestellt sein, ob es sich um eine rein fluviatile Entstehung oder um eine flächenhafte Verteilung der Sedimente unter geringer Wasserbedeckung in einem mehr oder weniger flachen Becken handelt. *H. Boigk* (1959) hält eine „rein fluviatile Bildung für unwahrscheinlich“, da sich an keiner Stelle eine nachträgliche erosive Beseitigung der Sande trotz ihrer relativ geringen Mächtigkeit nachweisen lasse. Die vielfachen Anzeichen von Schräg- und Kreuzschichtungen deuten aber nicht unwesentlich auf eine erhebliche fluviatile Komponente hin. In den Bohrkernen lassen sich Schrägschichtungen finden, die rein typenmäßig auf fluviatile, aber auch auf eine Entstehung bei schwacher Wellenbewegung in flachem Wasser hinweisen. In einer solchen Wellenbewegung werden die sich bildenden Rippelmarken gleich wieder umgelagert. Typisch für diese Art der Schrägschichtung ist nach *L. B. Ruchin* (1958) die geringe Mächtigkeit der einzelnen Serien (1 bis 3 cm) und ihre wellige und sehr unruhige Schichtung. Solche Verhältnisse liegen in den Bohrkernen vor.

Ob ein großer Teil der Sedimente im wesentlichen durch Wasser oder Wind abgelagert wurde, ist in vielen Arbeiten (*H. G. Wunderlich* 1957, *W. Pleßmann*

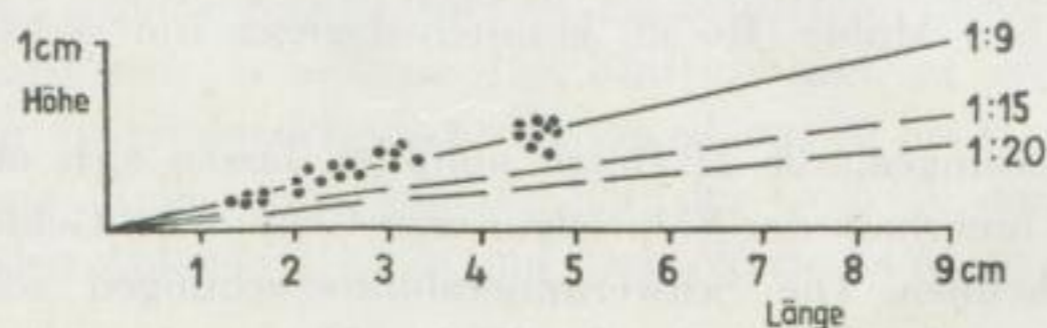


Abb. 5. Graphische Darstellung der Werte der Rippelindizes

1957, *W. A. Schnitzer* 1957b) zugunsten der Ablagerung durch Wasser wohl schon entschieden worden. Die Untersuchungen im südöstlichen Harzvorland weisen auf die gleichen Bildungsbedingungen für die Schiefertone, die Fein- und Mittelsandsteine des Unteren wie auch des Mittleren Buntsandsteins hin.

Die wenigen einwandfrei auswertbaren Rippelmarken können auf Grund der Auswertung ihrer Rippelindizes (Furchenwallindizes) nur durch Wasser gebildet worden sein. *L. B. Ruchin* (1958) fordert für Rippelindizes, die Wasserablagerung anzeigen, Werte über 1 : 20, *W. H. Twenhofel* Werte über 1 : 15. Beiden Forderungen entsprechen mit ca. 1 : 9 die ausgemessenen Rippelmarken (siehe Abb. 5).

Dünnschliffe quer zu einigen Rippelmarken ließen gegenüber dem Rippelkamm einen etwas größeren mittleren Korndurchmesser im Tal erkennen. Die Bemerkung in der Literatur, daß größere Körner im Tal auf Wasserrippeln hindeuten, größere Körner auf dem Kamm dagegen Windrippel anzeigen, ist allerdings noch nicht allgemein anerkannt (*L. B. Ruchin* 1958).

Die sicherste Bestimmung des Ablagerungsmediums gelingt wohl nach dem Verfahren nach *W. v. Engelhardt* (1940). Die Methode beruht auf der Tatsache, daß ein Transportmedium (Luft oder Wasser) Leicht- und Schwerminerale nur in verschiedenen Korngrößen gleichzeitig und gleich schnell transportieren kann. Diese Korngrößenabstände sind bei den einzelnen Transportmedien verschieden groß und ergeben somit ein Unterscheidungsmerkmal für die Feststellung des

Mediums. Von den verschiedensten Autoren überprüft (u. a. W. Pleßmann 1957) und angewandt, ist diese Methode zwar sehr langwierig, führt aber sicher zum Ziel. Voraussetzung ist die Möglichkeit, eine große Anzahl von Körnern einer Schwermineralart isolieren zu können, um die durchschnittliche Korngröße festzulegen und mit der Korngröße eines Leichtminerals zu vergleichen.

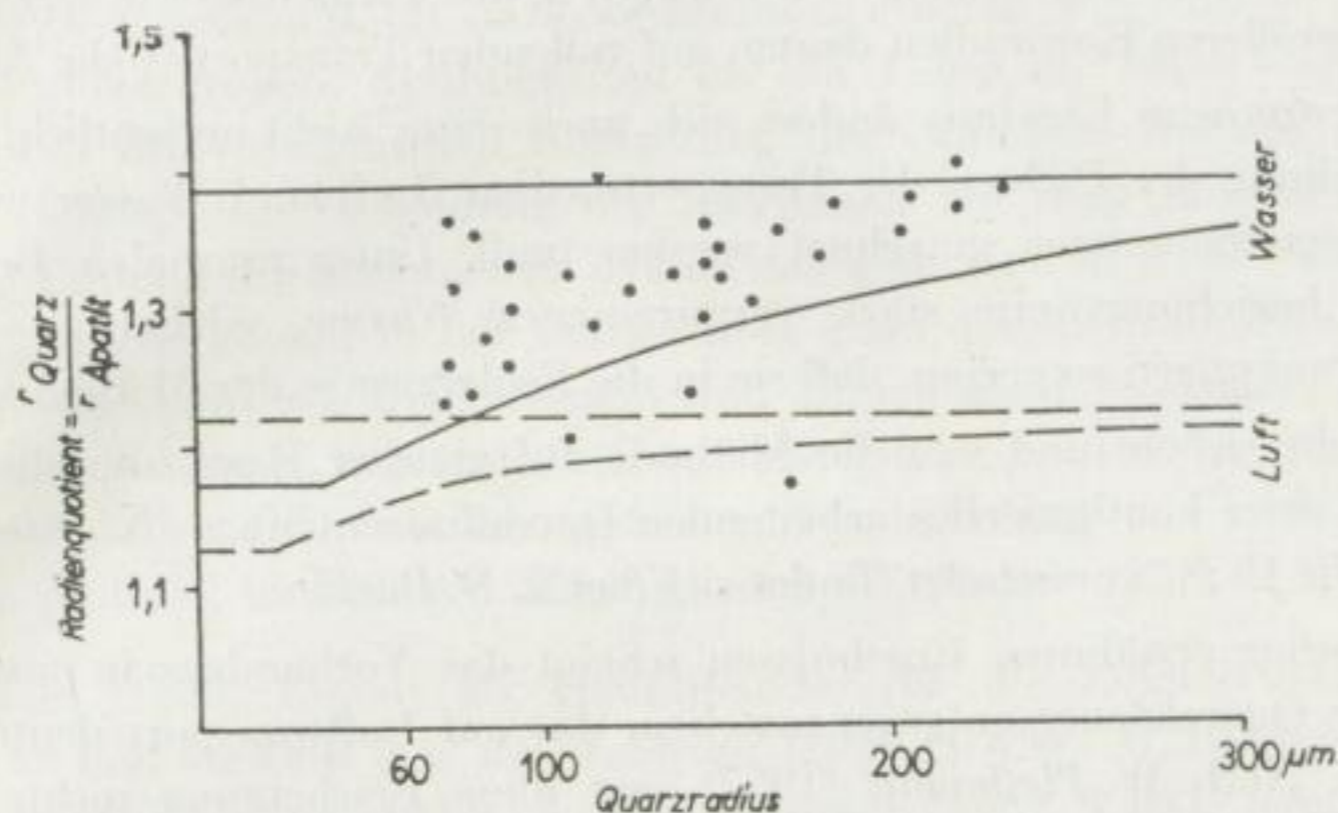


Abb. 6. Radienquotienten von Quarz zu Apatit aus 32 Proben des Unteren und Mittleren Buntsandsteins. Die unteren Begrenzungslinien der Felder für Wasser und Luft sind die Grenzen für schwebenden, die oberen Linien die Grenzen für rollenden Transport

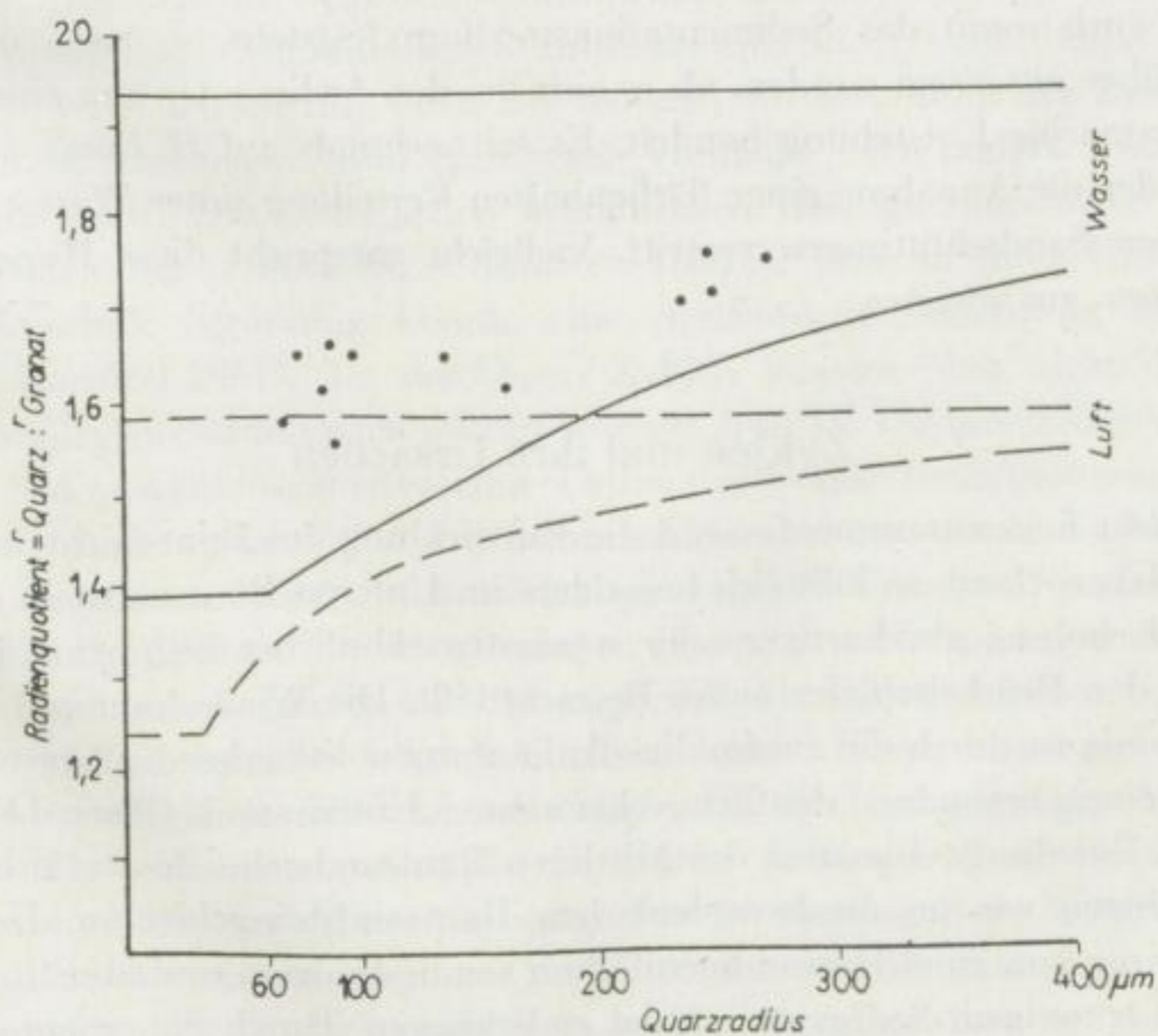


Abb. 7. Radienquotienten von Quarz zu Granat aus 12 Proben des Unteren und Mittleren Buntsandsteins

Es wurden je Probe 150 bis 250 Körner eines jeden zu vergleichenden Minerals auf ihre Korngröße hin vermessen und ihre Radien zueinander in Beziehung gesetzt. Die Verhältnisse von Quarzradien zu Schwermineralien verschiedener Proben zeigen keine zu großen Unterschiede und fallen in das nach *Stockes* und *Oseen* berechnete Feld für Wassersedimentation. In das Feld für Windsedimentation fallen nur wenige Punkte von Quarz/Apatit-Vergleichszahlen. Die höheren Werte bei größeren Kornradien deuten auf rollenden Transport (siehe Abb. 6 u. 7).

Das gewonnene Ergebnis ändert sich auch dann nicht wesentlich, wenn mit einer Erhöhung der Dichten der Transportmedien (Luft und Wasser) infolge von Dispersionserscheinungen gerechnet werden muß. Unter normalen Bedingungen — Staub, beziehungsweise stark verunreinigtes Wasser, salzhaltig — sind die Dichteschwankungen so gering, daß sie in die Fehlergrenze der Methodik eingehen.

Eine sehr sichere und schnelle Methode auf gleicher Basis, die allerdings die Benutzung einer kontinuierlich arbeitenden Durchflußzentrifuge (*K. Jasmund* 1948, *L. B. Ruchin* 1958) voraussetzt, findet sich bei *L. B. Ruchin*.

Den vorher erwähnten Ergebnissen scheint das Vorhandensein vieler runder und matter Quarzkörner entgegenzustehen, das auf Lufttransport deutet (*A. Cailleux* 1950). Nach *W. Pleßmann* (1957) sagt diese Erscheinung nichts über das letzte eigentliche Sedimentationsmedium aus. Vor dem Absetzen im Wasser (vielleicht auch bei gelegentlichen Eintrocknungen) können die Körner zeitweiligen Einwirkungen durch Wind ausgesetzt gewesen sein. Die matten Quarzkörner sind fast in allen Schichten zu finden. Am zahlreichsten treten sie in den Sedimenten des Mittleren Buntsandsteins auf.

Wenn auch somit das Sedimentationsmedium feststeht, so kann doch leider nichts darüber ausgesagt werden, ob es sich bei den Sedimenten um eine fluviatile oder mehr marine Entstehung handelt. Es sei nochmals auf *H. Boigk* (1959) hingewiesen, der die Annahme einer flächenhaften Verteilung unter Wasser selbst für die gröberen Sandschüttungen vertritt. Vielleicht entspricht diese Hypothese den Verhältnissen am meisten.

7.2.

Zyklen und ihre Ursachen

Überblickt man zusammenfassend die Entwicklung des Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland, so läßt sich besonders im Unteren Buntsandstein eine zweifache Wiederholung gleichartiger oder wenigstens ähnlicher Sedimente feststellen, wenn man den Bröckelschiefer außer Betracht läßt. Die Wiederholung der Abfolge sandig zu tonig ist durch die zweimalige Anhäufung oolithischer Kalkgesteine (auch Kalksandsteine) besonders deutlich erkennbar („Untere und Obere Oolithzone“ *H. Boigk*). Für die Basispartien des Mittleren Buntsandsteins deuten sich ähnliche Wiederholungen wie im nordwestdeutschen Buntsandsteingebiet an. Deutlich ist die Ablagerung von zunächst sandigem, dann sandig-tonigem und abschließend fast ausschließlich tonigem Sedimentmaterial zu erkennen. Durch die erneute anschließende Ablagerung von sandigen Sedimenten ist die Wiederholung der Abfolge angedeutet.

Somit zerlegt sich der Sedimentationsvorgang in einzelne Großzyklen. Ob die Begriffe Rhythmus oder Zyklus angewendet werden müssen, ist von *S. v. Bubnoff* (1948) diskutiert worden (s. auch *W. Hoppe* 1959, S. 4). Wie die Definitionen zeigen, führen die geringmächtigen Rhythmen jeweils nur zwei Phasen (grobes und feines Lager) (*G. Weiss* 1914, S. 58). Die zyklischen Ablagerungen setzen sich dagegen aus einer größeren, oft stark wechselnden Anzahl von Phasen zusammen, die auch weitaus größere Mächtigkeiten als ein Lager im Sinne von *G. Weiss* erreichen. Von der rhythmischen Ablagerung der einfachen Warven ausgehend, kann *S. v. Bubnoff* die Verbindung der Rhythmen mit dem Jahresablauf nachweisen. Die Bildung der mächtigeren Zyklen dagegen „sind in Krustenbewegungen begründet, genauer gesagt, in der wechselnden Lage des sedimentliefernden Festlandes zum Meeresspiegel. Die Rhythmen sind klimatisch, d. h. exogen, die Zyklen tektonisch, d. h. endogen, begründet“ (*S. v. Bubnoff* 1948, S. 13). Im Buntsandstein besteht ein Zyklus häufig aus der einfachen Wiederholung von grob- und feinklastischem Material in größeren Mächtigkeiten (*W. Hoppe* 1959, S. 5).

W. Hoppe (1959) nimmt als Hauptursache für die Zyklen epirogene Bewegungen an und verweist u. a. auf *A. Strigel* (1929, S. 420), *M. P. Gwinner* (1955, S. 15) und *W. A. Schnitzer* (1957b, S. 119). *H. Boigk* (1959, S. 627) lehnt epirogene Bewegungen als Ursache teilweise ab, da das zeitgleiche Aushalten der Sedimente seiner Ansicht nach dadurch nicht erklärt werden könnte, wenn der Abtragungsschutt von verschiedenen, räumlich getrennten Gebieten stammt. *W. A. Schnitzer* (1957b, S. 113) tritt entschieden gegen klimatische Schwankungen als Ursache der Zyklen auf, „da sich die Schwermineralführung, die mit dem Apatitanteil einen relativ empfindlichen Klimaindikator aufweist, sich nicht verändert“. *W. Hoppe* (1959, S. 51) weist darauf hin, „daß zur feineren Ausgestaltung der Zyklen außer dem örtlich verschiedenen Grad epirogener Vorgänge noch andere Ursachen hinzuzunehmen sind“. Die angeführten klimatischen Belange sind m. E. nicht von größerer Bedeutung (s. auch *W. A. Schnitzer* 1957b). Eine in ihrer Richtung und Stärke wechselnde Strömung könnte eine rhythmische Schichtung hervorrufen (s. auch *H. Borchert* 1941), die mächtigen Zyklen können aber nicht durch evtl. Temperatursausgleichsströmungen erklärt werden. Von *W. Hoppe* (1959) werden die Lage des Sedimentationsgebietes zum Beckenrand oder Beckeninnern, die Morphologie des Beckenrandes und des Sedimentationsraumes sowie die Umlagerung bereits sedimentierten Materials als zusätzlich mögliche Ursachen für eine zyklische Sedimentation angeführt. Die erstgenannten beiden Punkte spielen wahrscheinlich besonders im Zusammenhang mit der Lage des Abtragungsgebietes eine wesentliche Rolle. Sie werden aber letztlich durch endogene Bewegungen erst geschaffen. Mit der Morphologie des Beckenrandes sind auch die Umlagerungen bereits sedimentierten Materials eng verknüpft. Es wären Erscheinungen wie die erneute Erosion und damit der Weitertransport bereits abgelagerten Materials, untermeerische Rutschungen in marinen Verhältnissen und in den gleichen Verhältnissen die bekannten Erscheinungen der „turbidity currents“ zu nennen.

Im Bohrkern der Bohrung R 2/59 sind deutlich Anzeichen von Umlagerungsvorgängen im Sediment vor der Verfestigung zu erkennen.

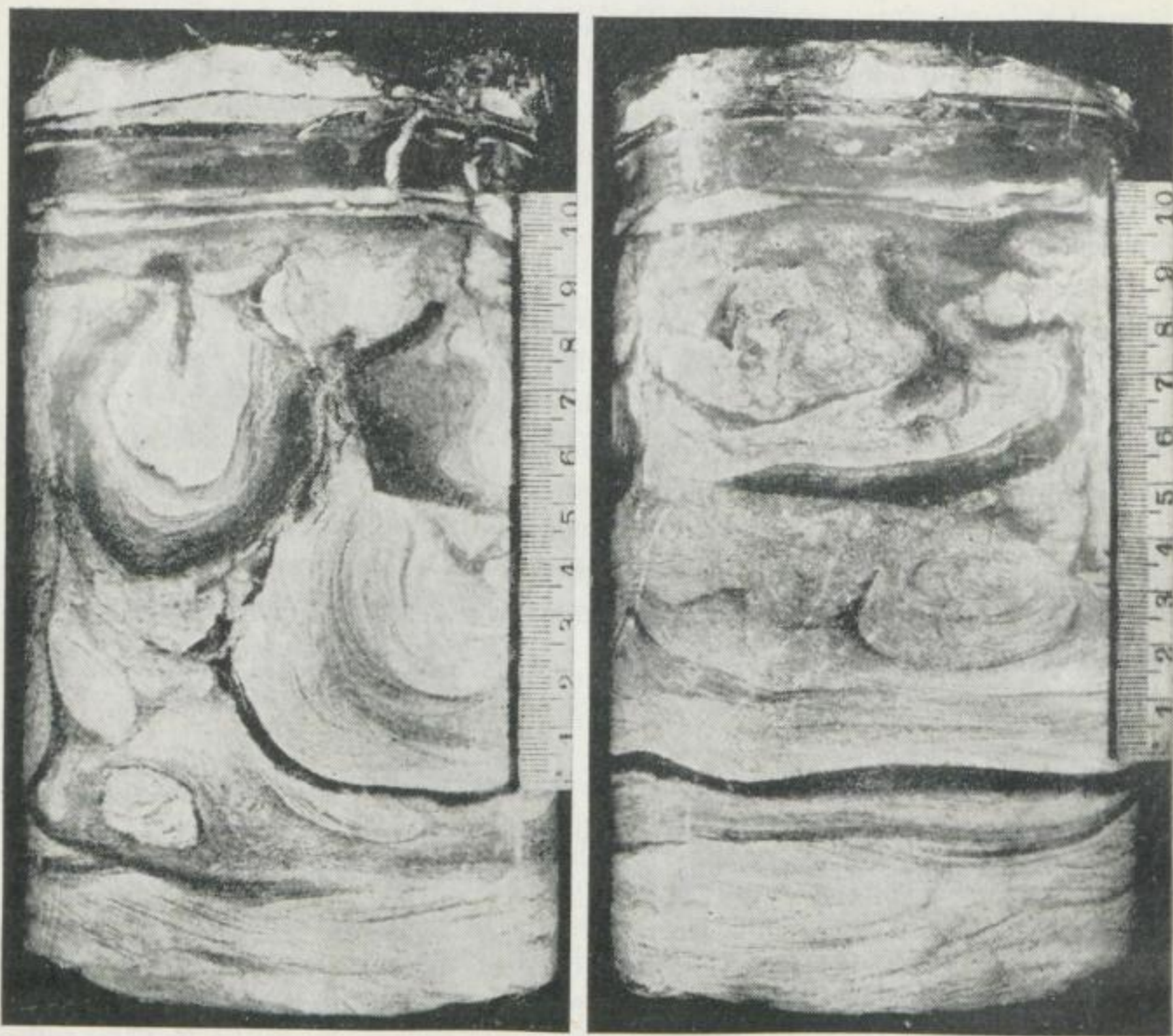


Abb. 8a u. 8b. Vor der Verfestigung im Sediment entstandene Lagerungsstörungen. Bohrung R 2/59 Sandstein – Schieferton Wechselfolge (su2 st Bohrmeter 443,8–464,0)

Ein öfteres Abgleiten von abgelagertem Material vor der Verfestigung kann lokal recht gut Bilder einer zyklischen Sedimentation hervorrufen. Doch dürfte immer wieder das allmähliche Einsinken oder Hervorheben des Beckens oder Teilen davon bzw. des Hinterlandes die ursächliche Rolle dazu spielen. Die Erscheinungen finden in den verschiedenen Mächtigkeiten der Sedimente ihren Niederschlag (W. Hoppe 1959).

Nach S. v. Bubnoff (1948) ist das Übereinandervorkommen von Sedimenten, die auch nebeneinander vorkommen können, ein wichtiges Merkmal, um zyklische von azyklischer Sedimentation unterscheiden zu können (Korrelationsregel von J. Walther, nach L. B. Ruchin [1958, S. 374] Gesetz von Golowkinsky). Das allmähliche Ineinandergreifen der Sedimente verschiedener Fazies im Buntsandstein ist somit ein sicheres Anzeichen für eine echte zyklische Sedimentation.

Die Gebiete der Außen- und Innensenken, deren Sedimente die Molassen sind, und die Schelfe, außerhalb der Uferzone bis zum Kontinentalabhang, sind die Räume der zyklischen Sedimentation. In diesen Räumen sind nach S. v. Bubnoff (1948, S. 14) Bewegungen mit einer gewissen Weitspannigkeit und vertikale Be-

wegungen der Beckenränder verbreitet. Daraus folgert *S. v. Bubnoff*, daß Hebungen und Senkungen von Schwellen bzw. Becken maßgebend für die zyklische Sedimentation sind. Die Bewegungen gehen zwar allmählich, doch mit einer gewissen Ruckartigkeit vor sich. Es schieben sich Zeiten einer relativen Ruhe ein. Die Abstände zwischen den Bewegungszeiten sind, nach den verschiedenen mächtigen Phasen der Zyklen zu schließen, nicht gleichmäßig groß. Das Fehlen einer Periodizität spricht gegen einen stärkeren Einfluß von Klimaschwankungen. Die Bewegungen von Becken und Schwellen in dieser Art, zum Beispiel im mitteldeutschen Raum, hat *S. v. Bubnoff* als diktyogenetisch bezeichnet. Die Zyklen verschiedenster Dauer (Mächtigkeit) sind mit diesen Bewegungen wohl am logischsten erklärbar (*W. Hoppe* 1959, S. 53—54, *A. Herrmann* 1957).

Ein Einfluß von Umlagerungsvorgängen und in geringerem Maße auch Klimaschwankungen könnten zur feineren Ausgestaltung der Zyklen beigetragen haben.

Neben Zyklen kleinerer und mittlerer Dauer unterscheidet *S. v. Bubnoff* (1948, S. 15) noch Großzyklen, die größere Formationsteile oder sogar Formationen umfassen. Wenn diese Definition auch für die „Großzyklen“ des Buntsandsteins, wie sie bisher verwendet wurden, nicht zutrifft, so soll doch im Folgenden diese Benennung beibehalten werden.

Innerhalb dieser Großzyklen erwähnt *H. Boigk* im westdeutschen Mittleren Buntsandstein Kleinzyklen, die Erscheinungen der Großzyklen in kleineren Dimensionen wiederholen. In den Bohrungen S 74 und U 10 beschreibt *W. Jung* (1959) Kleinzyklen aus dem Mittleren Buntsandstein des südöstlichen Harzvorlandes. Die gleichen Erscheinungen konnten jetzt auch in der Mansfelder Mulde nachgewiesen werden.

Innerhalb der Zyklen des Unteren Buntsandsteins ist es nicht gelungen, Kleinzyklen im Untersuchungsgebiet nachzuweisen.

8. Die Schwerminerale

Da nur die durchsichtigen Schwerminerale ausgewertet wurden, sollen zunächst die fünf wichtigsten und anschließend einige nebensächlichere durchsichtige Minerale kurz beschrieben werden. Es sei auf die reichhaltige Literatur hingewiesen, die sich mit Schwermineralien des Buntsandsteines befaßt. Die Menge der Schwermineralien ist verschieden. Einige Tabellen am Ende der Arbeit sollen die Gewichtsmengen verdeutlichen (Bohrung S 74, R 2/59). Im allgemeinen erreichen die Schwermineralien (durchsichtige und opake) in den beiden Fraktionen 0,04—0,06 mm und 0,06—0,1 mm jeweils 0,01—0,05 Gew.-%, berechnet auf das Gesamtsediment.

8.1. Apatit

Der Apatit ist das bei weitem häufigste Schwermineral. Es konnten zwei Varietäten festgestellt werden: ein großer Teil der Apatite ist farblos, leicht getrübt, ein kleinerer Teil trägt braungraue bis braunschwarze Farbtönungen. Nur selten werden braungrüne Färbungen beobachtet. Die erwähnten dunklen Färbungen

werden durch eine große Anzahl sehr kleiner, opak erscheinender Einschlüsse hervorgerufen. Solche Einschlüsse bilden gelegentlich dunkle Streifen parallel der c-Achse. Relativ häufig sind auch größere Einschlüsse opaken Materials und kleine eingelagerte Zirkone. Die dunkleren Apatite weisen oft einen deutlich erkennbaren Pleochroismus auf. Außer den üblichen normalen kristalloptischen Kennzeichen fällt besonders eine gelegentlich zu beobachtende Zweiachsigkeit mit sehr geringem Achsenwinkel auf. Die Oberfläche ist fast stets porig (rauh). Die Form weist in nahezu allen Fällen eine Abrundung auf. Nur verhältnismäßig wenige Exemplare sind von Bruchflächen begrenzt. Diese brauchen nicht mit der Sedimentation und dem Transport im Zusammenhang zu stehen. Sie können bei der mechanischen Zerkleinerung, Siebung usw. entstanden sein. Es lassen sich mehrere Hauptformen unterscheiden:

1. kugelig gerundete Apatite,
2. ellipsenförmig gerundete Apatite,
3. prismatische kantengerundete Apatite,
3. unregelmäßige, gerundete Apatite,
5. Bruchstücke der erwähnten Formentypen.

Die Aufstellung dieser Hauptformtypen spiegelt den Formenreichtum der Apatite bei weitem noch nicht wieder. Es finden sich Übergänge zwischen den verschiedensten Formen.

Betrachtet man die Verteilung der Formentypen in den stratigraphischen Einheiten oder in der Fläche, so ist keine Gesetzmäßigkeit der Verteilung zu erkennen. Das liegt wohl zum Teil daran, daß die Apatite durch den Transport sehr schnell abrunden. Sie liegen sogar schon im Ursprungsgestein in ziemlich kompakten Körnern vor (W. A. Schnitzer 1957b). Andererseits sind nach den Erfahrungen des erwähnten Autors Gliederungen auf Grund von Formentypen im Gebiet südlich des Thüringer Waldes möglich gewesen.

Die weite Verfrachtung des Apatits im thüringischen und hannoverschen Buntsandstein ist ein weiterer Beweis dafür, daß er zu den stabilen Mineralien gerechnet werden muß. Nach H. Wieseneder (1953, 1958) ist Apatit der Oberflächenverwitterung gegenüber instabil, den diagenetischen Veränderungen gegenüber erweist er sich als stabiles Mineral. Von W. A. Schnitzer (1957b) wird diese Ansicht ebenfalls vertreten. Der Einfluß einer diagenetischen Zerstörung auf die Apatite des Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland scheint ebenfalls gering zu sein, denn die einzelnen Körner weisen meist eine sehr gut erhaltene Oberfläche auf. Die „Poren“ sind kaum als bedeutende Anätzungen anzusehen. Aus anderen Arbeiten sind allerdings Auflösungserscheinungen an Apatiten des Buntsandsteins bekannt geworden (W. A. Schnitzer 1957b, K. Kreysing 1958).

8.2.

Granat

Der Granat tritt fast ausschließlich in einer für ihn typischen treppenstufenartigen Ausbildung auf. Die Körner sind meist farblos, selten schwach rötlich gefärbt. An der Oberfläche einiger Körner sind einwandfrei Ätzgruben zu erkennen, deren Ränder abgerundet erscheinen. Die vielfache Wiederholung der

Ätzformen führt zur treppenstufenartigen Anordnung der Oberfläche der Granate (H. Müller 1958). Die Meinungen darüber, wie solche Formen entstehen können, gehen weit auseinander. Saure Lösungen im Sediment könnten diese Erscheinung leicht erklären, doch fand man die gleichen Formen auch im karbonatischen Gestein. Die Lösung oder Zerstörung während des Transportes wäre möglich, doch stehen dem die gut erhaltenen anderen ebenfalls recht beeinflussbaren Mineralien gegenüber, die wie zum Beispiel Apatit den Transport gut überstehen. H. Müller (1958) weist auf die wahrscheinlich geringe mechanische Beanspruchung der kleinen Korngrößen (unter 0,1 mm \varnothing) hin, da diese häufig schwebend transportiert werden. Als Beispiel werden sehr lange Zirkonnadeln angeführt, die diesen Vorgang unbeschädigt überstanden haben. Da die vorgefundenen Granatformen in magmatischen und metamorphen Gesteinen nicht vorkommen, müssen aber Einwirkungen stattgefunden haben, die H. Müller schon für die Zeit der primären Herauswitterung aus dem Ursprungsgestein annehmen möchte. Auf alle Fälle ist der Granat weit verfrachtet worden und seine Stabilität scheint beachtlich zu sein. Nach H. Wieseneder (1953) reagiert der Granat den Einflüssen von Verwitterung und Diagenese gegenüber in verschieden starkem Maße. Die Oberflächenverwitterung greift ihn stärker an als Einflüsse der Diagenese.

Regional ist die Granathäufigkeit gut auszuwerten (W. A. Schnitzer 1957b, H. G. Wunderlich 1957, K. Kreysing 1958, H. Müller 1957 u. a.). Der Anteil am Schwermineral-Auszug ist meist gering.

8.3. Turmalin

Am häufigsten treten kurz- bis mittelprismatische Formen auf. Langprismatische Formen sind seltener. Unregelmäßig begrenzte Turmaline finden sich als Hauptform nur in der Bohrung S 74. In den weiter östlich liegenden Bohrungen geht die Häufigkeit dieser Formen sehr zurück. Alle Individuen sind durchweg kantengerundet. Die am häufigsten auftretende Farbe ist gelbbraun. Dazu kommen noch graugrünliche Farben, während farblose Kristalle selten angetroffen werden. Die gelbbraunen Varietäten weisen den deutlichsten Pleochroismus auf (ε = gelbbraun, grünlich; ω = dunkelbraun, tiefgrün; selten ist ω farblos, ε bläulich). Die häufigen opaken Einschlüsse finden sich fast stets parallel zur c-Achse angeordnet.

Der Turmalinanteil an der Schwermineralfraktion erreicht durchschnittliche Werte von 10⁰%. Nur im Unteren Buntsandstein der Bohrung R 2/59 liegen die Gehalte etwas höher: bei ca. 20⁰% Durchschnitt. Einzelne höhere Spitzenwerte sind ohne Bedeutung. Stratigraphische oder paläographische Betrachtungen sind an Hand der Turmaline möglich.

8.4. Zirkon

Obwohl es sich bei den untersuchten Fraktionen um sehr feinkörniges Material handelt, ist der Zirkonanteil mit Werten von meist unter 10⁰% im Durchschnitt sehr gering. Nur in den Bohrungen S 109 werden Werte von durchschnittlich 20⁰%

erreicht. Im Verhältnis zu der allgemein in der Literatur vertretenen Meinung ist dies ein sehr geringes Auftreten von Zirkon in so feinklastischem Material (W. A. Schnitzer 1957 b u. a.).

Es treten farblose und zu einem etwas geringeren Anteil auch gelbliche bis bräunliche Kristalle auf. Die Formenmannigfaltigkeit läßt sich in zwei gut trennbaren Hauptformtypen zusammenfassen:

1. mehr oder weniger gut kantengerundete langprismatische Kristalle,
2. meist gut gerundete, zumindest gut kantengerundete kurzprismatische Kristalle.

Die farblosen Individuen sind allgemein auch langprismatisch ausgebildet, die gelblich bis bräunlich gefärbten beschränken sich auf die kurzprismatische Form.

Als Grenze zwischen lang- und kurzprismatischen Formen wurde ein Verhältnis von Länge zu Breite von 2 festgelegt. In den häufigsten Fällen bleiben die Verhältnisse bei dieser Gruppe unter diesem Wert bei 1,4 bis 1,8.

Vielfach konnten in den langprismatischen Zirkonen Einschlüsse erkannt werden, die häufig parallel der *c*-Achse angeordnet sind. Vor allem schlauchförmige und winzig kleine rundliche Einschlüsse weisen diese Anordnung auf. Zwergzirkone und opake Massen in den kurzprismatischen Formen zeigen keine so deutliche Anordnung in Richtung der *c*-Achse. Bei den erwähnten schlauchförmigen Gebilden scheint es sich nach H. Müller (1958) um Gas- oder Flüssigkeitseinschlüsse zu handeln. Die Einschlüsse haben keine kristallographisch begrenzte Form und die Doppelbrechung vermindert sich an diesen Stellen deutlich.

Ein an vielen Proben auftretender Zonarbau, fast ausschließlich bei den kurzprismatischen Zirkonen, sowie die Verbreitung der schlauchförmigen Einschlüsse parallel der *c*-Achse in den langprismatischen Zirkonen ergibt die Möglichkeit, mit diesen charakteristischen Merkmalen verschiedene paläogeographische Fragen zu diskutieren. Nur ein sehr geringer Teil der Zirkone läßt sich nicht in die zwei Gruppen einteilen, da Merkmale beider Gruppen gemeinsam auftreten.

8.5.

Rutil

Im wesentlichen tritt der Rutil in kräftig rotbraunen Farben auf. Bedeutend weniger häufig sind Individuen mit gelblichen, gelbbraunen und braungrünen Farbtönen. Die allgemein lang- bis kurzprismatischen Körner sind stets sehr gut gerundet. Es kommen recht häufig nahezu kugelig abgerundete Rutile vor. Gelegentlich sind Berührungskniezwillinge zu finden. Zwillingsstreifung ist äußerst selten und dann nur sehr unscharf angedeutet. Ein Pleochroismus ist bei den dunkleren Varietäten zu bemerken und macht sich im wesentlichen nur durch Veränderung der Farbintensität bemerkbar.

Am Schwermineralanteil sind die Rutile mit 1–3% beteiligt. Somit ist ihr Aussagewert gering, da die Zählfehler leicht Schwankungen vortäuschen können. Trotzdem kann der Rutil auf Grund der verschiedenen Farben Hinweise im Profil geben. Im Bröckelschiefer treten zum Beispiel die gelblich getönten Rutile besonders hervor.

8.6. Weitere Schwerminerale

Neben den fünf charakteristischen und in genügender Menge vorkommenden Schwerminerale treten noch Schwerminerale auf, die außerordentlich selten im Schwermineralkonzentrat festgestellt werden oder die infolge ihrer Neubildung im Sediment keine der hier interessierenden Aussagen zulassen. Dazu gehören: Brookit, Anatas, Epidot, Korund.

8.6.1. Brookit

Brookit tritt in wenigen, meist goldgelb gefärbten Exemplaren auf. Die Kristallform ist häufig zu erkennen, obwohl die Körner meist abgerundet sind. Der größte Teil der Kristalle läßt eine Streifung parallel der c-Achse erkennen.

8.6.2. Anatas

Unter den selteneren Schwerminerale ist der Anatas recht häufig. Er liegt fast ausnahmslos in Form idiomorpher, taflicher Kristalle vor. Pyramidale Tracht findet sich äußerst selten. In den weitaus häufigsten Fällen sitzen die taflichen Kristalle auf opaken Körnern. Diese bestehen vornehmlich aus Ilmenit. Es läßt sich zeigen, daß auch die frei aufgefundenen Anatastafeln aus Ilmeniten hervorgegangen sind, da sie häufig noch Relikte des Ausgangsmaterials einschließen. Gelegentlich finden sich Anatasaggregate, die aus vielen kleinen Täfelchen bestehen. Es überwiegen farblose Kristalle. Leicht bläulich und stahlblau gefärbte Kristalle sind allerdings nicht selten.

Daß es sich bei den taflichen Kristallen um sekundäre Bildungen im Sediment handelt, ist in der Literatur seit langem bekannt (*Milner 1949, E. Riman 1931, W. A. Schnitzer 1957 b u. a.*). Primäre Kristalle sollen einen pyramidalen Habitus aufweisen (*H. Thomas 1909*).

8.6.3. Epidot, Korund, Disthen

Im gesamten Bestand aller untersuchten Präparate kommen Epidot, Korund und Disthen nur in weniger als 10 Körnern vor. Es erübrigt sich, darüber mehr als registrierend zu berichten.

8.6.4. Opake Minerale

Sie befinden sich stets mit einem nicht geringen Anteil in den Schwermineralkonzentraten. Gelegentlich sind sie bis zu 30 und 40%, im allgemeinen aber mit Gehalten von 10 bis 20% im Gesamtschwermineraleanteil vorhanden. Eine nähere Bestimmung ist nicht durchgeführt worden. Allerdings konnten Magnetit und Ilmenit bei Bestimmungsversuchen sicher erkannt werden. Stratigraphisch oder paläogeographisch ließen sich die opaken Minerale nicht auswerten.

9.

Paläogeographie

Obwohl das bearbeitete Gebiet nach den Erkenntnissen von *H. G. Wunderlich* (1957) nicht im Konvergenzbereich einer Reihe voneinander unabhängiger Schüttungsrichtungen lag, war ebenfalls — wie im südhannoverschen Buntsandstein — eine feinstratigraphische Korrelation mittels Schwermineralien unmöglich. Die Stufen und Unterstufen führen zwar im einzelnen Profil verschiedene Anteile der einzelnen Schwermineralien, doch ließ sich kein deutlicher Zusammenhang zwischen den einzelnen Unterstufen in benachbarten Bohrprofilen auf Grund der Schwermineralien erkennen.

Es ist möglich, daß das Untersuchungsgebiet keinen großen einheitlichen Schüttungsfächer darstellt. Zumindest könnten Schüttungen von der Harzschwelle die Einheitlichkeit der von Südosten kommenden Schuttströme gestört haben.

Die Veränderung der Schwermineralien in der Horizontalen, das Herkunftsgebiet der Schwermineralien und die sich daraus ergebenden Schüttungsrichtungen können auf Grund der Ergebnisse diskutiert werden.

Zum besseren Verständnis der folgenden Erläuterungen werden die Signaturen auf den Verbreitungskarten der Schwermineralspektren kurz erläutert. Die Säulen sollen den Anteil eines Schwerminerals am Schwermineral-Auszug einer Fraktion darstellen. Von links nach rechts stellen die mit einer Signatur versehenen Säulen folgende Schwermineralien vor: Apatit = Kreuzschraffur, Granat = schwarz, Turmalin = weiß, Zirkon = punktiert, Rutil = senkrecht schraffiert. Um leichter vergleichen zu können, ist die Signatur und die Reihenfolge der Mineralien gleich der von *H. G. Wunderlich* (1957) benützten gewählt worden. Der Anatas wird nicht betrachtet und ausgewertet, da sicher anzunehmen ist, daß er sich im Sediment neu gebildet hat. Bei der Berechnung der Digramme wurden die Anteile der erwähnten fünf hauptsächlichsten, durchsichtigen Schwerminerale gleich 100% gesetzt.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind zunächst die Zirkone auf ihre Liefergebiete zurückzuführen. Wie schon in der Mineralbeschreibung angeführt, können die Zirkone in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden. Die langprismatischen Exemplare, im allgemeinen kantengerundet, führen zu großen Teilen schlauchförmige Einschlüsse parallel der c-Achse angeordnet. Die kurzprismatischen Zirkone sind allgemein gut verrundet, weisen häufig Zonarbau auf, sind häufig getrübt oder gelb gefärbt und enthalten oft viele kleine, regellos verteilte, rundliche Einschlüsse. Die erstgenannten Zirkone kommen vor allem in den nordwestsächsischen Porphyren vor. Exemplare mit schlauchförmigen Einschlüssen parallel der c-Achsen wurden von *H. Müller* (1958) besonders im Rochlitzer Quarzporphyr gefunden. Langprismatische Zirkone ohne die erwähnten Einschlüsse kommen in den Graniten des Erzgebirges vor (*H. Schützel & D. Kutschke* 1961). In den Paragesteinen des Erzgebirges sind nach den letztgenannten Autoren besonders die kurzprismatischen Formen zu finden. Auch in den Gesteinen des Granulitgebirges fanden sich nach freundlicher Mitteilung von Herrn *Dr. Behr* fast ausschließlich kurzprismatische Formen. Im Auerberg-Porphyr im Harz sind vorherrschend langprismatische Zirkone ohne schlauchförmige Einschlüsse festgestellt worden. Die Zirkone stam-

men also wahrscheinlich aus verschiedenen Gebieten. Wesentliche Mengen kommen aus dem Raum der nordwestsächsischen Porphyre. Ein anderer nicht unbedeutender Teil scheint aus den Gesteinen des Erzgebirges und des Granulitgebirges zu stammen. Der Anteil der Zirkone aus dem Harz ist unklar, da sich keine eindeutigen Kennzeichen an Exemplaren aus dem Harz feststellen ließen, die man an Zirkonen im Buntsandstein hätte wiederfinden können.

Wenn die Zirkone von den sächsischen Porphyren und dem Granulitgebirge bis in das südöstliche Harzvorland transportiert worden sind, so ist das grundsätzlich auch für Granat und Apatit möglich. Mittels direkter Kennzeichen ist es nicht möglich, den Granat auf ein bestimmtes Abtragungsgebiet zurückzuführen. Hier können nur allgemeine Richtungshinweise ausgewertet werden. *H. G. Wunderlich* (1957) glaubt Granat eventuell auf das Granulitgebirge zurückführen zu können. Das gleiche glaubt *H. Müller* (1958) für Granate in Gesteinen an der Grenze Röt/Muschelkalk im Raume Jena annehmen zu dürfen.

Für Gesteine des Buntsandsteins im Gebiet um den Harz wird von vielen Autoren ein hoher Granatanteil im Schwermineralspektrum beschrieben (*H. G. Wunderlich* 1957, *K. Kreysing* 1957, *K. H. Sindowski* 1958). Bei einer Betrachtung der von *Wunderlich* veröffentlichten Skizzen zeigt sich, daß im südöstlichen Harzvorland Proben aus dem Rotliegenden anstelle von Buntsandsteinproben gestellt werden mußten (s. Abb. 9). Weiterhin ist der Apatit aus diesen Vergleichsproben herausgelöst, so daß der Granatanteil in einer prozentmäßigen Darstellung ansteigen muß. Setzt man dafür die Ergebnisse aus Analysen des Unteren und Mittleren Buntsandsteins, so zeigt sich, daß im südöstlichen Harzvorland nur sehr geringe Granatanteile im Schwermineralspektrum auftreten (siehe Abb. 10 und 11). Selbst die hohen Granatanteile in der Bohrung Tröbsdorf (R 2/59) beschränken sich auf den Bröckelschiefer, wie das aus den Abbildungen 12 und 13 deutlich hervorgeht.

Das von *H. G. Wunderlich* (1957) entworfene Bild der Schüttungsrichtungen und Granatverteilungen im Buntsandstein enthält somit Ungenauigkeiten. Dies ist aber letztlich nicht allzu schwerwiegend, da die Richtung des Transportes im Rotliegenden (*G. u. H. Ludwig* 1953) wahrscheinlich der im Buntsandstein entsprach (s. Abb. 14). Die Granatführung ist allerdings ein schlechter Indikator für eine Bestimmung der Transportrichtungen. Deutlicher zeigen die Zirkone das wahrscheinliche Herkunftsgebiet und damit die Schüttungsrichtung an. Aus dem neu gewonnenen Bild der Schwermineralverteilung im südöstlichen Harzvorland und dessen südöstlicher Erweiterung fällt nur ein Schwermineralspektrum, das nach *H. G. Wunderlich* aus dem Unteren Buntsandstein von Sangerhausen stammt und viel Granat enthält, heraus. Das neu gewonnene veränderte Bild ist nicht nur dadurch zu erklären, daß bei den zugrunde gelegten Untersuchungen nur feinere Fraktionen bearbeitet worden sind. Auch einige gesondert untersuchte gröbere Fraktionen (so vorhanden) wiesen eine ähnliche Schwermineralverteilung auf. Auf welchen Korngrößenfraktionen die Zusammenstellungen von *H. G. Wunderlich*, *W. Pleßmann* und *K. H. Sindowski* beruhen, ist leider unbekannt. Da *K. H. Sindowski* den Apatit durch Säurebehandlung zerstörte, sind seine Untersuchungen mit Proben aus dem bearbeiteten, apatitreichen Gebiet nicht verglichen

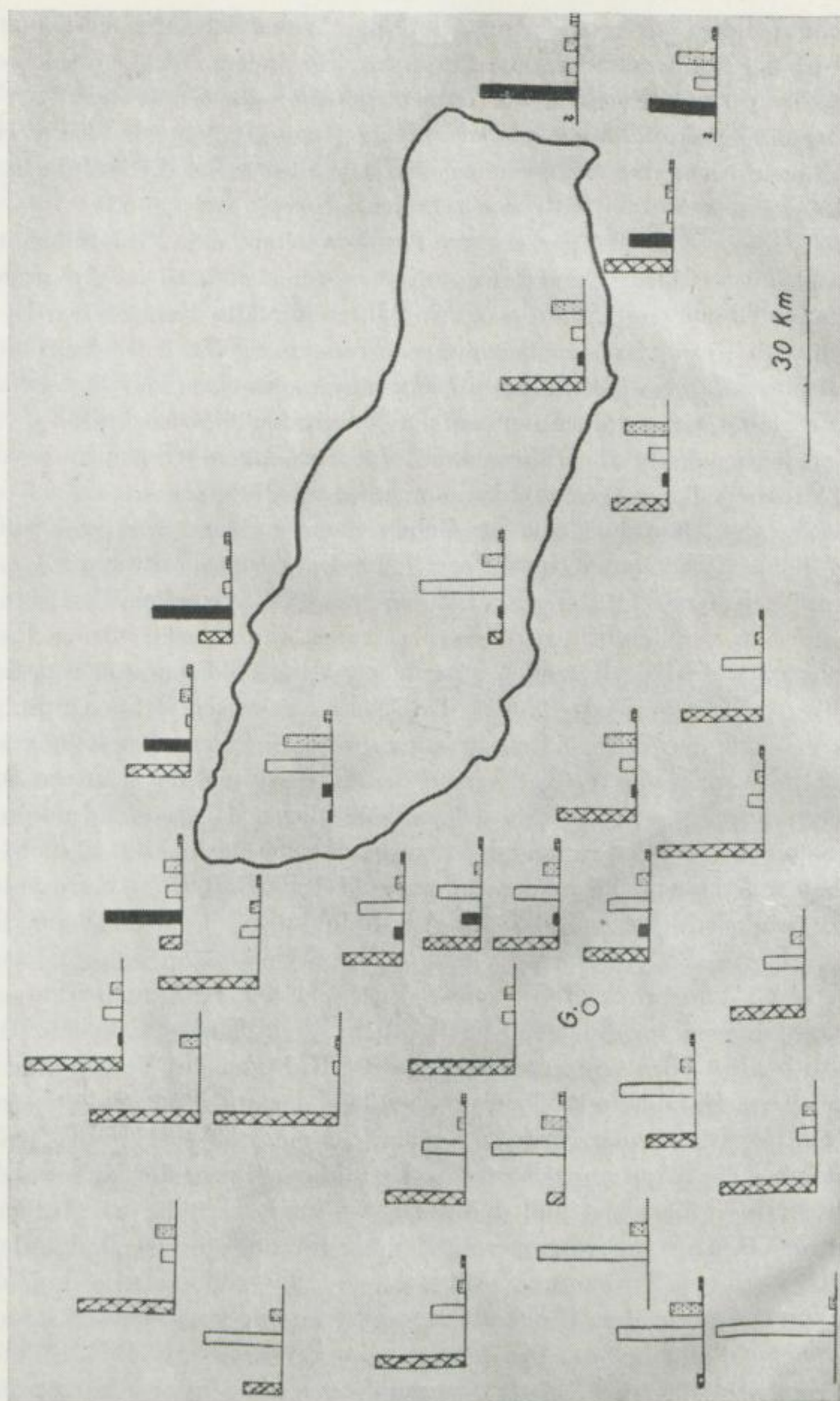


Abb. 9. Schwermineralverteilung in der Umgebung des Harzes nach H. G. Wunderlich (1957). Die beiden Diagramme rechts außen stammen aus dem Porphyrkonglomerat des Rotliegenden (G. u. H. Ludwig, 1953)

worden. Eine Probe aus dem Unteren Buntsandstein von Nordhausen und Proben aus dem Gebiet südwestlich des Harzes weisen im allgemeinen die gleiche Schwermineralverteilung auf wie der Buntsandstein der Sangerhäuser Mulde und des südöstlich anschließenden Gebietes. H. G. Wunderlich macht auf die große Ähnlichkeit der Schwermineralspektren des Auerberg-Porphyr und des Buntsandsteins

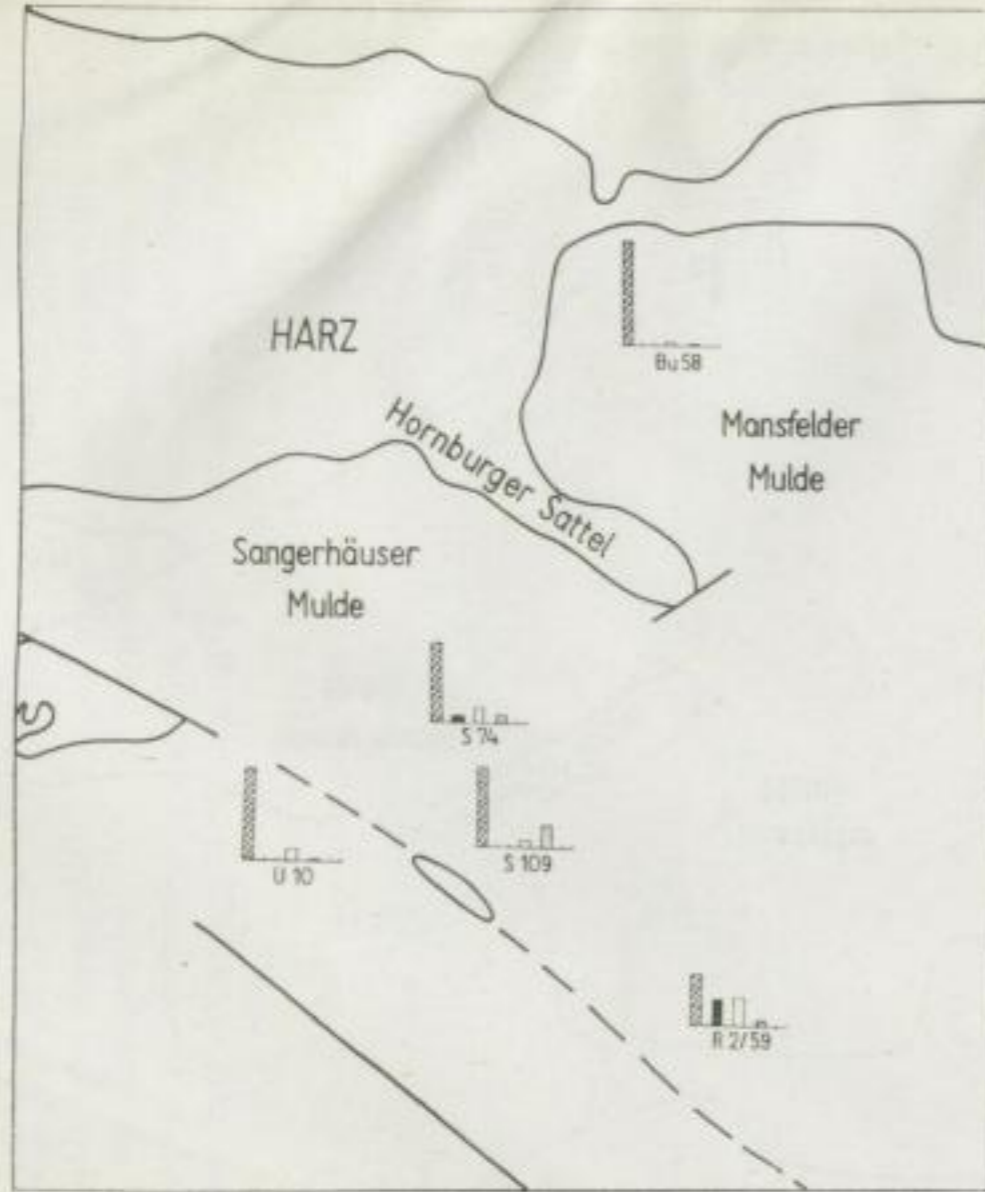


Abb. 10. Schwermineralverteilung im Unteren Buntsandstein des Untersuchungsgebietes

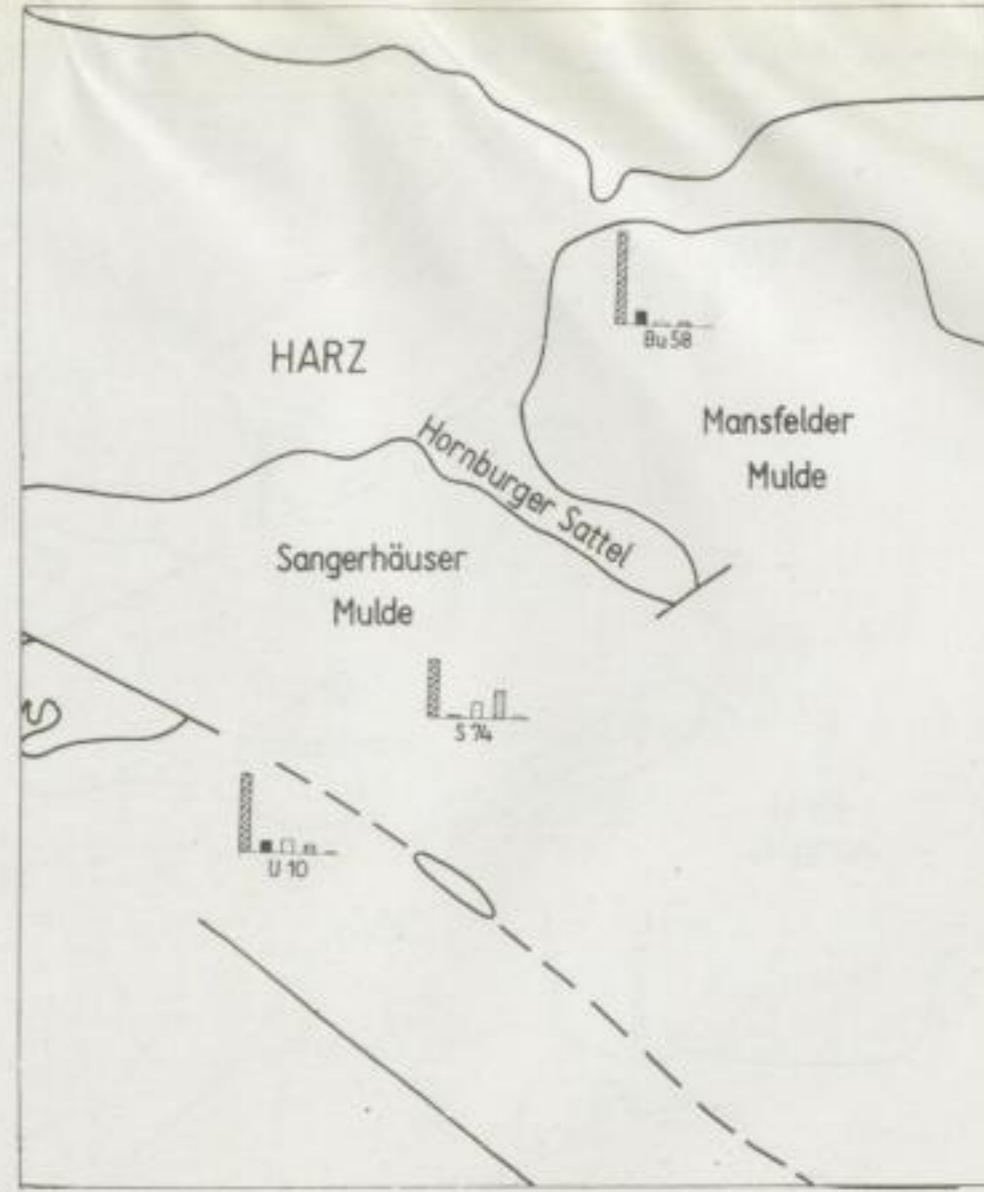


Abb. 11. Schwermineralverteilung im Mittleren Buntsandstein des Untersuchungsgebietes

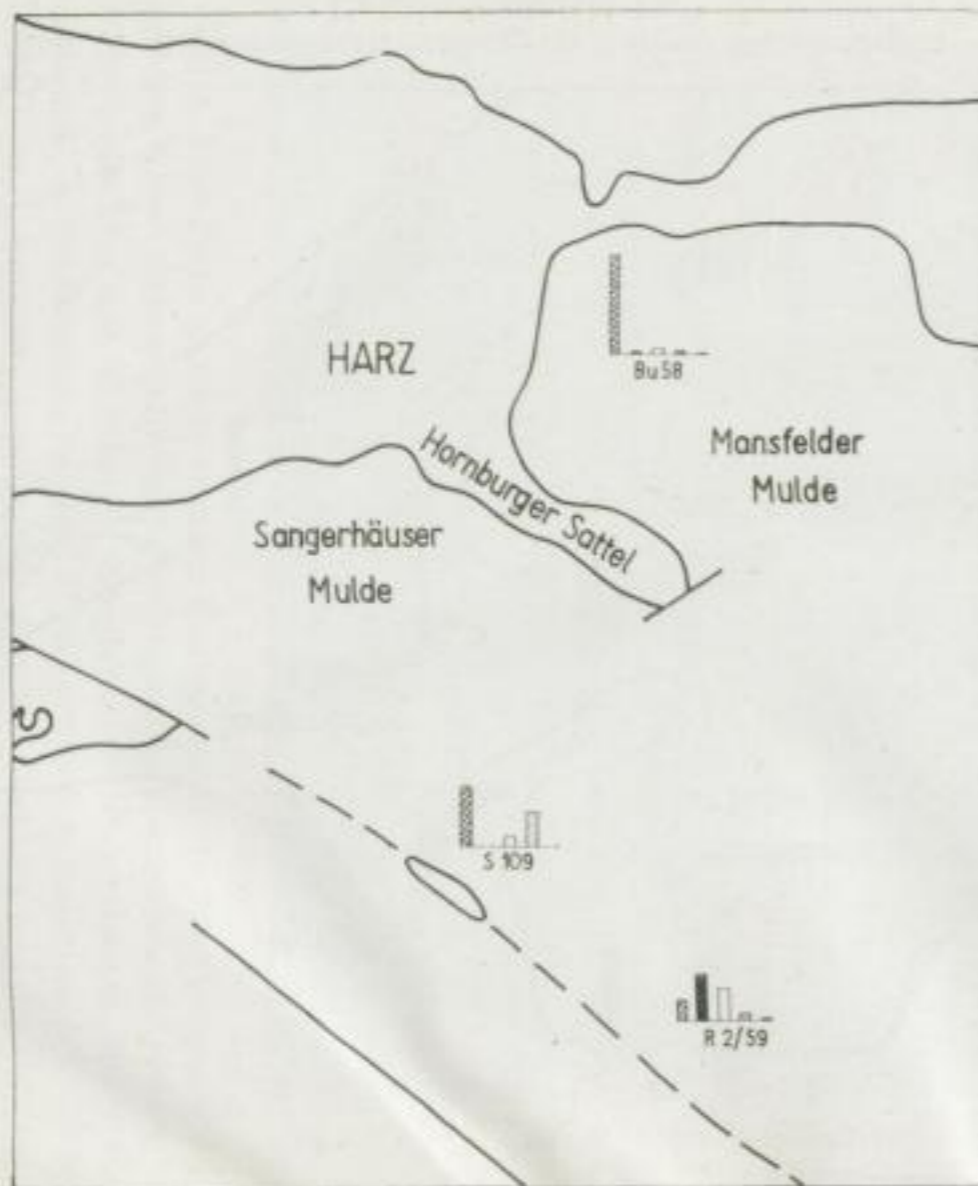


Abb. 12. Schwermineralverteilung im Bröckelschiefer des Untersuchungsgebietes

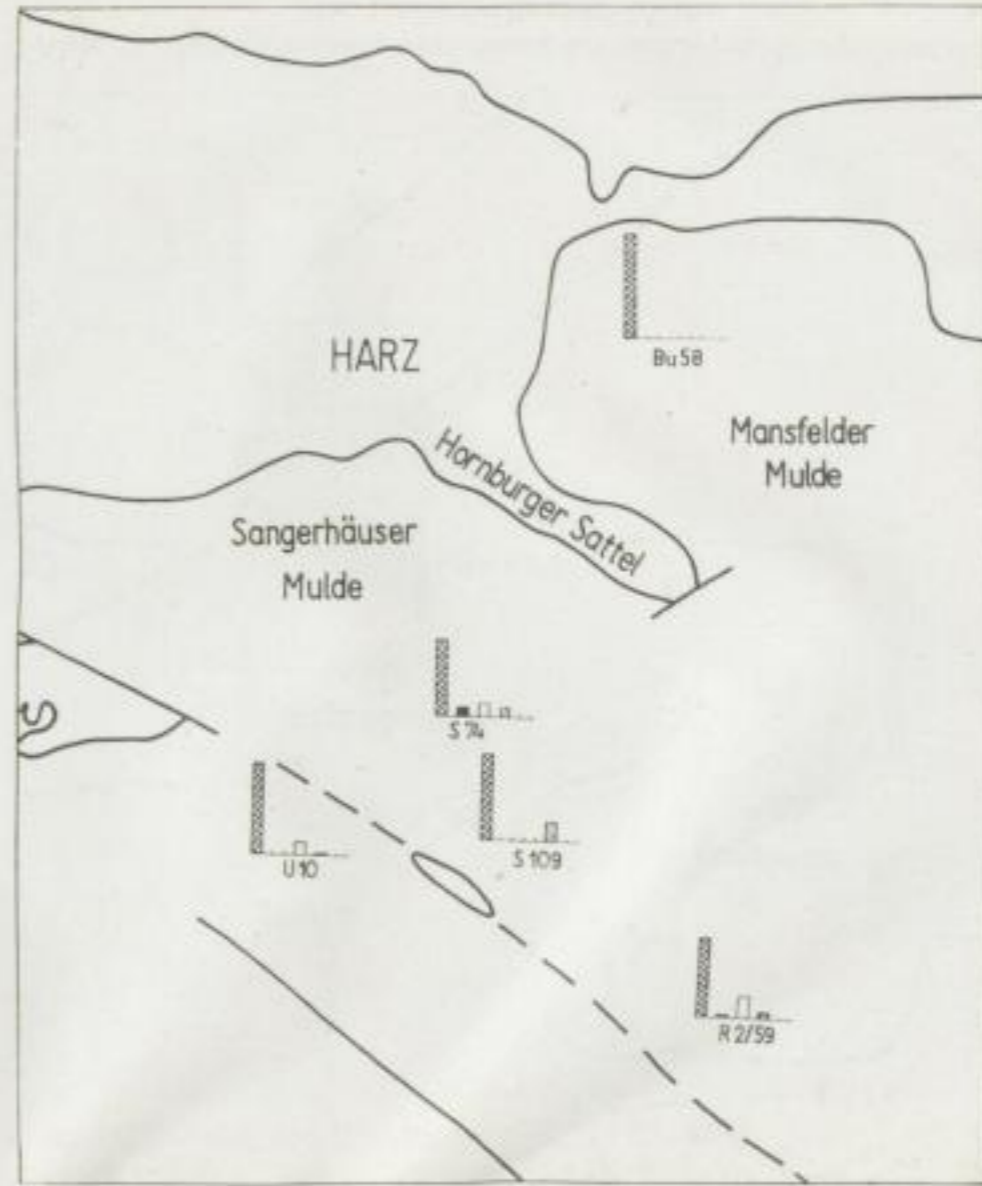


Abb. 13. Schwermineralverteilung im Unteren Buntsandstein

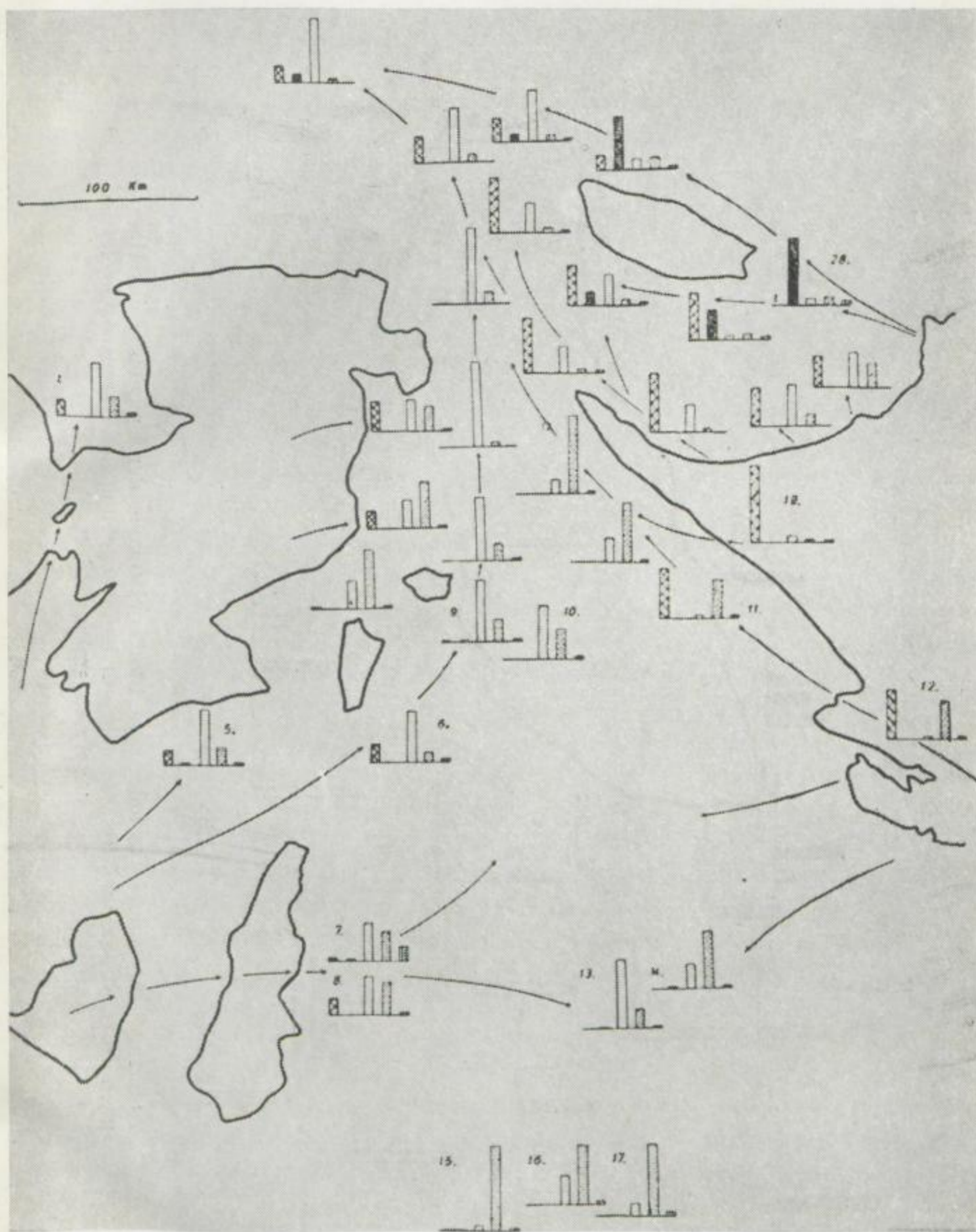


Abb. 14. Schwermineralverteilung im Buntsandsteinbecken nach H. G. Wunderlich (1957, S. 138, Abb. 6)

bei Nordhausen aufmerksam (s. Abb. 9). Die im südwestlichen Harzvorland von H. G. Wunderlich erwähnten Proben enthalten viel Turmalin. Diese Erscheinung kann auf einen granatfreien Schuttstrom, der von den paläozoischen Gesteinen der saxothuringischen Zone herab in das Thüringer Becken floß, zurückgeführt werden (siehe Abb. 14 und 15). Im südwestlichen Harzvorland tritt dieser Schutt-

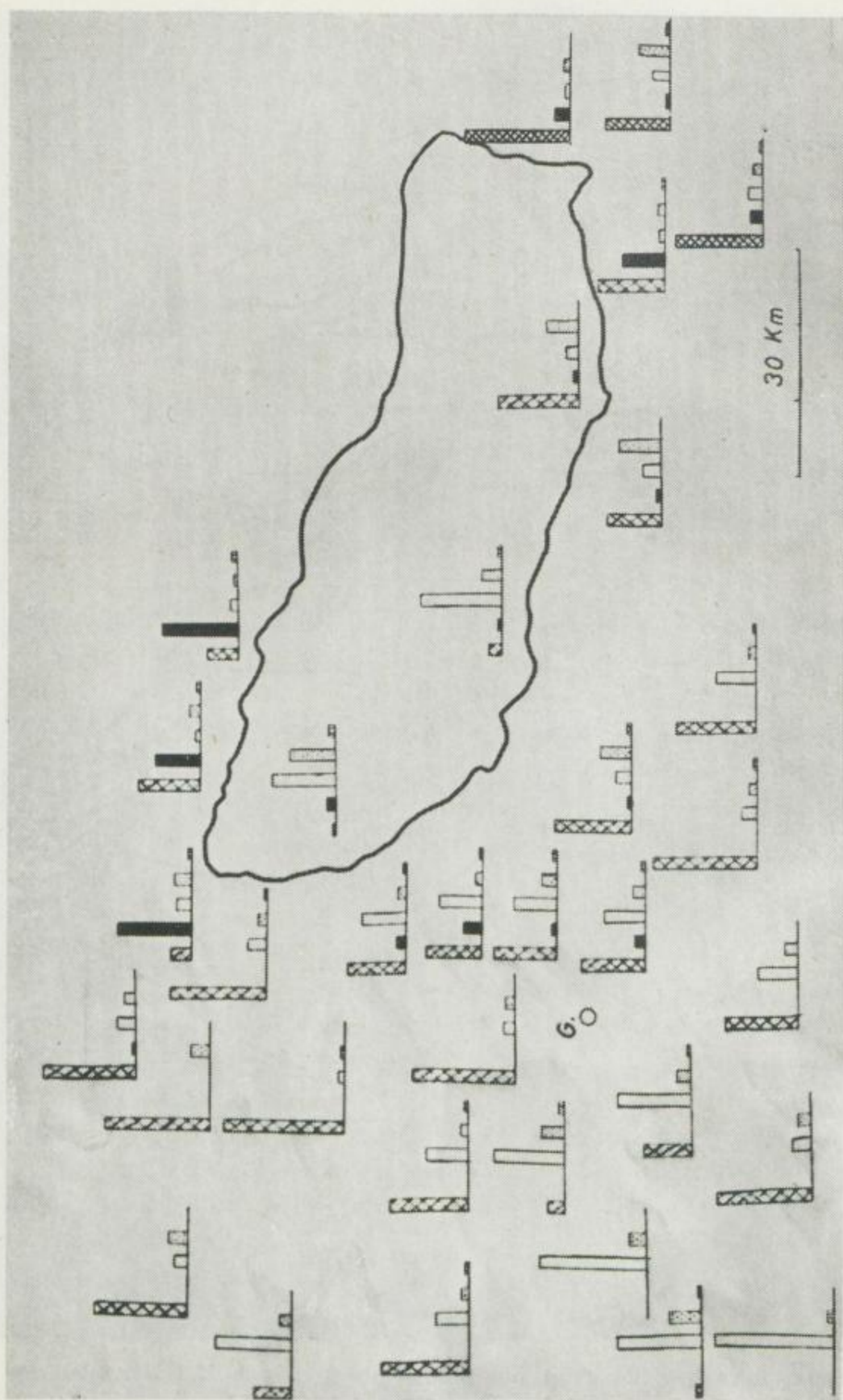


Abb. 15. Schwermineralverteilung im Buntsandstein in der Umgebung des Harzes nach H. G. Wunderlich, in der südöstlichen Umgebung des Harzes nach eigenen Analysen (sm) verändert

strom mit dem aus östlicher Richtung am Harz vorbeifließenden Strom zusammen, der verhältnismäßig wenig Turmalin und Zirkon, aber etwas Granat führt. Man könnte annehmen, daß auch von der Harzschwelle herab Material in das Buntsandsteinbecken geschwemmt wurde. Betrachtet man aber die Herkunft der Zirkone, so scheint die Harzschwelle nicht als wesentlicher Lieferant von Material, vor allem nicht in Richtung Osten, gewirkt zu haben.

Da im Süden des Harzes relativ wenig Granat in den Schwermineralspektren auftritt, ausgenommen der Probe von Sangerhausen (nach *H. G. Wunderlich*), müßte der wesentliche Teil eines Schüttungsstromes mit sehr viel Granat die Harzschwelle nördlich umflossen haben. Im nördlichen Vorland des Westharzes werden von *H. G. Wunderlich* drei Diagramme mit sehr hohen Granatgehalten abgebildet (siehe Abb. 14). Eventuell kann auch eine stärkere Granatführung der damals innerhalb der Harzschwelle der Abtragung unterworfenen Gesteine angenommen werden. Andererseits hätten die Schwermineralspektren dann in etwas reicherm Maße auch Turmalin aufweisen müssen, denn einige der Nordharz-Gesteine führen reichlich Turmalin. Vielleicht könnten auch hier Untersuchungen der Zirkone Näheres über das Herkunftsgebiet der Sedimente aussagen.

Es ist nach den bisher bekannten Tatsachen (Abb. 15) nicht verwunderlich, daß im Raum zwischen Harz, Thüringer Wald und Thüringischem Schiefergebirge eine bedeutende Apatitvorkommen zu finden ist. Die Gesteine des erzgebirgischen Raumes führen reichlich Apatit. Da der ursprüngliche östliche und südöstliche Rand des Buntsandsteinbeckens weiter nach Osten vorgeschoben war als der heutige Rand des Thüringer Beckens (*W. Hoppe* 1959, S. 52), ist ein Transport aus dem erzgebirgischen Raum gut erklärlich. Mit der Abtragung dieser Gesteine läßt sich auch der hohe Turmalinanteil in den Schwermineralspektren am Ost- und Südrand des Thüringer Beckens deuten (*D. Hallbauer* 1957).

Erstaunlich ist gegenüber anderen Gebieten der weite Transport des Apatits. Vom „Gallischen Hochland“ und der Rheinischen Masse her ist der Apatit nicht so weit in das Buntsandsteinbecken transportiert worden, wie es im thüringischen Raum der Fall ist. Vielleicht konnte schon aus dem Rotliegenden des Thüringer Waldes ebenfalls Apatit in das Becken nachgeliefert werden (siehe Abb. 14, Diagramm 18 nach *H. G. Wunderlich*). *H. G. Wunderlich* gibt ein Diagramm aus dem Oberrotliegenden von Tambach-Dietharz mit sehr viel Apatit wieder. Andererseits ist es fraglich, ob diese Gesteine der Abtragung ausgesetzt waren und ob solche relativ kleinen Abtragungsgebiete genügend Material liefern konnten. Wenn man eine Nachlieferung von Apatit aus dem Südharz und dem Thüringer Wald annehmen könnte, wäre es leicht, den hohen Apatitgehalt im Gebiet westlich und südwestlich des Harzes zu erklären. Aus dem thüringischen Schiefergebirge kann dieser Apatit im östlichen und südöstlichen Teil des Thüringer Beckens auch nicht stammen. Zwar fand *H.-J. Rösler* viel Apatit in den Quarzkeratophyrtuffen im Kulm des Schleizer Troges, doch ist nach *W. Hoppe* (1959), *E. Zimmermann* (1907) und *C. Döhner* (1959) eine Schüttung vom Thüringischen Schiefergebirge in das Thüringer Becken auf Grund der Geröllführung im Buntsandstein nicht zu vertreten. Es ist am wahrscheinlichsten, daß der Apatit genügend widerstandsfähig war, einen weiten Transport aus dem erzgebirgischen Raum zu überstehen, und somit keine Zulieferung möglich war, um das weite westliche Vorkommen von Apatit zu erklären. Auch der allgemein der Oberflächenverwitterung gegenüber als relativ instabil angesehene Granat hat anscheinend den weiten Transport überstanden, wenn als Herkunftsgebiet Gesteine des erzgebirgischen Raumes angenommen werden können. Das Granulitgebirge könnte als Schuttlieferant für den Buntsandstein im Nordosten des Thüringer Beckens ausgeschlossen werden, da kein

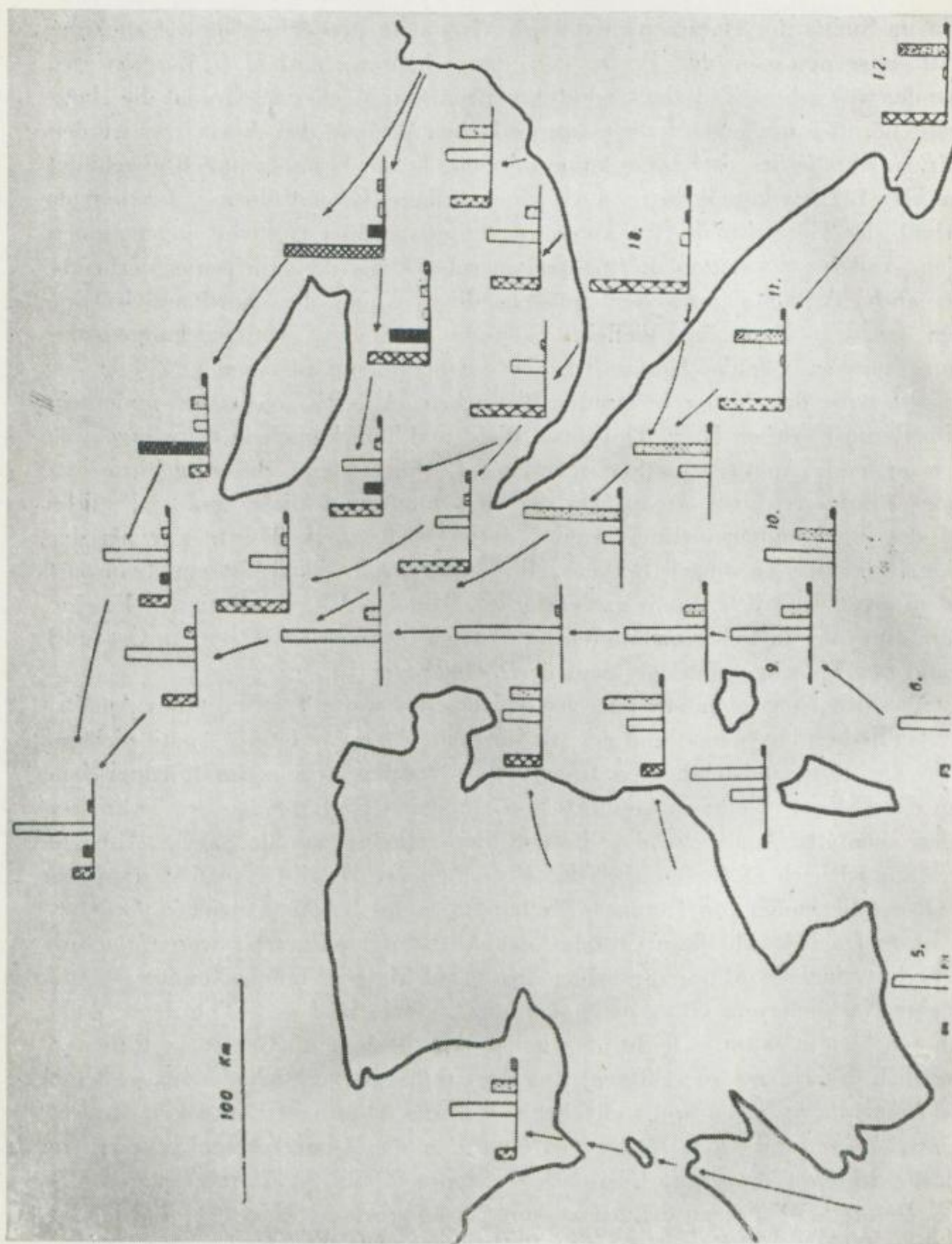


Abb. 16. Schwermineralverteilung im Buntsandsteinbecken nach H. G. Wunderlich im Südosten des Harzes nach eigenen Analysen verändert

Disthen in den Schwermineral-Auszügen nachzuweisen ist. Auch am Rande des Beckens im Raum von Gera sind keine Disthene gefunden worden. Da sie allerdings nicht sehr widerstandsfähig gegenüber diagenetischen Einflüssen sind (H. Wieseneder 1953), ist es möglich, daß ihr Fehlen kein Charakteristikum für eine nicht vorhandene Schüttung vom Granulitgebirge her darstellt. Es fanden sich im erwähnten Gebiet (Raum Gera) allerdings auch keine Gerölle, die auf das Granulitgebirge als Schuttlieferant deuteten (C. Döhner 1959).

Faßt man diese Ergebnisse der Untersuchungen und einiger Betrachtungen neuerer Literatur zusammen, so kann zunächst die Schüttungsrichtung für das Thüringische Becken und das Gebiet um den Harz, wie es *H. G. Wunderlich* (1957) publizierte, in großen Zügen bestätigt werden. Im Südteil des Gebietes ist eine apatit- und turmalinreiche Schüttung festzustellen. Im Raum südöstlich und südlich des Harzes ist eine Apatitschüttung mit geringen Turmalinwerten und geringen Granatanteilen zu bemerken. Im nördlichen Vorland des Westharzes tritt dagegen sehr viel Granat auf, Turmalin ist ebenfalls nur in geringen Mengen vorhanden. Das Charakteristikum der Schüttung um den Harz, besonders den Süd- und Südostharz, ist nicht, wie *H. G. Wunderlich* (1957) meint, der hohe Granatanteil, sondern der Granatanteil überhaupt, wenn er auch sehr klein ist. Besonders charakteristisch sind die niedrigen Turmalinhalte. Westlich des Harzes treten aus einem Schuttstrom, der von Süden bzw. Südosten aus dem südlichen Teil des Thüringer Beckens kommt, Turmaline in reichlicherem Maße hinzu, so daß die Verschmelzung der beiden Schüttungseinrichtungen im Raum zwischen Harz und Thüringer Wald deutlich zu erkennen ist (Abb. 16).

Der Granatgehalt kann aus dem erzgebirgischen Raum und dem Granulitgebirge stammen. Das Fehlen von Disthen und Granulitgeröllen im Geraer Raum deutet allerdings darauf hin, daß das Granulitgebirge wahrscheinlich an der Schüttung nicht beteiligt war. Turmalin und Apatit können aus den Gesteinen des Erzgebirges leicht abgeleitet werden. Besonders deutlich sind die Zirkone auf ihre Herkunftsgebiete im nordwestsächsischen Raum, im Erzgebirge und unter Umständen im Granulitgebirge zurückzuführen. Gewisse Mineralanteile könnten auch der Harzschwelle entstammen. Doch müßte dann für das südöstliche Harzvorland eine Schüttungsrichtung entgegen der allgemeinen angenommen werden. Die Schüttung von der Harzschwelle herab könnte somit nur die engsten Gebiete um den Harz betreffen.

Die hohen Granatgehalte nördlich des Harzes sind nach der Feststellung niedriger Anteile dieses Minerals in der südöstlichen Umgebung des Harzes schwierig zu erklären. Eventuell könnte eine zusätzliche Zufuhr von Granat aus Gesteinen des Harzes angenommen werden.

10.

Zusammenfassung

Es wurden Tiefbohrungen in der Mansfelder und Sangerhäuser Mulde und im Raum südöstlich der Hornburger Tiefenstörung sedimentpetrographisch untersucht, um Versuche zur Gliederung des Buntsandsteins zu unterstützen und paläogeographische Fragen zu präzisieren.

Die Arbeitsmethodik wird geschildert.

Ausgehend von vorhandenen Gliederungen, wird auf Grund lithologischer Vergleiche mit anderen Gebieten Thüringens der Untere Buntsandstein in folgende drei Unterstufen gegliedert, von denen die beiden oberen in je zwei Schichtfolgen aufgeteilt sind (in Anlehnung an *W. Jung, J. Dockter & P. Puff, Rippel*):

Obere sandige Tonstein-(Schiefer-ton-)Folge (su 3'ts)

Sandsteinfolge (su 3's)

Untere sandige Tonsteinfolge (su 2'ts)

Sandstein-Schiefer-ton-Wechselfolge (su 2'st)

Bröckelschiefer (su 1)

Diese Dreiteilung ist infolge des eindeutigen zyklischen Aufbaues des Unteren Buntsandsteins möglich. Die charakteristischen Schwerminerale Apatit, Granit, Turmalin, Zirkon und Rutil spiegeln die Zyklen innerhalb einer Bohrung durch verschiedene Anteile meist deutlich wider. Es ist aber allgemein nicht möglich, auf Grund der Schwermineralverteilung Nachbarbohrungen zu parallelisieren. Die Veränderung der Schwermineralverteilung kann die lithographische Abgrenzung aber wesentlich unterstützen.

Die Unterteilung der Unterstufen in Schichtfolgen wird besonders durch die Messung der γ -Strahlung erleichtert. Die Schichtfolgen stellen Einheiten (Phasen) eines Zyklus dar.

Besonders deutlich konnte die Grenze zum Mittleren Buntsandstein durch komplexe Untersuchungen festgelegt werden. Die von *W. Jung* an die Basis der ersten gröber körnigen Sandsteine gelegte Grenze wird bestätigt.

An die Zyklen des Unteren Buntsandsteins schließen sich die Zyklen des Mittleren Buntsandsteins an. Letzere führen im allgemeinen größere Sedimente. Kleinzyklen, die innerhalb der Großzyklen des Mittleren Buntsandsteins auftreten, wurden auch in der Mansfelder Mulde nachgewiesen. Die Schwermineralanalyse und die Messung der γ -Strahlung spiegeln die Kleinzyklen nur sehr undeutlich oder überhaupt nicht wider.

Die Ursachen für die zyklische Sedimentation werden in der Hauptsache in endogen verursachten Bewegungen gesehen. Zur feineren Aufgliederung der Zyklen können besonders Umlagerungen schon sedimentierten Materials beigetragen haben. Die Rolle des klimatischen Einflusses auf die zyklische Sedimentation scheint gering gewesen zu sein.

Durch die Zyklengliederung ist die Möglichkeit gegeben, die Buntsandsteinstratigraphie verschiedener Gebiete miteinander in Einklang zu bringen.

Ergebnisse nach der Methode nach *W. v. Engelhardt* (1940) zur Bestimmung des Sedimentationsmediums ergaben, ebenso wie die Ausmessung der wenigen meßbaren Rippelmarken, eine Ablagerung des Sedimentes in Wasser.

Die paläogeographische Auswertung der Schwermineralanalysen zeigte, daß in der Mansfelder und Sangerhäuser Mulde und dem südöstlich anschließenden Gebiet nur geringe Granatgehalte auftreten. Damit werden die Darstellungen von *H. G. Wunderlich* korrigiert, der auf Grund von Schwermineralanalysen aus dem Porphyrkonglomerat der Mansfelder und Sangerhäuser Mulde mit hohen Granatgehalten im Buntsandstein rechnete. Die zusätzliche Turmalinarmut trennt die Schüttung in der Umgebung des Harzes deutlich von einer Schüttung, die nördlich des Thüringer Waldes zu verfolgen ist. Aus den Granat- und Turmalingehalten der Schwermineralspektren im Raum südwestlich des Harzes ist das Verschmelzen der erwähnten Schüttungen zu erkennen.

Auf ihre Herkunftsgebiete sind am besten die Zirkone zurückzuführen. Es kommen Individuen aus den Gesteinen des Erzgebirges und deutlich nachweisbar aus den nordwestsächsischen Porphyren vor. Es ist nicht möglich gewesen, die Beteiligung des Granulitgebirges an der Minerallieferung sicher festzulegen. Anzeichen für eine Schuttlieferung aus dem Granulitgebirge fehlen schon im Geraer Raum. Apatite und Turmaline können auf Gesteine der erzgebirgischen Einheit zurückgeführt werden. Inwieweit der Harz an der Schüttung ins Buntsandsteinbecken beteiligt war, ist unsicher.

Es zeigte sich, daß Schwermineraluntersuchungen zur Klärung von paläogeographischen Fragen mit Erfolg herangezogen werden können. Für die stratigraphische Gliederung sind sie nur bedingt verwendbar, obwohl sie wertvolle Hinweise bringen.

Sehr von Vorteil sind Messungen der γ -Strahlung, die in Verbindung mit elektrischen Bohrlochmessungen eine nahezu sichere Gliederung auch ohne Kerngewinn gestatten.

Betrachtet man die etwa SW—NO streichenden Schwellen und Senken im westdeutschen Buntsandstein von der Ems-Senke im Nordwesten bis zur Eichsfeld-Schwelle im Südosten (*F. Trusheim 1961*), so drängt sich die Vermutung auf, daß ähnliche Strukturen auch im östlich anschließenden Gebiet auftreten. Die Ähnlichkeit der Ausbildung (Mächtigkeit) der Buntsandsteinsedimente der Bohrungen U 10 und S 74 (Anlagen 1, 2, 6) könnte solch richtungsabhängige Strukturen auch im Untersuchungsgebiet andeuten. Möglicherweise sind die Strukturen als Spätmolasseträge zu deuten, die noch in Beziehung zur varistischen Großtektonik stehen.

Literatur

- Backhaus, E.*: Zur Neugliederung des Odenwälder Buntsandsteins und ein Vergleich mit Nordhessen und Thüringen — Neues Jb. f. Geol. u. Pal., Mtsh., Stuttgart (1960) S. 292 bis 313.
- Backhaus, E., Lohmann, H., und Regenhardt, H.*: Der Mittlere Buntsandstein im Reinhardswald (Nordhessen) — Notizbl. Hess. L.-A. f. Bodenf. Wiesbaden (1958) Bd. 86, S. 192—201.
- Blankenhorn, M.*: Das Tertiär Niederhessens — Notizbl. Hess. L.-A. f. Bodenf., Wiesbaden 1950.
- Bock, W.*: American Triassic Estherids — Journ. of Pal., Tulsa, Oklahoma, 1953, Bd. 27, S. 62—67.
- Boigk, H.*: Möglichkeiten und Wege zu einer Feingliederung im Mittleren Buntsandstein, erläutert an den Verhältnissen des nordwestlichen Vorharzes — Z. Deutsch. Geol. Ges. **103**, Hannover (1952) S. 102—105.
- Boigk, H.*: Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover — Geol. Jb. **72**, Hannover (1957) S. 325—340 (1957a).
- Boigk, H.*: Ausbildung und Paläogeographie des Buntsandsteins im nördlichen Teil der Niederrheinischen Bucht und seine Beziehung zu benachbarten Gebieten — Geol. Jb. **72**, Hannover (1957) S. 347—366 (1957b).
- Boigk, H.*: Zur Gliederung und Fazies des Buntsandsteins zwischen Harz und Emsland — Geol. Jb. **76**, Hannover (1959) S. 597—636.
- Borchert, H.*: Die Vertaubungen der Salzlagerstätten und ihre Ursachen. Dritter Teil: Auswertung der Untersuchungsergebnisse zur Erklärung der Fazieswechsel in den ozeanen Salzablagerungen — Kali **35** (1941) 5, S. 69—72.
- Brix, F.*: Chemische und physikalische Hilfsmittel zur stratigraphischen Gliederung fossil- armer Schichten mit Beispielen aus der Molassezone bei Tulln — Erdoel Zeitschrift **76**, Wien (1960) 8, S. 249—265.
- Bubnoff, S. v.*: Grundprobleme der Geologie — Akademie-Verlag, Berlin 1954.
- Bubnoff, S. v.*: Rhythmen, Zyklen und Zeitrechnung in der Geologie — Geol. Rdsch. **35**, Stuttgart (1948) S. 6—22.
- Cailleux, A.*: Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie — Geol. Rdsch. **40**, Stuttgart (1952) S. 11—19.
- Correns, C. W.*: Über zwei neue einfache Verfahren für das Zentrifugieren mit schweren Lösungen — Centralblatt f. Min. etc., 1933, Abt. A, Nr. 6, S. 204—05.
- Correns, C. W.*: Zur Methode der Schwermineraluntersuchung — Z. f. angew. Min. **4** (1941/42) S. 1—11.
- Dames, W.*: Geol. Spezialkarte Bl. Ziegelroda mit Erl. Gradabt. 57, N. 37, Berlin 1882.
- Degens, E., Knetsch, G., und Reuter, H.*: Ein geochemisches Buntsandsteinprofil vom Schwarzwald bis zur Rhön — Neues Jb. f. Geol. u. Pal., Abhandl. **111**, Stuttgart (1960) 2, S. 137—180.
- Docter, J., und Puff, P.*: Neue Kartensymbole für die Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Thüringen auf zyklischer Grundlage — Z. f. angew. Geologie **5**, Berlin (1959) 11, S. 548—553.
- Döhner, Chr.*: Die Konglomerate des Unteren Buntsandsteins in der Umgebung des Geraer Vorsprunges — Unveröffentl. Diplomarbeit, Bergakademie Freiberg, 1958.
- Eissele, K.*: Kritische Betrachtungen einer Methode zur Bestimmung des Rundungsgrades von Sandkörnern — N. Jb. Geol. Zol. Mtsh (105) Stuttgart 1957, S. 410—419.
- Engelhardt, W. v.*: Die Untersuchung wasser- und windsortierter Sande auf Grund der Korngrößenverteilung ihrer leichten und schweren Gemengteile — Chemie der Erde, Jena 1940 Bd. 12.
- Fabry, R.*: Bodenuntersuchung im Gelände — Hauser Verlag München 1950.
- Fairbairn, W. H.*: Gelatinecoated slides for refraktive index immersion mounts — Amer. Min. **28** (1943) S. 396—399.
- Falke, H.*: Leithorizonte, Leitfolgen und Leitgruppen im Pfälzischen Unterrotliegenden — N. Jb. Geol. u. Pal., Abh. **99**, Stuttgart (1954) S. 298—360.

- Freund, H.*: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Bd. IV, Teil I, Umschau-Verlag Frankfurt/Main, 1955.
- Fulda, E., und Hülsemann, P.*: Geol. Spezialkarte Blatt Eisleben mit Erl., 2. Aufl., Berlin 1930.
- Füchtbauer, H.*: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine — Erdöl u. Kohle **12**, Hamburg (1959) S. 605—613.
- Gatzke, A.*: Die geologischen Verhältnisse im Raum nördlich von Allstedt unter besonderer Berücksichtigung des Unteren Buntsandsteins und der in ihm auftretenden Stromatolithenrasen — Unveröffentl. Diplomarbeit des Geol. Inst. der Univ. Halle, 1956.
- Grupe, O.*: Zur Gliederung des deutschen Buntsandsteins — Jb. Preuß. Geol. L.-A. **33**, Teil I, Berlin (1912) S. 397—421.
- Gunzert, G.*: Die Grenzziehung zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein in Hessen — Notizbl. Hess. L.-A. f. Bodenf. **82**, Wiesbaden (1954) S. 138—151.
- Gunzert, G.*: Die einheitliche Grenzziehung im deutschen Buntsandstein in der südlichen Beckenfazies — Abh. Hess. L.-A. f. Bodenforsch. **24**, Wiesbaden (1958).
- Gwinner, M. P.*: Beitrag zur Entstehung und Paläogeographie des südwestdeutschen Buntsandsteins — Jb. u. Mitt. d. Oberrhein. Geol. Ver. N.F. **37**, 12—28, Stuttgart 1955.
- Hallbauer, D.*: Die akzessorischen Schwerminerale der westerzgebirgischen Granite — Unveröffentl. Diplomarbeit des Min. Inst. d. Bergakademie Freiberg, 1957.
- Herrmann, A.*: Schichtausfälle im Mittleren Buntsandstein des nordwestlichen Eichsfeldes und deren mögliche Deutung — Geol. Jb. **72**, Hannover (1957) S. 341—346.
- Hoppe, W.*: Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald — Notizbl. Ver. Erdkunde u. d. Hess. L.-A. zu Darmstadt **V**, Darmstadt (1926) 8, S. 7—112.
- Hoppe, W.*: Zechstein und Trias bei Sondershausen — Z. Deutsch. Geol. Ges. **84**, Berlin (1932) S. 755—758.
- Hoppe, W.*: Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Gebiet von Sondershausen in Thüringen — Ber. d. Geol. Ges. d. DDR **2**, Berlin (1957) 3, S. 183—198.
- Hoppe, W.*: Zyklische Gliederung des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in Thüringen — Ber. d. Geol. Ges. d. DDR **4**, Berlin (1959) 1, S. 1—54.
- Jasmund, K.*: Abtrennung und Bestimmung von kolloidalen Kornklassen mit einer Durchflußzentrifuge — Heidelb. Beitr. z. Min. u. Petrogr. **1** (1948) S. 341.
- Jenny, V., und de Quervain, F.*: Untersuchungen von Kalk- und Dolomitgehalten an Sanden quartärer Ablagerungen der Nordostschweiz, Teil I — Schweiz Min. u. Petr. Mitt. **40**, Zürich (1960) 1, S. 55—67.
- Jung, W.*: Gliederung des Unteren Buntsandsteins im südöstlichen Harzvorland — Geologie **7**, Berlin (1958) 8, S. 1018—1031.
- Jung, W.*: Die Basispartien des Mittleren Buntsandsteins im Bereich der Blätter Allstedt, Artern, Sangerhausen und Ziegelroda — Z. f. angew. Geologie **5**, Berlin (1959) 8, S. 337—339.
- Jungwirth, J.*: Gliederung des Buntsandsteins im Gebiet von Ilmenau (Thüringen) — Geologie **10**, Berlin (1961) 6, S. 655—664.
- Kayser, E.*: Geol. Spezialkarte Blatt Artern mit Erläut. Gradabt. 56, Nr. 42, Berlin 1884 (1884a).
- Kayser, E.*: Geol. Spezialkarte Blatt Gerbstedt m. Erläut. Gradabt. 57 Nr. 20, Berlin 1884 (1884b).
- Keilhack, K.*: Ergebnisse von Bohrungen — Jb. königl. Preuß. Geol. L.-A. u. Bergakademie für 1906, Berlin 1909, S. 531—680.
- Kießling, H.*: Tektonische Untersuchungen im Nordteil der Sangerhäuser Mulde — Unveröffentl. Diplomarbeit d. Geol. Inst. d. Bergakademie Freiberg, 1957.
- Knetsch, G., und Spengler, E.*: Strahlungsmessungen an sedimentären Gesteinen Unterfrankens — N. Jb. Geol. u. Pal. Mtsh. (1958) 8/9.
- Knetsch, G., Degens, E., Welte, D., und Reuter, H.*: Untersuchungen und Schlüsse zur Verteilung von Strahlungsträgern in Sedimenten Frankens — Glückauf **96**, Essen (1960) 3.

- Kolesch, K.:* Über die Grenze zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein in Ostthüringen — Jb. Preuß. Geol. L.-A. **29**, Berlin (1908) S. 589—603.
- Kreysing, K.:* Zur Stratigraphie des Mittleren Buntsandsteins in Südhannover und Nordhessen — N. Jb. Geol. Pal. Mtsh. Stuttgart (1958) S. 72—83.
- Kupfahl, H.:* Die Abfolge des Buntsandsteins am östlichen Meißner-Gebirge — Notizbl. Hess. L.-A. Bodenf. **86**, Wiesbaden (1958) S. 202—214.
- Laemmlen, M.:* Ein Buntsandstein-Muschelkalk-Profil bei Hausen am Südwestabhang des Hohen Meißners in Nordhessen — Notizbl. Hess. L.-A. **86**, Wiesbaden (1958) S. 215—240 (1958a).
- Laemmlen, M.:* Der Buntsandstein auf Blatt Queck in Hessen — Notizbl. Hess. L.-A. **86**, Wiesbaden (1958) S. 241—268 (1958b).
- Laemmlen, M.:* Die Aufteilung der Hersfelder Gruppe des Mittleren Buntsandsteins — Z. Deutsch. Geol. Ges. **112**, Hannover (1961) S. 491—513.
- Langbein, R., und Seidel, G.:* Zur Ausbildung des Mittleren Buntsandsteins in Westthüringen — Z. f. angew. Geol. **7**, Berlin (1961) 11, S. 573—575.
- Ludwig, G. u. H.:* Ein Vergleich zwischen Geröll- und Schwermineralanalysen des Porphyrkonglomerates im obersten Rotliegenden des östlichen Harzvorlandes — Geologie **2**, Berlin (1953) S. 431—448.
- Ludwig, G.:* Neue Ergebnisse der Schwermineral- und Kornanalysen im Oberkarbon und Rotliegenden des südlichen und östlichen Harzvorlandes — Geologie, Beih. 14, Berlin 1955.
- Marshall, C., und Jeffries, C. D.:* Mineralogical methods in soil research, Part I — Proc. Soil. Sci. Soc. America **10**, (1945) S. 397—405.
- Milner:* Sedimentary Petrographie — London 1949.
- Müller, H.:* Die Petrographie der Röt-Muschelkalk-Grenzsichten bei Steudnitz nördlich Jena — Chemie d. Erde **19**, Jena (1958) S. 392—435.
- Nagy, E.:* Mesozoic Phyllopora from the Mescek Mountains — Földt. Közl., BXC, Budapest (1960) 1, S. 137—141.
- Picard, E.:* Über den Unteren Buntsandstein der Mansfelder Mulde und seine Fossilien — Jb. Preuß. Geol. L.-A. für 1909 **XXX**, I, Berlin 1910, S. 576—622.
- Pleißmann, W.:* Zur Sedimentation des Bausandsteins im Raume Göttingen. N. Jhb. Geol. Pal. Mtsh. (105) Stuttgart 1957, S. 115—122.
- Puff, P.:* Gliederung des Buntsandsteins im Gebiet von Rudolstadt (Thüringen) — Geologie **10**, Berlin (1961) 6, S. 665—673.
- Richter-Bernburg, G.:* Die paläogeographischen Voraussetzungen für die Bildung der nordwestdeutschen Salzlager — Jb. Geogr. Ges. Hannover (1953) S. 166—182.
- Richter-Bernberg, G.:* Über saline Sedimentation — Z. Deutsch. Geol. Ges. **105**, Hannover (1953) S. 593—645.
- Richter, W.:* Zur Methodik der Schwermineralanalyse von sandigen Sedimenten — Zentralbl. Min. etc. Abt. A, Stuttgart 1939, S. 70—80.
- Richter, W.:* Die Petrographie der sandigen Sedimente in ihrer Bedeutung für die Erdölgeologie — Erdöl und Kohle **36**, Berlin (1940) S. 150—58.
- Rimann, E.:* Über ein bemerkenswertes Vorkommen von Anatas, Zirkon und einem Vanadinniobad aus Nordbrasilien — N. Jb. Min. Geol. u. Pal., Beil.-Bd. 64 A, 1931, S. 423 bis 436.
- Rösler, H.-J.:* Zur Petrographie, Geochemie und Genese des devonisch-unterkarbonischen Magmatismus in Ostthüringen und der an ihn gebundenen Lagerstätten — Freib. Forsch.-H. C 92 (1960) Akademie-Verlag, Berlin.
- Ruchin, L. B.:* Grundzüge der Lithologie — Akademie-Verlag, Berlin 1958.
- Schmidt, M.:* Die Lebewelt unserer Trias — Oehringen 1928.
- Schnitzer, W. A.:* Quarzkornfarbe als Hilfsmittel für die stratigraphische und paläogeographische Erforschung sandiger Sedimente — Erlanger Geol. Abh., H. 23, Erlangen 1957 (1957a).
- Schnitzer, W. A.:* Die Lithologie und Paläogeographie des Buntsandsteins am Westrand der Böhmisches Masse — Erlang. Geol. Abh. H. 24, Erlangen 1957 (1957b).

- Schnitzer, W. A.*: Sedimentpetrographische Untersuchungen in der ostbayrischen Trias — Ber. Geol. Ges. DDR **5**, Berlin (1960) 1/2, S. 38—54.
- Schriel, W.*: Erläuterungen zu Blatt Ellrich u. Nordhausen Nord, 1935.
- Schriel, W.*, und *Gaertner, H. R. v.*: Geol. Spezialkarte Blatt Ellrich Nr. 2524, Berlin 1934 (1934a).
- Schriel, W.*, und *Gaertner, H. R. v.*: Geol. Spezialkarte Blatt Nordhausen Nord, Nr. 2525, Berlin 1934 (1934b).
- Schumann, H.*: Neuere optische Methoden zur Schwermineralbestimmung — Erdöl u. Kohle, **4** Hamburg (1951), S. 684—687.
- Schützel, H.*, und *Kutschke, D.*: Zirkonstatistische Untersuchungen am Augengneis von Schwarzenberg (Erzgebirge) — Bergakademie **13**, Berlin (1961) 7/8, S. 467—481.
- Sindowski, K.-H.*: Sedimentpetrographische Methoden zur Untersuchung sandiger Sedimente — Geol. Rdsch. **29**, Stuttgart (1938) S. 196—200 (1938a).
- Sindowski, K.-H.*: Über die Verwitterbarkeit der Schwerminerale — Z. Deutsch. Geol. Ges. **90**, Berlin (1938), S. 446—458 (1938b).
- Sindowski, K.-H.*: Schüttungsrichtungen und Mineralprovinzen im westdeutschen Buntsandstein — Geol. Jb. **73**, Hannover (1958) S. 277—294.
- Speyer, O.*: Geol. Spezialkarte Blatt Riestedt m. Erläut. Gradabt. 56, Nr. 31, Berlin 1882 (1882a).
- Speyer, O.*: Geol. Spezialkarte Blatt Bibra m. Erläut. Gradabt. 57, Nr. 44, Berlin 1882 (1882b).
- Strigel, A.*: Das süddeutsche Buntsandsteinbecken — Verh. Naturhist.-Med. Ver. zu Heidelberg, N. F., **16**, Heidelberg (1929) S. 80—465.
- Thomas, H.*: A Contribution to the Petrography of the New Red Sandstone in the West of England — Quart. Journ. Geol. Soc. **65** London (1909) S. 229—245.
- Trusheim, F.*: Über Diskordanzen im Mittleren Buntsandstein Norddeutschlands zwischen Ems und Weser — Erdöl u. Kohle **77**, Wien-Hamburg (1961) 9, S. 361—367.
- Twenhofel, W. H.*: Treatise on Sedimentation — Baltimore 1926.
- Vollrath, A.*: Der Untere Buntsandstein zwischen Odenwald und Oberhessen. — Mitt. min.-geol. Inst. Techn. Hochschule Stuttgart Nr. 39 1939.
- Weigelt, J.*: Der tektonische Unterbau der Mitteldeutschen Hauptschwelle — Festschr. z. 23. Deutsch. Geographentag in Magdeburg, 1929, S. 14—60.
- Weiss, G.*: Beiträge zur petrographischen Erforschung des Unteren Buntsandsteins — Ber. Oberhess. Ges. f. Natur u. Heilkunde, N. F., **6**, Gießen (1914) S. 55—108.
- Weyl, R.*: Sedimentpetrographische Studien zur Paläogeographie des Oligozäns im nordwestlichen Rheintalgraben — N. Jb. f. Min., Beil.-Bd. **80**, Stuttgart (1939) S. 31—62.
- Weyl, R.*: Marine Erzgranatseifen der schleswig-holsteinischen Küsten und ihre Regelmäßigkeiten in der Korngrößen- und Mineralverteilung — Z. f. Geschiebeforsch. **13**, Berlin (1937) S. 63.
- Weyl, R.*: Schwermineraluntersuchungen an Böden des württembergischen Unterlandes — Jahr.-Ver. vaterl. Naturkde. in Württemberg 1952.
- Wieseneder, H.*: Über die Veränderung des Schwermineralbestandes der Sedimente durch Verwitterung und Diagenese — Erdöl u. Kohle — Hamburg (1953) 7, S. 369—371.
- Wieseneder, H.*: Ursachen der räumlichen und zeitlichen Änderungen des Mineralbestandes der Sedimente des Wiener Beckens. — Ec. Geol. Helvetiae Vol. 51, 1958.
- Wunderlich, H. G.*: Liefergebiete und Schüttungsrichtungen des Mitteldeutschen Buntsandsteins nach Maßgabe der Schwermineralführung — N. Jb. Geol. Pal. Mtsh. **105**, Stuttgart (1957) S. 123—143.
- Wunderlich, H. G.*: Die kombinierte Leitmineral- und Geröllanalyse — ein Hilfsmittel für Stratigraphie und Tektonik — Erdöl u. Kohle **5**, Hamburg (1952) 9, S. 535—538.
- Wurster, P.*: Geometrie und Geologie von Kreuzschichtungskörpern — Geol. Rdsch. **47**, Stuttgart (1958) 1, S. 322—359.
- Zimmermann, E.*: Der Buntsandstein bei Saalfeld in Thüringen und über Sand geschliffene Gerölle in dessen Konglomeraten — Z. Deutsch. Ges. **59**, Berlin (1907) Monatsber., S. 227—230.

Bohrung Sangerhausen 74

Probe-Nr.	Apatit	Granat	Turmalin	Zirkon	Rutil	Ges. Gew. aller SM
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,04—0,06 mm						
1	14,9	0,1	1,1	8,3	0,8	17,7
2	1,8	0,2	0,2	1,9	0,1	7,3
3	12,1	0,1	0,5	5,5	0,4	21,0
4	31,6	—	2,1	10,8	1,3	47,4
5	3,3	0,4	0,2	2,3	0,1	9,3
6	2,3	—	0,2	2,3	0,2	6,2
7	3,2	—	0,3	1,7	0,1	6,3
8	7,1	—	0,6	8,5	0,7	20,3
9	5,7	0,1	0,5	8,8	0,5	18,1
10	0,5	—	0,1	0,3	0,1	1,2
11	68,9	—	6,8	6,5	1,8	95,4
12	141,9	—	11,9	10,4	3,7	205,7
13	0,8	0,3	0,1	3,3	0,3	8,3
14	1,2	0,2	0,1	2,3	0,1	5,9
15	9,7	0,4	0,9	2,6	0,7	17,4
16	1,2	0,1	0,2	0,6	0,1	2,8
17	9,4	0,7	0,8	5,4	0,5	21,5
18	11,4	0,2	3,0	3,0	0,5	18,6
19	5,8	0,4	1,3	1,3	0,1	9,0
20	1,3	0,7	1,3	1,3	0,2	4,5
21	0,8	—	0,1	0,1	—	1,2
22	14,9	2,4	20,0	20,0	2,0	61,4
23	3,3	0,4	2,4	2,4	0,2	7,2
24	42,1	0,3	10,3	10,3	2,4	71,9
25	36,4	0,4	9,7	9,7	2,2	52,3
26	22,9	0,7	9,3	9,3	2,1	43,8
27	2,9	0,3	1,4	1,4	0,2	6,8
28	7,2	0,7	1,5	1,5	0,2	14,2
29	74,3	0,7	66,5	66,5	7,0	183,8
30	4,8	0,2	2,4	2,4	0,3	9,2
31	0,9	0,1	0,7	0,7	0,1	2,5
32	8,7	—	0,4	0,4	0,2	11,6
33	10,4	—	0,5	0,5	0,1	12,2
34	20,3	0,7	11,3	11,3	3,1	52,2
35	13,5	1,7	12,6	12,6	1,9	42,2
36	2,3	—	0,2	0,2	—	3,1
37	14,7	—	1,5	0,5	0,1	19,4
38	26,2	0,1	1,8	1,9	0,6	35,1
39	14,9	0,3	1,4	3,4	0,5	26,7
40	6,5	0,1	0,6	1,2	0,2	9,0
41	17,9	—	0,7	0,8	0,1	20,0
42	8,5	0,2	1,6	6,1	1,1	18,8
43	3,8	0,1	0,3	3,6	0,4	8,8
44	5,1	—	0,3	1,4	0,2	7,7
45	5,3	—	0,2	0,6	—	6,6
46	1,7	0,1	0,2	4,3	0,5	7,6

Bohrung Sangerhausen 74 (Fortsetzung)

Probe-Nr.	Apatit	Granat	Turmalin	Zirkon	Rutil	Ges. Gew. aller SM
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,04—0,06 mm						
47	2,0	0,1	0,3	1,6	0,3	4,5
48	6,7	—	0,8	2,4	0,6	12,1
49	3,2	0,1	0,7	2,8	0,4	8,3
50	2,2	0,2	0,6	2,1	0,5	7,0
51	4,0	0,2	0,7	1,8	0,5	8,3
52	2,4	0,1	0,2	1,5	0,3	6,0
53	7,3	—	0,9	1,1	0,3	11,5
54	19,0	—	1,4	0,7	0,3	23,2
55	73,5	0,9	3,8	2,7	2,4	98,5
56	12,9	0,4	1,6	8,8	1,7	27,2
57	4,6	0,5	0,5	2,6	0,4	11,3
58	38,1	0,6	3,3	4,1	1,0	52,5
59	3,9	0,3	0,2	1,0	0,1	6,0
60	2,0	0,1	0,3	0,6	0,2	6,3
61	68,5	—	6,4	1,5	1,3	79,7
62	7,2	0,2	1,3	5,6	1,0	20,2
63	7,8	0,2	0,7	2,4	0,5	14,2
64	51,9	0,3	2,9	3,0	0,1	63,7
65	49,9	0,5	4,1	7,0	2,1	77,9
66	178,4	43,1	8,2	207,0	17,0	551,3
67	47,8	1,3	3,8	11,1	1,7	76,4
68	43,3	0,6	4,7	3,7	1,9	63,1
69	64,9	0,5	5,6	10,2	1,9	86,8
70	88,7	2,5	5,7	33,5	3,2	152,9
71	21,6	0,2	0,5	1,4	—	25,2
72	6,5	—	0,4	0,3	0,1	8,2
73	50,4	10,2	5,1	29,4	3,0	107,7
74	26,9	0,5	2,3	11,3	1,0	46,4
75	15,2	0,2	0,8	2,9	0,5	20,6
76	19,4	—	1,0	1,7	0,2	23,1
77	104,0	—	6,3	7,6	0,9	121,4
78	28,5	4,6	2,7	15,2	1,7	59,7
79	15,9	—	0,6	0,3	0,2	17,4
80	9,8	0,2	0,8	0,9	0,3	13,1
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,06—0,1 mm						
1	34,6	—	5,6	6,4	0,1	49,3
2	2,5	0,1	1,0	12,0	1,0	23,9
3	2,4	0,2	2,0	12,9	0,5	24,3
4	39,0	—	6,6	3,6	1,0	52,7
5	0,6	0,5	0,4	8,9	0,3	12,4
6	0,7	0,3	1,2	10,5	0,2	21,0
7	6,1	—	0,9	3,5	0,3	11,9
8	26,0	0,2	5,2	12,0	1,5	52,4

Bohrung Sangerhausen 74 (Fortsetzung)

Probe-Nr.	Apatit	Granat	Turmalin	Zirkon	Rutil	Ges. Gew. aller SM
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,06—0,1 mm						
9	20,8	0,3	2,8	10,9	1,5	40,5
10	3,0	—	0,8	0,7	0,1	5,2
11	15,5	—	3,7	1,1	0,3	22,4
12	14,7	—	3,8	0,6	0,2	20,7
13	11,1	1,9	3,9	15,0	2,0	55,3
14	9,1	0,6	2,1	6,2	1,1	28,8
15	6,2	1,0	2,0	2,9	0,6	14,7
16	2,3	0,3	0,9	1,0	0,2	5,7
17	10,0	1,3	2,3	14,0	1,0	33,6
18	24,1	0,3	4,8	2,8	1,0	35,4
19	2,3	1,5	0,4	1,8	0,1	6,7
20	4,7	1,8	1,9	8,2	1,2	19,9
21	2,5	0,1	0,9	0,4	9,1	4,5
22	38,2	8,0	5,4	16,8	3,4	96,0
23	2,7	1,2	0,6	1,1	0,2	6,3
24	28,0	0,3	6,1	3,6	0,8	41,5
25	19,9	0,1	2,4	1,2	0,4	24,5
26	39,5	3,3	8,4	9,1	1,9	65,8
27	3,9	1,2	1,1	6,0	0,8	16,6
28	3,4	1,0	1,0	7,7	0,3	21,0
29	212,1	0,7	22,9	7,1	5,6	269,0
30	3,8	0,8	0,8	0,9	0,3	8,1
31	1,6	0,9	0,6	1,7	0,2	5,4
32	1,1	—	0,2	0,1	—	1,4
23	0,8	—	0,1	—	—	1,0
34	18,1	1,4	7,0	1,5	2,0	38,0
35	35,0	2,9	8,4	7,6	4,7	66,6
36	0,3	—	0,1	—	—	0,6
37	—	—	—	—	—	—
38	1,8	—	0,2	0,1	—	2,3
39	2,2	0,1	0,2	0,1	0,1	3,9
40	1,6	0,2	0,4	0,2	—	2,5
41	4,1	1,9	—	0,1	—	2,1
42	12,4	0,1	2,6	3,3	0,9	21,1
43	5,3	0,2	1,3	4,2	0,5	12,8
44	3,9	0,1	0,9	1,5	0,4	8,4
45	0,7	—	0,2	0,1	—	1,1
46	10,0	0,5	3,4	6,0	1,1	23,6
47	1,7	0,1	0,8	0,8	0,2	4,2
48	3,2	0,1	1,3	1,7	0,3	7,5
49	1,9	0,4	0,7	3,2	0,2	7,1
50	2,0	0,2	0,7	1,9	0,3	5,8
51	1,7	0,2	0,8	2,3	0,2	5,8
52	2,8	0,2	0,9	4,0	0,9	11,3
53	3,0	—	1,3	1,6	0,8	7,5
54	2,0	—	0,5	0,5	—	3,6

Bohrung Sangerhausen 74 (Fortsetzung)

Probe-Nr.	Apatit	Granat	Turmalin	Zirkon	Rutil	Ges. Gew. aller SM
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,06—0,1 mm						
55	23,3	0,6	2,8	1,7	0,4	31,6
56	18,3	0,4	5,0	15,9	3,1	45,8
57	14,8	1,2	1,9	7,5	1,1	35,1
58	8,3	0,3	1,0	0,4	0,1	10,7
59	1,2	1,0	0,4	0,8	0,1	3,6
60	0,9	0,3	0,3	0,5	0,1	2,2
61	2,4	0,1	0,6	0,2	0,1	3,6
62	13,9	0,5	2,6	6,7	0,7	29,1
63	12,9	0,3	2,6	2,3	0,5	25,9
64	5,8	0,7	0,7	1,2	0,1	9,1
65	20,4	1,8	2,5	3,8	0,4	31,3
66	395,7	46,1	27,1	48,4	14,2	612,4
67	6,5	1,5	0,6	0,4	0,2	9,6
68	4,6	0,1	0,6	0,2	—	5,7
69	16,7	—	2,0	0,5	0,1	19,8
70	76,0	5,5	9,2	10,6	3,4	118,5
71	3,3	0,2	0,3	0,3	0,1	4,4
72	0,2	—	—	—	—	0,2
73	81,8	7,0	8,2	7,8	1,9	112,7
74	6,4	0,2	0,5	0,5	0,1	7,9
75	20,8	—	2,1	0,3	0,1	24,1
76	0,7	—	—	—	—	0,7
77	9,8	—	0,7	—	—	10,5
78	51,1	3,7	7,4	4,8	0,6	74,6
79	0,3	—	—	—	—	0,3
80	0,4	—	—	—	—	0,4

Bohrung Roßleben 2/59

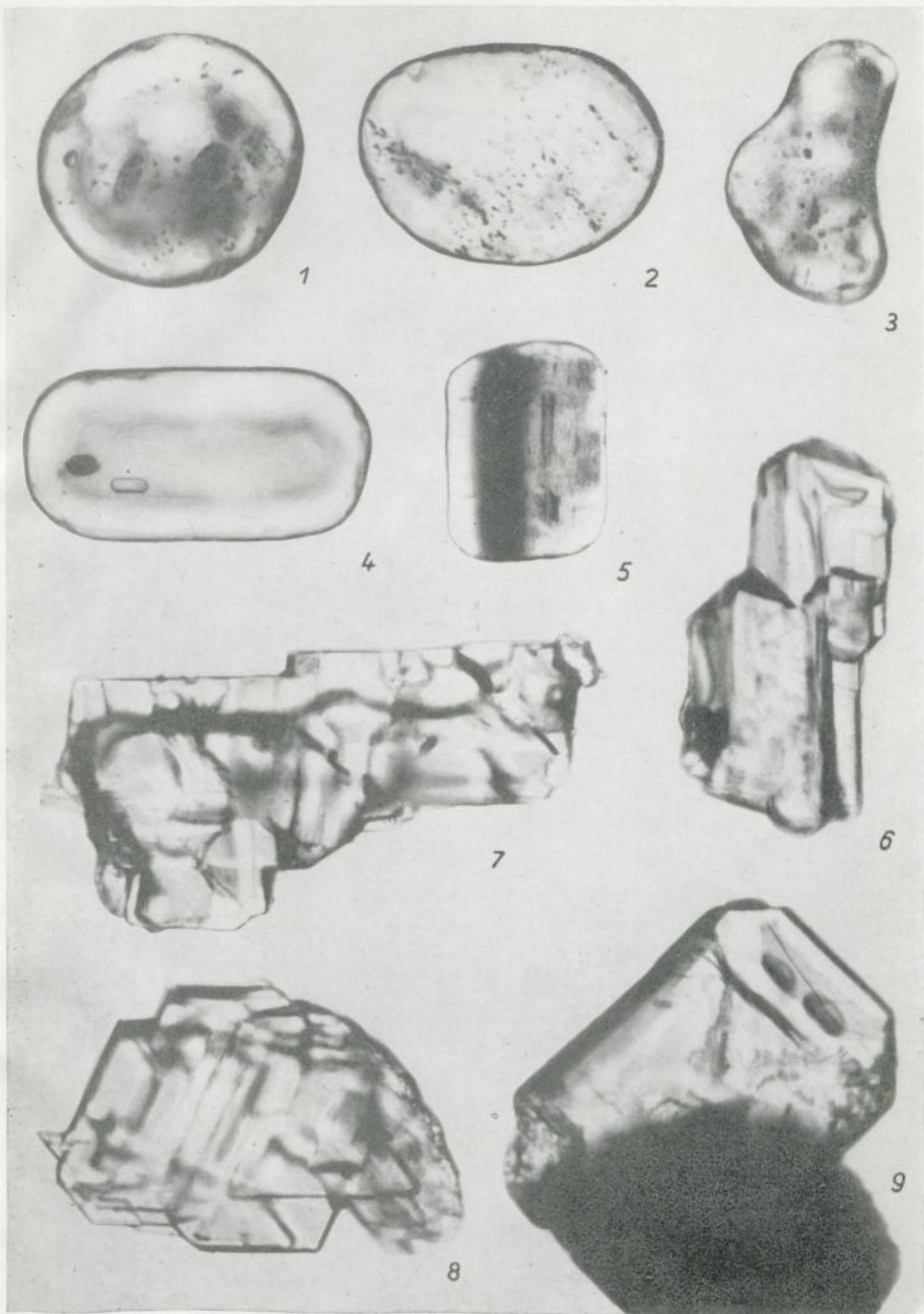
Probe-Nr.	Apatit	Granat	Turmalin	Zirkon	Rutil	Ges. Gew. aller SM
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,04—0,06 mm						
1	26,8	—	0,8	1,1	0,6	31,2
2	30,7	—	2,9	1,3	0,6	37,8
3	5,9	0,5	1,0	1,1	0,2	10,6
4	1,7	0,1	0,6	0,3	—	3,3
5	2,2	0,1	0,3	0,5	—	3,7
6	6,1	0,5	0,7	2,8	0,5	13,7
7	2,7	0,3	0,8	0,5	0,1	5,1
8	28,1	0,7	2,5	1,8	0,4	35,8
9	45,2	1,6	5,2	52,3	3,4	118,7
10	21,3	—	1,7	4,4	—	29,6
11	12,9	0,1	2,0	1,0	0,2	17,0
12	5,9	1,4	2,8	7,4	0,8	20,3
13	69,7	0,6	5,5	21,9	—	104,4
14	87,3	—	9,4	18,6	1,1	121,6
15	32,1	0,2	1,0	1,4	—	36,1
16	5,6	0,1	0,5	1,9	0,1	9,4
17	11,7	0,3	0,5	8,1	0,3	22,8
18	8,1	—	0,3	1,4	0,1	10,5
19	10,6	—	0,7	2,0	0,3	14,3
20	9,6	0,3	0,7	3,0	0,1	15,3
21	1,1	0,2	0,2	1,3	0,1	3,5
22	1,5	0,2	0,2	0,7	0,1	3,0
23	11,9	0,2	0,7	3,1	—	17,2
24	7,5	—	0,4	1,9	0,2	10,8
25	1,0	0,1	0,2	0,1	—	1,4
26	24,0	0,1	2,2	9,9	1,8	41,0
27	40,5	—	4,8	1,7	0,2	48,7
28	19,9	—	3,0	3,5	1,8	29,7
29	6,6	—	0,8	1,7	—	9,6
30	18,9	—	2,7	7,5	1,4	34,1
31	38,7	—	2,9	9,0	0,4	54,5
32	14,6	—	1,8	4,1	0,5	22,3
33	2,0	—	0,5	1,0	0,1	3,8
34	21,8	—	3,5	12,9	0,7	42,8
35	0,8	—	0,2	0,5	—	1,7
36	6,3	0,1	1,1	1,7	0,2	10,1
37	1,4	—	0,3	0,5	0,1	2,4
38	0,6	0,1	0,1	0,3	0,1	1,2
39	8,2	0,7	1,8	3,9	0,4	16,4
40	7,5	0,6	1,0	4,7	0,1	16,0
41	2,6	0,5	0,3	1,7	0,1	5,9
42	12,2	0,3	1,1	4,4	0,5	20,4
43	5,4	1,1	0,6	3,5	0,6	12,5
44	4,1	0,1	0,7	2,3	0,1	8,0
45	2,7	0,4	0,7	1,0	0,1	5,2
46	5,1	—	0,5	1,6	0,1	7,8

Bohrung Roßleben 2/59 (Fortsetzung)

Probe-Nr.	Apatit	Granat	Turmalin	Zirkon	Rutil	Ges. Gew. aller SM
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsedimente in der Fraktion 0,04—0,06						
47	2,1	0,1	0,4	0,8	0,1	3,8
48	4,9	0,8	0,5	3,3	0,4	10,9
49	6,4	0,8	1,4	2,4	0,4	12,1
50	0,6	12,4	0,2	1,9	0,5	16,3
51	4,1	2,7	1,1	2,3	0,2	11,5
52	5,7	4,7	2,1	8,2	0,4	22,8
53	3,3	3,2	1,5	6,4	1,0	17,3
54	2,3	8,4	2,2	12,0	0,5	29,6
55	0,1	0,4	0,1	0,3	—	1,0
56	0,8	0,9	0,4	1,7	—	4,4
57	0,5	1,1	0,4	0,8	0,1	3,2
57	0,5	1,1	0,4	0,8	0,1	3,2
59	0,4	0,8	0,3	0,5	0,1	2,2
60	0,9	0,8	0,6	0,4	—	2,6
61	1,1	2,0	1,1	1,0	0,2	5,6
62	0,1	0,1	0,1	0,1	—	0,5
63	2,2	2,1	1,6	3,4	0,6	10,6
64	1,0	0,9	1,5	1,8	0,9	5,7
65	0,1	0,6	0,2	0,2	—	1,2
66	0,3	1,2	0,4	0,5	0,1	2,7
67	0,1	0,2	0,4	0,1	0,1	1,0
68	0,1	0,2	0,1	0,1	—	0,6
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,06—0,1 mm						
1	15,5	—	1,4	1,0	—	19,0
2	2,9	0,2	0,6	0,2	—	4,1
3	0,1	—	0,1	0,1	—	0,3
4	0,1	—	—	—	—	0,1
5	2,1	0,1	0,4	0,1	0,2	3,0
6	1,3	0,1	0,2	0,4	0,1	2,0
7	0,1	—	0,1	—	—	0,2
8	4,0	0,1	0,4	0,4	0,2	5,3
9	29,1	0,9	2,2	3,7	—	42,8
10	8,9	0,5	0,4	0,2	0,2	10,8
11	1,6	—	0,5	0,1	—	2,3
12	3,4	0,1	0,8	0,5	0,1	5,7
13	23,2	0,7	1,3	2,1	—	30,9
14	35,5	0,5	8,8	1,0	—	47,8
15	7,7	0,3	1,4	1,0	0,1	12,0
16	0,8	0,1	0,3	0,3	0,1	1,7
17	2,3	—	0,3	0,3	0,1	3,4
18	0,7	—	0,2	0,1	—	1,0
19	1,2	—	0,1	—	—	1,3
20	0,8	0,1	0,2	0,1	—	1,2
21	0,1	0,1	0,1	0,1	—	0,4
22	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,8

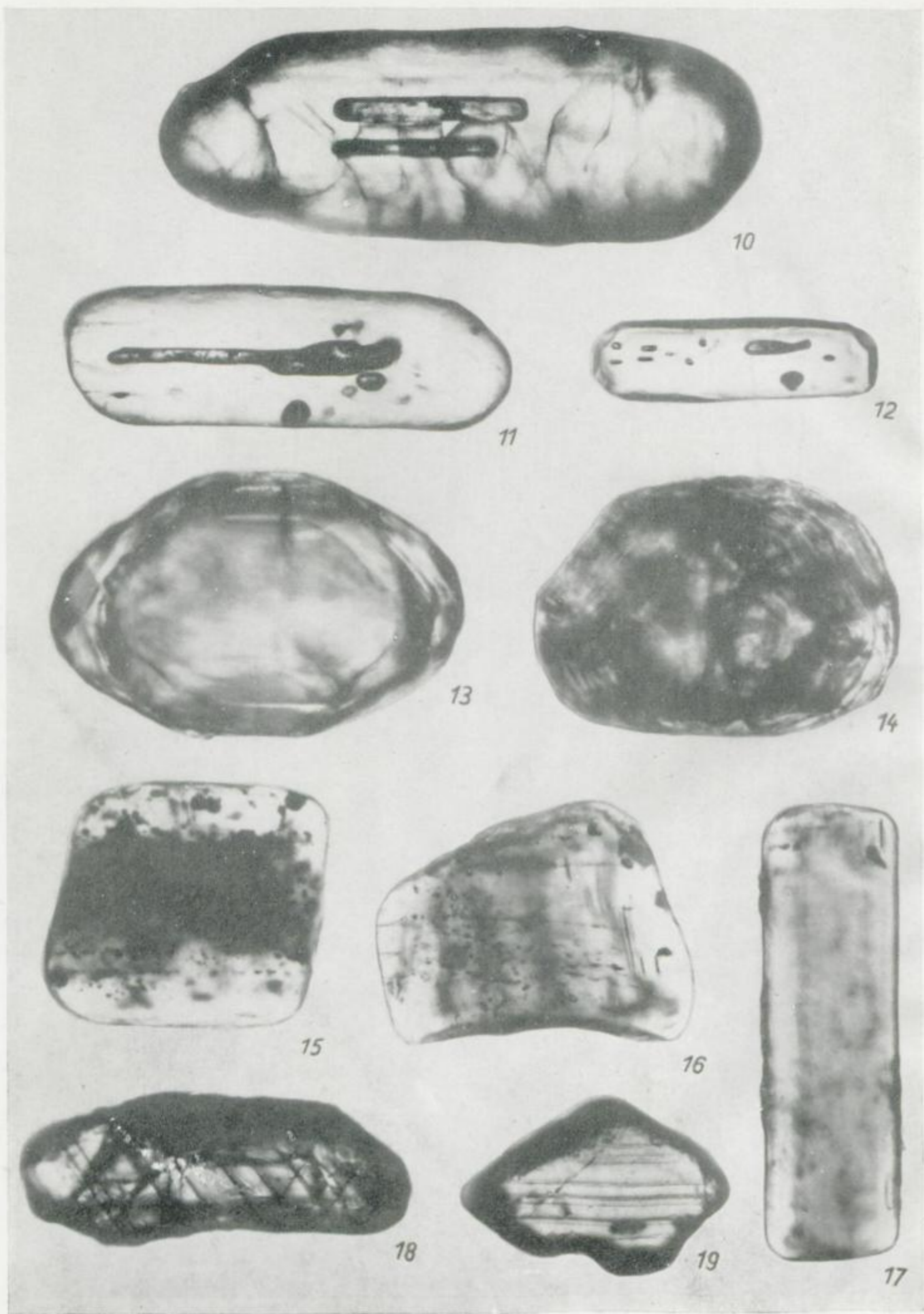
Bohrung Roßleben 2/59 (Fortsetzung)

Probe-Nr.	Apatit	Granat	Turmalin	Zirkon	Rutil	Ges. Gew. aller SM
Gewichte der Schwerminerale in mg auf 100 g Gesamtsediment in der Fraktion 0,06—0,1 mm						
23	1,4	0,1	0,2	0,2	0,1	2,1
24	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1
25	0,1	—	—	—	—	0,1
26	1,5	—	0,2	0,1	—	1,8
27	3,7	—	0,9	—	—	5,0
28	1,1	—	0,2	—	—	1,4
29	0,5	—	0,1	0,1	0,1	0,7
30	1,7	—	0,3	—	0,1	2,2
31	4,4	—	0,5	0,7	—	6,4
32	1,9	—	0,5	0,1	0,1	2,8
33	0,1	—	0,1	0,1	—	0,3
34	4,8	—	0,7	—	0,1	5,9
35	0,1	—	0,1	—	—	0,1
36	0,5	0,1	0,2	0,1	—	0,8
37	0,1	—	—	—	—	0,1
38	—	—	—	—	—	—
39	0,5	0,1	0,3	0,1	—	1,0
40	1,0	0,1	0,7	0,2	0,1	2,2
41	0,7	0,3	0,2	—	0,1	1,4
42	1,0	0,1	0,3	0,1	—	1,5
43	1,8	1,2	1,4	0,5	0,1	5,8
44	0,5	—	0,2	0,1	0,1	1,5
45	0,5	0,2	0,3	0,1	—	1,3
46	0,1	—	0,1	—	—	0,2
47	0,6	—	0,3	0,1	—	1,0
48	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	1,0
49	0,5	0,2	0,3	0,1	—	1,2
50	1,3	45,9	1,4	5,9	—	62,7
51	0,8	1,0	0,7	0,3	0,1	3,4
52	2,5	1,1	2,1	0,9	0,5	7,9
53	1,1	1,0	0,8	0,7	0,1	4,3
54	3,8	6,2	4,2	1,9	0,7	18,5
55	—	—	—	—	—	0,1
56	0,4	1,0	0,5	0,2	0,1	2,3
57	0,4	1,5	0,5	0,1	0,1	2,8
58	—	—	—	—	—	—
59	0,5	1,6	0,5	0,2	0,2	3,1
60	0,2	0,3	0,2	0,1	—	0,8
61	0,3	3,2	1,2	0,2	0,1	5,2
62	—	—	—	—	—	0,1
63	1,4	2,5	2,4	1,0	0,4	8,7
64	0,6	0,4	1,1	0,4	0,1	3,1
65	0,1	0,5	0,1	—	—	0,7
66	0,2	1,0	0,3	0,1	0,1	1,7
67	0,1	0,1	0,2	—	—	0,4
68	—	0,1	—	—	—	0,1



Tafel I

1-5 = Apatit; 6-8 = Granat; 9 = Anatas

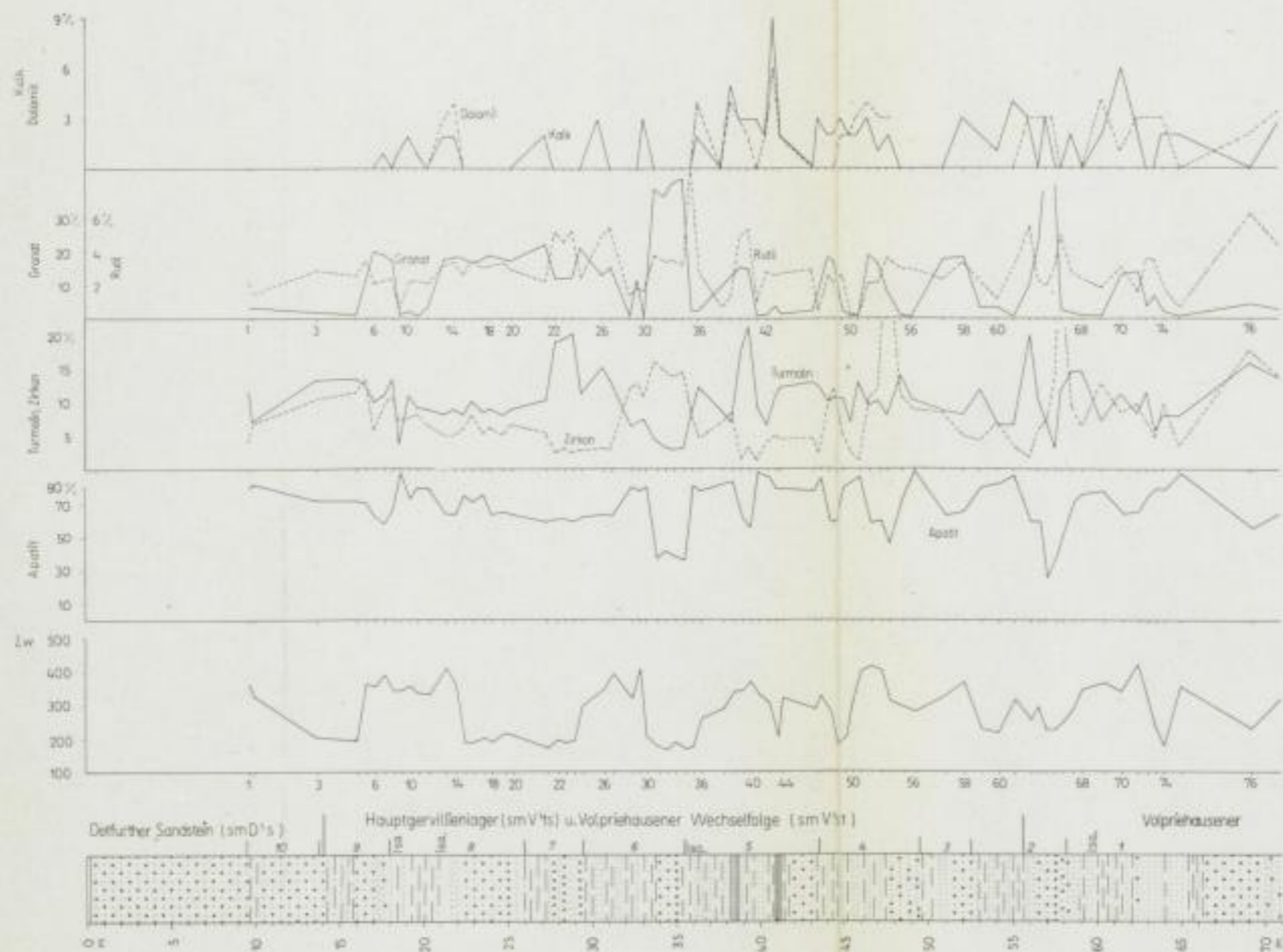


Tafel II

10—12 = Langprismatischer Zirkon mit schlauchförmigen Einschlüssen;
 13—14 = Kurzprismatischer Zirkon; 15—17 = Turmalin; 18 = Rutil;
 19 = Brookit

15

Bergakademie
 - Bücherei -
 Freiberg i. Sa.



Legende der Anlagen 1-5

- Sandstein, grobkörnig
- Sandstein, mittelkörnig
- Sandstein, feinkörnig
- Schieferton
- sandiger Schieferton
- Schieferton mit sandigen Lagen
- Sandstein mit tonigen Lagen
- kalkiger Sandstein, Kalksandstein
- Schieferton mit kalkigen Sandlagen
- Rogenstein
- Sandstein mit einzelnen Ooliten
- Kalkstein
- Einsturzgeb. d. Niedersachsenserie
- Isaurer

Anlage 1. Säulenprofil und sedimentpetrographische Werte der Bohrung Udersleben 10. Fraktion 0,063-0,1 mm

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

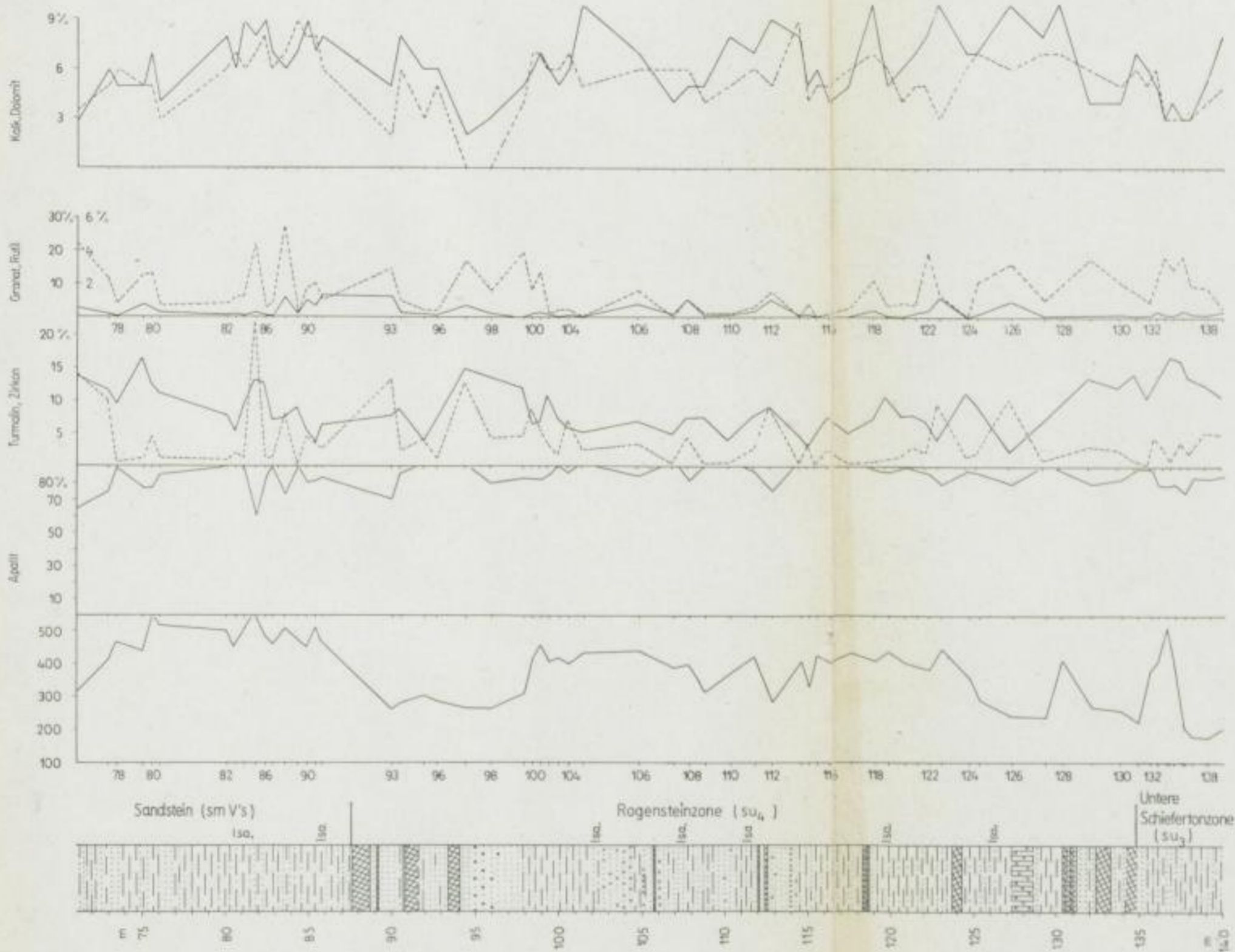


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 1 a. Bohrung Udersleben 10

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

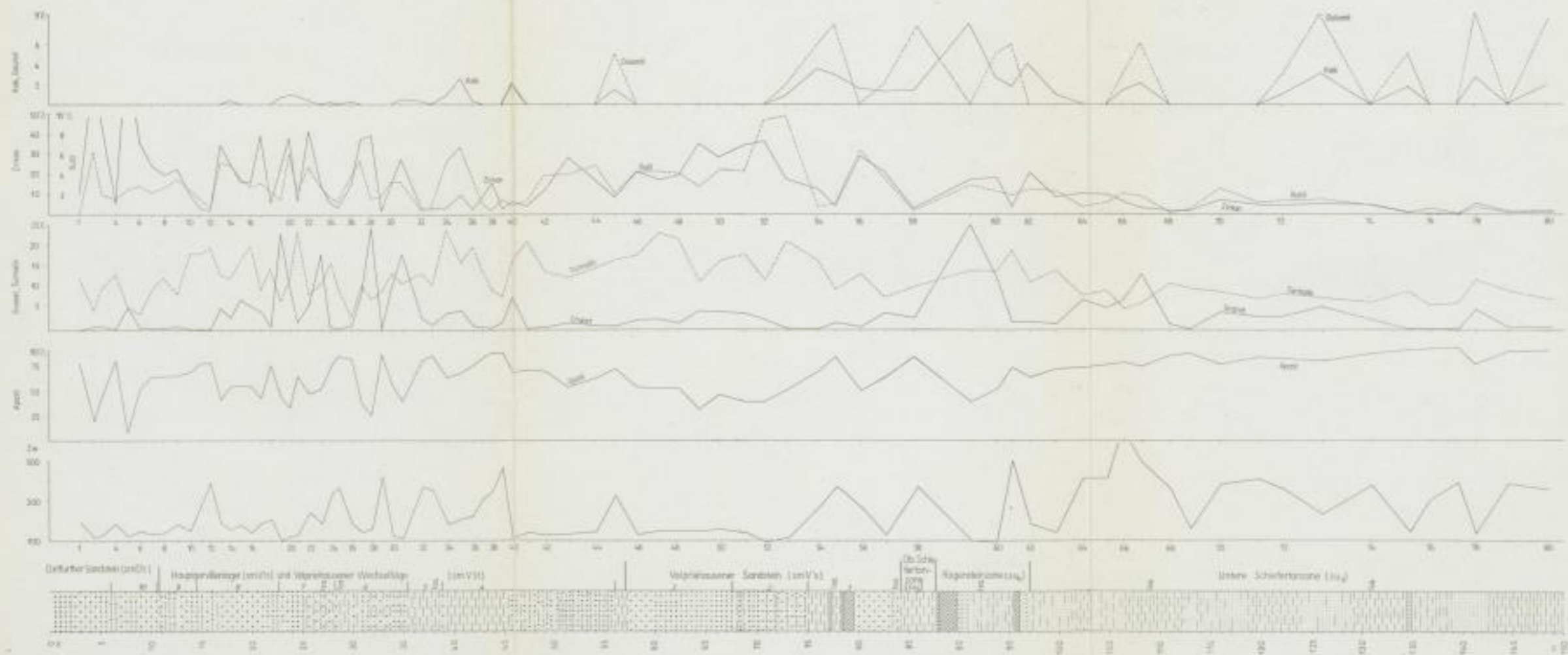


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 2. Säureprofil und sedimentpetrographische Werte der Bohrung Sangerhausen 74. Fraktion 0,063 - 0,1 mm

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

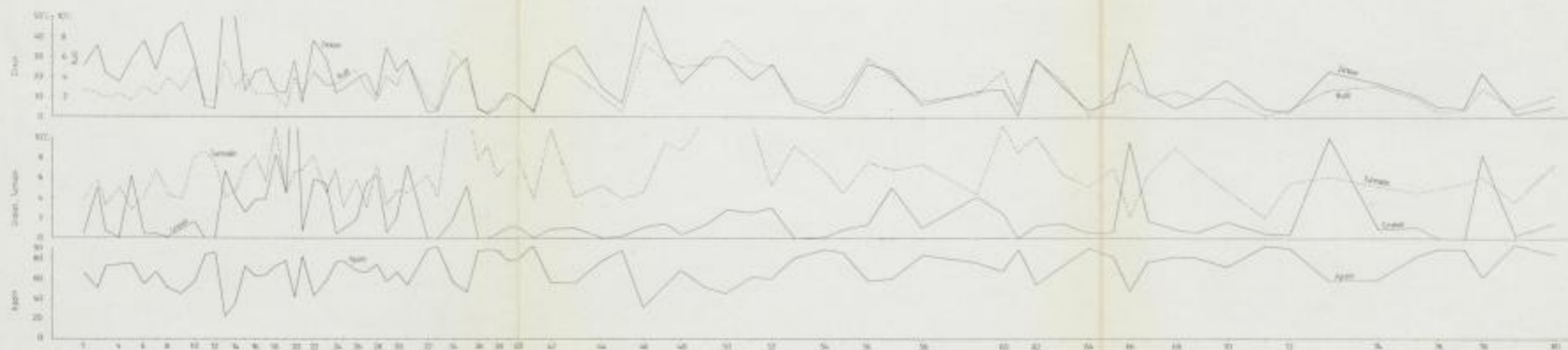


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 2a. Sedimentpetrographische Werte der Bohrung Sangenhausen 74. Fraktion 0,05—0,063 mm

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

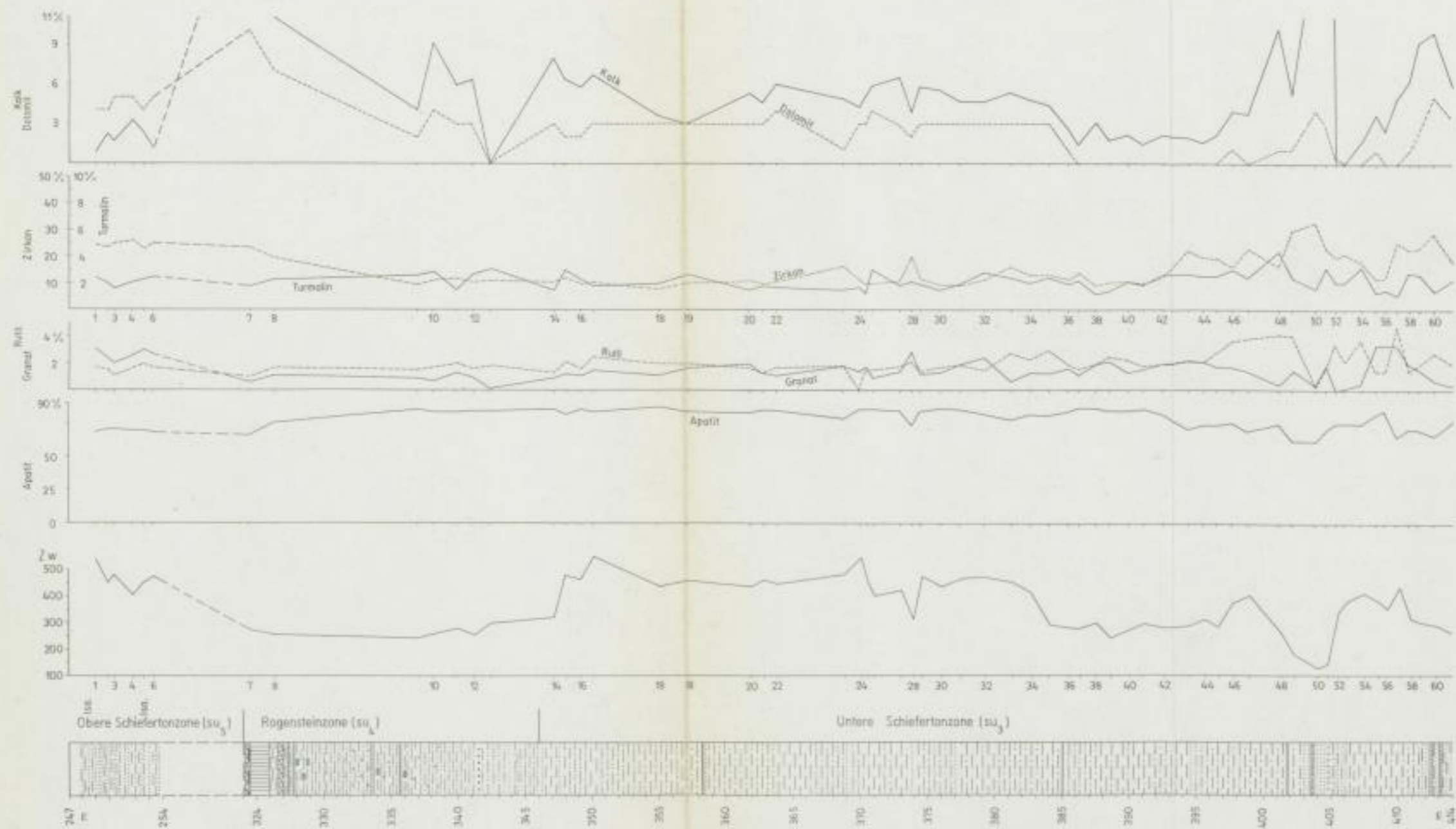


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 3. Säulenprofil und sedimentpetrographische Werte der Bohrung Sangerhausen 109. Fraktion 0,063–0,1 mm

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

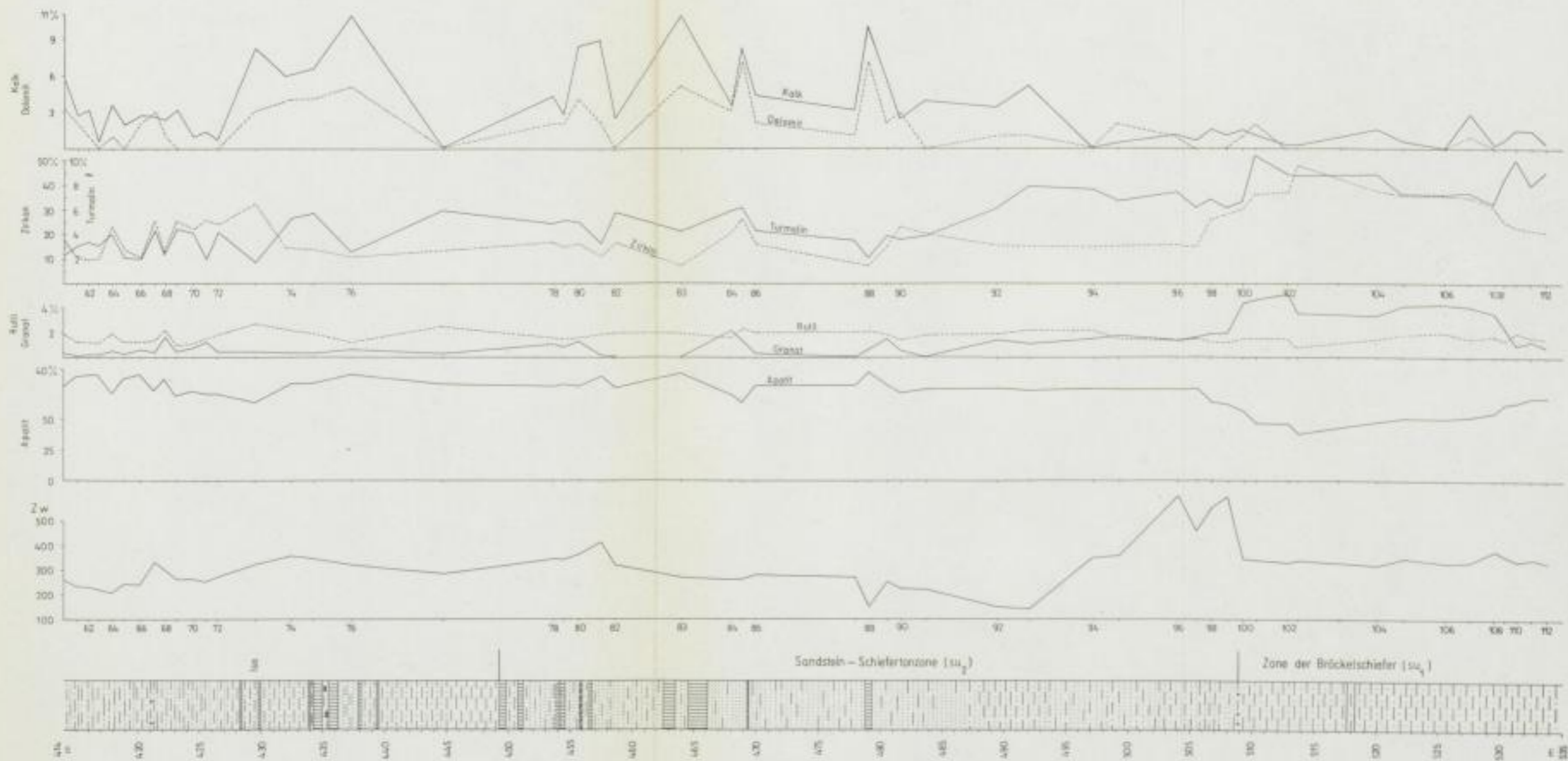


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 3a. Bohrung Sangerhausen 109

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

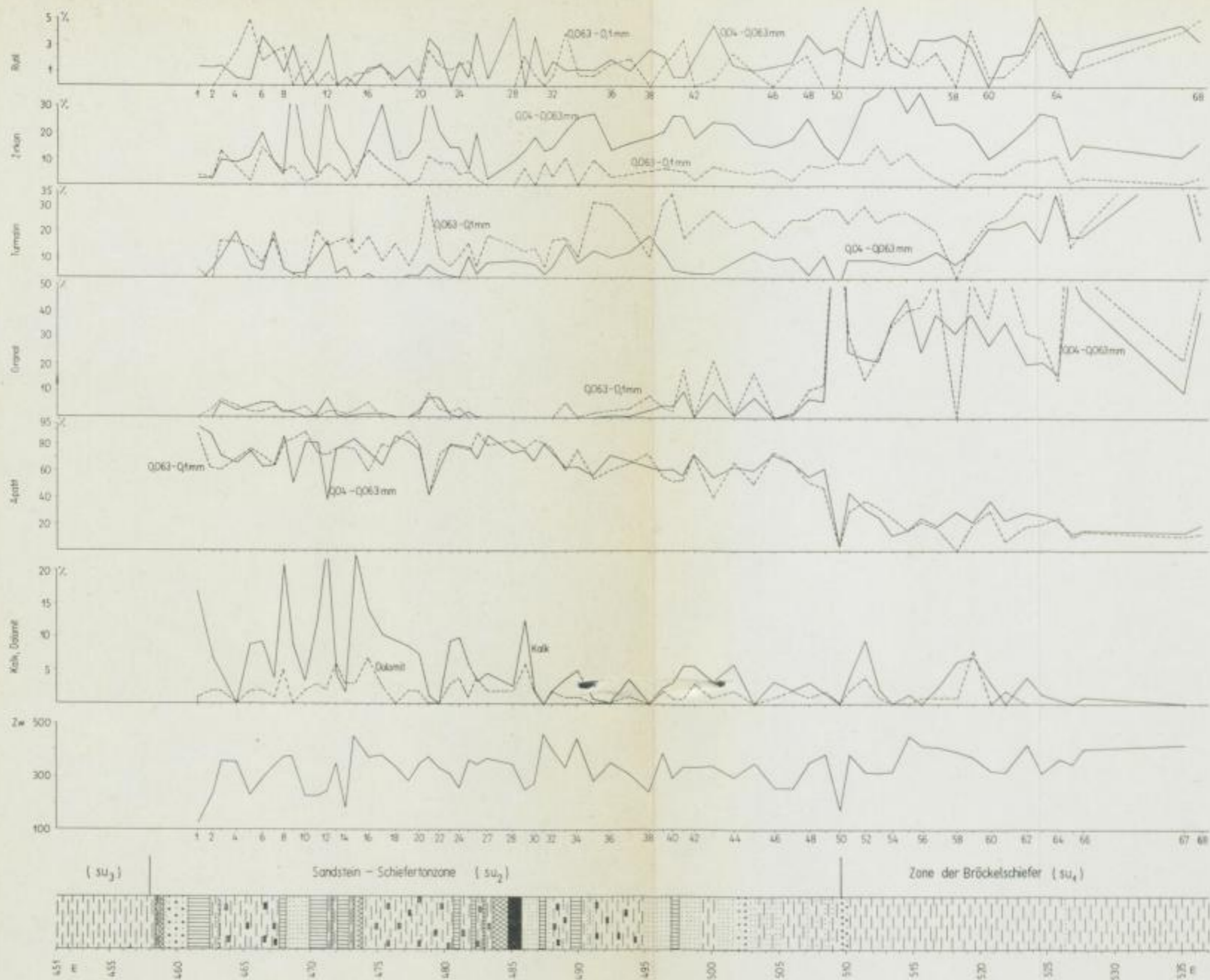


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 4. Säulenprofil und sedimentpetrographische Werte der Bohrung Roßleben 2/59. Fraktion 0,04–0,063 und 0,063–0,1 mm

Bergakademie
- Bücherst. -
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bücherst. -
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bücherst. -
Freiberg i. Sa.

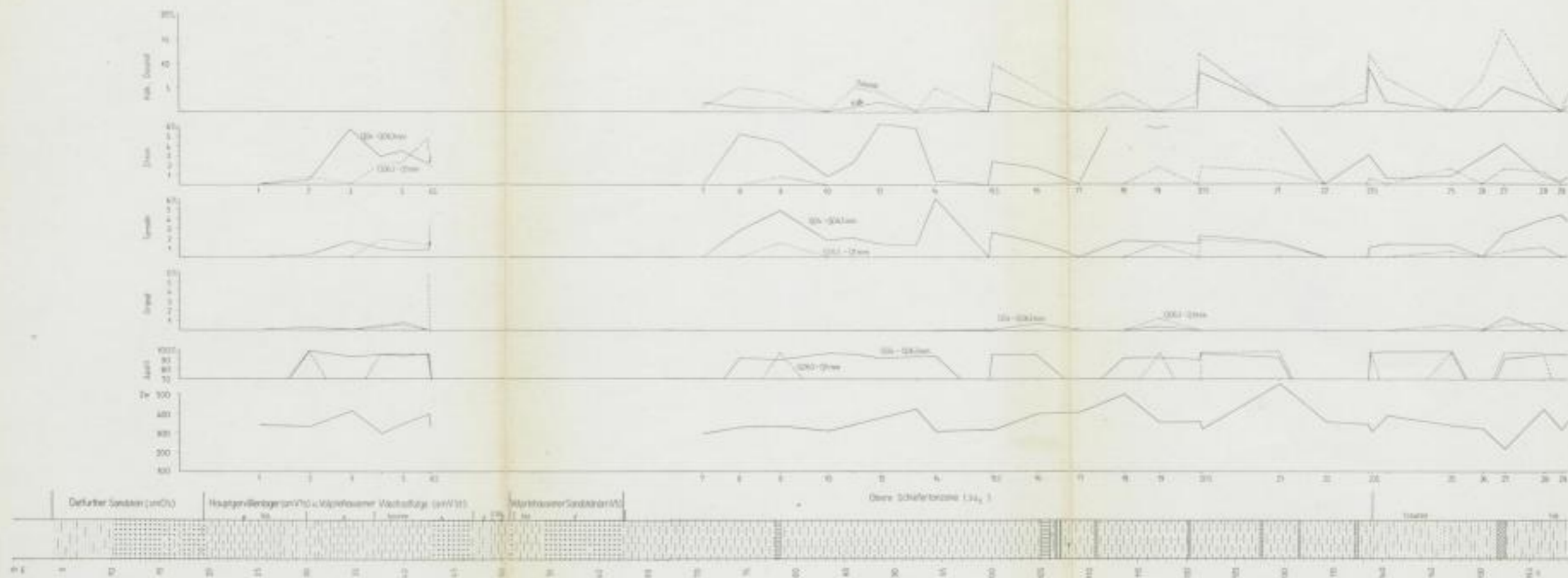


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 1. Säureprofil und sedimentpetrographische Werte der Bohrung Burgdorf 58. Fraktion 0,04–0,063 mm und 0,063–0,1 mm

akademie
- Freiberg i. Sa.

akademie
- Freiberg i. Sa.

akademie
- Freiberg i. Sa.

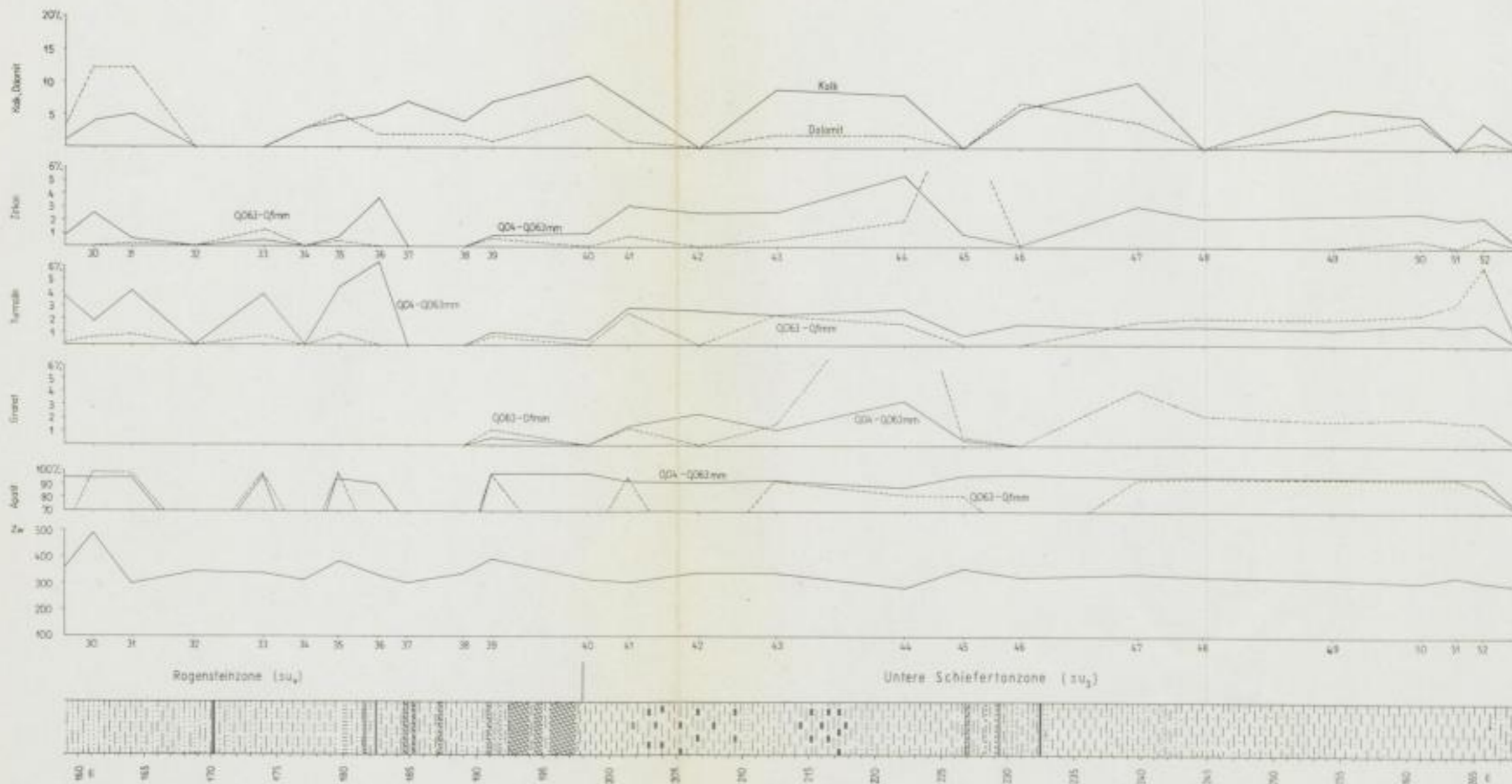


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 5a. Bohrung Burgsdorf 58

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

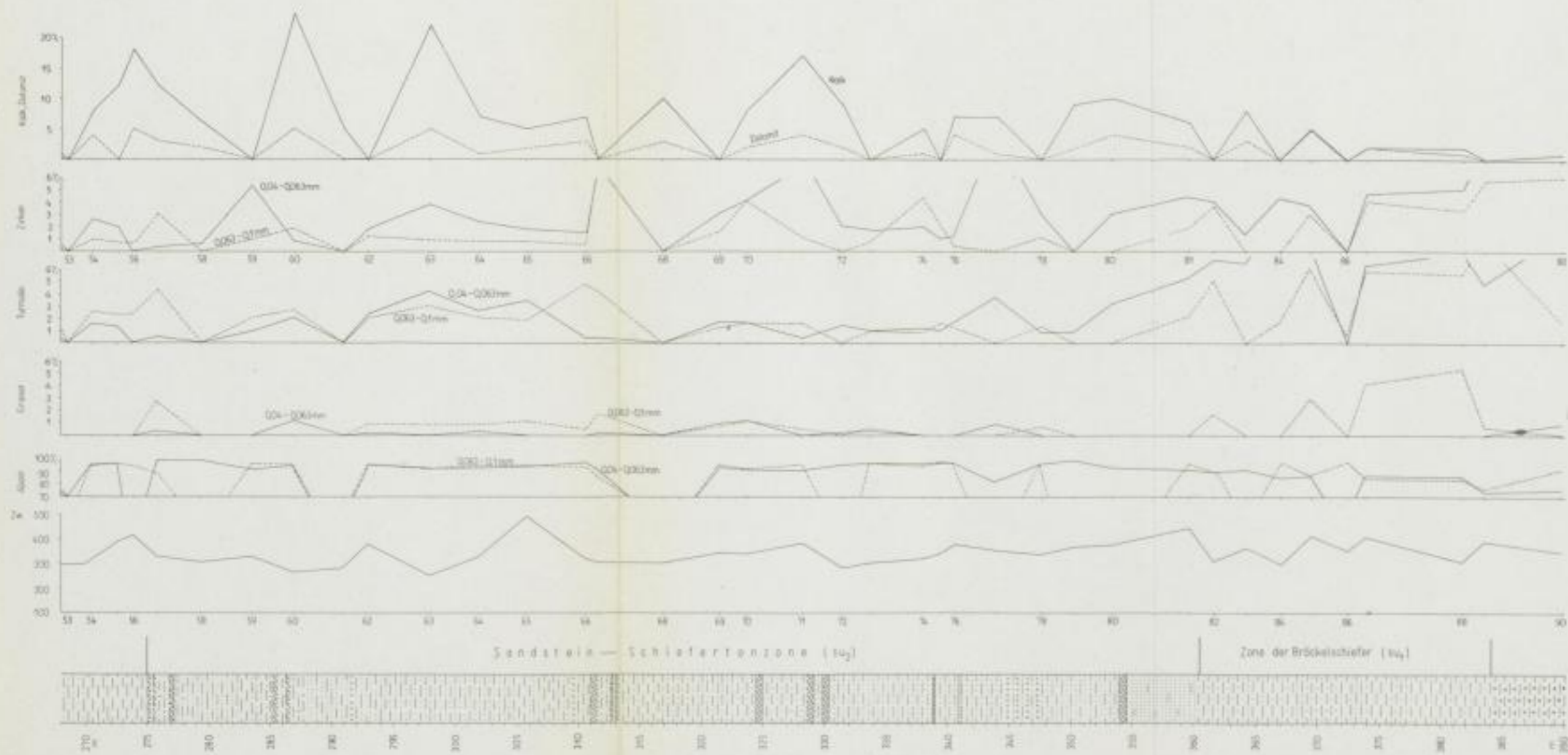


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 5b. Bohrung Burgsdorf 58

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
-Bücherei-
Freiberg i. Sa.

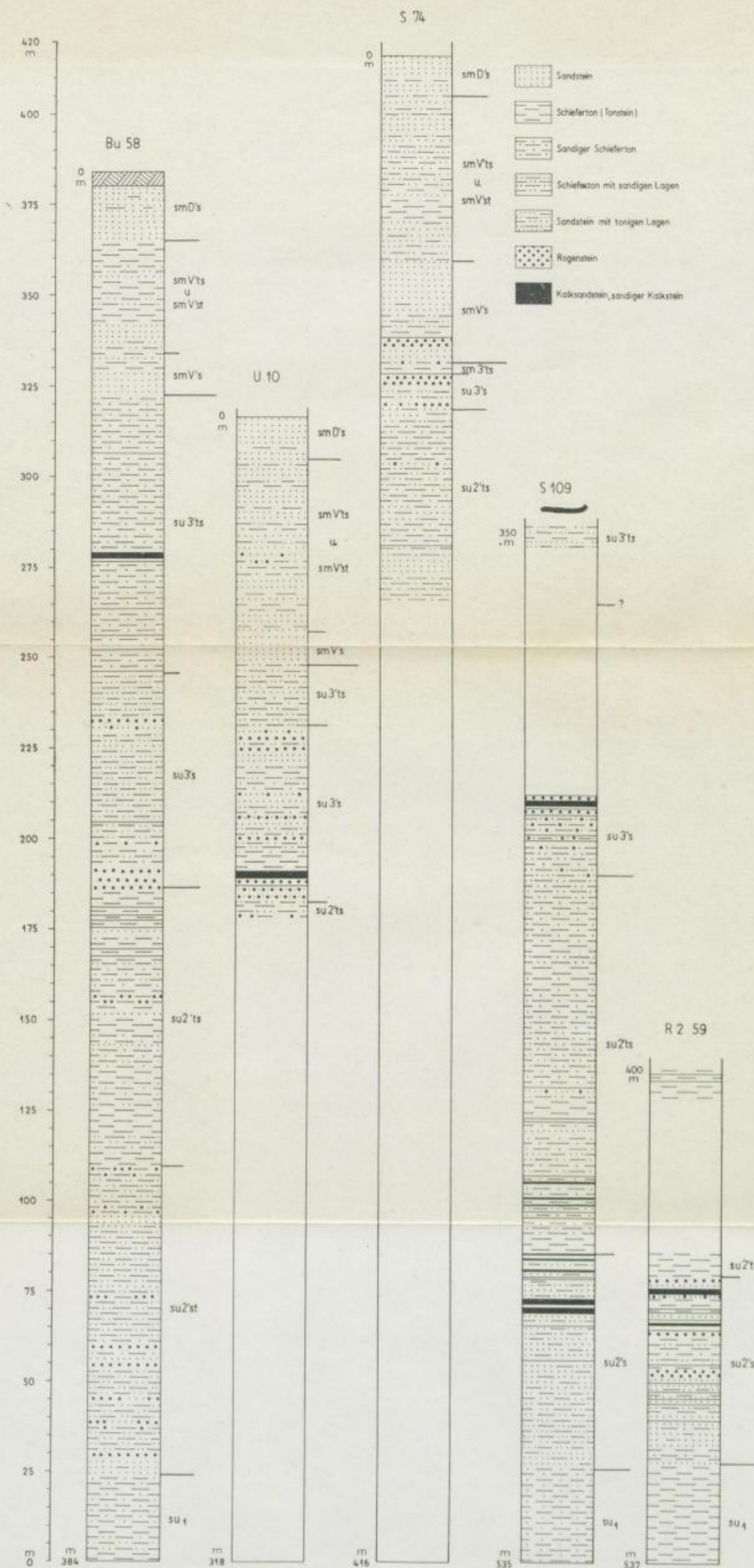


SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG





Anlage 6. Säulenprofile der Bohrungen. (Unterer und Mittlerer Buntsandstein)

Bergakademie
- Bucherei
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bucherei
Freiberg i. Sa.

Bergakademie
- Bucherei
Freiberg i. Sa.

Bücherei
• Bergakademie •
Freiberg i. Sa.

