

DECKBLATT

| | Projekt | PSP-Element | Obj. Kenn. | Aufgabe | UA | Lfd. Nr. | Rev. |
|--------|---------|---------------------|-------------|-----------|-----|----------|------|
| | N A A N | N N N N N N N N N N | N N N N N N | X A A X X | A A | N N N N | N N |
| EU 450 | 9K | --- | --- | HD | RB | 0002 | 00 |

Titel der Unterlage: Mineralogisch-petrographische Untersuchungen der Horizontalbohrung Konrad B₁₀ (Mittelbarrême) und B₁₁ (Mittelalb) im Schacht Konrad 2 (BGR, Archiv-Nr.: 106 844)

Seite: I.

Stand:
1. Mai 1990

Ersteller: BGR

Textnummer:

Stempelfeld:

PSP-Element TP...../.....:

zu Plan-Kapitel: 3.1.10.2



19.11.91

Freigabe für Behörden



19.11.91

Freigabe im Projekt

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE

Hannover

B 4 - 11315/90

Mineralogisch-petrographische Untersuchungen der
Horizontalbohrungen Konrad B₁₀ (Mittelbarrême)
und B₁₁ (Mittelalb) im Schacht Konrad 2

hier: Laborbericht

Bezug:

Auftraggeber: Bundesamt für Strahlenschutz
AP-Nr.: 9K 281240
Archiv-Nr.: 106844
TK 25: Lebenstedt-Ost Nr.: 3828

Sachbearbeiter:

Hannover, Mai 1990

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| 1. Zusammenfassung | 1 |
| 2. Einleitung | 1 |
| 3. Probennahme | 2 |
| 4. Untersuchungsmethoden | 2 |
| 4.1 H ₂ O-Bestimmung | 3 |
| 4.2 Korngrößenanalyse | 3 |
| 4.3 Quantitative Karbonatbestimmung | 3 |
| 4.4 Röntgendiffraktometrie zur Mineralbestimmung | 4 |
| 4.4.1 Qualitative Röntgenanalyse | 4 |
| 4.4.2 Semiquantitative röntgenographische Phasenanalyse | 4 |
| 4.5 Röntgenfluoreszenzanalysen | 5 |
| 4.6 Kationenaustauschkapazität (KAK _{pot}) und Einzelkationen | 6 |
| 4.7 Dünnschliff- und Rasterelektronenmikroskopie | 6 |
| 4.8 Organischer Kohlenstoff und spezifische Oberflächen | 6 |

| | |
|---|----|
| 5. Ergebnisse und Diskussion | 7 |
| 5.1 H ₂ O-Bestimmung | 7 |
| 5.2 Korngrößenanalyse | 8 |
| 5.3 Quantitative Karbonatbestimmung | 8 |
| 5.4 Röntgendiffraktometrie | 9 |
| 5.4.1 Bohrung 10 | 9 |
| 5.4.2 Bohrung 11 | 10 |
| 5.4.3 Tongruben | 11 |
| 5.5 Röntgenfluoreszenzanalysen | 12 |
| 5.5.1 Bohrung 10 | 12 |
| 5.5.2 Bohrung 11 | 15 |
| 5.5.3 Tongruben | 18 |
| 5.6 Kationenaustauschkapazität (KAK _{pH=4}) und Einzelkationen | 18 |
| 5.6.1 Bohrung 10 | 19 |
| 5.6.2 Bohrung 11 | 19 |
| 5.6.3 Tongruben | 19 |
| 5.7 Dünnschliff- und Rasterelektronenmikroskopie | 20 |
| 5.7.1 Dünnschliffmikroskopie | 20 |
| 5.7.2 Rasterelektronenmikroskopie | 21 |
| 5.8 Organischer Kohlenstoff und spezifische Oberflächen | 22 |
| 6. Zusammenfassende Betrachtungen | 23 |
| 7. Literaturverzeichnis | 24 |
| 8. Anlagen | 25 |

1. Zusammenfassung

Insgesamt 55 Proben aus zwei Horizontalbohrungen der Unterkreide-Schichten Mittelbarrême und Mittelalb wurden nach mineralogischen und geochemischen Gesichtspunkten untersucht.

Bei dem bis zu einer Strecke von 35 m erbohrten Mittelbarrême-Gestein handelt es sich um einen vorwiegend dunkelen, schwarz bis grauen stark schluffigen Tonstein bestehend aus den Mineralphasen Quarz, Kaolinit, Muskovit-Illit, Wechsellagerungsmineral Smektit-Illit, Chlorit, Calcit, Pyrit, Feldspat, Dolomit, Halit, Siderit, (Gips).

Die 40 m Kernmaterial der Mittelalbbohrung entsprechen überwiegend einem dunkelgrauen, sehr stark schluffigen Tonmergelstein. Röntgenographisch konnte folgender Mineralbestand mit abnehmender Konzentration ermittelt werden: Smektit, Calcit, Quarz, Muskovit-Illit, Dolomit, Chlorit, Kaolinit, Feldspat, Siderit, Halit, Mixed Layer.

Die Gesteinsproben beider Bohrungen sind in Hinsicht auf die verschiedenen durchgeführten Untersuchungen als homogen zu bezeichnen. Größere Schwankungen treten nur in den Mittelbarrême-Proben bezüglich der Calcitkonzentrationen, in Form von Nanno- und Mikrofossilien, auf.

Das auf seine Eignung zur Schachtverfüllung hin untersuchte Probenmaterial der Tongruben Arpke und Stedum läßt sich als schluffiger Tonstein, das der Tongrube Schwicheldt als schluffig mergeliges Tongestein ansprechen.

2. Einleitung

Im Anschluß an die Tiefbohrung Konrad 101 hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) zum Planfeststellungsverfahren für die Endlagerung radioaktiver Abfälle begleitende Untersuchungen zur Vorerkundung des Gebirges und zur Abdichtung der Schächte Konrad in Auftrag gegeben.

Ausgehend vom Schacht 2 der Anlage Konrad wurden zwei Horizontalbohrungen an Unterkreidesteinsschichten angesetzt.

Für nachfolgende Untersuchungen standen 40 m erbohrtes Kernmaterial aus dem Mittelbarrême in 539.86 m Teufe und 35 m aus dem Mittelalb (ca. 341.86 m Teufe) zur Verfügung.

Im Hinblick auf eine spätere Schachtverfüllung wurden parallel zu den o. g. Bohrungen, drei Tongruben aus der Umgebung der Schachtanlage Konrad (Arpke, Schwicheldt und Stedum), beprobt.

Der vorliegende Bericht beinhaltet sämtliche Analysenergebnisse der untersuchten Proben.

3. Probennahme

Es lagen 35 m Kernmaterial aus dem Mittelbarrême und 40 m aus dem Mittelalb vor. Insgesamt wurden nach makroskopischen Gesichtspunkten in 1 bis 3 m Abständen 55 (5-30 cm lange) Kernstücke als Proben genommen (s. Anlage 1). Die Proben wurden (entsprechend der Vorgabe) unter Vakuum in Aluminiumfolie verschweißt, um einen Feuchtigkeitsverlust und etwaige Mineralreaktionen zu verhindern.

Von den o. g. bergfeuchten Kernstücken wurde mit einer Bandsäge ein repräsentativer Anteil (max. 700 g), senkrecht zur Bohrkernachse, für den weiteren Analysengang abgetrennt. Zugleich wurden aus dem Mittelbereich der aufgesägten Kernproben einige Gramm Substanz zur H₂O-Bestimmung entnommen.

Als potentiell Material zur Schachtverfüllung wurden aus den Tongruben Arpke, Schwicheldt und Stedum Oberflächenproben entnommen und dem routinemäßigen Analysengang unterzogen.

4. Untersuchungsmethoden

Mit Ausnahme der quantitativen Quarz-Bestimmung wurde bei dem gesamten Analysengang weitestgehend wie in den Berichten Konrad 101 von [REDACTED] (1985) und Eckhardt, [REDACTED] & Besang (1989) verfahren.

Aus der Probenserie K101 wurden einige ausgewählte Proben erneut auf ihre Quarzgehalte hin untersucht, um die neu eingeführte Methode zur quantitativen Quarzbestimmung zu überprüfen.

Probenaufbereitung

Die max. 700 g schweren Kernstücke wurden bei 50° im Trockenschrank getrocknet und in einem Backenbrecher mit einer Spaltweite von 1 mm gebrochen. Mittels eines Kammer-Probenteilers wurden von den Gesamtproben für jeden Analysengang ca. 30 - 50g als repräsentativer Anteil abgetrennt.

Folgende Untersuchungen wurden an dem Material durchgeführt:
(a.a.P. - an ausgewählten Proben)

- H₂O-Bestimmung
- Korngrößenanalysen (Sieb- und Pipettanalysen)
- Bestimmung des Carbonatgehaltes (Scheibler)
- Röntgendiffraktometrie
- Röntgenfluoreszenzanalysen
- Kationen-Austauschkapazitäten - a.a.P. -
(Gesamt-KAK, Einzelkationen -anionen, pH-Wert)
- Dünnschliffmikroskopie - a.a.P. -
- Rasterelektronenmikroskopie - a.a.P. -
- Organischer Kohlenstoff - a.a.P. -
- spezifische Oberflächen - a.a.P. -

4.1 H₂O-Bestimmung

Durch das Trocknen von einigen Gramm Probe bei 105° und anschließende Differenzwägung konnte der H₂O-Verlust des Probenmaterials ermittelt werden.

4.2 Korngrößenanalyse

Zur Zerlegung von Aggregaten und der Verhinderung von Koagulationen, bei Anwesenheit von Matrixkarbonaten, wurde das für die Korngrößenanalyse abgetrennte Probenmaterial schonend mit etwa 10%iger Ameisensäure behandelt, respektive "entkarbonatisiert". Nach Rösch (1985) ist Calcit die einzige, bei dieser Behandlung weggelöste Komponente. Nach anschließender Ultrafiltration erfolgte Trocknung bei 60°. Jeweils etwa 5 g der entkarbonatisierten Proben sind über Nacht mit 0,01 n Ammoniaklösung versetzt und unter Ultraschallbehandlung (4 min) dispergiert worden. Durch Naßsiebung wurden die Fraktionen 20 - 63 µ und > 63 µ und anschliessend anhand der Pipettanalyse die Fraktionen 6.3 - 20 µ, 2 - 6.3 µ und < 2 µ ermittelt.

Mit dem Atterbergverfahren konnte die Fraktion < 2 µ quantitativ für weitere röntgenographische Untersuchungen abgetrennt werden.

Zusätzlich wurden einige ausgewählte Proben ohne o. g. Ameisensäure-Behandlung fraktioniert, um Erkenntnisse über Karbonatanreicherungen zu bekommen und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen hinsichtlich der Karbonate vornehmen zu können (s. Kap. 5.2).

4.3 Quantitative Karbonatbestimmung

Sämtliche Gesteinsproben wurden mit der Methode nach Scheibler auf ihren Karbonatgehalt untersucht.

Bei dieser Methode wird in einer Gasentwicklungsapparatur mit 1 n HCl-Säure CO₂ erzeugt, bis die Reaktion abgeklungen ist, und das Volumen des Gases über seine Wasserverdrängung ermittelt. Calcit wird hierbei quantitativ, Dolomit und Siderit je nach Korngröße, Reaktionszeit, Kristallinität etc. teilweise (oder auch vollständig) erfaßt.

4.4 Röntgendiffraktometrie zur Mineralbestimmung

4.4.1 Qualitative Röntgenanalyse

Alle Proben wurden manuell im Achatmörser analysenfein gemahlen. Von jeder Probe sind ein "Trockenpräparat" im Winkelbereich zwischen 65° und 3° sowie ein Glycerinpräparat von 21° bis 3° 2θ auf einem Philips-Röntgendiffraktometer PW1730 bei folgenden Gerätekonstanten gefahren worden:

| | |
|------------------------|---|
| Generator: | 40 kV, 30 mA |
| Röntgenstrahlung: | $\text{Cu}_{K\alpha}$ -Strahlung mit Graphitmonochromator und Diskriminator |
| Winkelbereich: | $3 - 65^\circ$ 2θ |
| Winkelgeschwindigkeit: | 1° 2θ pro Minute |
| Papiergeschwindigkeit: | 2 cm pro Minute |
| Range: | 1000 Imp. pro Sekunde (Vollausschlag) |
| Zeitkonstante: | 2 (Schreiberdämpfung) |

4.4.2 Semiquantitative röntgenographische Phasenanalyse

Sämtliche Proben sind mit einem Siemens D 500 Pulverdiffraktometer bei folgenden Einstellungsparametern röntgenographisch untersucht worden:

| | |
|----------------------|---|
| Generator: | 40 kV, 30 mA |
| Röntgenstrahlung: | $\text{Cu}_{K\alpha}$ -Strahlung mit Graphitmonochromator |
| Winkelbereich: | $3 - 65^\circ$ 2θ |
| Schrittweite: | 0.02° 2θ |
| Meßzeit pro Schritt: | 1 Sekunde |

Das Diffraktometer ist über einen Mikroprozessor DACO-MP mit einer PDP11 - Rechenanlage verbunden.

Nach der qualitativen Interpretation des Röntgenspektrums erfolgte eine erste rechnergesteuerte Auswertung über ein modifiziertes QUAX-Programm (QUAX \equiv Quantitative phase Analysis from X-ray powder diffraction) verbunden mit der SIEMENS-DIFFRAC-Software. Dabei wurden die Konzentrationen der kristallinen Phasen Calcit, Quarz, Dolomit, Muskovit-Illit, Feldspat und Siderit nach Berechnung der Massenschwächungskoeffizienten μ^* durch Intensitätsmessung aller Reflexe und durch Vergleich mit sorgfältig ausgewählten Standardmineralen gemessen; ihre Summe ergibt 100 Gew.-%.

Absichtlich nicht erfaßt sind bei dieser ersten Auswertung die Tonminerale, da deren Variationsbreite, u. a. bedingt durch isomorphen Ersatz, Kristallinität und Textureinfluß erfahrungsgemäß bei jeder quantitativen Auswertung zu großen Fehlern führt.

Mit dem o. g. Programmpaket konnte aus den röntgendiffraktometrisch ermittelten Daten das auf 100% normierte Verhältnis der Phasen Calcit, Quarz und Pyrit, für die meisten Proben auch Feldspat, Siderit und Halit bestimmt werden.

Das Prinzip dieser Methode beruht darauf, daß die prozentualen Verhältnisse der o. g. Minerale richtig berechnet werden und daß aus dem Verhältnis Carbonat (Scheibler) zur Summe Calcit + Dolomit + Siderit ein Korrekturfaktor gebildet wird. Die mit Scheibler ermittelten Karbonatgehalte dienen demgemäß als innerer Standard, mit welchem o. g. gut kristallisierte Phasen quantitativ bestimmt werden können. Für den Fall, daß der Scheiblerwert erheblich höher als der aus RFA-Daten zu errechnende Calcit ($\text{CaO} \cdot 1,785 = \text{Calcit}$) liegt, wurde letzterer als innerer Standard genommen und aus dem Verhältnis Calcit (Quax) zu Calcit (errechnet) der Korrekturfaktor ermittelt. Die Konzentrationen der o. g. Mineralphasen konnten mit dem Korrekturfaktor herabgesetzt werden. Diese lineare Modifizierung ist möglich, da in den Phasenberechnungen bereits die unterschiedlichen Massenschwächungskoeffizienten berücksichtigt sind. Die nun auftretende Differenz der Summe aller berechneten Phasen zu 100% ist der Anteil der Tonminerale, nicht berücksichtigter amorpher Komponenten, nicht erfaßter Spurenminerale, und organischer Bestandteile.

Der Fehler kann bis etwa max. 5% absolut betragen, deshalb sind nur ganzzahlige Werte in den Tabellen (s. Anlage 2) angegeben.

Die Ermittlung aller übrigen, nicht semiquantitativ bestimmten Minerale, insbesondere der Tonminerale und auch der mit o.g. Methode nicht erfaßbaren Spurenminerale erfolgte über eine Kombination von Chemie (s. 4.7) und Röntgenbeugung, entsprechend der untersuchten Proben von Konrad 101 in den Berichten von [REDACTED] (1985) und Eckhardt et al. (1989). Auch bei diesem Schätzverfahren liegt der Fehler im absoluten Prozentbereich, so daß die Zahlenangaben bei profilmäßiger Betrachtung nur Trends in der Veränderung der mineralischen Zusammensetzung wiedergeben.

4.5 Röntgenfluoreszenzanalysen

Routinemäßig wurden von sämtlichen Proben 11 Hauptelemente (Gew.-%), der Glühverlust (LOI in Gew.-%) bei 1000° und 24 Spurenelemente (ppm) analysiert.

Die Proben wurden in Form von 1:5 verdünnten LiBO₂-Schmelztabletten analysiert. Zur Bestimmung der Hauptelemente wurde der vollautomatische Philips-Sequenzspektrometer PW1450 (55 kV, 45 mA, Cr-Röhre, Matrixkorrektur nach De Jongh) und für die Spurenelemente ein Philips-Sequenzspektrometer PW1400 (60 kV, 40 mA, Rh-Röhre, Matrixkorrektur über Comptonstrahlung) verwendet. Für die Hauptelemente beträgt der absolute Fehler max. 0.1% und der relative Fehler 2.11%. Für die Spurenelemente ist der Fehler entsprechend höher und kann bis über 10% abs. betragen.

4.6 Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}) und Einzelkationen

Etwa 5g Probensubstanz wurden mit 0.5n $BaCl_2$ -Triäthanolamin-Lösung (pH 8.2) nach Mehlich (1960) behandelt. Neben der Gesamt-Austauschkapazität (KAK in mval/100 g) wurden die ausgetauschten Einzelkationen Ca^{2+} und Mg^{2+} (AAS), K^+ und Na^+ (flammenphotometrisch) und H^+ (titrimetrisch), als auch die Anionen Cl^- , SO_4^{2-} und HCO_3^- (in dest. Wasser 1:10 ausgeschüttelt) gemessen. Bei der H^+ -Ionenbestimmung wird das lösliche HCO_3^- als Negativwert erfaßt. Das Barium wird zur Ermittlung der KAK mit 0.5 n $MgCl_2$ zurückgetauscht und am Atom-Absorptions-Spektroskop (AAS) gemessen.

Zur Ermittlung des pH-Wertes wurden 10 g Probe mit 25 ml destilliertem Wasser versetzt. Anschließend erfolgte direkt die pH-Wert-Messung, eine weitere nach 24 Stunden.

4.7 Dünnschliff- und Rasterelektronenmikroskopie

Von calcitreichen Kernproben wurden senkrecht zur Schichtung 13 Dünnschliffe hergestellt.

Die Präparation erfolgte mit Araldit D, nachdem das Gesteinsmaterial zuvor bei ca 50° getrocknet worden war. Zur besseren Imprägnierung wurde der Kunstharz mit einigen Tropfen Trichloräthylen (bewirkt eine Verflüssigung) versetzt. Eine präparationsbedingte Riss- oder Hohlräumbildung ist aufgrund des hohen Tonanteils nicht immer auszuschließen.

Insbesondere für gefügekundliche Untersuchungen und das Auftreten von Calcit im Mineralverband ist neben der Lichtmikroskopie auch die Rasterelektronenmikroskopie an ausgewählten Proben zur Anwendung gekommen. Von besonderem Interesse waren hier feinste Risse und Hohlräume, welche einen Stofftransport ermöglichen können, der die Grenzen der Diffusion bei weitem überschreitet.

Von jeder der ausgewählten Proben wurden mit Leit-C-Paste befestigte und mit Gold (z. T. mit Kohlenstoff) besputterte Präparate (ca. $\frac{1}{2}$ cm²) sowohl senkrecht als auch parallel zur Schichtung angefertigt.

Mit einem Rasterelektronenmikroskop des Typs Philips SEM 525-M wurden SE-Aufnahmen bei einer Strahlspannung von 20 kV angefertigt.

Eine qualitative Aussage über die Elementverteilung konnte mittels eines energiedispersiven Röntgenspektrometers (EDX) der Firma Tracor Northern, Serie II an gemacht werden.

4.8 Organischer Kohlenstoff und spezifische Oberflächen

Von statistisch ausgewählten Proben wurde der organische Kohlenstoff (Gew.%) und auch die spezifischen Oberflächen (m²/g) bestimmt. Zur Ermittlung der spezifischen Oberflächen wurden je Probe die Mittelwerte aus drei Parallelbestimmungen gebildet.

5. Ergebnisse und Diskussion

Sämtliche Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen sind tabellarisch im Anhang (Anlagen) zusammengefaßt. An dieser Stelle werden die Ergebnisse kurz interpretiert und hilfreiche Anmerkungen gegeben.

5.1 H₂O-Bestimmung

Der Wassergehalt der Proben aus der Bohrung 10 (Mittelbarrême) liegt im arithmetischen Mittel bei 6.2 Gew.-%, mit einer Standardabweichung von 0.4. Hinsichtlich des Wassergehaltes ist das Material der Bohrung 10 demnach als homogen zu bezeichnen. Die etwa 6 Gew.-% Wasser des Gesteins sind fast ausschließlich Bergfeuchte, also adhäsiv gebundenes Wasser. Nur geringe vernachlässigbare Anteile können auf entwässertes Zwischenkristallwasser vom Smektit-Illit zurückgeführt werden.

Ähnlich sieht es bei dem Material der Bohrung B₁₁ (Mittelalb) aus. Bis 105° können im arithm. Mittel 7.5 Gew.-% Wasser, bei einer Standardabweichung von ebenfalls 0.4 nachgewiesen werden. Die gegenüber der Bohrung 10 höheren Wassergehalte sind zu erwarten, berücksichtigt man die hohen Smektitanteile dieses Gesteins.

Wasserverluste bei der Gewinnung des Probenmaterials sind nicht auszuschließen, da sich das Material zum einen beim Kern erwärmt und es zum anderen, bis zur Verpackung unter Vakuum, immer eine gewisse Zeit atmosphärischen Bedingungen ausgesetzt ist.

5.2 Korngrößenanalyse

Der Korngrößentabelle (im Anhang) ist zu entnehmen, daß das Gesteinsmaterial beider Bohrungen fast ausschließlich dem Ton-Schluffbereich zuzurechnen ist. Das Verhältnis von Ton- zu Schluffanteilen ist etwa 1:1.

Die Fraktion $> 63 \mu$, sprich Sand- bzw. Kieskorngröße liegt unter 2 Gew.-%. Bei einer Interpretation muß berücksichtigt werden, daß es sich um entkarbonatisiertes Material handelt. Wie Kontrollanalysen zeigen, kommt es bei nicht entkarbonatisiertem Gesteinsmaterial gegenüber dem karbonatfreien zu einer leichten Verschiebung des Ton-Schluff-Verhältnisses zugunsten von Schluffkorngrößen. Die Verringerung des Tonanteils bei Berücksichtigung von karbonatischen Mineralphasen ist dadurch zu erklären, daß sich Calcit in den Schluff-Fractionen anreichert (s. Anlage 1). Mikroskopische und Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zeigen, daß in der Kornfraktion $2 - 6.3 \mu$ verstärkt Coccolithen und in den Fraktionen $> 20 \mu$ Foraminiferen und andere Mikro- bzw. Nannofossilien sowie deren Fragmente auftreten (s. Kap. 5.7.2).

Da in den Fraktionen $> 20 \mu$ (etwa $\frac{1}{3}$ vom Gesamtmaterial) z. T. zahlreiche Aggregate (REM) vorkommen sind die Zahlenwerte der Korngrößenanalyse nur tendenziell zu verwenden.

Das Gesteinsmaterial der drei Tongruben weist in der Korngrößenfraktion $< 2\mu$ Gehalte von mehr als 60 Gew.-% auf (s. Anlage 1). Unter Berücksichtigung der Karbonate tritt keine wesentliche Veränderung der Korngrößenverteilung auf.

5.3 Quantitative Karbonatbestimmung

Hinsichtlich des Karbonatgehaltes unterscheiden sich die Mittelalbgesteinsproben deutlich von denen aus dem Mittelbarrême. Bei den Proben der Bohrung 11 sind ca. ein Drittel des Mineralbestandes Karbonat, das arithmetische Mittel beträgt 33.5 Gew.-%. Die Standardabweichung mit einem Wert von 2.3 für Karbonat ist ein deutlicher Hinweis auf dessen Homogenität.

Ganz im Gegensatz dazu schwankt der Karbonatgehalt in der Bohrung 10 zwischen 2 und 22 Gew.-%, bei einem arithmetischen Mittel von 8.2 Gew.-% ist die Standardabweichung 5.7.

Eine Differenzierung von Karbonat in Calcit, Dolomit und Siderit ist mit der Methode nach Scheibler nicht möglich, konnte aber röntgendiffraktometrisch (s. 4.5) halbquantitativ vorgenommen werden.

Der Karbonatgehalt der Proben aus den Tongruben Arpke und Stedum liegt unter 5 Gew.-%. In Verbindung mit den Ergebnissen aus der Korngrößenanalyse kann das Gestein somit als schluffiger Tonstein angesprochen werden. Bei dem Gesteinsmaterial der Tongrube Schwicheldt handelt es sich aufgrund der höheren Karbonatgehalte von 11 Gew.-% um einen schluffig mergeligen Tonstein.

5.4 Röntgendiffraktometrie

Der röntgendiffraktometrisch ermittelte Mineralbestand ist qualitativ in beiden untersuchten Horizontalbohrungen homogen.

5.4.1 Bohrung 10

In den Kernproben der Bohrung 10 konnten röntgendiffraktometrisch 11 Minerale nachgewiesen werden:

Qz = Quarz
 Kao = Kaolinit
 MI = Muskovit-Illit
 SI = Wechsellagerungsmineral Smektit-Illit
 Chl = Chlorit
 Cc = Calcit
 Py = Pyrit
 Fsp = Feldspat
 Do = Dolomit
 Hal = Halit
 Sid = Siderit

In den untersuchten Proben sind je nach Calcitanteil um 50 Gew.-% Tonminerale (Kaolinit, Muskovit-Illit, Smektit-Illit und Chlorit) vertreten. Quarz macht etwa ein Drittel des Gesteins aus, das arithmetische Mittel beträgt 32 Gew.-% bei einer Standardabweichung von etwa 4 (s. a. Anlage 2).

Calcit verhält sich über die 35 m erbohrte Strecke sehr inhomogen, so treten Schwankungen zwischen 1 und 20 Gew.-% auf. Noch deutlicher wird dieses durch die sehr große Standardabweichung von 5 bei einem arithmetischen Mittel von nur 6 Gew.-%. Die Spurenminerale Pyrit, Dolomit, Feldspat, Halit und Siderit weichen nur in einigen Proben größer von ihrem arithmetischen Mittel ab.

Zusätzlich zu o. g. Mineralen muß Gips erwähnt werden, welcher mittels der Röntgendiffraktometrie nicht eindeutig bestimmt werden konnte. In einigen Proben besitzt der (001)-Reflex vom Kaolinit eine zusätzliche Schulter bei etwa 7.6 Å was auf eine geringe Konzentration von Gips hindeutet. Ein weiterer Hinweis auf Gips ist die Anwesenheit von Sulfat-Ionen (s. 4.7) sowie der Nachweis von Gipsnadelchen bei der Rasterelektronenmikroskopie.

Tonminerale

In den Proben der Bohrung 10 sind Kaolinit und Muskovit-Illit die Tonminerale mit der größten Konzentration. Aufgrund schlechter Kristallinität und Fehlorderungen im Kristallgitter werden Kaolinit, insbesondere aber der Muskovit-Illit im Röntgendiagramm stark unterschätzt. Auf die Zusammenhänge zwischen Illit-Kristallinität und Diageneseegrad wird im Bericht [REDACTED] (1985) ausführlich eingegangen. Der Muskovit-Illit zeigt im Röntgendiagramm eine Schulter, welche bei Glycerin-Präparaten zu niedrigeren 2θ-Werten verschoben wird. Dabei handelt es sich um smektitischen Illitanteil, der mit ca. 5 Gew.-% im Gestein vorhanden ist. Weitere Tonminerale mit innerkristalliner Quellung konnten nicht nachgewiesen werden. Für Chlorit stellt sich das Problem, daß mit Ausnahme des Basisreflexes sämtliche Peaks von Kaolinit überlagert werden und damit letzterer die einzige Möglichkeit zur Identifizierung, wie auch der halbquantitativen Bestimmung, ist.

5.4.2 Bohrung 11

In den Kernproben der Bohrung 11 konnten röntgendiffraktometrisch 11 Minerale nachgewiesen werden:

Sm = Smektit
 Cc = Calcit
 Qz = Quarz
 MI = Muskovit-Illit
 Do = Dolomit
 Chl = Chlorit
 Kao = Kaolinit
 Fsp = Feldspat
 Sid = Siderit
 Hal = Halit
 ML = Mixed Layer

Für die Bohrung 11 (Mittelalb) stellt sich der Mineralbestand, insbesondere in Hinsicht auf die Konzentrationen der einzelnen Phasen, erwartungsgemäß anders dar als der des Mittelbarrêmegesteins.

Smektit ist vorherrschendes Tonmineral, neben geringen Anteilen an Muskovit-Illit. Kaolinit und Chlorit sind mit 1-2 Gew.-% nur als Spuren vertreten, ebenso ein Mixed Layer-Mineral (s. u.) welches an der Nachweisgrenze liegt. Neben Smektit sind Calcit und Quarz mit mehr als 50 Gew.-% die Hauptkomponenten des Gesteinsmaterials. Dolomit liegt knapp, die Mineralphasen Feldspat, Siderit und Halit deutlich unter 5 Gew.-%.

Das Gestein ist nicht nur in der Art der Zusammensetzung, sondern auch quantitativ sehr homogen, wie die Tabelle/Anlage 2 verdeutlicht. Im Vergleich mit den Gesteinsproben aus dem Mittelbarrême liegt der Calcitgehalt der Alb-Proben im Mittel mit 29 Gew.-% um ein vielfaches höher, die Standardabweichung von 2.7 zeigt die geringe Schwankungsbreite auf (s. a. 5.3). Pyrit ist nur in sehr geringen Konzentrationen enthalten und deshalb röntgenographisch nicht mehr nachweisbar. Die Rasterelektronenmikroskopie (s. Kap. 5.7.2) zeigt aber, daß Pyrit auch in den Mittelalbproben auftritt.

Tonminerale

Bei dem Smektit handelt es sich um einen 15 Å Montmorillonit mit vorwiegend Calciumbelegung der Zwischenschichten. Die Calciumbelegung wird bei Betrachtung der Austauschkapazitäten von Einzelkationen (s. Anlage 4) deutlich. Im Diffraktogramm der bei 50° getrockneten Proben liegt der Basisreflex (001) bei knapp 13 Å, im Gegensatz zur Fraktion <2 µ, in welcher der Basisreflex bei 15 Å liegt, was einem höheren Wassergehalt dieses quellfähigen Tonminerals entspricht. Demzufolge hat während der Korngrößenanalyse eine reversible Quellung stattgefunden, welche auch bei anschließender Trocknung (60°) nicht zur Kontraktion auf den ursprünglichen Wert geführt hat. Der relativ geringe H₂O-Gehalt, der einem Basisabstand von etwa 13 Å entspricht, steht demnach mit höheren Drucken und Temperaturen im Gleichgewicht.

Für Muskovit-Illit, Kaolinit und Chlorit gilt, mit Ausnahme der Konzentration, das gleiche wie bei der Bohrung 10 (s. 5.4.1). Bei dem Mixed Layer - Mineral handelt es sich z. T. um Wechsellagerungen von Smektit- und Chloritschichten (Basisabstand ca 28 Å), sog. Corrensit.

Die Basisreflexe von Muskovit-Illit und Smektit gehen ohne klare Abgrenzung ineinander über, so daß auch im Mittelalbgestein zusätzlich eine Smektit-Illit-Phase berücksichtigt werden muß.

Bei regelmäßiger Wechsellagerung dieser Smektit-Illit-Schichten kommt es in einigen Proben durch Summierung der Basisabstände zu Schichtabständen > 20 Å.

5.4.3 Tongruben

Der Mineralbestand der Proben aus den drei Tongruben Arpke, Schwicheldt und Stedum ist tabellarisch in Anlage 4 aufgeführt.

Den größten quellfähigen Tonanteil führt das Gestein aus der Tongrube Stedum, in dem Smektit neben Quarz zu den Hauptkomponenten zählt.

Ergänzende Untersuchungen müssen klären, wie sich die Tone bei Einwirkung von NaCl-haltigen Lösungen, wie sie im Grubenbereich Konrad anzutreffen sind, verhalten.

5.5 Röntgenfluoreszenzanalysen

5.5.1 Bohrung 10

Einige ausgewählte Hauptelemente (in Oxidform) wurden in Abhängigkeit von der Strecke in Korrelationsdiagrammen (Software D. Klosa) abgetragen.

SiO_2 und Al_2O_3 die beiden wichtigsten Oxide zur Bildung von Tonmineralen korrelieren mit Ausnahme einiger Proben gut (Abb. 1), verlaufen aber gegensätzlich zu CaO und Fe_2O_3 .

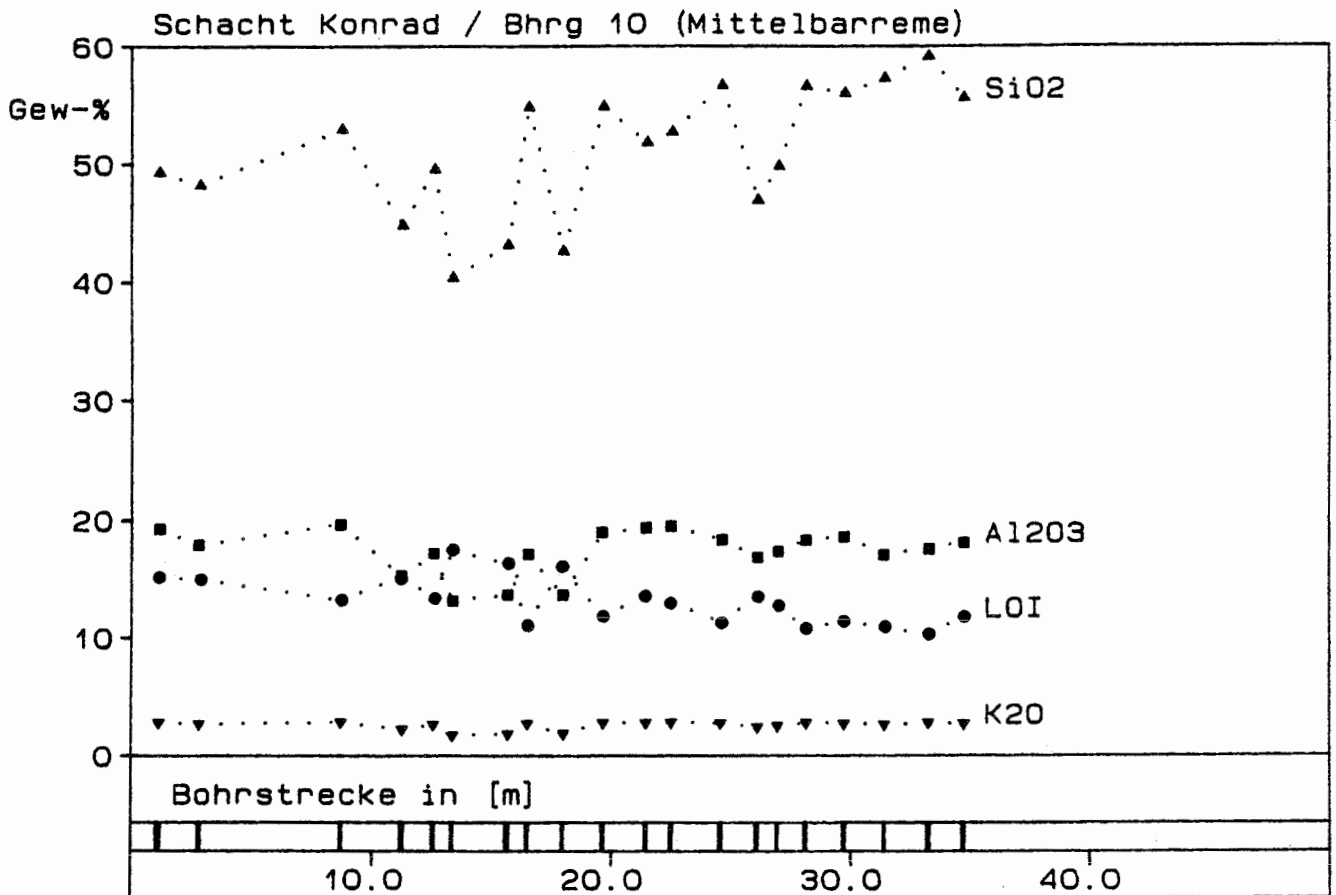


Abb. 1 Korrelationsdiagramm: SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O und LOI in Gew.-% gegen die Strecke in m.

Insbesondere bei CaO und Fe_2O_3 treten große Schwankungen auf, wie die Standardabweichungen (s. Anlage 3) verdeutlichen. Eine Gegenüberstellung der letzteren mit Karbonat (Scheibler) zeigt erwartungsgemäß eine sehr gute Korrelation (s. Abb. 2+3), da CaO fast ausschließlich zur Bildung von Calcit und Dolomit, nur geringe vernachlässigbare Anteile können Feldspat, Chlorit oder Illit zugerechnet werden, und Fe_2O_3 zum Teil im Siderit eingebaut ist.

Eine gute Korrelation vom LOI zum Karbonat oder CaO tritt immer dann auf, wenn hohe Calcitkonzentrationen vorliegen. Dieses ist nicht verwunderlich, wenn man berücksichtigt, daß das flüchtige CO_2 vom Calcit etwa 44 Mol-% beträgt. Da sowohl Siderit als auch Pyrit bei Temperaturen von 1000° flüchtige Gase (CO_2 , SO_2) emittieren ist die Übereinstimmung der Kurvenverläufe von Fe_2O_3 und LOI, in Abhängigkeit von der Strecke, (s. Abb. 3) offensichtlich.

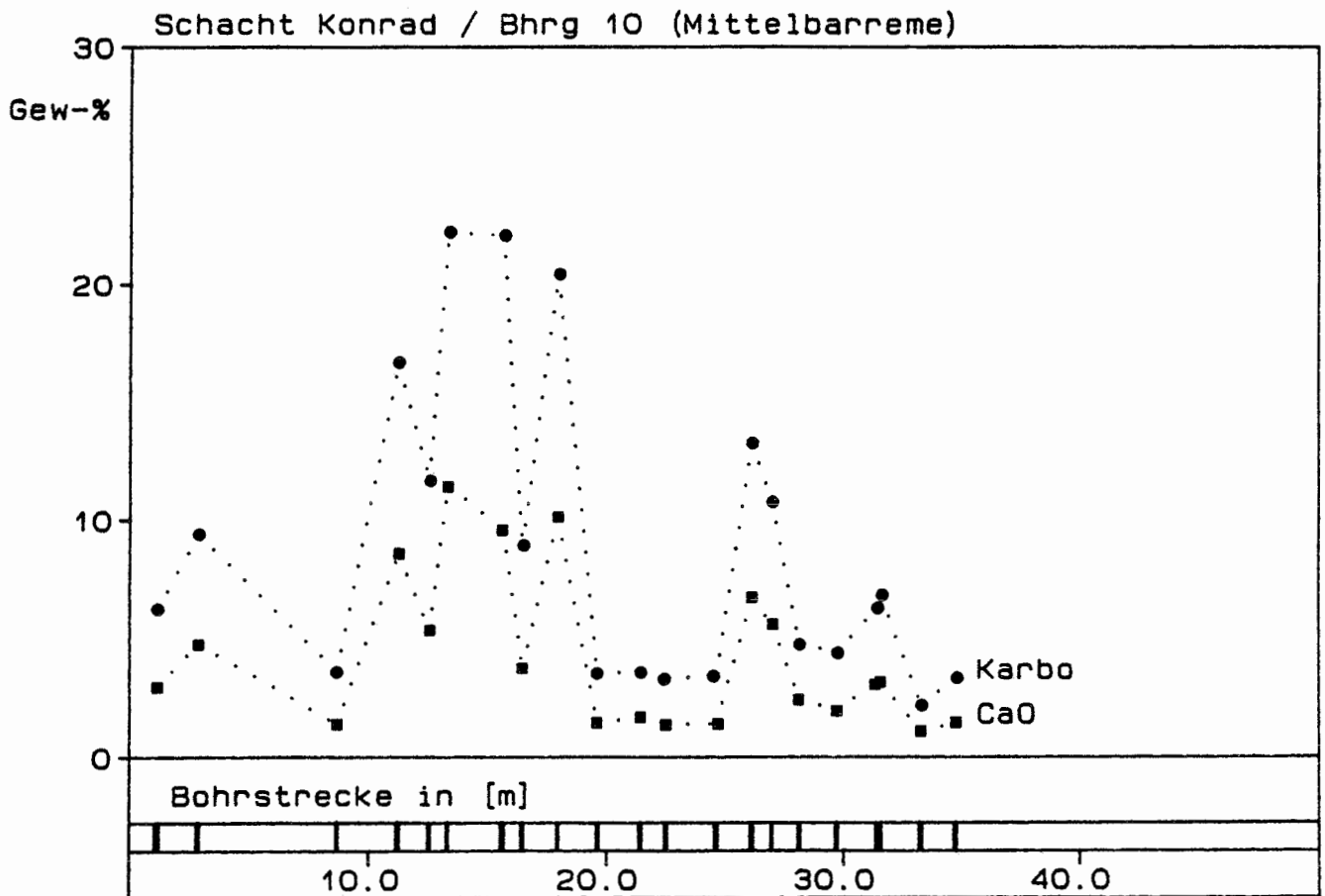


Abb. 2 Korrelationsdiagramm: CaO und Karbonat in Gew.-% gegen die Strecke in m.

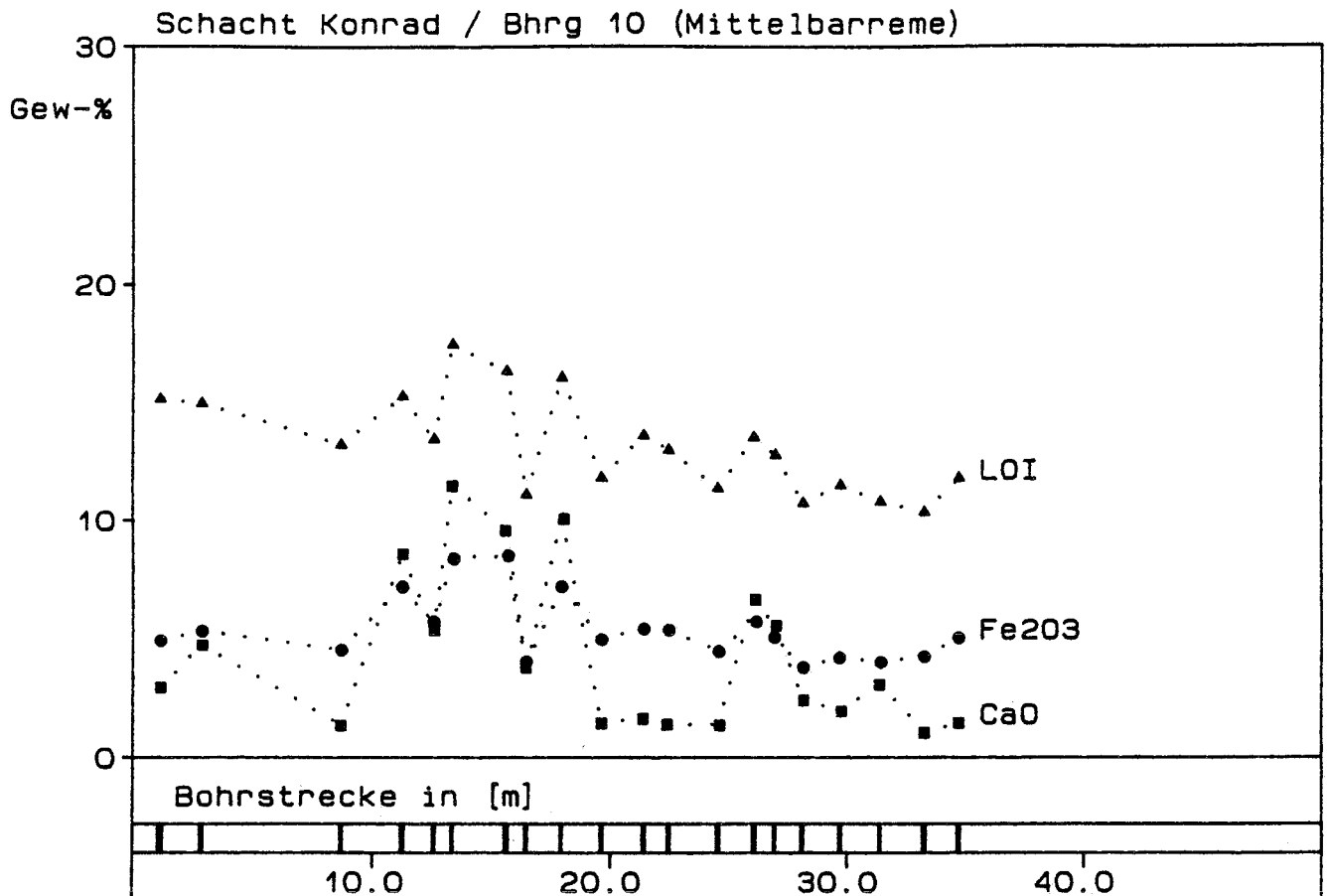


Abb. 3 Korrelationsdiagramm: Fe₂O₃, CaO und LOI in Gew.-% gegen die Strecke in m.

Der Glühverlust (LOI) zeigt einen gegensätzlichen Verlauf zum SiO₂ und Al₂O₃, was in Hinsicht auf das Entweichen von Kristallwasser der Tonminerale zunächst überrascht. Der Grund hierfür ist, daß die Karbonate und Pyrit einen größeren Anteil am LOI haben als die Tonminerale.

Die Schwankungen des Karbonatgehaltes wirken sich auf sämtliche anderen Oxide aus, so ist es leicht verständlich, daß sich bei hohen CaO-Werten die übrigen Elemente abreichern und umgekehrt. Werden CaO und LOI nicht berücksichtigt und die verbleibenden Elemente auf 100% normiert, so stellt sich ein sehr viel homogeneres Bild dar.

5.5.2 Bohrung 11

Das Probenmaterial der Bohrung 11 ist hinsichtlich der Konzentrationen einzelner Oxide sehr homogen, wie die nachfolgenden Abbildungen und auch die Standardabweichungen (s. Anlage 3) verdeutlichen.

Der relative, leichte Anstieg von SiO_2 und Al_2O_3 mit zunehmender Strecke (Abb. 4) ist auf eine Abnahme von CaO zurückzuführen. Der Glühverlust, welcher wie bei der Bohrung 10 in enger Beziehung zu den Karbonaten (Scheibler-Werte) respektive CaO steht, nimmt ebenfalls mit zunehmender Bohrstrecke ab.

Die enge Beziehung zwischen Karbonat und CaO wird durch Abb. 5 verdeutlicht. Weitere Ca-Träger wie etwa Smektit und Feldspat stören aufgrund ihrer geringen Konzentration diese gute Korrelation nicht oder nur unbedeutend.

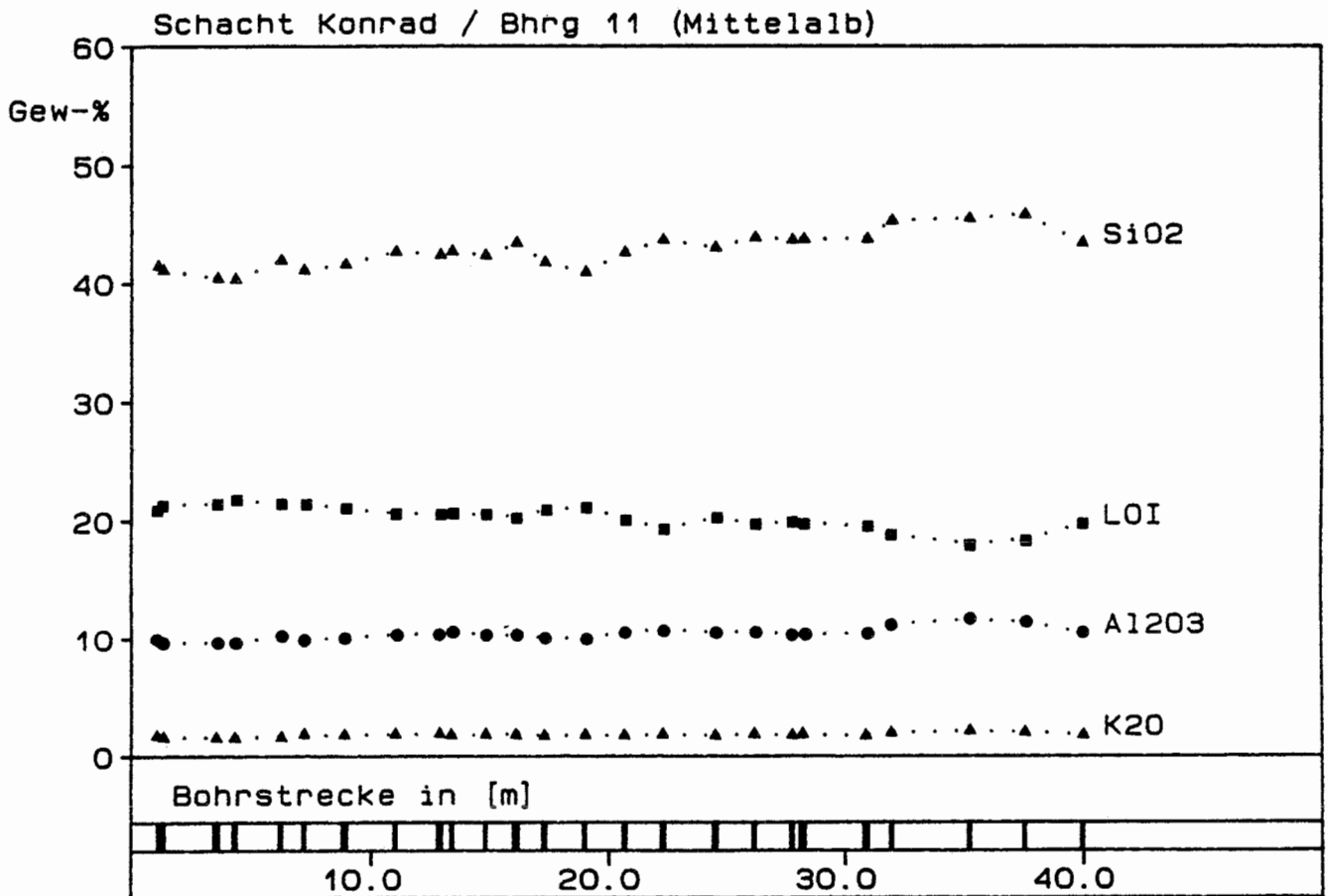


Abb. 4 Korrelationsdiagramm: SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O und LOI in Gew.-% gegen die Strecke in m.

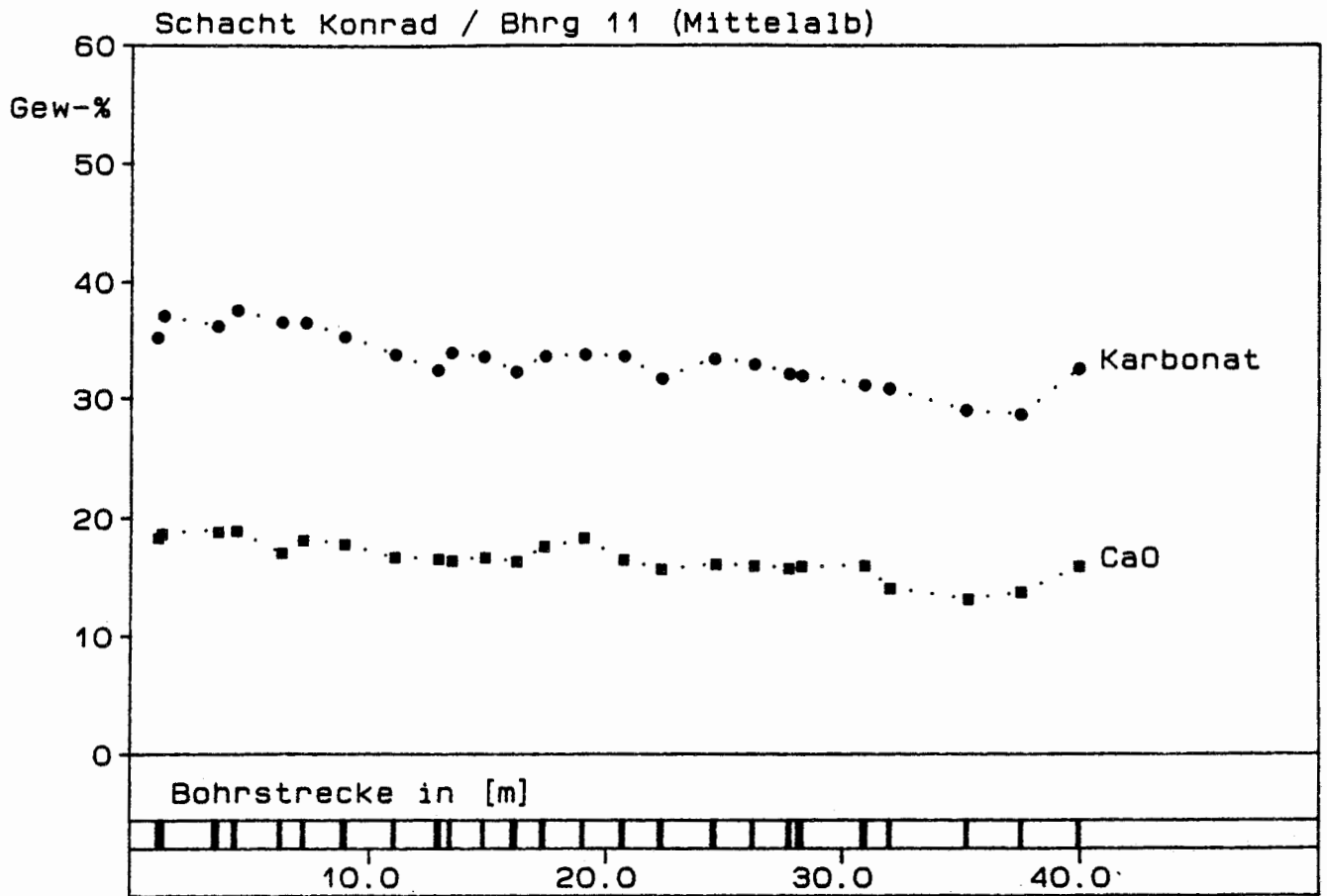


Abb. 5 Korrelationsdiagramm: CaO und Karbonat in Gew.-% gegen die Strecke in m.

Beim Probenmaterial der Bohrung 11 korrelieren weitestgehend die gleichen Oxide miteinander wie bei Bohrung 10. Ausgenommen werden muß Fe_2O_3 , bei dem in Abhängigkeit von der Strecke kaum Schwankungen auftreten und keine Übereinstimmungen zu anderen Oxiden, etwa CaO oder LOI, bestehen (s. Abb. 6). Die Sideritkonzentrationen (etwa 1 Gew.-%) können bei Fe_2O_3 -Gehalten von mehr als 3 Gew.-% nicht zu einer Korrelation mit Karbonat, bzw. CaO und LOI führen. Als primäre Fe-Träger kommen demnach nur Smektit und röntgenamorphe Phasen in Frage.

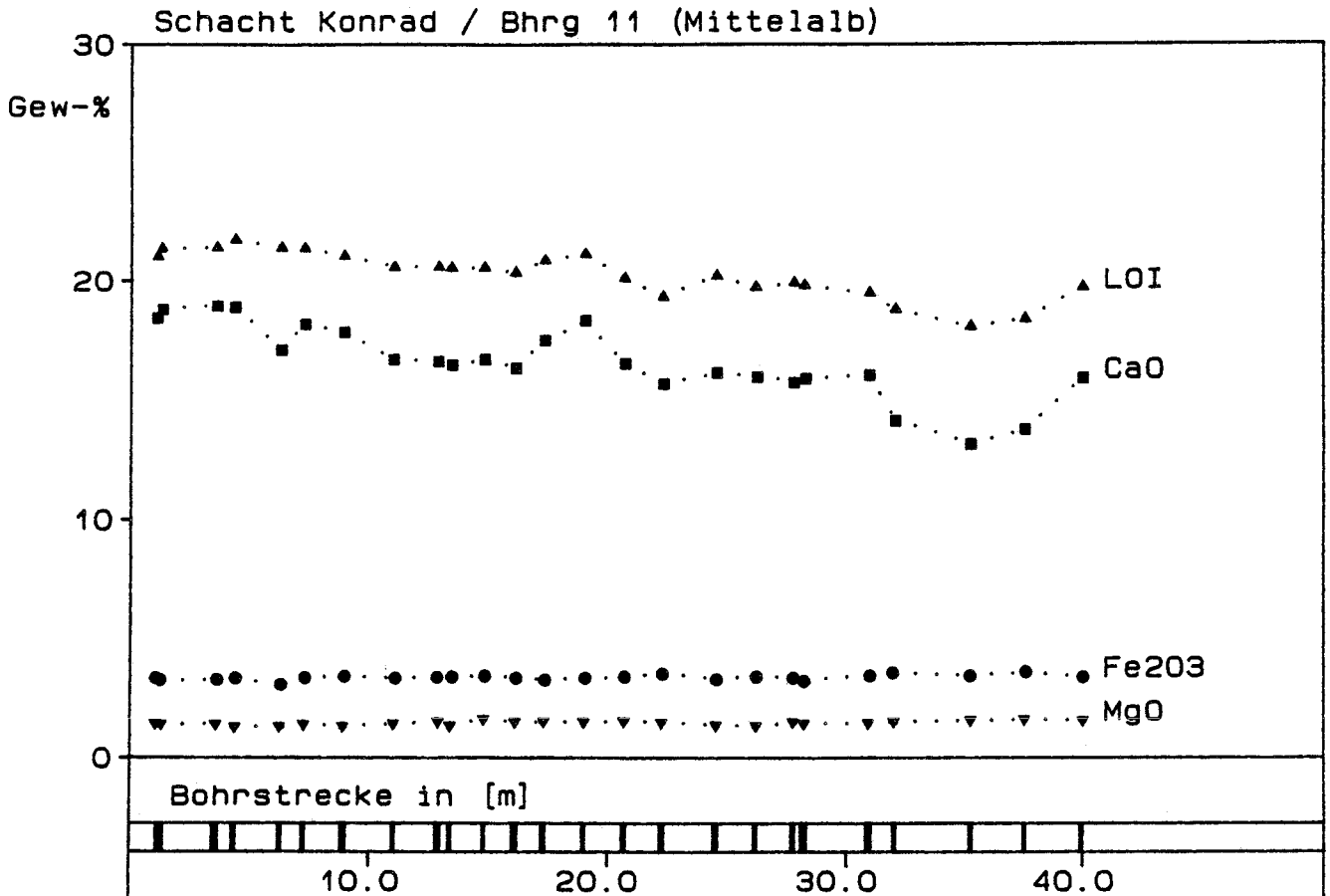


Abb. 6 Korrelationsdiagramm: Fe_2O_3 , CaO, MgO und LOI in Gew.-% gegen die Strecke in m.

5.5.3 Tongruben

Verglichen mit dem Mittelalbgestein weist die smektitreiche Probe von Stedum deutlich höhere SiO_2 - und Al_2O_3 -Werte auf (s. Anlage 3). Das spricht, unter Berücksichtigung der nachgewiesenen Minerale, für größere Smektitkonzentrationen. Die insgesamt sehr hohe Al_2O_3 -Konzentration aller drei Proben ist neben der Korngrößenanalyse ein wichtiger Hinweis auf die großen Tonanteile in diesen Gesteinen.

Der Glühverlust ist entsprechend der geringen Karbonatgehalte niedriger als etwa bei den Mittelbarrême-Gesteinsproben. Auffallend hoch ist der Fe_2O_3 -Wert der Stedumer Probe, welcher durch den röntgenographisch ermittelten Mineralbestand nicht erklärt werden kann. Da das Gestein trotz niedriger Karbonatgehalte den größten LOI der drei Tongruben aufweist, können röntgenamorphe Phasen die Erklärung sein.

5.6 Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}) und Einzelkationen

Um ein besseres Verständnis von den Zahlenwerten der Gesamt-KAK und den Einzelkationen (s. Anlage 4) zu bekommen sind in Tab. 1 die Schwankungsbreiten für verschiedene Tonminerale angegeben.

Tab. 1 Schwankungsbreiten der potentiellen Kationen-Austausch-Kapazität einiger wichtiger Tonminerale (Scheffer/Schachtschabel, 1989, S. 91)

| Austauscher | KAK (mval/100g) |
|-------------|-----------------|
| Kaolinite | 3 - 15 |
| Chlorite | 10 - 40 |
| Allophane | 10 - 50 |
| Illite | 20 - 50 |
| Smektite | 70 - 130 |
| Vermiculite | 150 - 200 |
| Huminstoffe | 180 - 300 |

5.6.1 Bohrung 10

Die zum Teil hohen Werte der ausgetauschten Einzelkationen Ca^{2+} sind auf gelöste Karbonate zurückzuführen und spiegeln sich auch in der Gesamt-KAK wider (s. Anlage 4). Rückschlüsse von der Kationenaustauschkapazität auf die Tonmineralogie sind folglich nur unter Berücksichtigung o. g. Einflüsse zu ziehen.

Die Gesamt-KAK schwankt bei den Gesteinsproben der Bohrung 10 etwa zwischen 10 und 20 mval/100g (arithmetisches Mittel 15.2 / Standardabweichung 3.1) und unterstreicht damit die Muskovit-Illit- und Kaolinitkonzentrationen welche um 20 Gew.-% liegen.

Das Verhältnis von Na^+ zu Cl^- schwankt etwa zwischen 0.7 und 0.8 und entspricht damit nahezu dem im Halit. Das ausgetauschte Kation Na^+ ist somit überwiegend auf gelöstes Salz zurückzuführen.

In Abhängigkeit vom Gehalt an basischen (Na-, Ca-) Salzen stellt sich in wässriger Lösung ein alkalischer pH-Wert ein, welcher sich nach 24 Stunden Einwirkungszeit stabilisiert (s. Anlage 4).

5.6.2 Bohrung 11

Das smektitreiche Mittelalb-Gestein weist erwartungsgemäß höhere Austauschkapazitäten auf, als das der Bohrung 10. Bei einem arithmetischem Mittel von 25.9 mval/100g beträgt die Standardabweichung 3.1.

Die Werte für die Austauschkapazitäten der Einzelkationen Ca^{2+} und Na^+ liegen ebenfalls höher. Das Verhältnis von Na^+ zu Cl^- ist erheblich größer als 1 (Halt), so daß überschüssiges Natrium z. T. den Tonmineralen, aber auch weiteren löslichen Salzen zugerechnet werden muß.

Bei dem Smektit (s. Kap. 5.4.2) handelt es sich demzufolge um ein Ca-(± Na^+)-belegtes Schichtsilikat.

Die hohen Konzentrationen an löslichen basischen Salzen führen zu alkalischen pH-Werten > 9.

5.6.3. Tongruben

In der Gesamt-Austauschkapazität spiegelt sich der hohe Smektitanteil der Probe Stedum wider (s. Anlage 4). Da es sich hierbei um einen Ca-belegten Smektit handelt wird durch den hohen Ca^{2+} -Wert austauschbarer Einzelkationen bestätigt.

Wie deutlich sich der Smektitanteil in der Gesamt-KAK ausdrückt, ist an den Werten der Proben von Arpke (Smektit-Illit als NK) und Schwicheldt ("kein" Smektit) zu erkennen.

5.7 Dünnschliff- und Rasterelektronenmikroskopie

5.7.1 Dünnschliffmikroskopie

Die tonig (schluffig) -kompakten Gesteinsproben der Bohrungen 10 und 11 besitzen ein dichtes z. T. stärker hervortretendes bioturbates Gefüge. Größere Hohlräume, meist linsenartig, sind vermutlich präparationsbedingt. Haarnadelfeine Risse, welche vorwiegend parallel zur Schichtung verlaufen, sind in den meisten Fällen auf Schrumpfprozesse bei der Dünnschliffpräparation zurückzuführen. Verheilte primäre Risse, etwa kalzitisch verheilte, konnten nicht nachgewiesen werden.

Auffällig sind z. T. deutlich hervortretende schichtparallele FeOOH-Imprägnierungen mit fladenförmig gestreckter Struktur.

In sämtlichen Proben der Bohrung 11 und in calcitreichen der Bohrung 10 finden sich in der tonigen Matrix zahlreiche Mikro- und Nannofossilien bzw. deren Fragmente. Der Kalkdetritus erreicht Durchmesser von mehr als 1 Millimeter. Wurmartige Gebilde sind häufig vertreten und kommen mit bis zu 3 mm Länge vor. Coccolithen und Foraminiferen sind die wesentlichen Calcit-träger in den mikritischen Proben.

Neben Calcit ist Quarz vorherrschendes Mineral in der tonigen Matrix. Die Quarzkörner haben vorwiegend Durchmesser zwischen 20 und 50 μm . Insbesondere in den Mittelbarrêmeproben prägen zahlreiche Pyritnester z.T. mit Durchmessern von mehr als 1 mm das Erscheinungsbild.

Plättchenförmiger Muskovit mit einer länglichen Ausdehnung von bis zu 80 μm bei einer Schnittlage parallel zur C-Achse und Glaukonitkörner (10-50 μm \emptyset) sind sporadisch in der Matrix verteilt. Letztere kommen in den Proben der Bohrung 11, verglichen mit dem Mittelbarrême-gestein, sehr viel häufiger vor.

5.7.2 Rasterelektronenmikroskopie

In allen untersuchten Proben konnten neben den schon röntgenographisch nachgewiesenen Tonmineralen Glaukonit, Calcit in Form von Mikro- und Nanofossilien, Halit, Pyrit (z. T. framboidal) und Quarz erkannt werden (s. a. REM-Aufnahmen Anlage 5).

Im Kontaktbereich zwischen Pyrit und Calcit ist es in einigen wenigen Fällen zu Mineralneubildungen (Gips) gekommen. Diese Reaktion hat möglicherweise erst eingesetzt als die Proben einige Zeit atmosphärischen Bedingungen ausgesetzt waren (s. a. Anlage 5 zum Bericht [REDACTED] 1985).

Das Tonmineralgefüge der Gesteinsproben aus dem Mittelbarrême ist schlierig-unregelmäßig bis parallel. Die Mittelalbproben zeigen vorwiegend ein unregelmäßiges bis schlieriges Tonmikrogefüge.

Neben zahlreichen Coccolithen und Foraminiferen (meist detritisch) konnten in angereicherten Korngrößenfraktionen verschiedene Varianten von kalkigen Dinoflagellaten, seltener Palynomorphen bzw. deren Fragmente beobachtet werden.

Nur in wenigen Fällen haben Umkristallisationsprozesse dazu geführt, daß Calcit als sekundäre Neubildung vorliegt (s. Fig. R24).

Die beiliegenden REM-Aufnahmen (s. Anlage 5) sollen Informationen über das Mikrogefüge aber auch über Art und Aufbau von Einzelkomponenten, insbesondere Calcit und Pyrit, liefern. Bei weiterführenden Überlegungen hinsichtlich Mikroporen, Risse im μm -Bereich bzw. Feinklüftung muß berücksichtigt werden, daß bei derartig starken Vergrößerungen keine repräsentative Oberfläche der Probe zugrunde liegt.

Zudem können präparationsbedingte Trockenrisse und Salzausblühungen auftreten, welche das Erscheinungsbild des Probenmaterials erheblich verändern.

5.8 Organischer Kohlenstoff und spezifische Oberflächen

Der organische Kohlenstoffgehalt der Mittelbarrême-Proben ist deutlich über 1 Gew.-%. Der Schwankungsbereich liegt bei einem arithmetischen Mittel von 1.82 Gew.-% und einer Standardabweichung von 0.61 zwischen 1 und 3.4 Gew.-% (s. Anlage 1).

In den Mittelalb-Proben tritt das "organische Material" gegenüber dem o.g. zurück, so beträgt das arithmetische Mittel für den Gehalt an organischem Kohlenstoff nur 0.42 Gew.-% mit einer geringen Standardabweichung von 0.03. Verglichen mit dem Mittelbarrêmegestein ist der Gehalt an organischem Kohlenstoff im Mittelalbgestein damit deutlich niedriger und sehr viel konstanter.

An ausgewählten Proben der Bohrung 10 wurden die spezifischen Oberflächen ermittelt. Die Werte liegen zwischen 30 und 45 m²/g. Bei ausschließlicher Berücksichtigung der Tonminerale kommen nach Tab. 2 in erster Linie kaolinitische und illitische Tone für das Gestein in Frage.

Bei dem Probenmaterial der Tongruben drückt sich, wie schon bei der KAK, in den Werten der spezifischen Oberfläche der hohe Smektitgehalt von "Stedum" (90.3 m²/g) gegenüber "Arpke" (69.9 m²/g) und "Schwicheldt" (58.5 m²/g) aus.

Tab. 2 Spezifische Oberflächen (modifiz. nach Scheffer/Schachtschabel, 1989, S. 91)

| | spezif. Oberfläche (m ² /g) |
|-------------|---|
| Kaolinite | 10 - 150 |
| Illite | 50 - 200 |
| Vermiculite | 150 - 200 |
| Smektite | 600 - 800 |
| Allophane | 700 - 1100 |
| Huminstoffe | 800 - 1000 |

6. Zusammenfassende Betrachtungen

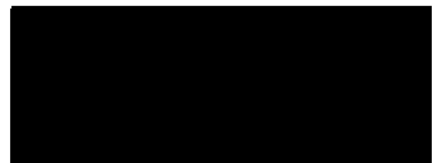
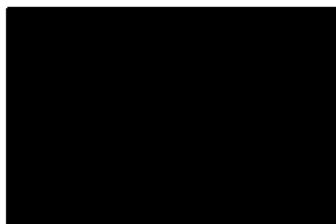
Die untersuchten Gesteinsproben der Bohrungen 10 und 11 unterscheiden sich, wie die Analysenergebnisse zeigen, sowohl in mineralogischer als auch geochemischer Hinsicht. Die größten Unterschiede bestehen bezüglich der Tonminerale und Calcitgehalte. Das Mittelbarrême-Gestein der Bohrung 10 ist durch nicht quellfähige Tonminerale wie Kaolinit und Muskovit-Illit und einem stark schwankenden Calcitgehalt gekennzeichnet, während im Mittelalb-Gestein (Bhg. 11) bei einem konstant hohen Calcitgehalt quellfähiger Ca-belegter Smektit und Muskovit-Illit vorherrschen.

In geochemischer Hinsicht nimmt sich das Gesteinsmaterial der Bohrung 11 sehr homogen aus, das der Bohrung 10 wird dagegen sehr stark von den Karbonatschwankungen beeinflusst, so das sich die verschiedenen Elemente je nach CaO-Gehalt relativ an- bzw. abreichern. Die Inhomogenitäten der Mittelbarrême-Proben sind primär auf biogenes Calciumcarbonat (Mikro- und Nannofossilien) zurückzuführen. Bleibt dieses unberücksichtigt, kann das Gestein ebenfalls als homogen bezeichnet werden.

Da die Fossilien der untersuchten Bohrkern-Proben in der Regel fest in die tonige Matrix eingebettet sind, stören hier lokale Anreicherungen das Gesteinsgefüge nicht.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sämtliche hier durchgeführten Untersuchungen an Tongesteins-Proben des Mittelbarrême und des Mittelalb mineralogische und sedimentologische Merkmale aufzeigen, wie sie Barriere-Gesteine haben sollten.

Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe



7. Literaturverzeichnis

- Eckhardt, F.-J., Rösch, H. & Besang, C. (1989):
Mineralogische und geochemische Untersuchungen
an Gesteinsproben der Bhg. 101.
Laborbericht B4 - 40445.
- Mehlich, A. (1960): Charge characterization of soils.
7th Intern. Congr. Soil Sci Madison, Wisc.,
USA, Transactions Vol. II: 293 - 302.
- Rösch, H. (1985): Tiefbohrung Konrad 101.
Laborbericht B4 - 38495-97; B4 - 38687/88.
- Schachtschabel, P. et al. (1989): Lehrbuch der Bodenkunde
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

8. Anlagen

- Anlage 1 Tabellarisch zusammengefaßte Daten: Karbonat (Scheibler); Wassergehalte (105° C); organischer Kohlenstoff und Korngrößen-Fraktionen.
- Anlage 2 Tabellarisch zusammengefaßte Ergebnisse der semiquantitativen röntgenographischen Phasenanalyse.
- Anlage 3 Tabellarisch zusammengefaßte RFA-Daten (Hauptelemente und Glühverlust bei 1000°).
- Anlage 4 Tabellarisch zusammengefaßte Kationen-Austausch-Kapazitäten (Gesamt-KAK; Einzelkationen, -anionen und PH-Wert).
- Anlage 5 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen (31 Abbildungen).

Anlage 1

Tabellarisch zusammengefaßte Daten: Karbonat (Scheibler);
Wassergehalte (105° C); organischer Kohlenstoff und
Korngrößen-Fractionen

K O N R A D / Zusammenfassung der Analysenergebnisse

Bohrung 10 / Teufe: 539,86 m unter RHB, L = 34.8 m (Mittelbarreme)

| Schacht 2 / Bhrg 10 | | | (105 Grad C) | | | Korngrößenanteile (entkarbonatisiert) | | | | | | |
|---------------------|---------|---------------|--------------|---------|--------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Karbonat% | Wasser% | C-org% | <2 | -6.3 | -20 | -63 | -112 | -200 | -355 |
| 41069 | 72332 | 1.05 - 1.23 | 6.2 | 6.8 | 3.39 | 49.2 | 21.5 | 22.9 | 6.2 | 0.2 | -.- | -.- |
| 41069 | 72333 | 2.76 - 2.88 | 9.4 | 6.5 | ---- | 49.8 | 21.6 | 21.6 | 6.7 | 0.4 | -.- | -.- |
| 41069 | 72334 | 8.62 - 8.70 | 3.6 | 6.9 | ---- | 52.3 | 19.8 | 21.4 | 6.2 | 0.3 | -.- | -.- |
| 41069 | 72335 | 11.15 - 11.30 | 16.6 | 5.8 | ---- | 55.4 | 15.5 | 20.8 | 7.2 | 1.1 | -.- | -.- |
| 41069 | 72336 | 12.50 - 12.60 | 11.7 | 6.5 | 1.70 | 54.4 | 16.5 | 21.6 | 6.8 | 0.7 | -.- | -.- |
| 41069 | 72337 | 13.30 - 13.36 | 22.2 | 5.4 | ---- | 53.2 | 16.9 | 19.3 | 8.9 | 1.4 | -.- | -.- |
| 41069 | 72338 | 15.55 - 15.70 | 22.1 | 5.8 | ---- | 55.1 | 12.4 | 20.9 | 10.7 | 1.0 | -.- | -.- |
| 41069 | 72339 | 16.40 - 16.50 | 8.9 | 6.1 | ---- | 52.6 | 14.9 | 19.2 | 12.6 | 0.7 | -.- | -.- |
| 41069 | 72340 | 17.90 - 17.97 | 20.4 | 5.2 | 1.05 | 52.2 | 14.9 | 20.7 | 10.7 | 1.4 | -.- | -.- |
| 41069 | 72341 | 19.56 - 19.66 | 3.5 | 6.4 | ---- | 54.4 | 17.1 | 17.2 | 10.1 | 1.2 | -.- | -.- |
| 41069 | 72342 | 21.36 - 21.46 | 3.6 | 6.9 | ---- | 51.9 | 20.1 | 20.0 | 7.0 | 1.1 | -.- | -.- |
| 41130 | 72399 | 22.43 - 22.53 | 3.3 | 6.6 | ---- | 54.2 | 19.6 | 19.0 | 6.5 | 0.6 | -.- | -.- |
| 41130 | 72400 | 24.49 - 24.63 | 3.4 | 6.4 | 1.44 | 54.7 | 14.3 | 18.1 | 11.9 | 1.0 | -.- | -.- |

Schacht 2 / Bhrg B10 / 2

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Karbonat% | Wasser% | C-org% | <2 | -6.3 | -20 | -63 | -112 | -200 | -355 | |
|-----------------------|---------|---------------|-----------|---------|--------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 41129 | 72390 | ca. 14.60 | 4.1 | 6.8 | 2.12 | 53.5 | 17.2 | 21.6 | 7.3 | 0.4 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72391 | ca. 16.20 | 3.5 | 6.4 | ---- | 52.0 | 16.0 | 21.3 | 10.1 | 0.6 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72392 | ca. 17.00 | 3.5 | 5.9 | ---- | 54.0 | 14.5 | 20.1 | 10.4 | 1.0 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72393 | ca. 18.30 | 4.3 | 6.0 | 2.27 | 52.6 | 18.3 | 19.6 | 9.1 | 0.4 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72394 | 20.40 - 20.50 | 10.4 | 6.0 | ---- | 54.1 | 15.0 | 21.0 | 8.8 | 1.0 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72395 | 22.15 - 22.30 | 8.7 | 6.2 | 1.91 | 51.5 | 18.3 | 20.1 | 8.8 | 1.2 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72396 | 23.50 - 23.60 | 6.9 | 6.3 | ---- | 52.9 | 15.2 | 21.8 | 9.8 | 0.4 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72397 | 24.50 - 24.60 | 8.2 | 6.3 | ---- | 54.1 | 15.5 | 20.1 | 9.3 | 1.0 | -.- | -.- | |
| 41129 | 72398 | 25.05 - 25.15 | 9.0 | 6.5 | 1.90 | 53.5 | 16.9 | 20.0 | 8.4 | 1.2 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72401 | 26.01 - 26.14 | 13.3 | 6.6 | ---- | 53.7 | 17.1 | 19.1 | 8.0 | 2.1 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72402 | 26.90 - 26.97 | 10.8 | 6.5 | 1.61 | 54.0 | 17.2 | 17.7 | 9.2 | 1.9 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72403 | 28.05 - 28.17 | 4.8 | 6.0 | ---- | 54.9 | 14.2 | 20.0 | 10.5 | 0.4 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72404 | 29.64 - 29.75 | 4.4 | 6.1 | 1.40 | 54.6 | 15.1 | 19.4 | 9.9 | 1.0 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72405 | 31.35 - 31.40 | 6.3 | 5.8 | ---- | 52.2 | 13.3 | 20.9 | 12.7 | 0.8 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72406 | ca. 31.55 | 6.8 | 5.9 | 1.23 | 53.6 | 12.9 | 18.4 | 14.5 | 0.6 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72407 | 33.17 - 33.30 | 2.2 | 5.6 | ---- | 49.6 | 14.6 | 21.3 | 13.2 | 1.2 | -.- | -.- | |
| 41131 | 72408 | 34.64 - 34.77 | 3.3 | 6.2 | 1.82 | 51.5 | 14.7 | 21.8 | 10.9 | 1.0 | -.- | -.- | |
| ARITHMETISCHES MITTEL | | | 8.2 | 6.2 | 1.82 | | | | | | | | |
| STANDARDABWEICHUNG | | | 5.7 | 0.4 | 0.61 | | | | | | | | |

Bohrung 11 / Teufe: 341,86 m unter RHB, L = 40.0 m (Mittelalb)

Schacht 2 / Bhrg B11

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Karbonat% | Wasser% | C-org% | <2 | -6.3 | -20 | -63 | -112 | -200 | -355 |
|-----------------------|---------|---------------|-----------|---------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 41135 | 72409 | bei 1.10 | 35.3 | 7.6 | 0.41 | 49.4 | 20.2 | 20.2 | 10.0 | 0.2 | -- | -- |
| 41136 | 72410 | 1.18 - 1.38 | 37.1 | 7.1 | 0.39 | 51.4 | 19.2 | 18.8 | 10.3 | 0.2 | -- | -- |
| 41136 | 72411 | 3.44 - 3.67 | 36.3 | 6.7 | ---- | 52.7 | 17.8 | 18.4 | 10.8 | 0.4 | -- | -- |
| 41136 | 72412 | 4.25 - 4.40 | 37.6 | 6.8 | ---- | 53.2 | 18.2 | 17.8 | 10.3 | 0.4 | -- | -- |
| 41136 | 72413 | 6.16 - 6.28 | 36.6 | 7.4 | 0.38 | 55.4 | 15.4 | 19.5 | 9.5 | 0.2 | -- | -- |
| 41136 | 72414 | 7.14 - 7.25 | 36.5 | 7.3 | ---- | 54.5 | 18.0 | 17.6 | 9.7 | 0.2 | -- | -- |
| 41136 | 72415 | 8.78 - 9.00 | 35.4 | 7.4 | ---- | 54.2 | 17.1 | 18.7 | 9.8 | 0.2 | -- | -- |
| 41136 | 72416 | 10.97 - 11.06 | 33.8 | 7.6 | 0.40 | 52.4 | 19.8 | 18.1 | 9.5 | 0.1 | -- | -- |
| 41136 | 72417 | 12.80 - 13.00 | 32.5 | 7.6 | ---- | 56.1 | 16.7 | 17.7 | 9.3 | 0.2 | -- | -- |
| 41136 | 72418 | 13.35 - 13.45 | 33.9 | 7.7 | ---- | 54.8 | 17.6 | 17.8 | 9.6 | 0.2 | -- | -- |
| 41136 | 72419 | 14.78 - 14.86 | 33.6 | 7.8 | 0.42 | 54.1 | 16.7 | 20.2 | 8.9 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72424 | 16.00 - 16.23 | 32.4 | 7.5 | ---- | 53.1 | 19.2 | 17.6 | 10.0 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72425 | 17.24 - 17.40 | 33.7 | 7.3 | ---- | 56.2 | 18.0 | 16.0 | 9.6 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72426 | bei 19.00 | 33.8 | 6.9 | 0.41 | 56.0 | 15.7 | 18.1 | 10.0 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72427 | 20.58 - 20.73 | 33.7 | 7.1 | 0.41 | 52.5 | 19.9 | 17.1 | 10.3 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72428 | 22.18 - 22.35 | 31.8 | 7.6 | ---- | 54.0 | 17.6 | 18.6 | 9.4 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72429 | 24.40 - 24.60 | 33.5 | 7.6 | ---- | 55.9 | 17.0 | 17.4 | 9.6 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72430 | 26.11 - 26.22 | 33.1 | 7.6 | 0.42 | 53.0 | 18.5 | 18.8 | 9.5 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72431 | 27.68 - 27.82 | 32.2 | 7.6 | ---- | 52.3 | 19.1 | 19.1 | 9.3 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72432 | 28.08 - 28.32 | 32.0 | 7.5 | ---- | 54.7 | 17.5 | 17.7 | 9.8 | 0.2 | -- | -- |
| 41138 | 72433 | 30.78 - 31.00 | 31.3 | 7.7 | 0.42 | 54.2 | 18.0 | 17.0 | 10.5 | 0.2 | -- | -- |
| 41137 | 72420 | 31.90 - 32.02 | 30.9 | 8.0 | ---- | 57.8 | 17.2 | 15.6 | 9.1 | 0.2 | -- | -- |
| 41137 | 72421 | 35.18 - 35.28 | 29.0 | 8.4 | 0.48 | 55.7 | 19.3 | 16.7 | 8.2 | 0.2 | -- | -- |
| 41137 | 72422 | 37.49 - 37.57 | 28.7 | 8.3 | ---- | 54.8 | 19.4 | 17.1 | 8.5 | 0.2 | -- | -- |
| 41137 | 72423 | 39.90 - 40.00 | 32.6 | 7.6 | 0.43 | 52.7 | 20.4 | 16.4 | 10.3 | 0.2 | -- | -- |
| ARITHMETISCHES MITTEL | | | 33.5 | 7.5 | 0.42 | | | | | | | |
| STANDARDABWEICHUNG | | | 2.3 | 0.4 | 0.03 | | | | | | | |

Gesamtproben Bohrung 10 (mit Karbonat) sind entkarbonatisierten Proben gegenuebergestellt:

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Karbonat% | Wasser% | C-org% | <2 | -6.3 | -20 | -63 | -112 | -200 | -355 |
|---------|---------|---------------|-----------|---------|--------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 41069 | 72337 | 13.30 - 13.36 | 22.2 | 5.4 | ---- | 45.7 | 18.8 | 16.1 | 17.9 | 1.5 | .- | .- (mK) |
| 41069 | 72337 | 13.30 - 13.36 | 22.2 | 5.4 | ---- | 53.2 | 16.9 | 19.3 | 8.9 | 1.4 | .- | .- |
| 41069 | 72338 | 15.55 - 15.70 | 22.1 | 5.8 | ---- | 43.5 | 18.7 | 16.2 | 20.0 | 1.6 | .- | .- (mK) |
| 41069 | 72338 | 15.55 - 15.70 | 22.1 | 5.8 | ---- | 55.1 | 12.4 | 20.9 | 10.7 | 1.0 | .- | .- |

Gesamtproben Bohrung 11 (mit Karbonat) sind entkarbonatisierten Proben gegenuebergestellt:

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Karbonat% | Wasser% | C-org% | <2 | -6.3 | -20 | -63 | -112 | -200 | -355 |
|---------|---------|---------------|-----------|---------|--------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 41136 | 72411 | 3.44 - 3.67 | 36.3 | 6.7 | ---- | 45.7 | 15.9 | 19.9 | 16.3 | 2.1 | .- | .- (mK) |
| 41136 | 72411 | 3.44 - 3.67 | 36.3 | 6.7 | ---- | 52.7 | 17.8 | 18.4 | 10.8 | 0.4 | .- | .- |
| 41138 | 72425 | 17.24 - 17.40 | 33.7 | 7.3 | ---- | 47.1 | 16.9 | 18.8 | 15.4 | 1.8 | .- | .- (mK) |
| 41138 | 72425 | 17.24 - 17.40 | 33.7 | 7.3 | ---- | 56.2 | 18.0 | 16.0 | 9.6 | 0.2 | .- | .- |
| 41137 | 72422 | 37.49 - 37.57 | 28.7 | 8.3 | ---- | 50.9 | 17.7 | 17.7 | 12.6 | 1.2 | .- | .- (mK) |
| 41137 | 72422 | 37.49 - 37.57 | 28.7 | 8.3 | ---- | 54.8 | 19.4 | 17.1 | 8.5 | 0.2 | .- | .- |

-----Tongruben-----

Gesamtproben der Tongruben (mit Karbonat) sind entkarbonatisierten Proben gegenuebergestellt:

| Abt-num | Lab-Nr. | Grube | Karbonat% | Wasser% | C-org% | <2 | -6.3 | -20 | -63 | -112 | -200 | -355 |
|---------|---------|------------|-----------|---------|--------|------|------|------|-----|------|------|---------|
| 41086 | 72343 | Arpke | 4.6 | - | - | 65.9 | 16.7 | 13.8 | 3.3 | 0.3 | .- | .- (mK) |
| 41086 | 72343 | Arpke | 4.6 | - | - | 67.3 | 15.6 | 13.9 | 3.1 | 0.2 | .- | .- |
| 41086 | 72344 | Schwichelt | 11.0 | - | - | 63.1 | 19.7 | 13.9 | 3.1 | 0.2 | .- | .- (mK) |
| 41086 | 72344 | Schwichelt | 11.0 | - | - | 64.6 | 19.3 | 12.9 | 3.0 | 0.2 | .- | .- |
| 41087 | 72345 | Stedum | 4.0 | - | - | 65.6 | 18.8 | 12.3 | 3.1 | 0.2 | .- | .- (mK) |
| 41087 | 72345 | Stedum | 4.0 | - | - | 66.5 | 17.9 | 12.1 | 3.3 | 0.2 | .- | .- |

(mK) = mit Karbonat

Anlage 2

Tabellarisch zusammengefaßte Ergebnisse der semiquantitativen
röntgenographischen Phasenanalyse

K O N R A D / Zusammenfassung der semiquantitativen roentgenographischen Ergebnisse

Bohrung 10/ Teufe: 539,86 m unter RHB, L = 34.8 m (Mittelbarreme)

Schacht 2 / Bhrg 10

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Qz | Kao | MI | SI | Chl | Cc | Py | Fsp | Do | Hal | Sid | Gew.-% |
|---------|---------|---------------|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|--------|
| 41069 | 72332 | 1.05 - 1.23 | 28 | 19 | 23 | 6 | 3 | 5 | 5 | 2 | <1 | 1 | <1 | |
| 41069 | 72333 | 2.76 - 2.88 | 25 | 19 | 22 | 6 | 4 | 8 | 4 | 1 | <1 | 1 | <1 | |
| 41069 | 72334 | 8.62 - 8.70 | 29 | 21 | 24 | 6 | 3 | 2 | 4 | 2 | <1 | 1 | <1 | |
| 41069 | 72335 | 11.15 - 11.30 | 30 | 14 | 18 | 5 | 3 | 15 | 2 | <1 | 1 | 1 | 3 | |
| 41069 | 72336 | 12.50 - 12.60 | 33 | 16 | 19 | 6 | 3 | 9 | 2 | <1 | 2 | 1 | 1 | |
| 41069 | 72337 | 13.30 - 13.36 | 26 | 12 | 16 | 4 | 3 | 20 | 2 | 1 | <1 | 1 | 5 | |
| 41069 | 72338 | 15.55 - 15.70 | 30 | 13 | 15 | 4 | 3 | 16 | 2 | <1 | 2 | 1 | 5 | |
| 41069 | 72339 | 16.40 - 16.50 | 33 | 17 | 23 | 6 | 4 | 6 | 1 | - | 2 | <1 | <1 | |
| 41069 | 72340 | 17.90 - 17.97 | 31 | 14 | 15 | 4 | 3 | 17 | 1 | 1 | <1 | 1 | 3 | |
| 41069 | 72341 | 19.56 - 19.66 | 33 | 18 | 24 | 6 | 4 | 2 | 3 | <1 | 2 | <1 | <1 | |
| 41069 | 72342 | 21.36 - 21.46 | 30 | 22 | 23 | 6 | 3 | 3 | 4 | 2 | <1 | <1 | 1 | |
| 41130 | 72399 | 22.43 - 22.53 | 31 | 19 | 24 | 5 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | <1 | |
| 41130 | 72400 | 24.49 - 24.63 | 37 | 19 | 22 | 6 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | <1 | |

Schacht 2 / Bhrg B10 / 2

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Qz | Kao | MI | SI | Chl | Cc | Py | Fsp | Do | Hal | Sid | Gew.-% |
|-----------------------|---------|---------------|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|--------|
| 41129 | 72390 | ca. 14.60 | 33 | 19 | 23 | 6 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | <1 | |
| 41129 | 72391 | ca. 16.20 | 36 | 17 | 23 | 6 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | <1 | <1 | |
| 41129 | 72392 | ca. 17.00 | 36 | 19 | 22 | 6 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | <1 | |
| 41129 | 72393 | ca. 18.30 | 30 | 20 | 23 | 6 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | <1 | |
| 41129 | 72394 | 20.40 - 20.50 | 31 | 17 | 21 | 5 | 3 | 8 | 2 | 4 | <1 | 1 | <1 | |
| 41129 | 72395 | 22.15 - 22.30 | 31 | 17 | 20 | 5 | 4 | 7 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 41129 | 72396 | 23.50 - 23.60 | 35 | 17 | 21 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 2 | 1 | <1 | |
| 41129 | 72397 | 24.50 - 24.60 | 34 | 17 | 19 | 5 | 3 | 6 | 4 | 2 | 2 | 1 | <1 | |
| 41129 | 72398 | 25.05 - 25.15 | 31 | 16 | 20 | 5 | 3 | 7 | 4 | 1 | 2 | 1 | <1 | |
| 41131 | 72401 | 26.01 - 26.14 | 27 | 16 | 20 | 5 | 3 | 11 | 5 | 1 | <1 | 1 | 1 | |
| 41131 | 72402 | 26.90 - 26.97 | 30 | 16 | 21 | 5 | 3 | 9 | 4 | 1 | 1 | 1 | <1 | |
| 41131 | 72403 | 28.05 - 28.17 | 36 | 19 | 22 | 6 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | <1 | |
| 41131 | 72404 | 29.64 - 29.75 | 33 | 19 | 23 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 | <1 | 1 | <1 | |
| 41131 | 72405 | 31.35 - 31.40 | 38 | 17 | 20 | 5 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | <1 | |
| 41131 | 72406 | ca. 31.55 | 38 | 17 | 19 | 5 | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | <1 | |
| 41131 | 72407 | 33.17 - 33.30 | 40 | 18 | 21 | 6 | 4 | 2 | 1 | 2 | <1 | 1 | <1 | |
| 41131 | 72408 | 34.64 - 34.77 | 36 | 18 | 22 | 6 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | <1 | |
| ARITHMETISCHES MITTEL | | | 32 | | | | | 6 | | | | | | |
| STANDARDABWEICHUNG | | | 4 | | | | | 5 | | | | | | |

Bemerkungen: Qz (Quarz), Kao (Kaolinit), MI (Muskovit-Illit), Cc (Calcit), Py (Pyrit)
 Do (Dolomit), Hal (Halit), Sid (Siderit), Fsp (Feldspat), Chl (Chlorit)
 SI (Smektit-Illit).

K O N R A D / Zusammenfassung der semiquantitativen roentgenographischen Ergebnisse

Bohrung 11/ Teufe: 341.86 m unter RHB, L = 40 m (Mittelalb)

Schacht 2 / Bhrg B11

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Strecke (m) | Sm | Cc | Qz | MI | Do | Chl | Kao | Fsp | Sid | Hal | ML | (Gew.-%) |
|-----------------------|---------|---------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----------|
| 41135 | 72409 | bei 1.10 | 25 | 32 | 26 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | <<1 | <1 | |
| 41136 | 72410 | 1.18 - 1.38 | 25 | 33 | 27 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | <<1 | - | |
| 41136 | 72411 | 3.44 - 3.67 | 25 | 33 | 26 | 6 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | <<1 | - | |
| 41136 | 72412 | 4.25 - 4.40 | 24 | 33 | 26 | 5 | 4 | 1 | 1 | 2 | <1 | <<1 | <1 | |
| 41136 | 72413 | 6.16 - 6.28 | 26 | 30 | 26 | 6 | 4 | <1 | 1 | 1 | <1 | <<1 | - | |
| 41136 | 72414 | 7.14 - 7.25 | 27 | 32 | 24 | 6 | 3 | 1 | 2 | 1 | <1 | <1 | - | |
| 41136 | 72415 | 8.78 - 9.00 | 26 | 31 | 25 | 5 | 4 | 1 | 2 | 2 | <1 | <1 | <1 | |
| 41136 | 72416 | 10.97 - 11.06 | 27 | 29 | 29 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | <1 | - | |
| 41136 | 72417 | 12.80 - 13.00 | 27 | 29 | 24 | 7 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | <1 | - | |
| 41136 | 72418 | 13.35 - 13.45 | 27 | 29 | 26 | 6 | 3 | 1 | 1 | 2 | <1 | <1 | - | |
| 41136 | 72419 | 14.78 - 14.86 | 27 | 29 | 24 | 5 | 4 | 1 | 1 | 1 | <1 | <<1 | <1 | |
| 41138 | 72424 | 16.00 - 16.23 | 27 | 28 | 28 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | |
| 41138 | 72425 | 17.24 - 17.40 | 27 | 30 | 23 | 5 | 4 | 1 | 2 | 2 | <1 | <1 | <1 | |
| 41138 | 72426 | ca. 19.00 | 27 | 32 | 25 | 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | <1 | <1 | |
| 41138 | 72427 | 20.58 - 20.73 | 27 | 29 | 26 | 6 | 3 | 1 | 1 | 2 | <1 | <1 | - | |
| 41138 | 72428 | 22.18 - 22.35 | 28 | 27 | 25 | 6 | 4 | 1 | 1 | 2 | <1 | <1 | <1 | |
| 41138 | 72429 | 24.40 - 24.60 | 28 | 28 | 28 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | <1 | <1 | - | |
| 41138 | 72430 | 26.11 - 26.22 | 27 | 28 | 27 | 6 | 4 | 2 | 2 | 1 | <1 | <1 | 1 | |
| 41138 | 72431 | 27.68 - 27.82 | 28 | 27 | 25 | 6 | 3 | 1 | 1 | 2 | <1 | <1 | 1 | |
| 41138 | 72432 | 28.08 - 28.32 | 28 | 28 | 27 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | <1 | 1 | |
| 41137 | 72433 | 30.78 - 31.00 | 27 | 28 | 30 | 6 | 2 | 1 | 1 | 2 | <1 | <1 | - | |
| 41137 | 72420 | 31.90 - 32.02 | 29 | 25 | 31 | 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | <1 | 1 | <1 | |
| 41137 | 72421 | 35.18 - 35.28 | 29 | 23 | 27 | 7 | 4 | 2 | 1 | 2 | <1 | 1 | <1 | |
| 41137 | 72422 | 37.49 - 37.57 | 29 | 24 | 29 | 7 | 2 | 2 | 1 | 2 | <1 | 1 | <1 | |
| 41137 | 72423 | 39.90 - 40.00 | 28 | 28 | 28 | 6 | 2 | 1 | 1 | 2 | <1 | 1 | - | |
| ARITHMETISCHES MITTEL | | | 29 | 26 | | | | | | | | | | |
| STANDARDABWEICHUNG | | | 3 | 3 | | | | | | | | | | |

Bemerkungen: Sm (Smektit), Cc (Calcit), Qz (Quarz), MI (Muskovit-Illit), Do (Dolomit),
Chl (Chlorit), Fsp (Feldspat), Sid (Siderit), Kao (Kaolinit), Hal (Halit),
ML (Mixed-Layer)

-----Tongruben-----

| Abt-Nr. | Lab-Nr. | Grube | Hauptkomponenten | Nebenkomponten | Nk. - Sp. | Spuren |
|---------|---------|------------|---------------------|----------------|----------------|-------------------------|
| 41086 | 72343 | Arpke | Quarz, MI, Kaolinit | Smektit-Illit | Pyrit, Chl, Cc | Gips, Fsp, Do, Sid, Goe |
| 41086 | 72344 | Schwichelt | Quarz, MI, Kaolinit | Cc | Pyrit, Chl | Fsp, Do, Sid |
| 41087 | 72345 | Stedum | Smektit, Quarz | MI | Chl, Kao, Py | Cc, Goe, Fsp, Do |

Bemerkungen: In allen drei Proben sind zusaetzlich armorphe Phasen vorhanden, wie durch Erhoehung des Untergrundes im Bereich um 25 Grad 2Theta angezeigt wird.

Anlage 3

**Tabellarisch zusammengefaßte RFA-Daten (Hauptelemente und
Glühverlust bei 1000°)**

RF-Analysen

Bohrung 10 / Teufe: 539.86 m unter RHB, L = 34.8 m (Mittelbarreme)

| Strecke [m] | SiO2 | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | MnO | MgO | CaO | Na2O | K2O | P2O5 | LOI | [Gew.-%] |
|---------------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|----------|
| 1.05 - 1.23 | 49.30 | 0.90 | 19.28 | 4.95 | 0.02 | 1.10 | 2.93 | 1.62 | 2.80 | 0.10 | 15.19 | |
| 2.76 - 2.88 | 48.24 | 0.88 | 17.93 | 5.38 | 0.01 | 1.10 | 4.77 | 1.40 | 2.69 | 0.10 | 14.99 | |
| 8.62 - 8.70 | 52.95 | 0.95 | 19.73 | 4.54 | 0.01 | 1.21 | 1.37 | 1.91 | 2.85 | 0.10 | 13.23 | |
| 11.15 - 11.30 | 44.92 | 0.79 | 15.31 | 7.23 | 0.03 | 1.56 | 8.54 | 1.43 | 2.22 | 0.10 | 15.26 | |
| 12.50 - 12.60 | 49.57 | 0.88 | 17.17 | 5.60 | 0.02 | 1.39 | 5.36 | 1.24 | 2.64 | 0.10 | 13.44 | |
| 13.30 - 13.36 | 40.45 | 0.69 | 13.29 | 8.48 | 0.04 | 1.60 | 11.48 | 1.55 | 1.76 | 0.11 | 17.45 | |
| 15.55 - 15.70 | 43.16 | 0.71 | 13.65 | 8.48 | 0.04 | 1.67 | 9.57 | 1.65 | 1.86 | 0.10 | 16.35 | |
| 16.40 - 16.50 | 54.81 | 0.89 | 17.14 | 3.88 | 0.02 | 1.43 | 3.80 | 2.17 | 2.71 | 0.09 | 11.11 | |
| 17.90 - 17.97 | 42.69 | 0.72 | 13.67 | 7.20 | 0.04 | 1.61 | 10.08 | 2.83 | 1.89 | 0.10 | 16.08 | |
| 19.56 - 19.66 | 54.87 | 0.91 | 18.96 | 5.03 | 0.02 | 1.36 | 1.43 | 1.63 | 2.80 | 0.09 | 11.83 | |
| 21.36 - 21.46 | 51.84 | 0.92 | 19.42 | 5.45 | 0.02 | 1.26 | 1.67 | 1.59 | 2.79 | 0.11 | 13.61 | |
| 22.43 - 22.53 | 52.73 | 0.95 | 19.55 | 5.38 | 0.02 | 1.48 | 1.38 | 1.10 | 2.83 | 0.09 | 13.00 | |
| 24.49 - 24.63 | 56.65 | 0.96 | 18.42 | 4.51 | 0.02 | 1.41 | 1.40 | 1.14 | 2.76 | 0.09 | 11.38 | |
| Strecke [m] | SiO2 | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | MnO | MgO | CaO | Na2O | K2O | P2O5 | LOI | [Gew.-%] |
| ca. 14.60 | 54.16 | 0.96 | 19.05 | 4.95 | 0.02 | 1.42 | 1.61 | 1.25 | 2.84 | 0.10 | 12.29 | |
| ca. 16.20 | 56.88 | 0.98 | 18.54 | 4.45 | 0.01 | 1.38 | 0.97 | 1.63 | 2.84 | 0.09 | 10.98 | |
| ca. 17.00 | 57.38 | 0.96 | 18.34 | 4.59 | 0.02 | 1.33 | 1.04 | 1.38 | 2.81 | 0.09 | 10.83 | |
| ca. 18.30 | 53.15 | 0.93 | 19.35 | 4.90 | 0.01 | 1.25 | 1.91 | 1.33 | 2.79 | 0.10 | 12.58 | |
| 20.40 - 20.50 | 52.88 | 0.91 | 17.50 | 4.12 | 0.02 | 1.37 | 4.92 | 1.14 | 2.62 | 0.09 | 12.26 | |
| 22.15 - 22.30 | 51.09 | 0.89 | 17.52 | 5.26 | 0.01 | 1.34 | 4.31 | 1.49 | 2.58 | 0.08 | 12.66 | |
| 23.50 - 23.60 | 54.92 | 0.95 | 17.87 | 4.15 | 0.02 | 1.42 | 3.21 | 1.05 | 2.77 | 0.08 | 11.68 | |
| 24.50 - 24.60 | 53.03 | 0.91 | 17.32 | 4.84 | 0.01 | 1.42 | 3.71 | 1.17 | 2.64 | 0.08 | 12.40 | |
| 25.05 - 25.15 | 51.10 | 0.89 | 17.48 | 5.30 | 0.02 | 1.37 | 4.25 | 1.30 | 2.59 | 0.10 | 12.65 | |
| 26.01 - 26.14 | 47.03 | 0.83 | 16.92 | 5.77 | 0.02 | 1.24 | 6.67 | 1.19 | 2.41 | 0.09 | 13.53 | |
| 26.90 - 26.97 | 49.87 | 0.87 | 17.37 | 5.04 | 0.02 | 1.30 | 5.60 | 1.20 | 2.50 | 0.09 | 12.79 | |
| 28.05 - 28.17 | 56.60 | 0.97 | 18.37 | 3.82 | 0.02 | 1.39 | 2.44 | 1.28 | 2.79 | 0.09 | 10.73 | |
| 29.64 - 29.75 | 56.00 | 0.95 | 18.65 | 4.23 | 0.01 | 1.31 | 1.96 | 0.93 | 2.73 | 0.09 | 11.48 | |
| 31.35 - 31.40 | 57.28 | 0.95 | 17.15 | 4.02 | 0.02 | 1.30 | 3.11 | 0.89 | 2.64 | 0.09 | 10.81 | |
| ca. 31.55 | 57.15 | 0.94 | 16.36 | 3.78 | 0.02 | 1.39 | 3.13 | 1.14 | 2.64 | 0.08 | 10.85 | |
| 33.17 - 33.30 | 59.13 | 0.97 | 17.64 | 4.27 | 0.02 | 1.45 | 1.08 | 1.21 | 2.74 | 0.08 | 10.35 | |
| 34.64 - 34.77 | 55.67 | 0.94 | 18.16 | 5.03 | 0.02 | 1.44 | 1.44 | 1.35 | 2.71 | 0.08 | 11.78 | |
| ARITM. MITTEL | 52.18 | 0.87 | 17.57 | 5.15 | 0.02 | 1.38 | 3.83 | 1.44 | 2.61 | 0.09 | 12.79 | |
| STANDARDABW. | 4.80 | 0.08 | 1.70 | 1.23 | 0.01 | 0.13 | 2.56 | 0.39 | 0.30 | 0.01 | 1.85 | |

RF-Analysen

Bohrung 11 / Teufe: 341.86 m unter RHB, L = 40 m (Mittelalb)

| Strecke [m] | SiO2 | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | MnO | MgO | CaO | Na2O | K2O | P2O5 | LOI | [Gew.-%] |
|------------------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|----------|
| bei 1.10 | 41.44 | 0.55 | 9.87 | 3.33 | 0.05 | 1.44 | 18.45 | 1.36 | 1.72 | 0.08 | 21.06 | |
| 1.18 - 1.38 | 41.17 | 0.54 | 9.71 | 3.28 | 0.05 | 1.43 | 18.82 | 1.22 | 1.62 | 0.07 | 21.41 | |
| 3.44 - 3.67 | 40.46 | 0.53 | 9.73 | 3.29 | 0.05 | 1.44 | 18.95 | 1.32 | 1.59 | 0.33 | 21.45 | |
| 4.25 - 4.40 | 40.38 | 0.53 | 9.68 | 3.36 | 0.06 | 1.31 | 18.90 | 1.30 | 1.60 | 0.14 | 21.78 | |
| 6.16 - 6.28 | 41.95 | 0.52 | 10.33 | 3.10 | 0.05 | 1.33 | 17.10 | 1.52 | 1.60 | 0.07 | 21.45 | |
| 7.14 - 7.25 | 41.13 | 0.54 | 9.96 | 3.40 | 0.05 | 1.44 | 18.16 | 1.18 | 1.78 | 0.07 | 21.44 | |
| 8.78 - 9.00 | 41.62 | 0.55 | 10.14 | 3.46 | 0.05 | 1.36 | 17.84 | 1.36 | 1.77 | 0.08 | 21.08 | |
| 10.97 - 11.06 | 42.68 | 0.56 | 10.39 | 3.37 | 0.05 | 1.44 | 16.68 | 1.65 | 1.84 | 0.08 | 20.64 | |
| 12.80 - 13.00 | 42.41 | 0.56 | 10.50 | 3.41 | 0.05 | 1.55 | 16.65 | 1.65 | 1.86 | 0.07 | 20.63 | |
| 13.35 - 13.45 | 42.27 | 0.56 | 10.61 | 3.43 | 0.05 | 1.39 | 16.47 | 1.70 | 1.77 | 0.06 | 20.56 | |
| 14.78 - 14.86 | 42.32 | 0.57 | 10.39 | 3.47 | 0.05 | 1.64 | 16.69 | 1.41 | 1.83 | 0.08 | 20.58 | |
| 16.00 - 16.23 | 43.37 | 0.57 | 10.31 | 3.42 | 0.04 | 1.53 | 16.38 | 1.42 | 1.87 | 0.06 | 20.36 | |
| 17.24 - 17.40 | 41.79 | 0.55 | 10.12 | 3.31 | 0.05 | 1.51 | 17.48 | 1.81 | 1.76 | 0.08 | 20.91 | |
| bei 19.00 | 40.92 | 0.55 | 10.04 | 3.40 | 0.05 | 1.45 | 18.27 | 1.25 | 1.77 | 0.09 | 21.18 | |
| 20.58 - 20.73 | 42.61 | 0.56 | 10.64 | 3.40 | 0.05 | 1.55 | 16.56 | 1.46 | 1.77 | 0.12 | 20.13 | |
| 22.18 - 22.35 | 43.65 | 0.58 | 10.82 | 3.59 | 0.04 | 1.52 | 15.70 | 1.61 | 1.81 | 0.09 | 19.35 | |
| 24.40 - 24.60 | 43.04 | 0.56 | 10.59 | 3.35 | 0.05 | 1.39 | 16.14 | 1.75 | 1.76 | 0.09 | 20.26 | |
| 26.11 - 26.22 | 43.85 | 0.56 | 10.64 | 3.47 | 0.04 | 1.36 | 16.04 | 1.35 | 1.83 | 0.09 | 19.76 | |
| 27.68 - 27.82 | 43.69 | 0.56 | 10.41 | 3.38 | 0.04 | 1.50 | 15.81 | 1.69 | 1.74 | 0.17 | 19.94 | |
| 28.08 - 28.32 | 43.71 | 0.57 | 10.40 | 3.31 | 0.04 | 1.46 | 15.89 | 1.89 | 1.77 | 0.10 | 19.83 | |
| 30.78 - 31.00 | 43.77 | 0.56 | 10.50 | 3.47 | 0.05 | 1.46 | 16.08 | 1.77 | 1.73 | 0.10 | 19.49 | |
| 31.90 - 32.02 | 45.37 | 0.59 | 11.26 | 3.57 | 0.04 | 1.53 | 14.18 | 1.56 | 1.96 | 0.13 | 18.80 | |
| 35.18 - 35.28 | 45.50 | 0.61 | 11.68 | 3.49 | 0.03 | 1.59 | 13.20 | 2.43 | 2.13 | 0.18 | 18.09 | |
| 37.49 - 37.57 | 45.86 | 0.60 | 11.46 | 3.60 | 0.03 | 1.63 | 13.75 | 1.41 | 2.02 | 0.09 | 18.41 | |
| 39.90 - 40.00 | 43.40 | 0.56 | 10.53 | 3.44 | 0.04 | 1.60 | 15.95 | 1.53 | 1.81 | 0.09 | 19.73 | |
| ARITM. MITTEL | 41.12 | 0.56 | 10.42 | 3.40 | 0.05 | 1.47 | 16.64 | 1.54 | 1.78 | 0.10 | 20.33 | |
| STANDARDABW. | 2.23 | 0.02 | 0.50 | 0.11 | 0.01 | 0.10 | 1.52 | 0.27 | 0.12 | 0.06 | 0.98 | |
| Tongruben | | | | | | | | | | | | |
| Arpke | 51.32 | 0.90 | 21.15 | 5.15 | 0.07 | 1.37 | 2.28 | 1.29 | 2.57 | 0.10 | 13.04 | |
| Schwichelt | 48.64 | 0.88 | 19.61 | 4.79 | 0.11 | 1.23 | 5.76 | 1.20 | 2.66 | 0.09 | 13.68 | |
| Stedum | 51.76 | 0.77 | 16.95 | 6.87 | 0.05 | 2.07 | 2.11 | 1.20 | 2.50 | 0.11 | 14.08 | |

Anlage 4

Tabellarisch zusammengefaßte Kationen-Austausch-Kapazitäten
(Gesamt-KAK; Einzelkationen, -anionen und PH-Wert)

Kationen-Austausch-Kapazitaeten (KAK) und pH-Wert

Bohrung 10 (Mittelbarreme)

| BBK-Nr. | Lab.-Nr. | Strecke (m) | KAK (mval/100g) | Austauschbare Kationen (mval/100g Probe) | | | | | Anionen (H2O-Aus- schuettilg. 1:10) | | pH in H2O | |
|---------|----------|---------------|--------------------|---|------|-----|------|------|--|---------|-----------|----------------|
| | | | | Ca2+ | Mg2+ | K+ | Na+ | H+ | Cl- | SO4(2-) | sofort | nach 24 Std |
| 23438 | 72332 | 1.05 - 1.23 | 18.2 | 29.4 | 1.4 | 0.9 | 23.6 | -3.0 | 18.1 | 10.1 | 7.81 | 7.52 |
| 23439 | 72333 | 2.76 - 2.88 | 17.9 | 26.3 | 0.6 | 1.3 | 25.0 | -3.0 | 17.8 | 8.7 | 7.86 | 7.53 |
| 23440 | 72334 | 8.62 - 8.70 | 15.7 | 15.4 | 1.4 | 0.9 | 24.2 | 0.0 | 17.5 | 5.4 | 8.03 | 7.77 |
| 23441 | 72334 | 11.15 - 11.30 | 23.4 | 36.6 | 1.5 | 1.1 | 20.2 | -4.0 | 15.9 | 2.3 | 8.38 | 8.11 |
| 23442 | 72336 | 12.50 - 12.60 | 17.8 | 25.4 | 1.3 | 0.8 | 22.2 | -4.0 | 16.9 | 3.9 | 8.34 | 7.99 |
| 23443 | 72337 | 13.30 - 13.36 | 18.1 | 33.6 | 1.4 | 0.8 | 20.0 | -4.0 | 15.8 | 2.0 | 8.61 | 8.12 |
| 23444 | 72338 | 15.55 - 15.70 | 19.9 | 33.6 | 1.4 | 0.8 | 19.8 | -5.0 | 15.7 | 1.3 | 8.81 | 8.21 |
| 23445 | 72339 | 16.40 - 16.50 | 17.2 | 22.4 | 1.1 | 0.9 | 21.9 | -3.0 | 15.7 | 1.6 | 8.94 | 8.36 |
| 23446 | 72340 | 17.90 - 17.97 | 19.1 | 35.8 | 1.4 | 1.0 | 18.3 | -4.0 | 13.1 | 2.2 | 8.66 | 8.22 |
| 23447 | 72341 | 19.56 - 19.66 | 17.3 | 15.2 | 1.3 | 1.1 | 24.0 | -2.5 | 16.5 | 3.0 | 8.49 | 8.11 |
| 23448 | 72342 | 21.36 - 21.46 | 20.3 | 19.4 | 1.5 | 1.2 | 24.2 | -2.0 | 16.6 | 5.3 | 8.10 | 7.74 |
| 23467 | 72399 | 22.43 - 22.53 | 13.5 | 10.0 | 1.3 | 0.8 | 25.8 | -1.0 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23468 | 72400 | 24.49 - 24.63 | 13.5 | 8.9 | 1.2 | 0.7 | 24.6 | -1.5 | 14.8 | 1.7 | 8.51 | 8.20 |
| 23458 | 72390 | ca. 14.60 | 14.4 | 10.2 | 1.3 | 0.7 | 26.3 | -1.5 | 17.1 | 2.3 | 8.20 | 8.02 |
| 23459 | 72391 | ca. 16.30 | 11.6 | 6.2 | 1.1 | 0.7 | 22.6 | -0.2 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23460 | 72392 | ca. 17.00 | 12.2 | 7.0 | 1.0 | 0.7 | 23.6 | -1.0 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23461 | 72393 | ca. 18.30 | 12.1 | 9.3 | 1.2 | 0.7 | 24.8 | -1.2 | 22.3 | 3.0 | 8.15 | 7.92 |
| 23462 | 72394 | 20.40 - 20.50 | 12.7 | 12.6 | 1.1 | 0.6 | 24.0 | -2.0 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23463 | 72395 | 22.15 - 22.30 | 13.4 | 14.3 | 1.3 | 0.7 | 24.1 | -1.5 | 16.3 | 3.7 | 8.10 | 7.87 |
| 23464 | 72396 | 23.50 - 23.60 | 17.0 | 17.7 | 1.3 | 0.8 | 24.7 | -2.5 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23465 | 72397 | 24.50 - 24.60 | 15.1 | 15.1 | 1.3 | 0.7 | 24.8 | -2.5 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23466 | 72398 | 25.05 - 25.15 | 14.7 | 15.4 | 1.3 | 0.7 | 24.7 | -2.0 | 16.8 | 3.9 | 8.01 | 7.87 |
| 23469 | 72401 | 26.01 - 26.14 | 12.2 | 14.2 | 1.2 | 0.6 | 25.5 | -2.0 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23470 | 72402 | 26.90 - 26.97 | 12.4 | 13.6 | 1.2 | 0.7 | 24.1 | -2.0 | 15.6 | 1.8 | 8.39 | 8.11 |
| 23471 | 72403 | 28.05 - 28.17 | 14.0 | 12.9 | 1.0 | 0.8 | 22.8 | -2.5 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23472 | 72404 | 29.64 - 29.75 | 13.3 | 10.9 | 1.2 | 0.7 | 24.0 | -1.5 | 14.6 | 1.6 | 8.49 | 8.22 |
| 23473 | 72405 | 31.35 - 31.40 | 11.7 | 9.5 | 1.0 | 0.7 | 22.1 | -1.7 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23474 | 72406 | ca. 31.55 | 13.4 | 11.9 | 1.1 | 0.7 | 22.9 | -2.5 | -.- | -.- | -.- | -.- |
| 23475 | 72407 | 33.17 - 33.30 | 10.8 | 6.4 | 1.0 | 0.6 | 22.7 | -0.5 | 14.7 | 1.3 | 8.59 | 8.33 |
| 23476 | 72408 | 34.64 - 34.77 | 12.4 | 8.6 | 1.1 | 0.7 | 24.5 | -1.2 | -.- | -.- | -.- | -.- |

Bohrung 11 (Mittelalb)

| BBK-Nr. | Lab.-Nr. | Strecke (m) | KAK (mval/100g) | Austauschbare Kationen (mval/100g Probe) | | | | | Anionen (H ₂ O-Aus- schuettlg. 1:10) | | pH in H ₂ O | |
|---------|----------|---------------|--------------------|---|------------------|----------------|-----------------|----------------|--|-----------------------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ (2 ⁻) | sofort | nach 24 Std |
| 23477 | 72409 | bei 1.10 | 27.8 | 45.6 | 1.0 | 2.1 | 27.5 | -2.5 | 5.7 | 0.5 | 9.91 | 9.47 |
| 23478 | 72410 | 1.18 - 1.38 | 26.8 | 39.1 | 1.3 | 1.2 | 30.3 | -3.0 | -- | -- | -- | -- |
| 23479 | 72411 | 3.44 - 3.67 | 24.3 | 27.8 | 1.2 | 1.0 | 32.2 | -3.0 | -- | -- | -- | -- |
| 23480 | 72412 | 4.25 - 4.40 | 26.2 | 36.4 | 1.3 | 1.2 | 32.3 | -3.0 | -- | -- | -- | -- |
| 23481 | 72413 | 6.16 - 6.28 | 28.0 | 42.0 | 1.4 | 1.3 | 33.1 | -2.2 | -- | -- | -- | -- |
| 23482 | 72414 | 7.14 - 7.25 | 28.7 | 38.6 | 1.4 | 1.2 | 33.0 | -3.0 | -- | -- | -- | -- |
| 23483 | 72415 | 8.78 - 9.00 | 22.5 | 31.9 | 1.2 | 1.1 | 33.6 | -3.0 | 10.4 | 0.2 | 9.69 | 9.31 |
| 23484 | 72416 | 10.97 - 11.06 | 29.5 | 46.5 | 1.4 | 1.3 | 34.4 | -2.5 | -- | -- | -- | -- |
| 23485 | 72417 | 12.80 - 13.00 | 29.7 | 46.6 | 1.5 | 1.3 | 35.0 | -2.0 | -- | -- | -- | -- |
| 23486 | 72418 | 13.35 - 13.45 | 31.3 | 51.6 | 1.6 | 1.4 | 34.1 | -2.5 | -- | -- | -- | -- |
| 23487 | 72419 | 14.78 - 14.86 | 29.9 | 46.6 | 1.4 | 1.4 | 35.0 | -2.7 | -- | -- | -- | -- |
| 23488 | 72420 | 31.90 - 32.02 | 26.2 | 25.6 | 1.1 | 1.1 | 37.5 | -4.0 | 10.7 | 0.3 | 9.61 | 9.21 |
| 23489 | 72421 | 35.18 - 35.28 | 24.2 | 20.1 | 1.1 | 1.2 | 37.1 | -3.2 | -- | -- | -- | -- |
| 23490 | 72422 | 37.49 - 37.57 | 23.4 | 22.2 | 1.0 | 1.1 | 38.5 | -3.5 | 11.8 | 0.3 | 9.74 | 9.20 |
| 23491 | 72423 | 39.90 - 40.00 | 23.9 | 23.9 | 1.0 | 1.1 | 36.5 | -3.7 | -- | -- | -- | -- |
| 23492 | 72424 | 16.00 - 16.23 | 30.3 | 45.1 | 1.4 | 1.3 | 35.5 | -2.0 | 11.0 | 0.3 | 9.57 | 9.23 |
| 23493 | 72425 | 17.24 - 17.40 | 28.0 | 35.4 | 1.3 | 1.2 | 33.9 | -2.5 | -- | -- | -- | -- |
| 23494 | 72426 | ca. 19.00 | 25.5 | 29.5 | 1.1 | 1.2 | 33.8 | -2.2 | -- | -- | -- | -- |
| 23495 | 72427 | 20.58 - 20.73 | 24.2 | 23.6 | 1.1 | 1.0 | 36.1 | -2.5 | -- | -- | -- | -- |
| 23496 | 72428 | 22.18 - 22.35 | 18.6 | 19.9 | 0.9 | 1.0 | 35.7 | -1.0 | 11.2 | 0.6 | 9.67 | 9.18 |
| 23497 | 72429 | 24.40 - 24.60 | 23.5 | 22.9 | 1.1 | 1.0 | 35.1 | -1.7 | -- | -- | -- | -- |
| 23498 | 72430 | 26.11 - 26.22 | 22.3 | 20.3 | 0.9 | 0.9 | 35.4 | -2.0 | 12.2 | 0.6 | 9.70 | 9.20 |
| 23499 | 72431 | 27.68 - 27.82 | 24.1 | 24.3 | 1.1 | 1.0 | 35.3 | -2.5 | 11.4 | 0.3 | 9.71 | 9.23 |
| 23500 | 72432 | 28.08 - 28.32 | 24.4 | 25.5 | 1.0 | 1.1 | 35.9 | -3.0 | -- | -- | -- | -- |
| 23501 | 72433 | 30.78 - 31.00 | 23.7 | 24.6 | 1.0 | 1.1 | 37.1 | -2.2 | -- | -- | -- | -- |

Tongruben

| BBK-Nr. | Lab.-Nr. | Grube | KAK (mval/100g) | Austauschbare Kationen (mval/100g Probe) | | | | | Anionen (H ₂ O-Aus- schuettlg. 1:10) | | pH in H ₂ O | |
|---------|----------|---------------|--------------------|---|------------------|----------------|-----------------|----------------|--|-----------------------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ (2 ⁻) | sofort | nach 24 Std |
| 23449 | 72343 | Tongr. Arpke | 28.4 | 22.6 | 2.7 | 1.6 | 13.5 | -3.0 | 0.5 | 6.5 | 8.86 | 8.39 |
| 23450 | 72344 | T. Schwichelt | 24.7 | 26.1 | 2.9 | 1.6 | 5.0 | -2.5 | 0.4 | 3.1 | 8.39 | 8.04 |
| 23451 | 72345 | Tongr. Stedum | 36.5 | 29.0 | 9.5 | 2.6 | 7.8 | -2.5 | <0.4 | 8.9 | 8.12 | 7.82 |

Anlage 5

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen
()

REM-Aufnahmen
Teufe: 539.86 m (Mittelbarrême/Bhrg. 10)
(RM 2467 - 69)

Legende: senkrecht zur Schichtung präpariert - ()
parallel zur Schichtung präpariert - (=)

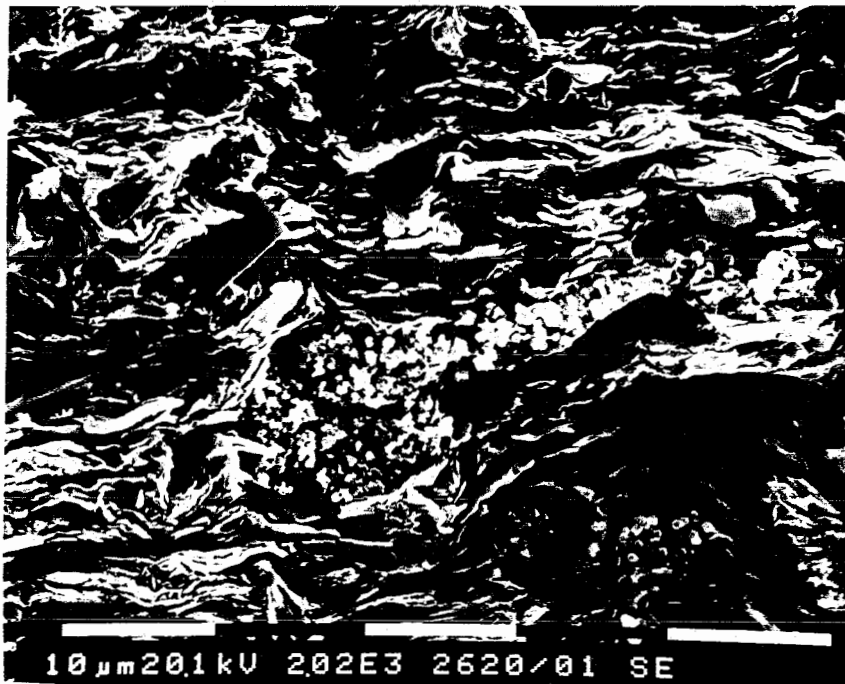


Fig. R1 Übersichtsaufnahme: parallel-schlieriges Gefüge mit
Pyritnestern und Halitkristall.
Bohrung 10/1.05 m Strecke - ()



Fig. R2 Himbeerpyrit auf Pyritnest in toniger Umgebung, schlierig - unregelmäßiges Gefüge. Feine Gipsnadelchen ? Bohrung 10/13.30 m Strecke - ()

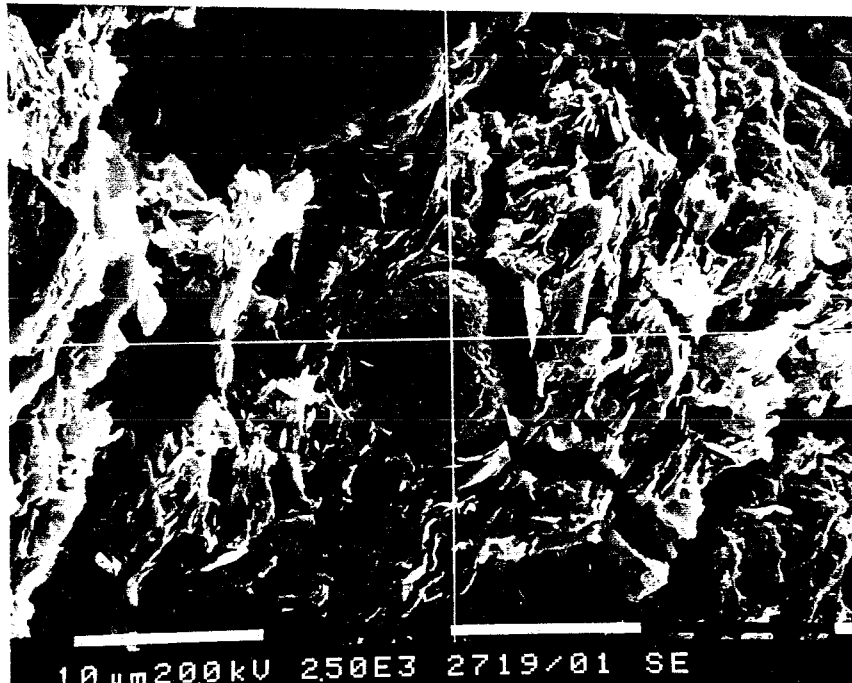


Fig. R3 kalkiges Nannofossil in toniger Matrix, ohne erkennbare Einregelung. Bohrung 10/13.30 m Strecke - ()



Fig. R4 Übersicht: Trockenrisse im schlierig unregelmäßigen Tongefüge.
Bohrung 10/13.30 m Strecke - (=)

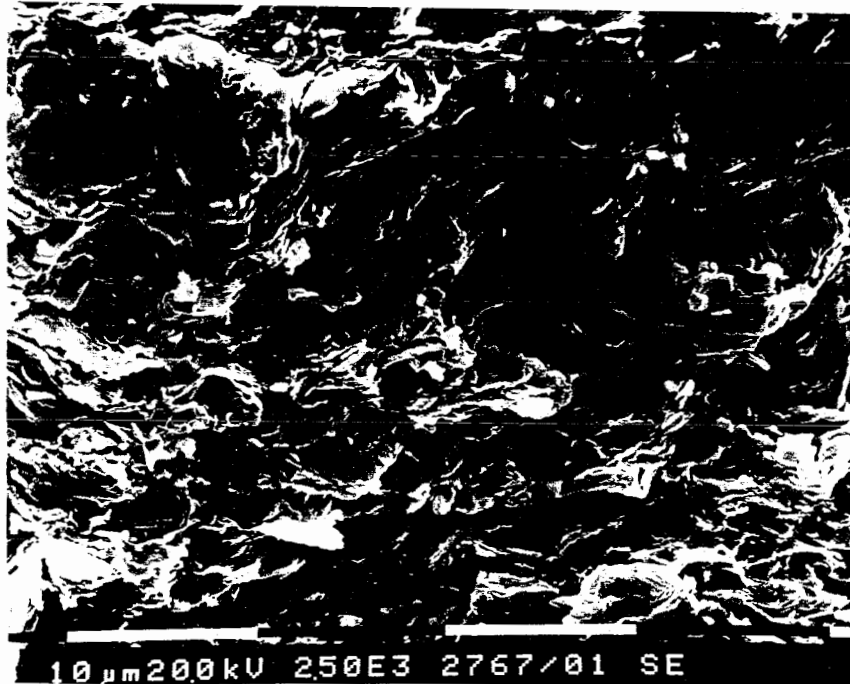


Fig. R5 Schichtparallele Übersichtsaufnahme mit gut erkennbaren Coccolithen.
Bohrung 10/13.30 m Strecke - (=)

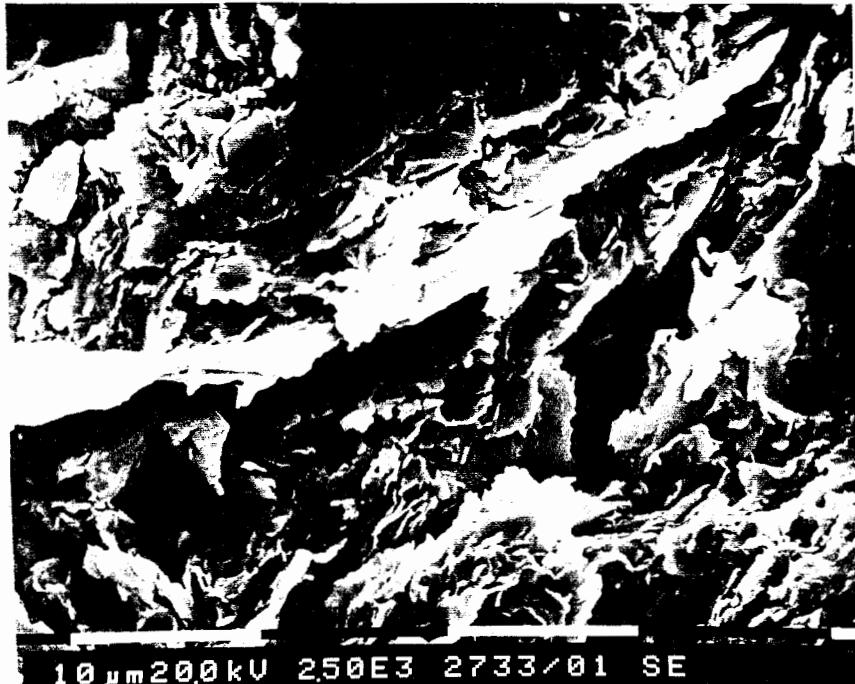


Fig. R6 Bohrgang in unregelmäßig angeordneten Tonmineralen.
Im oberen Bildrand ist ein Glimmerplättchen zu erkennen.
Bohrung 10/13.30 m Strecke - (=)

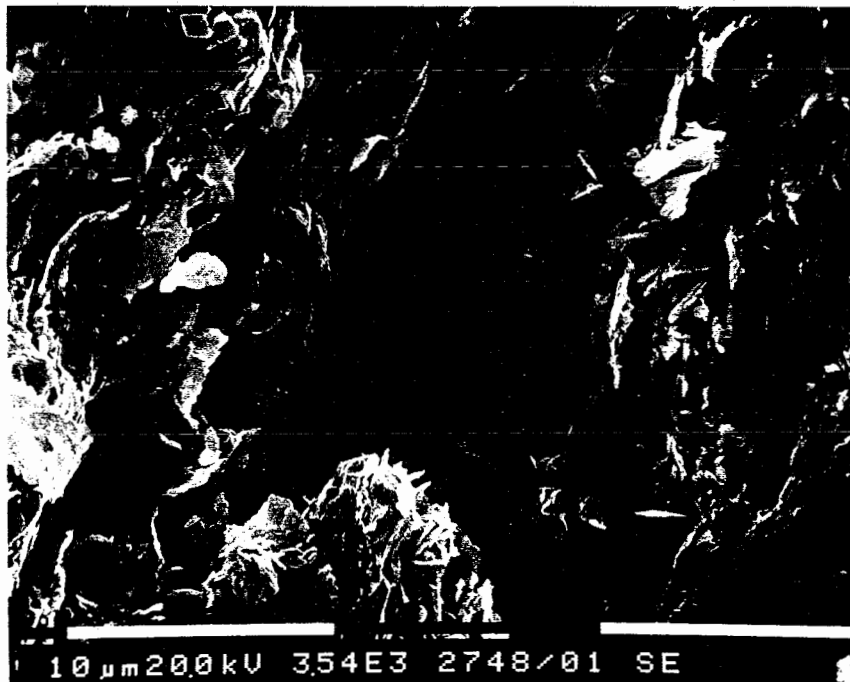


Fig. R7 Feine Spalte oder Porenraum, Pyritanreicherung
im oberen linken Bildrand, Coccolithen.
Bohrung 10/13.30 m Strecke - (=)



Fig. R8 Pyritkristalle z. T. mit Lösungserscheinungen.
Gipsnadelchen als Reaktionsneubildungen zwischen
Pyrit und Calcit ?
Bohrung 10/13.30 m Strecke - (=)

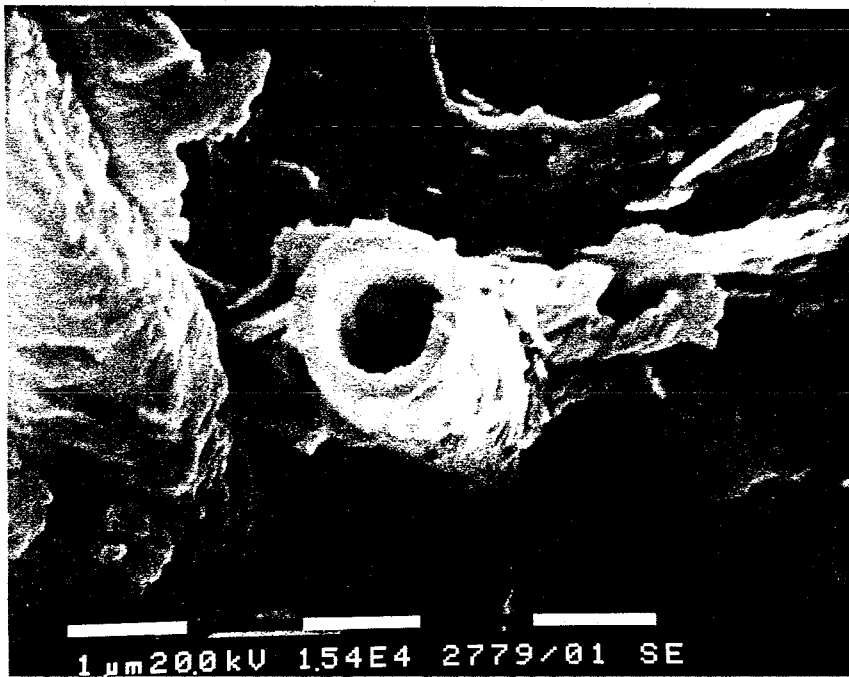


Fig. R9 Fragment eines Nannofossils, Stiel eines
Coccoliths ?
Bohrung 10/13.30 m Strecke - (=)

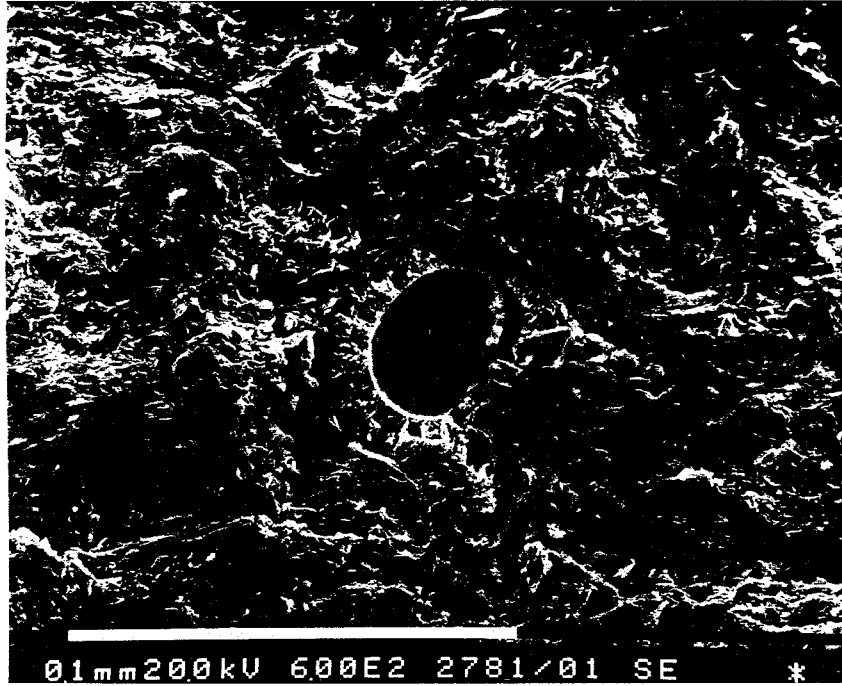


Fig. R10 kalkige Dinoflagellaten-Zyste? (Doppelwandig).
Bohrung 10/13.30 m Strecke - (=)

REM-Aufnahmen
Teufe: 341.86 m (Mittelalb/Bhrg. 11)
(RM 2546 - 47)

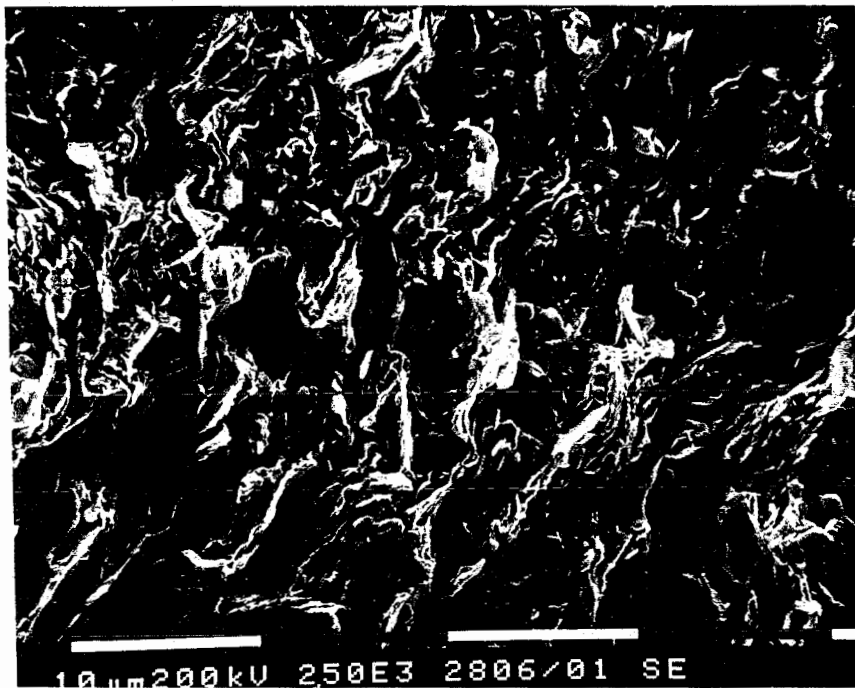


Fig. R11 Übersicht: schlieriges bis paralleles unregelmäßiges
Tonmikrogefüge (überwiegend Smektit).
Bohrung 11/3.44 m Strecke - ()

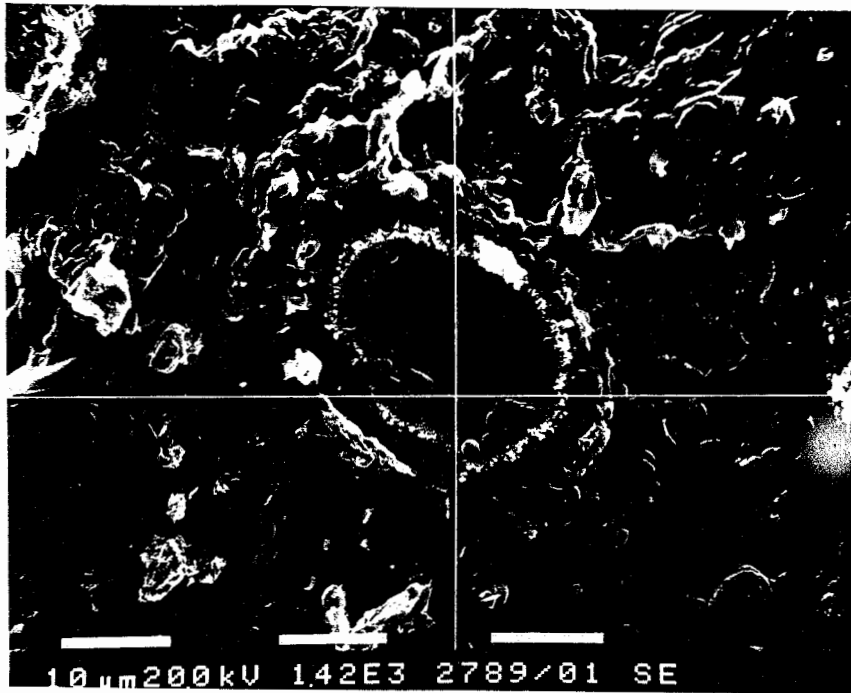


Fig. R12 Fragment eines Nanofossils mit aufgewachsenen NaCl-Kristallen.
Bohrung 11/3.44 m Strecke - ()



Fig. R13 framboidisches Pyritaggregat
Bohrung 11/3.44 m Strecke - ()

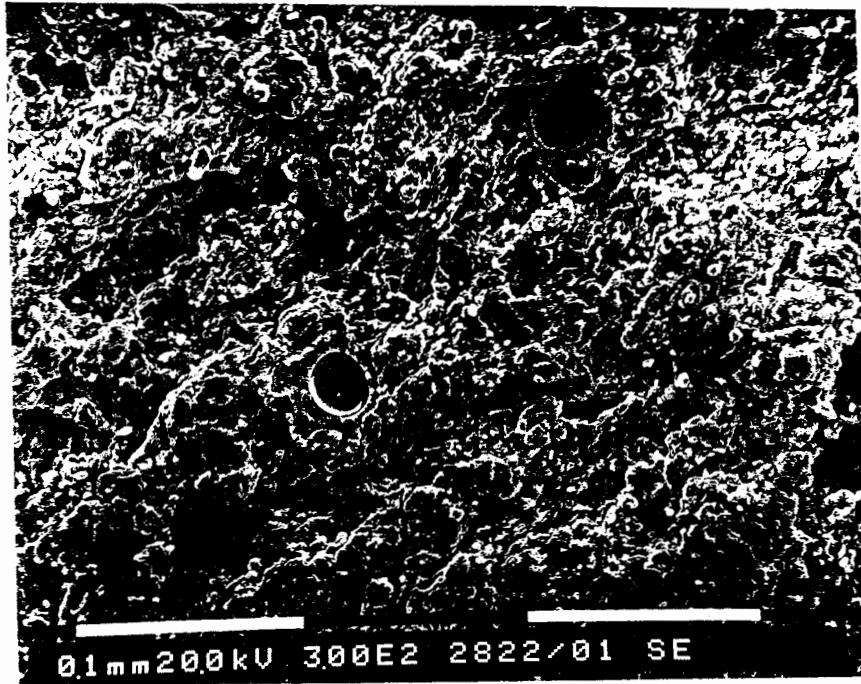


Fig. R14 Übersicht: In die mit NaCl überzogene Matrix (s. a. Elementverteilung Abb. 7) sind kalkige Dinoflagellaten-Zysten? eingelagert. Bohrung 11/3.44 m Strecke - ()

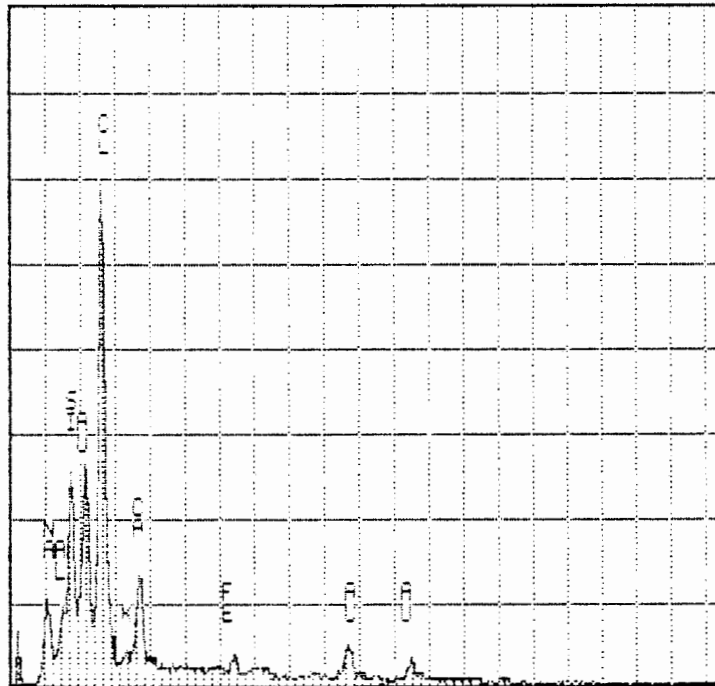


Abb.7 Elementverteilung der in Fig. R14 gezeigten Oberfläche



Fig. R15 Übersicht: schlieriges bioturbates Tongefüge mit Coccolithen.
Bohrung 11/39.90 m Strecke - ()

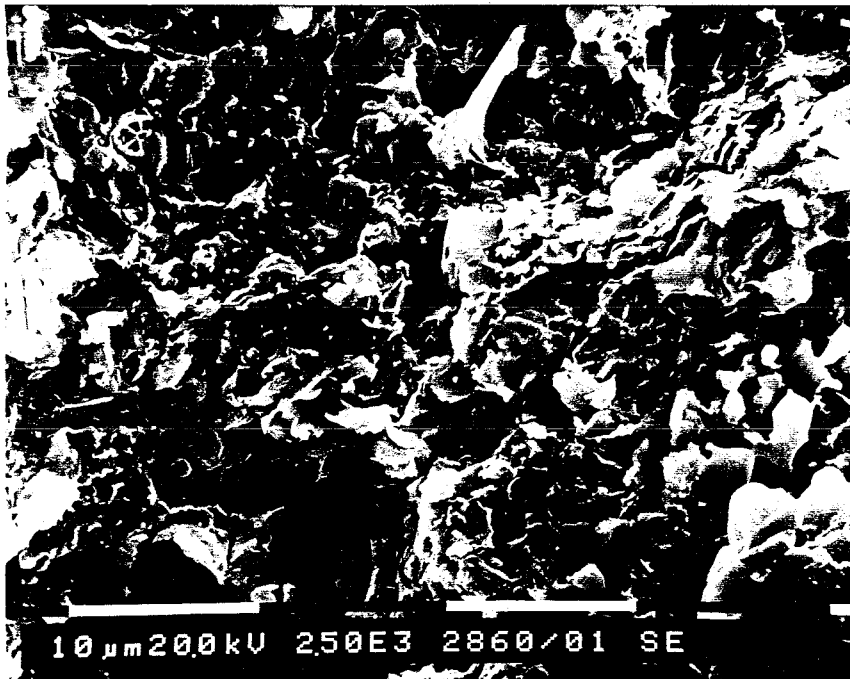


Fig. R16 Übersichtsaufnahme mit unregelmäßiger Anordnung
der Tonminerale, Coccolithen-Detritus.
Bohrung 11/39.90 m Strecke - (=)

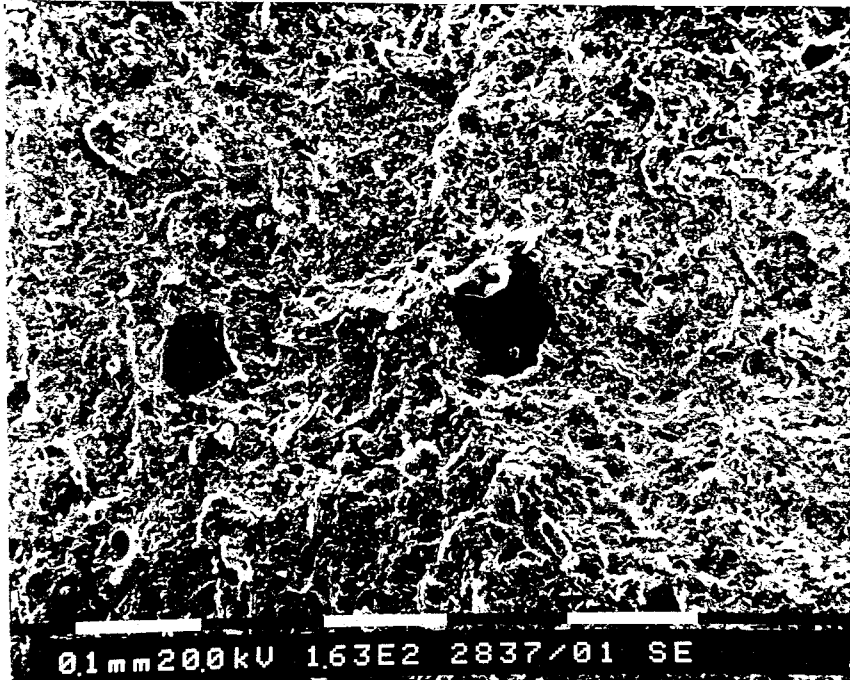


Fig. R17 Glaukonitkörner in mikrokristalliner
 toniger Matrix (Zentrum).
 Bohrung 11/39.90 m Strecke - (=)

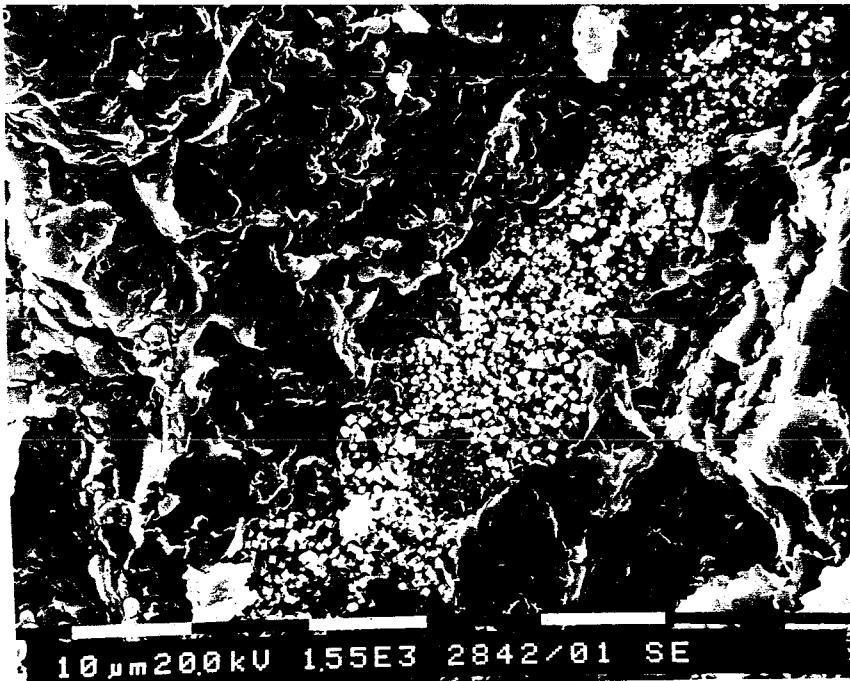


Fig. R18 Pyritnest in toniger Umgebung, z. T als Framboid.
 Bohrung 11/39.90 m Strecke - (=)

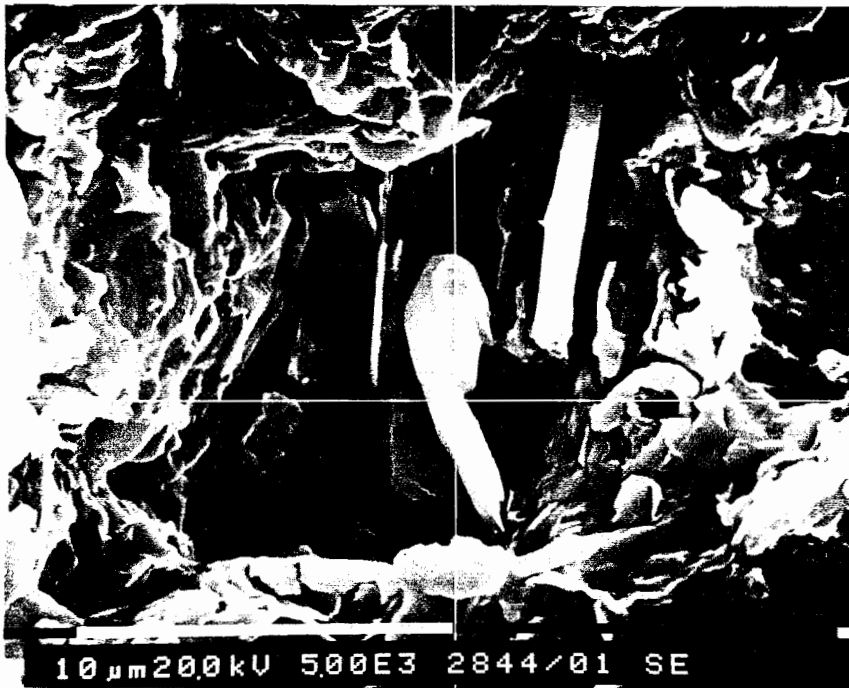


Fig. R19 Porenraum in smektitischen Ton, vereinzelte
Salzkristalle, Coccolithen.
Bohrung 11/39.90 m Strecke - (=)



Fig. R20 Gut erhaltener Coccolith umgeben von Smektit
Bohrung 11/39.90 m Strecke - (=)

REM-Aufnahmen
Korngrößenfraktionen
Teufe: 539.86 m (Mittelbarrême/Bhrg. 10)
(RM 2564 - 69)



Fig. R21 Übersicht von der Fraktion 2 - 6.3 μ.
Vorwiegend Coccolithen-Detritus,
Glimmerplättchen.
Bohrung 10/13.30 m Strecke



Fig. R22 Aggregate in der Fraktion 20 - 63 μ .
Bohrung 10/13.30 m Strecke

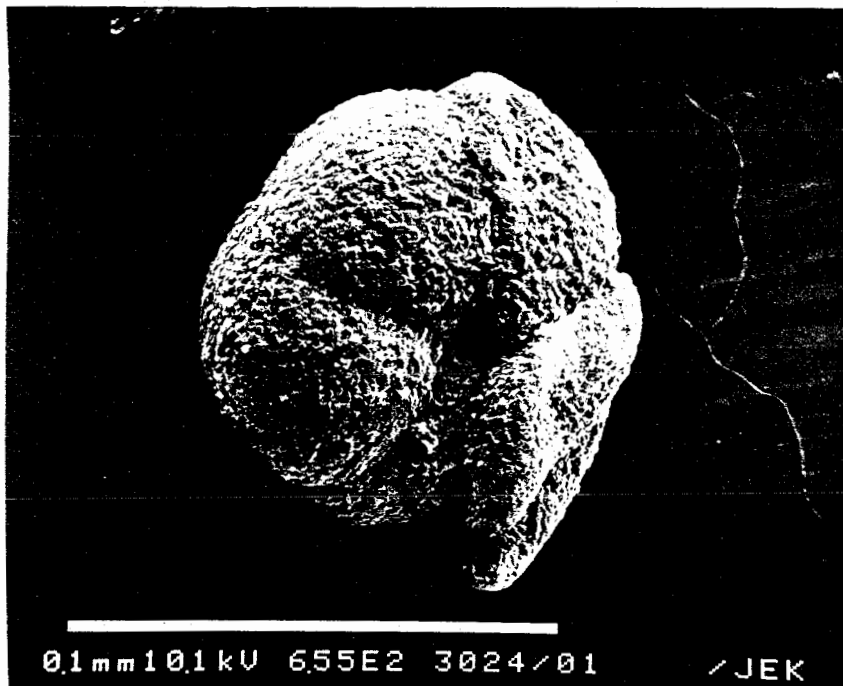


Fig. R23 Foraminifere, Fraktion > 63 μ .
Bohrung 10/13.30 m Strecke

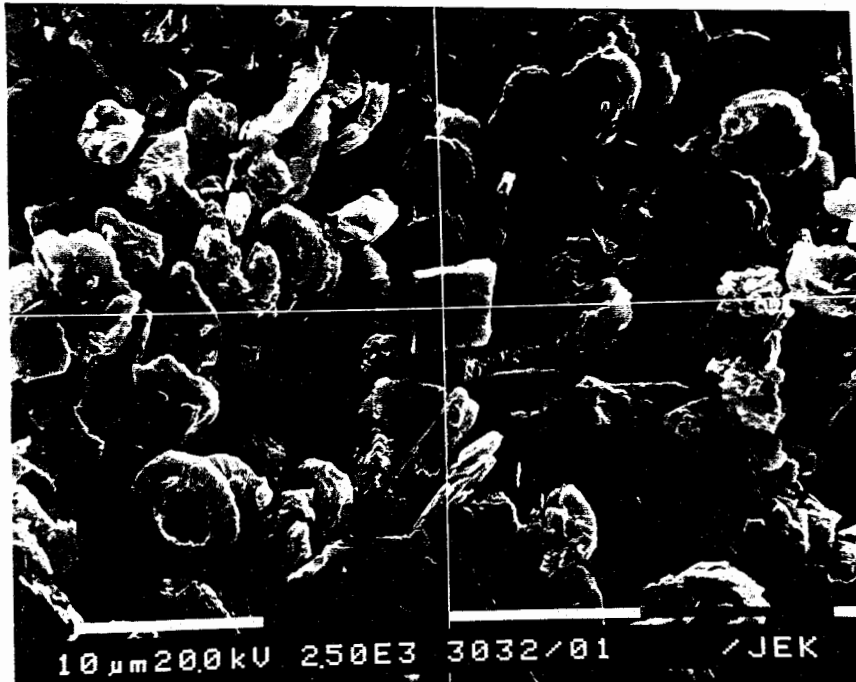


Fig. R24 Fraktion 2 - 6.3 μ mit Calcit-Rhomboeder
im Fadenkreuz.
Bohrung 10/15.55 m Strecke

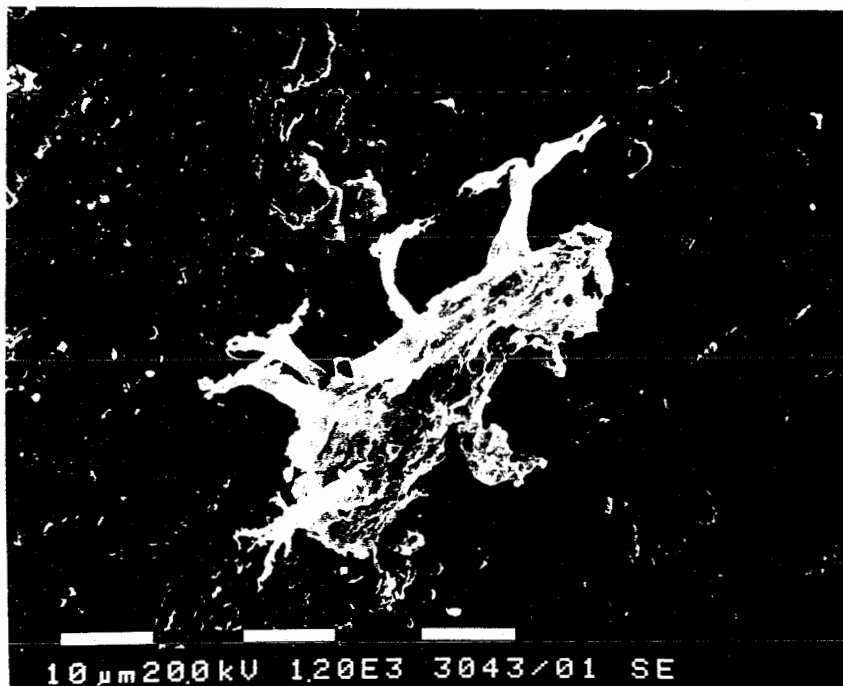


Fig. R25 Fragment eines Palynomorphen ?
Bohrung 10/15.55 m Strecke/Fraktion > 63 μ

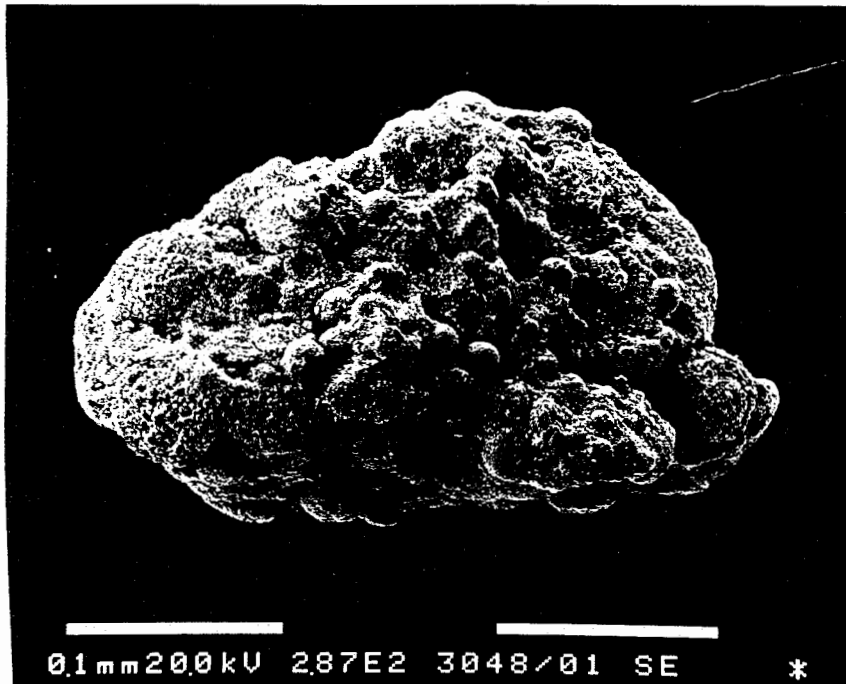


Fig. R26 Pyritaggregat mit framboidischen Nestern.
Bohrung 10/15.55 m Strecke/Fraktion > 63 μ

REM-Aufnahmen
Korngrößenfraktionen
Teufe: 341.86 m (Mittelalb/Bhrg. 11)
(RM 2570 - 81)



Fig. R27 Übersicht der Fraktion 2 - 6.3 µm mit Coccolithen-Detritus und angelöstes Glimmerplättchen (Al, Si, K und Fe mit EDX nachgewiesen).
Bohrung 11/3.44 m Strecke



Fig. R28 Aggregat aus Tonmineralen und Coccolithen-Detritus.
 oberer Bildrand kalkige Dinoflagellaten-Zyste?
 Bohrung 11/3.44 m Strecke/Fraktion 20 - 63 μ



Fig. R29 Übersicht der Fraktion 2 - 6.3 μ mit detritischen
 Coccolithen und plättchenförmigem Glimmer (Muskovit
 bzw. illitischer Muskovit).
 Bohrung 11/17.24 m Strecke

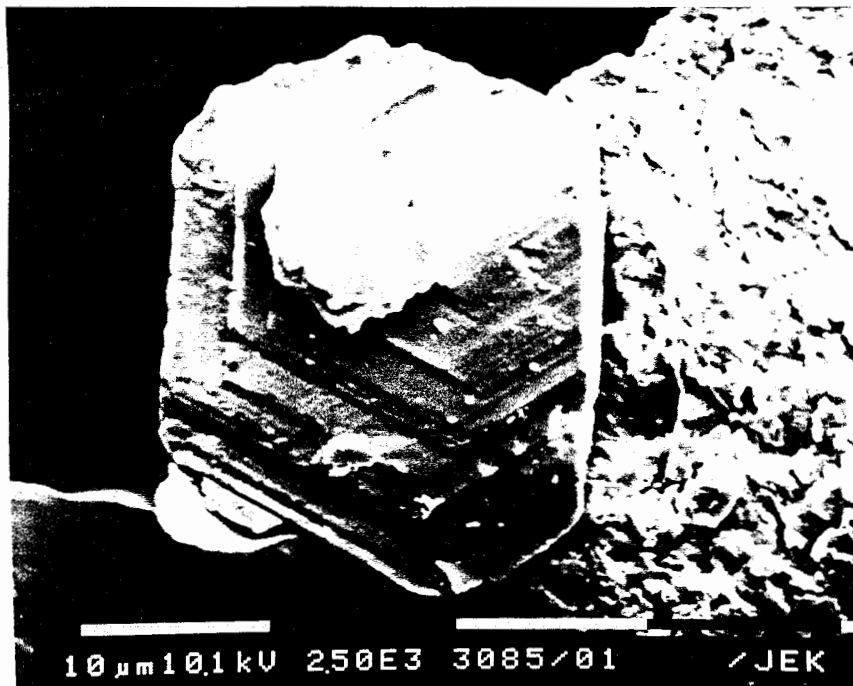


Fig. R30 Plagioklas mit Zonarbau.
Bohrung 11/17.24 m Strecke/Fraktion 20 - 63 μ

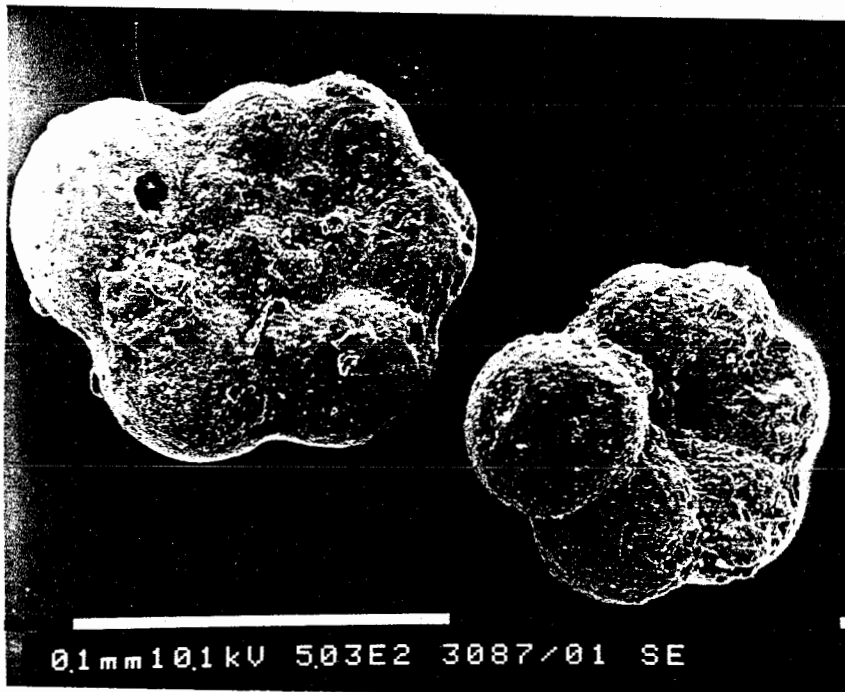


Fig. R31 Foraminiferen der Fraktion > 63 μ .
Bohrung 11/17.24 m Strecke