



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 N	X A A X X	A A	N N N N	N N
EU 032.1	9K	3196	-	HA	RB	001	00

Titel der Unterlage: Probenuntersuchung Tiefbohrung K 101 Ermittlung von Gesteinsparametern an Bohrkernen der Bohrung K 101	Seite: I.
	Stand: Januar 1986

Ersteller: TU-CLZ	Textnummer:
----------------------	-------------

Stempelfeld:

PSP-Element TP... 9K/21223	zu Plan-Kapitel: 3.1.9
----------------------------	------------------------

	PL	PL

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 der PTB.

Revisionsblatt



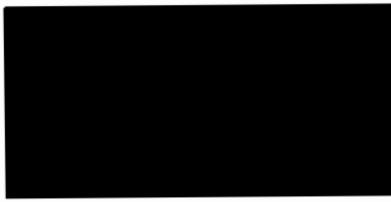
EU 032.1	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	3196	-	HA	RB	0001	00

Titel der Unterlage: Probenuntersuchung Tiefbohrung K 101 Ermittlung von Gesteinsparametern an Bohrkernen der Bohrung K 101	Seite: II.
	Stand: Januar 1986

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Institut für Geologie und Paläontologie
– Abteilung für Erdölgeologie –
Technische Universität Clausthal



Abschlußbericht zu TA 2219.26
Probenuntersuchung Tiefbohrung K 101

(Ermittlung von Gesteinsparametern an
Bohrkernen der Bohrung K 101)

Clausthal-Zellerfeld, im Jan. 1986



Projektleiter



Sachbearbeiter

Dieser Bericht wurde im Auftrag der PHYSIKALISCH TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (PTB) erstellt. Die PTB behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf der Bericht nur mit Zustimmung der PTB zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden. Er gibt die Meinung und Auffassung des Auftragnehmers wieder und muß nicht in jedem Fall mit der Meinung der PTB übereinstimmen.

Inhaltsverzeichnis

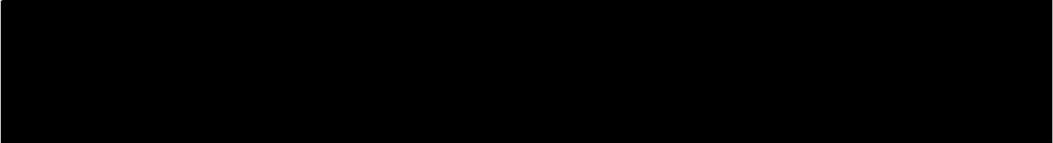
Zusammenfassung	Seite	1
Einleitung	Seite	2
Probenauswahl und Probenbezeichnung	Seite	3
Probenpräparation	Seite	4
Bestimmung der Effektivporosität	Seite	7
Gesamtporosität	Seite	10
Permeabilitätsmessungen	Seite	12
Bestimmung von CO_3^{2-} - und C_{org} -Gehalt	Seite	15
Rasterelektronenmikroskopie	Seite	17
Literaturverzeichnis	Seite	20
Probenbeschreibungen u. Versuchsergebnisse	Seite	21
CO_3^{2-} - und C_{org} -Analysen, Abbildungsverzeichnis .	Seite	174
Tabelle zur Beschreibung des Porenraumes	Anhang	

179 Seiten

98 Abbildungen im Text

1 Tabelle (Anhang)

Zusammenfassung



Ermittlung von Gesteinsparametern an Bohrkernen der
Bohrung K 101

Bohrung K 101, Karbonatgehalt, C_{org} -Gehalt, Luftpermeabilität,
Porosität, Porenraumbeschreibung.

An 180 Proben aus der Bohrung K 101 wurde der Karbonat- und C_{org} -Gehalt gemessen. An einem Teil dieser Proben wurde zusätzlich die Luftpermeabilität sowie die Effektivporosität bestimmt. Der Probenzustand bei der Messung wurde mit raster-elektronenmikroskopischen Untersuchungen dokumentiert und - soweit möglich - eine Beschreibung des Porenraumes geliefert. Der Bericht enthält neben den Meßergebnissen die Beschreibung der Versuchsbedingungen.

Einleitung

Im Zuge der Untersuchungen über die Schachtanlage Konrad wurde im Dezember 1984 mit dem Abteufen der Bohrung Konrad 101 begonnen. Diese Bohrung sollte frische, möglichst wenig veränderte Proben aus dem Deckgebirge des Erzlagers und seinem Liegenden liefern.

Die Abteilung für Erdölgeologie übernahm von den geplanten Versuchen an den Bohrkernen die Messung von Permeabilität und Porosität sowie die Bestimmung des Karbonatgehaltes. In einer gemeinsamen Besprechung von Vertretern der PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (Herr [REDACTED], Herr [REDACTED]), der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Herr [REDACTED]) und der Abteilung für Erdölgeologie (Herr [REDACTED], Herr [REDACTED]) wurden folgende Richtlinien festgelegt:

- Die Messung des Karbonatgehaltes erfolgt mit dem Coulomat 701 der Fa. Ströhlein durch Bestimmung von Gesamt-Kohlenstoff und durch anschließende Bestimmung von organischem Kohlenstoff. Die Abt. für Erdölgeologie erklärte sich bereit, die Analysenwerte für organischen Kohlenstoff zusätzlich zu den geforderten Karbonatanalysen abzugeben.
- Die Messung der Permeabilität erfolgt mit Luft. Es werden KLINKENBERG-korrigierte Werte angegeben. Auf die Simulation gebirgsähnlicher Druckverhältnisse wird soweit wie möglich verzichtet, da noch nicht genügend Erfahrungswerte über Tonsteine zur Verfügung stehen.
Anstelle dieser Simulation überprüft die Abt. für Erdölgeologie den Zustand jeder Probe im Elektronenmikroskop, um Fehlinterpretationen durch trockenungsbedingt hohe Permeabilität auszuschließen.
- Die Bohrkernkerne werden so frisch wie möglich zur Untersuchung geliefert. Die Abt. für Erdölgeologie kommt daher in regelmäßigen Abständen zur Bohrstelle K 101 bzw. zum Kernlager der BGR und wählt hier in Absprache mit der BGR die Proben aus.

Probenauswahl und Probenbezeichnung

- Proben zur Karbonatanalyse

Die Proben lieferte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in gemahlener Form. Sie sind mit einer fortlaufenden Nummer sowie der Bohrteufe in Metern gekennzeichnet.

- Proben zur Permeabilitäts- und Porositätsmessung

Diese Proben wurden von Vertretern der BGR und der TU Clausthal während mehrerer Kernbefahrungen nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt:

- Erhaltungszustand: Es wurden nur solche Kernstücke ausgewählt, bei denen eine Präparation möglich erschien. Dieses Kriterium schränkte die zur Verfügung stehende Probenanzahl, insbesondere in den Tonsteinen, stark ein.
- Makroskopische Gesteinsansprache sowie Bohrlochlogs: Anhand der Bohrlochlogs wurden Bereiche ähnlicher Gesteine definiert, innerhalb derer die Entnahme einer oder mehrerer Proben erfolgte. Wurden aus einem Bereich mehrere Proben ausgewählt, so lag je eine Probe im Kernmeter mit dem oberen/unteren Extremwert sowie eine Probe in einem mittleren Bereich.

Zusätzlich fand eine Auswahl nach makroskopisch erkennbaren Lithologieunterschieden statt, auch wenn sich diese Lithologien nur wenig oder gar nicht im Bohrlochlog erkennbar machten. Falls kleinräumige Lithologieunterschiede vorhanden waren, konnten von diesen wegen der beschränkten Probenzahl nur die wichtigsten berücksichtigt werden.

Probenpräparation

Die gebirgsfeucht entnommenen Kernabschnitte wurden sofort nach dem Eintreffen in Clausthal bearbeitet. Das Anfertigen von Prüfkörpern (30 mm Länge, 30 mm Durchmesser) erfolgte mit Wasserspülung, weil die trockene Präparation die Proben zu stark mechanisch beanspruchte und die Verlustrate daher zu groß war.

Die Anzahl der angefertigten Prüfkörper richtete sich nach den Bearbeitungsmöglichkeiten und nach dem zu erwartenden Probenzerfall: Insbesondere bei den Tonsteinen und Tonmergeln konnte aus den vorliegenden Kernabschnitten nur ein bis zwei unversehrte Prüfkörper angefertigt werden, weil die Innenkerne beim Bohren zerscherten. Die Ursache hierfür ist der geringe Spülungsdruck, durch den das Bohrklein nicht schnell genug weggeführt wird. Dieser Druck konnte nicht weiter erhöht werden, weil sonst der Außenkern, auf dem im Gegensatz zu Bohrungen im Gebirge kein vollständiger Gegendruck lastet, zerscherte.

Um die Verluste bei der Probentrocknung so gering wie möglich zu halten, verlief diese in mehreren Abschnitten:

Zunächst wurden die Proben im Trockenschrank abgedeckt auf 55°C erwärmt, anschließend wurde die Luftfeuchtigkeit über einen Zeitraum von 14 Tagen langsam gesenkt. Erst nach 14 Tagen wurden die Proben im Feinvakuum bei 55°C 24 Stunden lang nachgetrocknet.

Die Empfindlichkeit und die geringe Permeabilität der Gesteine erlaubte es nicht, die Proben in einer Soxhlet-Apparatur von Salzresten zu befreien.

Aus der Mitte der Probenreste, die beim Absaugen der Prüfkörper anfielen, wurde ein Stück zur rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung ausgewählt. Es erschien sinnvoll, dieses Stück ebenfalls nicht weiter zu reinigen, damit an ihm der Zustand des Prüfkörpers zuverlässig zu beobachten war. Ein Verlust an Aussagekraft mußte dabei in Kauf genommen werden.

Die restlichen Probenteile dienten zur Karbonat- und C_{org}-Analyse. Sie wurden in einer Kugelmühle aufgemahlen und homogenisiert.

Nach der Trocknung fand die Auswahl der Prüfkörper nach ihrem Erhaltungszustand statt: Soweit möglich erfolgte die Untersuchung nur an makroskopisch ungestörten und repräsentativen Prüfkörpern. In einzelnen Fällen war es nicht umgehbar, auch zweifelhafte Prüfkörper (mit Andeutung von Rissen, aber noch fest zusammenhängend) zu untersuchen, weil sich kein ungestörter Prüfkörper aus der Probe gewinnen ließ. In solchen Fällen mußten die Versuchsbedingungen auf den Probenzustand abgestimmt werden, wie in den Einzelkapiteln näher erläutert.

Bei einigen Kernabschnitten zerfiel das Gestein während der Anfertigung der Prüfkörper bereits vollständig. In diesem Fall konnte keine Messung der Permeabilität stattfinden, soweit möglich wurden Ersatzproben genommen.

In einem Fall (Probe 96/686) war die Größe der Einzelporen so hoch, daß ein Prüfkörper nicht repräsentativ für das Gestein sein konnte. Von diesem Kernabschnitt mußten mehrere Prüfkörper untersucht werden.

Abb. 1: Durch Trocknung erweiterte, makroskopisch sichtbare Risse am Kern 58/407

Abb. 2: Durch die übergroßen Poren ist ein Prüfkörper allein nicht repräsentativ für die Gesamtprobe (hier : Kern 96/686)

Bestimmung der Effektivporosität

Grundsätzlich ist die Bestimmung der Effektivporosität an der Abteilung für Erdölgeologie auf verschiedene Arten möglich. Für diese Messung wurde die Tauchmethode angewendet, weil sie bei niedrig permeablen Proben die größte Zuverlässigkeit gewährleistet:

Die Proben wurden trocken auf der Analysenwaage gewogen und anschließend ca. 6 Stunden evakuiert. Während des Evakuierens wurden die Proben durch Zugabe von Flüssigkeit getränkt und anschl. weitere 12 Stunden im Vakuum unter Flüssigkeit aufbewahrt. Als Tauchflüssigkeit mußte Tetrachlorkohlenstoff dienen, weil das ungiftigere und heute daher fast ausschließlich verwendete Isoopropanol zu Probenzerstörungen führte (siehe Abbildung). Nach der Tränkung konnte durch eine Tauchwiegung in Tetrachlorkohlenstoff der Auftrieb der Probe sowie durch eine Naßwiegung die aufgenommene Flüssigkeitsmenge ermittelt werden.

Aus diesen Daten berechnet sich die Effektivporosität nach der Formel:

$$\varnothing = \frac{M_{\text{naß}} - M_{\text{trock}}}{M_{\text{naß}} - M_{\text{get}}} \cdot 100$$

mit

- \varnothing = Effektivporosität (%)
- M_{trock} = Masse der trockenen Probe
- $M_{\text{naß}}$ = Masse der getränkten Probe
- M_{get} = Masse der in Flüssigkeit getauchten Probe

sowie die Feststoffdichte ρ_{Fest} (inklusive Totporen)

$$V_{\text{Fest}} = \frac{M_{\text{tr}} - M_{\text{get}}}{\rho_{\text{CCl}_4}} \quad \text{und} \quad \rho_{\text{Fest}} = \frac{M_{\text{tr}}}{V_{\text{Fest}}}$$

und die Bulkdichte ρ_{Bulk}

$$V_{\text{Bulk}} = \frac{M_{\text{naß}} - M_{\text{get}}}{\rho_{\text{CCl}_4}} \quad \text{und} \quad \rho_{\text{Bulk}} = \frac{M_{\text{tr}}}{V_{\text{Bulk}}}$$

mit ρ_{CCl_4} = Dichte des Tetrachlorkohlenstoffs.

Unter Einhaltung einer ausreichenden Tränkungszeit sowie nach sorgfältiger Trocknung der Proben läßt sich die Porosität mit der Tauchmethode auf $\pm 0.5 \%$ (absolut) genau bestimmen. (siehe auch C. SCHMID 1953). Als Kontrolle dienten bei den hier vorliegenden Messungen die Reserve-Prüfkörper: Von einem Kernabschnitt wurde jeweils die Hälfte der Kerne in einem Meßgang, die andere Hälfte im darauf folgenden Meßgang gemessen. Zeigten sich hierbei Abweichungen in Porosität und Dichte, die nicht mit makroskopisch sichtbaren Unterschieden erklärt werden konnten, so wurde die Messung wiederholt.

Bei einigen Proben, bei denen sich die Porosität der Prüfkörper unterschied, sind alle Angaben in der Probenbeschreibung vorhanden. Mußten zur Porositätsmessung Kerne mit makroskopisch sichtbaren Rissen herangezogen werden, so wurden diese vor der Messung, soweit möglich, entlang des Risses gebrochen und die Hälften einzeln gemessen, um möglichst wenig Kluftporosität zu messen.

Abb. 3 : Auswirkung der Isopropanoltränkung auf die Proben

Durch die nachlassende Leistung der Vakuumpumpe stellte sich mit zunehmender Meßdauer ein systematischer Fehler ein, der anhand der Wiederholungsmessung nach Vorliegen aller Ergebnisse sichtbar wurde. (Auf Grund von Luftdruckschwankungen fiel die nachlassende Pumpenleistung zunächst nicht auf). Aus Gründen der Genauigkeit fand daher eine Nachmessung an allen Prüfkörpern statt. Um hierbei neben dem Fehler der Vakuumpumpe auch die Auswirkung des schnell verdunsteten Tetrachlorkohlenstoffs feststellen zu können, fand die Wiederholungsmessung mit Kerosin als Tränkungsmedium statt. Um die höhere Viskosität des Kerosins auszugleichen, wurde die Tränkungszeit verlängert. Unter diesen Bedingungen konnte gezeigt werden:

- Bei Einhaltung einer ausreichenden Tränkungszeit sind die gemessenen Werte von der Tetrachlorkohlenstoff- und Kerosintränkung vergleichbar.
- Die Verdunstung des Tetrachlorkohlenstoffs besaß keinen Einfluß auf die Meßergebnisse innerhalb der angegebenen Genauigkeit.
- Soweit sich die einzelnen Prüfkörper einer Probe nicht unterscheiden, lag die Genauigkeit der Messungen bei $\pm 0.6\%$ (absolut).
- Die zuvor berechneten Daten weichen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, um weniger als 2% von den gemessenen Werten ab. In den Ausnahmefällen lag die Korndichte durch den Anteil von C_{org} niedriger als erwartet.
- Von der ersten Meßreihe (mit Tetrachlorkohlenstoff) zeigten die Ergebnisse der ersten drei Versuche keinen Fehler durch die nachlassende Leistung der Vakuumpumpe.
- Weitere Fehlerquellen waren nicht feststellbar.

Gesamtporosität

Die Bestimmung der Gesamtporosität erfolgte am aufgemahlten Probenmaterial.

Von einem vorher abgewogenen Probenteil wurde im Beckman-Pyknometer das Volumen bestimmt.

Anhand der aus Masse und Volumen berechneten Feststoffdichte und der Bulkdichte (Tauchmethode) berechnet sich die Gesamtporosität nach der Formel

$$\varnothing_{\text{ges}} = 1 - \frac{\rho_{\text{Bulk}}}{\rho_{\text{Fest}}} \cdot 100$$

Dieser Teil der Porositätsmessung ist als besonders kritisch anzusehen, weil einerseits die Fehler von zwei Meßreihen (Tauchmethode und Pyknometer) in die Ergebnisse eingehen und andererseits die Volumenmessung an pulverförmigen Substanzen mit hoher Oberfläche (Tone) zu Fehlern in der Messung führen.

Eine Wiederholungsmessung mit Helium zeigte, daß erst nach ca. 9facher Evakuierung und Spülung die Luft aus der Meßkammer soweit verdrängt war, daß Adsorption von Luft-Stickstoff keinen Einfluß auf die Meßergebnisse besitzt. Dies entspricht einer Evakuierungszeit von ca. 6 bis 8 Stunden, da durch schnellere Spülung mit größerem Druck die Membrane des Gerätes zerstört wird.

Es handelt sich bei den hier aufgeführten Problemen einerseits um einen gerätetypischen konstruktionsbedingten Fehler, andererseits aber um eine probenspezifische Schwierigkeit (hohe spezifische Oberfläche, die durch die Pulverform verstärkt wird).

Bei zuvor im anderen Zusammenhang gemessenen Proben trat diese Schwierigkeit nicht auf.

Die ermittelten Meßergebnisse wurden aus folgenden Gründen nicht in den Bericht aufgenommen:

- Die ermittelten Dichtewerte hingen von der Einwaage der Probe ab (Adsorptionseffekt)
- Die Dichtewerte lagen in vielen Fällen so deutlich über den Dichtewerten, die sich aus der Bestimmung der Effektivporo-

sität ergaben, daß sie als unwahrscheinlich abzulehnen sind. Die aus ihnen berechnete Totporosität betrug bis zu 9,1 %, die Dichte war insbesondere für die Tone zu hoch (bis 2,86 g/cm³).

Die im Bericht angegebene Korndichte ist daher der Messung der Effektivporosität entnommen und bezieht sich auf die Dichte der Feststoffe inklusive Totporen.

So weit im Rasterelektronenmikroskop Totporen zu sehen waren, findet sich in der Probenbeschreibung ein entsprechender Hinweis. Betroffen hiervon sind vor allem die karbonatischen Proben unterhalb von 700 Meter Teufe.

Permeabilitätsmessungen

Die Permeabilität der Proben wurde in einem von der Abteilung für Erdölgeologie gebauten Gerät mit Luft gemessen:

Das Gerät besteht aus

- einer Steuereinheit für den Fließdruck, die für einen maximalen Fließdruck von 40 bar ausgelegt ist,
- einer Probenhalterung ähnlich einer Hasslerzelle, in der Kerne mit variablem Durchmesser (bis 10 cm) und variabler Länge (bis 14 cm) bei einem annähernd triaxialen Druck von bis zu 1400 bar (Manteldruck) gemessen werden können,

oder alternativ

- einer Probenhalterung (Hersteller Haux Support) für Kerne bis zur Größe $d = 200$ mm und $l = 300$ mm, die Manteldrucke bis 100 bar erlaubt,
- und einem Durchflußmesser nach dem Seifenblasenprinzip für Durchflußmengen von 0,2 bis 100 cm³.

Vereinbarungsgemäß wurde zunächst unter Standard-Laborbedingungen, d. h. bei einem Manteldruck von 20 bar gemessen. Die hierbei ermittelten Werte zeigten jedoch bei einem großen Teil der Proben (Tonsteinen, Tonmergelsteinen und teilweise auch Mergelsteinen), daß die Permeabilität durch Ribbildung wesentlich zu hoch und für die Proben untypisch war.

Aus diesem Grunde wurden alle Proben, bei denen der Verdacht auf Ribbildung nahe lag, der aufwendigen Messung unter gebirgsähnlichen Druckverhältnissen unterzogen. Die jeweilige Meßart ist in der Probenbeschreibung angegeben.

Als Versuchsbedingungen wurden dabei die Werte

lithostatischer Druck = Teufe x 0,25

hydrostatischer Druck = Teufe x 0,1

effektiver Druck = Teufe x 0,15

angenommen.

Die Proben wurden, um Neuverformung durch übermäßigen Druck zu vermeiden, bei einem maximalen Fließdruck p_1 am Probeneintritt entsprechend dem hydrostatischen Druck gemessen. Der Manteldruck wurde mit der Summe von Fließdruck und Effektivdruck, d. h. maximal mit dem lithostatischen Druck festgelegt. Um nicht nach jeder Fließ-

druckänderung den Manteldruck erhöhen zu müssen, was zu einer Verformung der Probe geführt hätte, wurden die Fließdruckstufen bei Beginn der Messung festgelegt und der Manteldruck P_M nach der Faustregel

$$P_M = \overline{P_1} + \text{Teufe} \times 0,15$$

mit $P_M <$ lithostatischer Druck

$\overline{P_1} >$ hydrostatischer Druck

eingestellt.

Wie in der Einleitung erwähnt, ist diese Simulation gebirgsähnlicher Druckverhältnisse kritisch, sie erwies sich nach den anfangs gemachten Erfahrungen jedoch als die einzige Möglichkeit, die Porenpermeabilität der tonhaltigen Proben zu ermitteln.

Da noch keine ausreichenden Erfahrungswerte über das Verhalten von trockenen, tonigen Proben bei Belastung mit Druck vorliegen, muß dieses Meßverhalten vorläufig als das zuverlässigste angesehen werden. Trotzdem sind Abweichungen von im Gebirge ermittelten Permeabilitäten nicht nur möglich, sondern sogar sehr wahrscheinlich. In jedem Fall erlaubt dieses Verfahren eine weitaus bessere Differenzierung zwischen niedrig-permeablen Proben, da bei den oben erwähnten Standardbedingungen keine KLINKENBERG-Korrektur unterhalb von 10^{-2} mD und keine weitere Differenzierung unter 10^{-3} mD möglich ist (Durchfluß zu gering).

Mit dem hier angewendeten Meßverfahren ist eine brauchbare KLINKENBERG-Korrektur bis zu Permeabilitäten von 10^{-5} mD und eine Abschätzung der Permeabilität bis zu 10^{-6} mD möglich. Unterhalb dieser Werte ist in der Probenbeschreibung ein Vermerk zu finden.

Die Berechnung der Luftpermeabilität erfolgte nach dem Gesetz von d'ARCY:

$$K = \frac{1000 \cdot 4 \cdot \eta \cdot l}{\tilde{\eta} \cdot d^2} \cdot \frac{Q/t \cdot P_L}{(P_L + \Delta_P) \cdot \Delta_P}$$

mit

- K : Luftpermeabilität (mD)
 η : Viskosität des Fließmediums (cP)
hier: Luft (20°C): 0,01799 cP

l : Probenlänge (cm)
d : Probendurchmesser (cm)
Q : Durchflußmenge (cm³)
t : Durchflußmeßzeit (sec)
 P_L : atmosphärischer Luftdruck (bar)
entsprechend dem Druck an der Probenauslaßseite (P_2)
 ΔP : Differenzdruck (bar) $P_1 - P_2$

Die Messung erfolgte je nach Permeabilität der Probe bei 3 bis 7 verschiedenen Differenzdrücken. Mit den hierbei ermittelten unterschiedlichen Permeabilitäten wurde eine graphische KLINKENBERG-Korrektur durchgeführt, in dem in einem Diagramm die Luftpermeabilität (y-Achse) gegen den mittleren Porendruck ($P_1 + P_2 / 2$) aufgetragen und die Meßwerte mit einer Geraden verbunden wurden. Der Durchstoßpunkt der Geraden durch die y-Achse ist als K_∞ oder KLINKENBERG-korrigierte Permeabilität angegeben.

Die Steigung der Geraden (=KLINKENBERG-Konstante) lag je nach Permeabilität zwischen 0,2 und ca. 20. Da bisher noch viel zu wenig Vergleichswerte von Tonsteinen aus der Literatur bekannt sind, wurde zusätzlich zu der so ermittelten Permeabilität bei einigen Proben eine zweite Permeabilität berechnet, für die die von MIESSNER veröffentlichten KLINKENBERG-Konstanten angenommen wurden. Hierdurch erhöht sich die Permeabilität der undurchlässigsten Proben bis maximal um den Faktor 2. Bis zum Vorliegen einer ausreichenden Anzahl von Meßdaten muß jeweils die höhere Permeabilität als wahrscheinlich angenommen werden.

Bestimmung des Karbonat- und C_{org}-Gehaltes

Die Bestimmung dieser Anteile erfolgte im Coulomat 701 der Firma STRÖHLEIN Labortechnik.

Zunächst wurden jeweils 50mg der getrockneten Probensubstanz im Heizofen unter Sauerstoff verglüht (900°C). Hierbei verbrennt der gesamte Kohlenstoff zu CO₂. Die sich ebenfalls gebildeten Schwefeldioxide und Halogene, die das Analyseergebnis beeinflussen, werden durch Chemisorption in einem mit Silberwolle beladenen Ofen bei einer Temperatur von 500°C entfernt.

Am Ausgang der Ofenkombination befindet sich eine Wasserfalle, die den Wasserdampf kondensiert.

Mit Hilfe des Sauerstofftränergasstromes wird das Verbrennungsgas CO₂ von einer Förder- und Dosierpumpe in ein mit basischer Bariumperchloratlösung gefülltes Gefäß gefördert und dort adsorbiert, wodurch die Alkalität der Lösung sinkt. Durch elektrolytisch erzeugtes Bariumhydroxid wird automatisch auf den pH-Ausgangswert zurücktitriert. Ein mehrstelliger elektronischer Zähler summiert die zur Rücktitration verbrauchte Elektrizitätsmenge. Diese wird an einer sechsstelligen Anzeige digital abgelesen. Sie ist aufgrund der Faraday'schen Gesetze eine absolute Meßgröße für den Kohlenstoffgehalt der Probe. Ein Zählerimpuls entspricht dabei 2×10^{-7} g Kohlenstoff.

Ein Zeitglied gewährleistet einen gleichmäßigen Arbeitsrhythmus und eine eindeutige Berücksichtigung des Blindwertanteils.

Es ist möglich, 0,5 mg/l bis in die höchsten Konzentrationen Kohlenstoff zu bestimmen. Die Genauigkeit des Gerätes wird vor jeder Meßreihe mit Standardproben überprüft. Vor jeder Meßreihe (5 Proben) findet eine Blindmessung statt.

Die so bestimmte Kohlenstoffmenge entspricht dem C-Gesamtgehalt.

Um den Anteil an C_{org} zu bestimmen, wurden aus Gründen der Genauigkeit die Karbonate chemisch entfernt und nicht - wie von STRÖHLEIN vorgeschlagen - durch Vorheizen ermittelt.

Weitere 50 mg der Probe wurden mit konzentrierter HCl bei über $120^{\circ}C$ mehrfach behandelt, um durch CO_2 -Entwicklung den karbonatischen Kohlenstoff zu vertreiben. Eine erneute Analyse im Coulomaten ergibt den C_{org} -Anteil. Durch Abzug dieses Anteiles vom C_{gesamt} -Gehalt und Multiplikation mit den Atomgewichten ergibt sich der CO_3 - Gehalt.

Für jede Probe wurde die Messung dreimal wiederholt.

Bei anfänglichen Versuchen mit einer Karbonatentfernung durch 10 prozentige Salzsäure blieben Restkarbonate in der Probe, die das C_{org}/C_{karb} -Verhältnis verfälschten. Wir danken Herrn RÖSCH /BGR nochmals für den Hinweis auf diese Fehlerquelle. Alle Messungen wurden nach der oben beschriebenen Methode wiederholt.

Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Bei dem REM der Abteilung für Erdölgeologie handelt es sich um ein Leitz-ISI Super III a. An dieses Gerät sind ein BSD-Halbleiter-Ringdetektor sowie über einen PGT - Röntgendetektor ein EDX-Gerät, Marke Nuclear Data ND 60, zur energiedispersiven Röntgenspektroanalytik (EDX) gekoppelt. Vom EDX-Gerät ist eine Schreiberausgabe auf einen Commodore-Drucker möglich.

Das EDX-Gerät diente zur Identifizierung der im REM-Bild sichtbaren Minerale (qualitative Auswertung), nicht aber zur quantitativen Analytik. In vielen Fällen wurde daher auf eine mineralogische Beschreibung verzichtet, um Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Die Vorbereitung der Proben erfolgte analog zu den Prüfkörpern für Permeabilitäts- und Porositätsmessungen, weil in erster Linie mit den REM-Untersuchungen der Probenzustand dokumentiert werden sollte. Vorwiegend auf Grund dieser Untersuchungen fiel die Entscheidung, die Permeabilitätsmessungen unter gebirgsähnlichen Druckverhältnissen durchzuführen, weil zu viele Proben präparative Auflockerungserscheinungen erkennen ließen.

Leider bedingte die Präparation, daß die REM-Untersuchungen nur wenig Aufschluß über die diagenetische Entwicklung des Porenraumes erbrachten. Hierzu wäre eine vollständige Reinigung der Proben von Salzurückständen notwendig gewesen, die REM-Untersuchungen hätten dann aber keine Rückschlüsse auf den Probenzustand bei der Permeabilitätsmessung erlaubt.

In einigen Fällen wurde dennoch versucht, soweit es die Probe ermöglichte, die Porenstruktur zu beschreiben.

Diese Beschreibungen sind mangels RDA-Analytik, Dünnschliffen und Vitritreflexion ausdrücklich als Interpretationsversuch zu bewerten. Insbesondere genetische Rückschlüsse auf die Entstehung des Porenraumes sind bei Mergeln und Tonsteinen sehr gewagt, weil die Erfahrungen auf diesem Gebiet gering sind.

So mußte z. B. für die Porenraumbeschreibung die Karbonatklassifizierung von CHOQUETTE & PRAY sowie die Sandsteinbeschreibung von SCHMIDT, McDONALD & PLATT verwendet werden.

Beide Beschreibungen befinden sich zum Vergleich mit den Bildern auf einer Ausklappseite im Anhang. Die Porenraumansprache in Kurzform fand ebenfalls nach der, von CHOQUETTE & PRAY entwickelten Methode statt. Sie setzt sich aus einer Buchstabenfolge zusammen, die in folgender Reihenfolge Informationen zum Porenraum gibt:

- Ursache der Porenentwicklung (Lösung, Zementation)
- Wirkung (erweitert, verkleinert)
- Zeit der Porenentstehung (primär, sekundär) mit den genaueren Einstufungen (prä-, syn-, eo-, meso-, telo-)
- Größe der Poren (mega-, meso-, mikro-)
- Porentyp

Auf die Verwendung folgender Begriffe wurde verzichtet, weil sie entweder im REM nicht sicher identifizierbar oder über ihre Ausbildung in Tonen zu wenig bekannt ist:

fenestral, growth-framework, boring, burrow, filled

Hierzu ist anzumerken, daß in vielen Fällen fenesterartig (fenestral) angeordnete Poren in den Tonen zu sehen waren, die aber von der Größe her nicht mit demselben Porentyp in Karbonatgesteinen zu vergleichen sind. Hier wurde auf die allgemeine Beschreibung „interpartikulär“ zurückgegriffen.

Um innerhalb der Größe differenzieren zu können, wurden die von CHOQUETTE & PRAY vorgeschlagenen Begriffe modifiziert angewendet. In den vorliegenden Untersuchungen bedeutet :

- mc (Mikropore)	Durchmesser	kl. 2 μm
- sms (kleine Mesopore)		2 - 20 μm
- lms (große Mesopore)		20 - 63 μm
- smg (kleine Megapore)		63 - 125 μm
- lmg (große Megapore)		gr. 125 μm

Die Bezeichnung „intrakristallin“, die bei CHOQUETTE & PRAY nicht zu finden ist, wurde nur angewendet, wenn sich innerhalb eines Kristalles Poren zeigten und die Form des Kristalles andeutete, daß es durch die Präparation aufgebrochen war (Schnittfläche freigelegt).

Die Untersuchungen an den Proben wurden in jedem Fall mit einer Abbildung je Probe dokumentiert. Leider weist ein Teil der

Abbildungen nicht die wünschenswerte Qualität auf, weil im Laufe der Untersuchungen durch einen Defekt am REM (Öl aus der Diffusionspumpe zieht in die Probenkammer) die Auflösung zurückging. In jedem Fall reicht aber die Auflösung zur Beurteilung des Probenzustandes aus.

Von sekundärer Porosität wurde in diesem Bericht nur gesprochen, wenn mindestens zwei der acht Kennzeichen von SCHMIDT zutrafen. In der Regel handelte es sich bei einem dieser Kennzeichen um übergroße (oversized) Poren. Dieser Begriff trat dann zu, wenn die Probenstruktur auch gegenüber einer Koagulationsedimentation zu große Poren zeigte. Es wird nicht ausgesagt, ob diese Porosität an die Tone selber gebunden ist oder organogene bzw. karbonatische Anteile der Probe.

Literaturverzeichnis

CHOQUETTE & PRAY in:

SCHOLLE: Carbonate rock constituents, textures, cements and porosities, AAPG Memoir, 27, Tulsa 1978



Skript zum Unteruniversitäten Kurs Diagenese klastischer Sedimente, München 1985

MÜLLER, G.:

Methoden der Sedimentuntersuchung, Teil 1, Stuttgart 1964

SCHMID, C.:

Ringversuche zur Überprüfung der Zuverlässigkeit von Porositäts- und Permeabilitätsmessungen an Gesteinsproben, Erdöl und Kohle, 6, S. 442 - 446, Hamburg 1953

SCHMIDT, McDONALD & PLATT in:

SCHOLLE: Constituents, textures, cements and porosities of sandstones and associated rocks, AAPG Memoir, 28, Tulsa 1979

WELTON, J. E.:

SEM petrology atlas, AAPG methods in exploration series, Tulsa 1984

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 27	Kiste 148
Teufe: von 154,34	bis 154,49 m
Stratigraphie: Oberkreide, Unterturon	
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]	53.5
C_{org} -Gehalt [%]	0.2
Porosität (effektiv) [%]	Ø 8.4
Bulkdichte [g/cm ³]	2.48
scheinb. Korndichte [g/cm ³]	2.71
Luftpermeabilität [mD]	5×10^{-3}

Porenraum:

Die Porosität besteht aus Mikroporen in Zwickeln der karbonatischen Matrix, deren Durchmesser zum Teil durch Kalzitneubildungen verringert ist. Die Porosität der Prüfkörper wich um maximal 0,4 % vom Mittelwert ab.

Bemerkungen:

Die Permeabilität wurde unter Laborbedingungen gemessen. Die Werte von fünf Vergleichsprüfkörpern schwanken nur gering.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 154,34 - 154,49 m

BOHRUNG: K 101

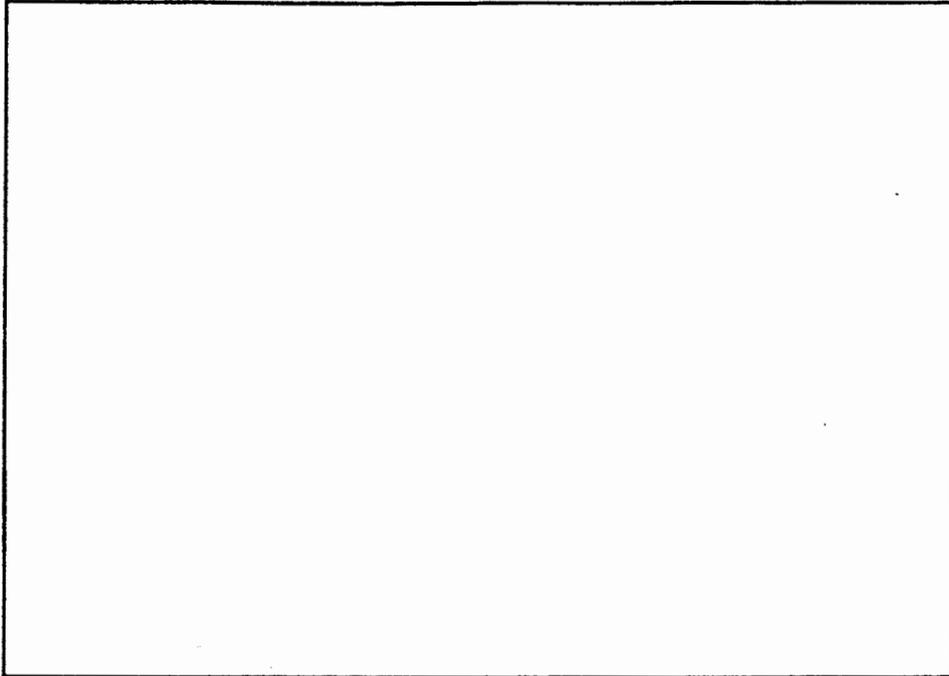


Abbildung Nr: 4

Vergrößerung: 3000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Detailaufnahme, in der die Verkleinerung der Poren durch Kalzitwachstum gut zu erkennen ist: Der radialstrahlig gewachsene Kalzit zeigt den ursprünglichen Porendurchmesser an (ca. 9 μm). Die ursprünglich ca. 9 μm große Pore ist auf einen Durchmesser von 1 μm reduziert. Neben dieser - für die Probe - ungewöhnlich großen Pore liegt Porenraum in Zwickeln zwischen den Kalzitkristallen vor.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd mc BC (große Pore)

Pd mc BC (Zwickel)

Pd mc intrakristallin (Einschlüsse)

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 154,34 - 154,49 m

BOHRUNG: K 101

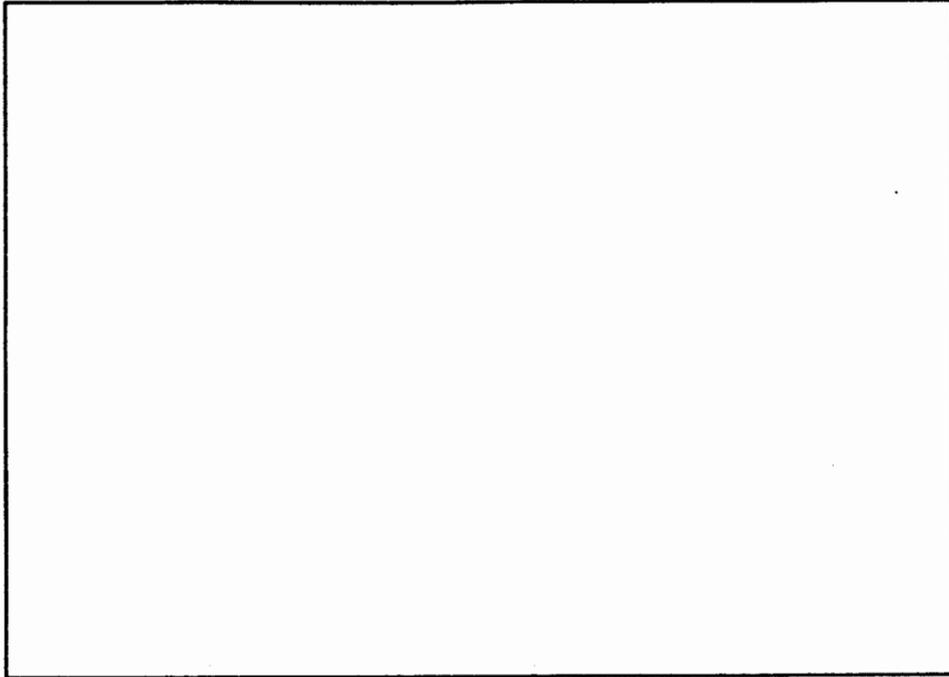


Abbildung Nr: 5

Vergrößerung: 1800 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Fossilrest (Calcisphere ?) mit radialstrahlig gewachsenem Kalzitsaum. Der Zement besteht weitgehend aus hypidromorphem Kalzit. Rechts im radialstrahligen Kalzit ist intrakristalliner Porenraum (fluid inclusion) zu sehen. In der Matrix besteht die Porosität vorwiegend aus offenen Zwickeln zwischen den Kalzitkristallen.

Porenraumklassifizierung:

100 % c r Pd mc BC

c r Pd mc intrakristallin

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 34	Kiste	212
Teufe: von 214,76	bis	214,95 m
Stratigraphie: Oberkreide, Untercenoman		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		40.7
C _{org} -Gehalt [%]		0.1
Porosität(effektiv)[%]	Ø	12.9
Bulkdichte[g/cm ³]		2.34
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		2.70
Luftpermeabilität [mD]		< 1 x 10 ⁻²

Porenraum:

In der kalzitischen Matrix sind Mikroporen zu finden, deren Ränder Anlösungen zeigen. Für Lösungsvorgänge während der Diagenese spricht ebenfalls, daß Fossilreste gerundete Säume und Zwickel besitzen.

Die Einzelprüfkörper zeigten Abweichungen in der Porosität von maximal 1,4 %. Anzeichen für Rißbildung waren jedoch optisch nicht zu erkennen.

Bemerkungen:

Die Permeabilität ist unter Laborbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 214,76 - 214,95 m

BOHRUNG: K 101

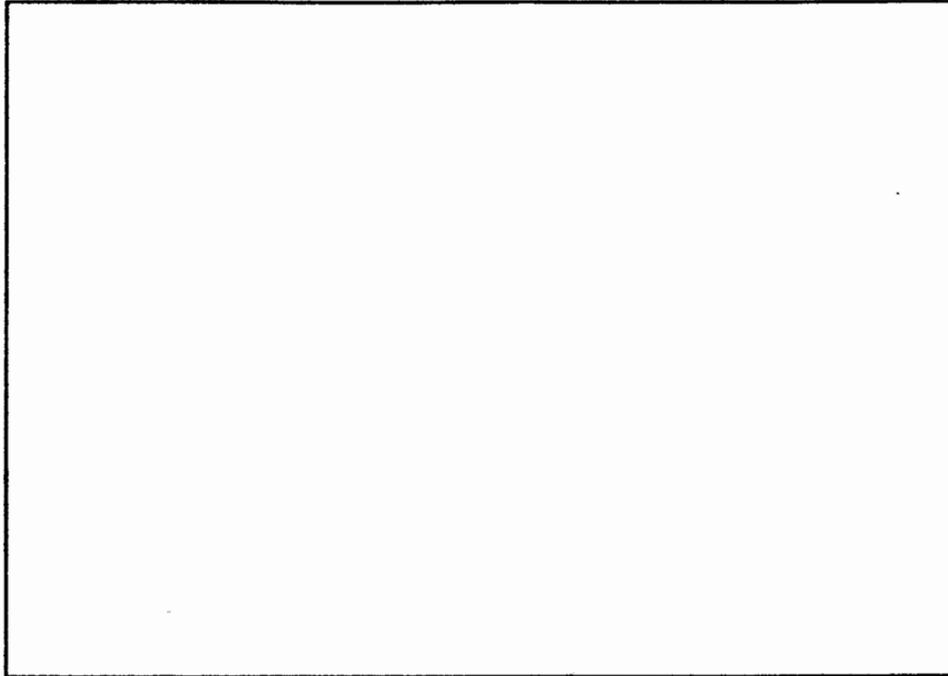


Abbildung Nr: 6

Vergrößerung: 1000/5000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Bei den plättchenförmigen Aggregaten handelt es sich um Kalzit, der vermutlich einem Schalenrest zuzuordnen ist. Die Poren in den Zwischenräumen sind durch Anlösung entstanden.

Porenraumklassifizierung:

links: 15 % s x S mc BC
85 % sms BC

rechts: 90 % s x S mc WP
10 % s x S mc BC

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 214,76 - 214,95 m

BOHRUNG: K 101

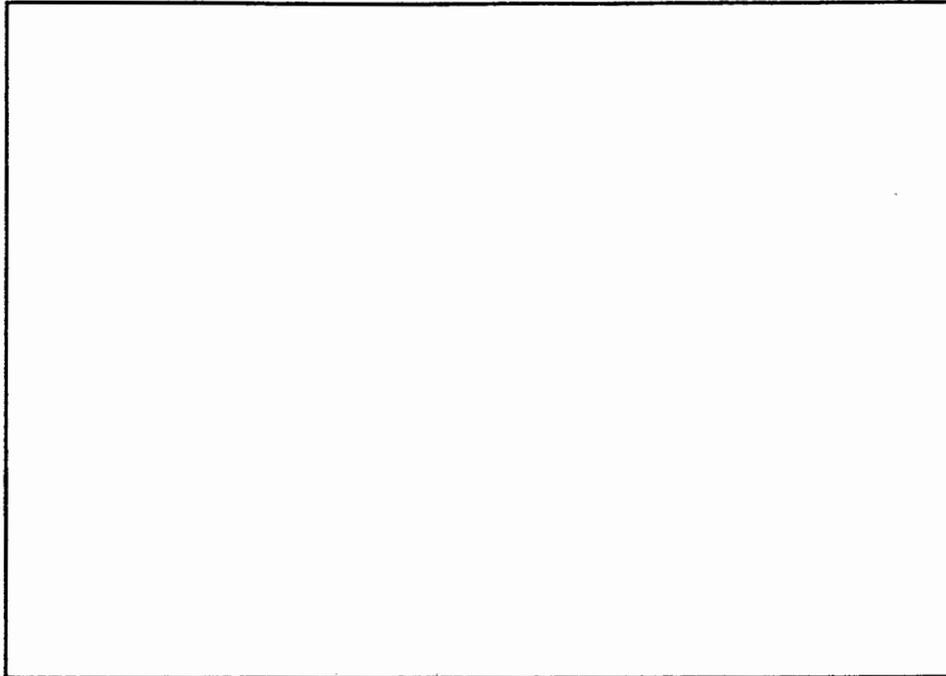


Abbildung Nr: 7

Vergrößerung: 1300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Im überwiegend kalkigen Zement befinden sich Mikroporen bis 2 μm Größe, deren scheinbar gerundete Formen durch Salzkrusten verursacht werden. Die sehr hellen Aggregate im Bild bestehen ebenfalls aus Salz.

Örtlich, wie z. B. l. m., scheint der Kalzitzement angelöst zu sein.

Porenraumklassifizierung:

Pd mc BC (durch Salzüberzug keine genaue Einstufung möglich.)

? s x Pd mc BC

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 214,76 - 214,95 m

BOHRUNG: K 101

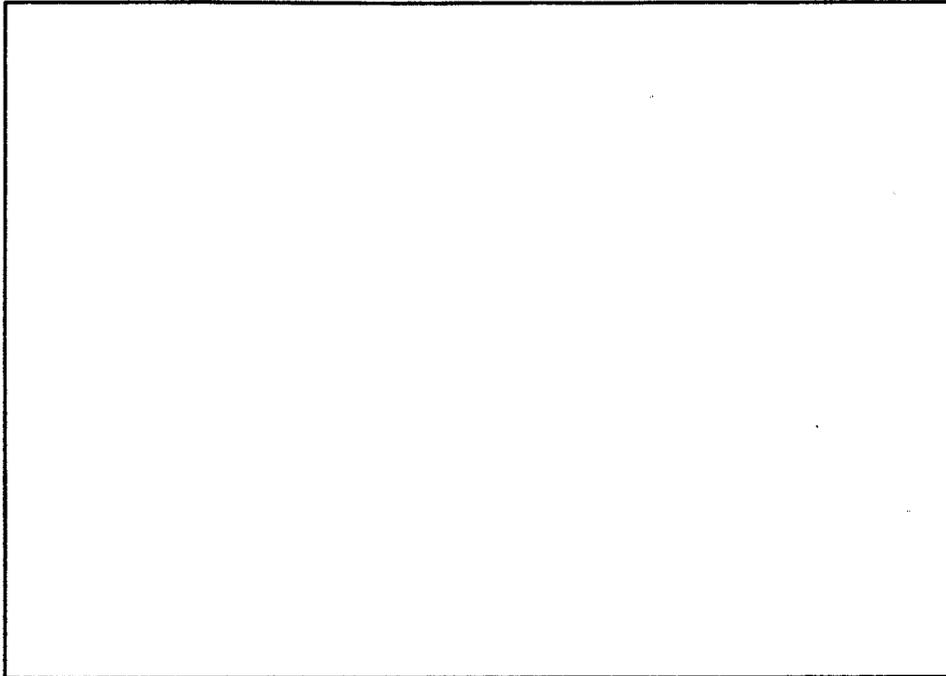


Abbildung Nr: 3

Vergrößerung: 350/1650 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Rogenpyrit in mehreren Generationen.

In der Übersicht links ist ein kugelförmiges Aggregat zu sehen, bei dem es sich um eine Calcisphere handeln könnte. Der Porenraum im Bildausschnitt ist nicht repräsentativ für die Probe, da er weitgehend vom Pyrit zergliedert wird.

Porenraumklassifizierung:

Bild: 50 % c r Pd mc BC (zwischen den Pyritkristallen)

50 % Pd sms BC (in kalkigen Bereichen)

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	36	Kiste	238
Teufe: von	238,42	bis	238,58 m
Stratigraphie: Oberkreide, Untercenoman			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			28.7
C _{org} -Gehalt [%]			0.3
Porosität(effektiv) [%]		Ø	15.0
Bulkdichte [g/cm ³]			2.29
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.71
Luftpermeabilität [mD]			8.1 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Auch hier scheinen Lösungsvorgänge zu Veränderungen im Porenraum zu führen. Da ein Großteil der Probe von Salz bedeckt war, können keine genaueren Einstufungen vorgenommen werden.

Durch zunehmenden Tongehalt wächst die Porosität gegenüber den darunterliegenden Kalken an. Obwohl an einem Prüfkörper makroskopisch Risse zu sehen waren, wich die Porosität nur um 0,2 % vom Mittelwert ab.

Bemerkungen:

Permeabilität unter Laborbedingungen gemessen. Der Wert kann mit Fehlern behaftet sein.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 238,42 - 238,58 m

BOHRUNG: K 101

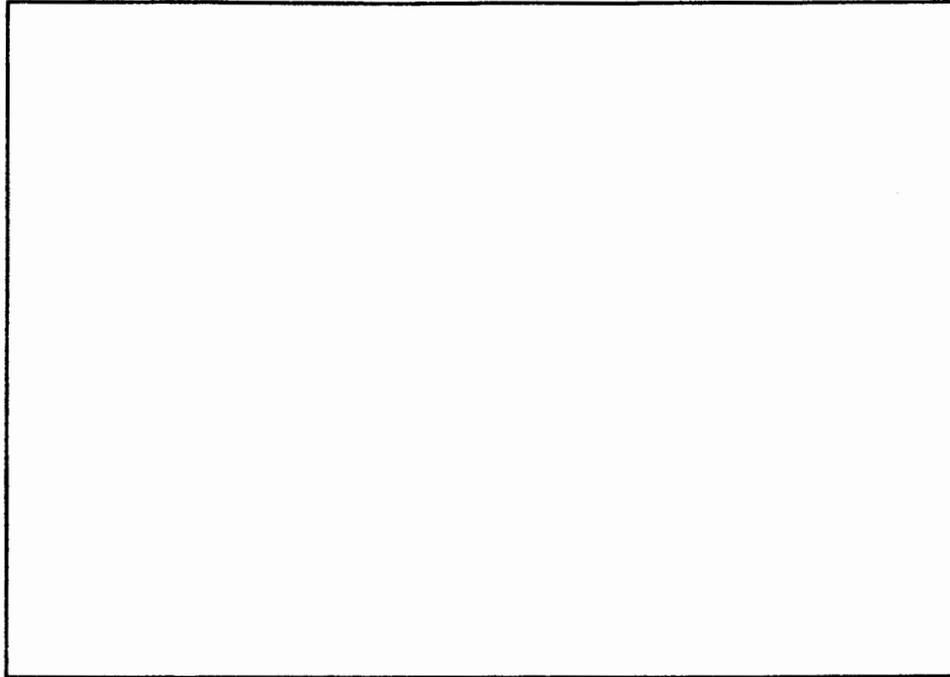


Abbildung Nr: 9

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Obwohl im Bildausschnitt Salzkrusten und -beläge zu sehen sind (helle Kristalle), die die optische Bewertung erschweren, scheinen die gerundeten Kanten der hypidio-morphen Kalzitkristalle auf Anlösung des Kalzites zurückzuführen zu sein. Die Poren müssen daher als sekundär erweitert eingestuft werden.

Porenraumklassifizierung:

s x P sms BC

P mc BC

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	40	Kiste	270
Teufe: von	267,84	bis	268,00 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberalb			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			3.5
C _{org} -Gehalt [%]			1.0
Porosität(effektiv)[%]		minimal	17.1
Bulkdichte[g/cm ³]			2.07
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.58
Luftpermeabilität [mD]			1.9 x 10 ⁻³

Porenraum:

Rißbildung äußert sich in den schwankenden Porositätswerten (17,1 bis 22,4 %, Durchschnitt 19,7 5), weshalb in der Tabelle der Minimalwert als am meisten glaubwürdig angenommen wurde.

Bemerkungen:

Das Gestein neigt zur Rißbildung. An einem Prüfkörper wurden unter Laborbedingungen 2 mD gemessen. Der oben angegebene Wert ist unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 267,34 - 268,00 m

BOHRUNG: K 101

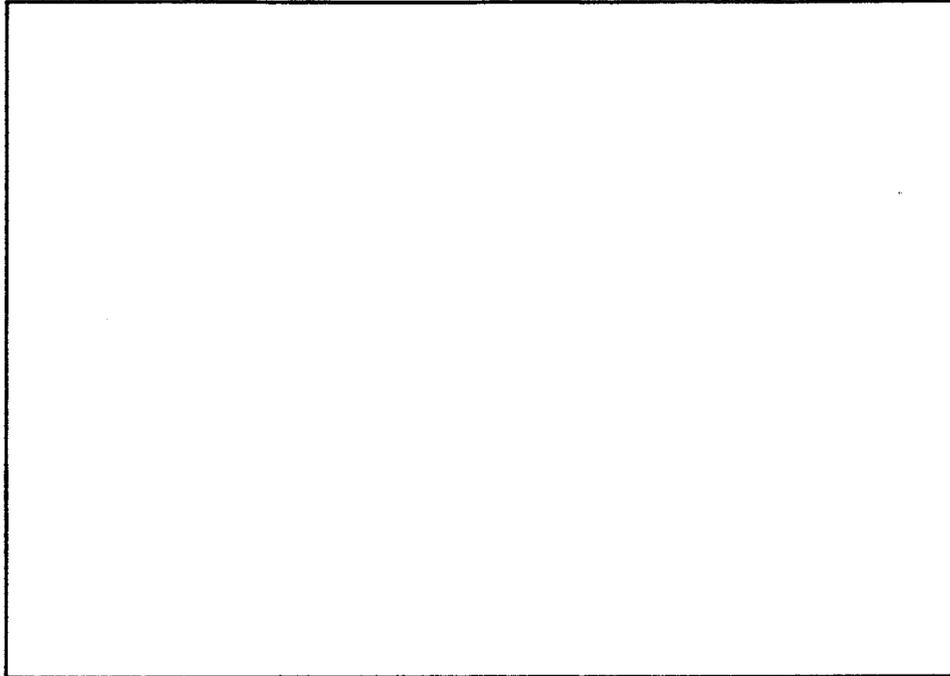


Abbildung Nr: 10

Vergrößerung: 400 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Auf Grund der dicken Salzkruste kann keine mineralogische Ansprache stattfinden. Die Porenklassifikation ist ebenfalls unvollständig.

Sie wird mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. r. o. unter 5 μm liegen.

Porenraumklassifizierung:

100 %

sms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 267,84 - 268,00 m

BOHRUNG: K 101

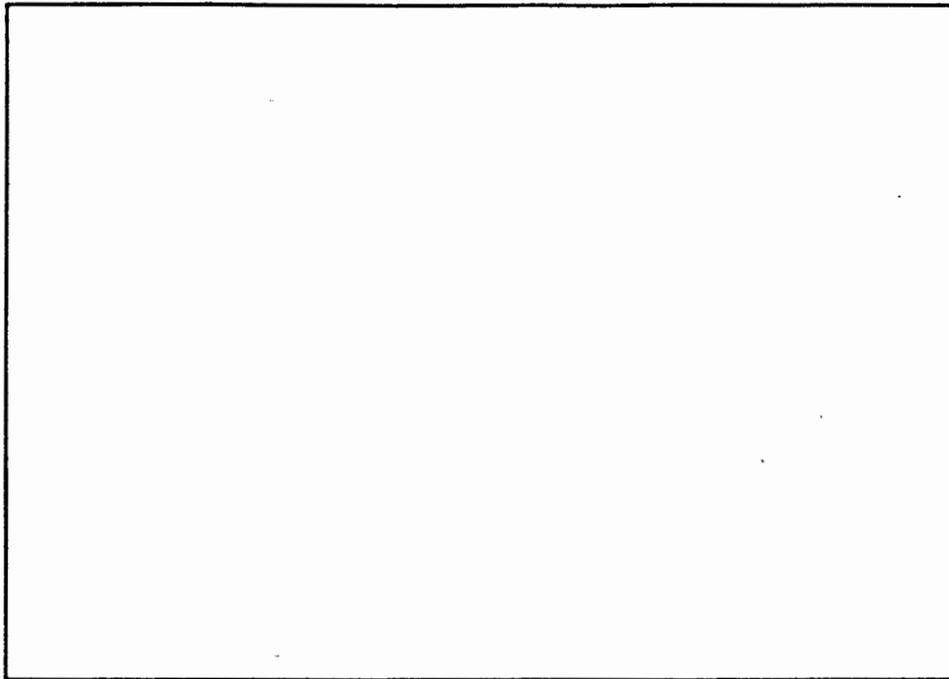


Abbildung Nr: 11

Vergrößerung: 600 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die Aufnahme schräg zur Probenoberfläche zeigt Poreneintritte. Die Oberfläche ist mit einer Salzkruste bedeckt.

Porenraumklassifizierung:

nicht durchführbar

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	41	Kiste	273
Teufe: von	270,71	bis	270,86 m
Stratigraphie:	Unterkreide, Oberalb		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			11.1
C _{org} -Gehalt [%]			0.5
Porosität(effektiv)[%]		minimal	17.4
Bulkdichte[g/cm ³]			2.07 - 2.15
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.57
Luftpermeabilität [mD]			2.1 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Die Porosität besteht aus Mikroporen im Ton und ist daher für die Permeabilität nur wenig nutzbar. Durch den hohen Tongehalt neigt die Probe zur Rißbildung, so daß der minimal gemessene Wert eventuell noch über der wirklichen Porosität liegt.

Abweichung bei 7 Prüfkörpern: bis 1,5 % vom Minimalwert (18,6 %).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen. Die Porosität zeigt Schwankungen, deren Ursache Rißbildung sein dürfte.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 270,71 - 270,86 m

BOHRUNG: K 101

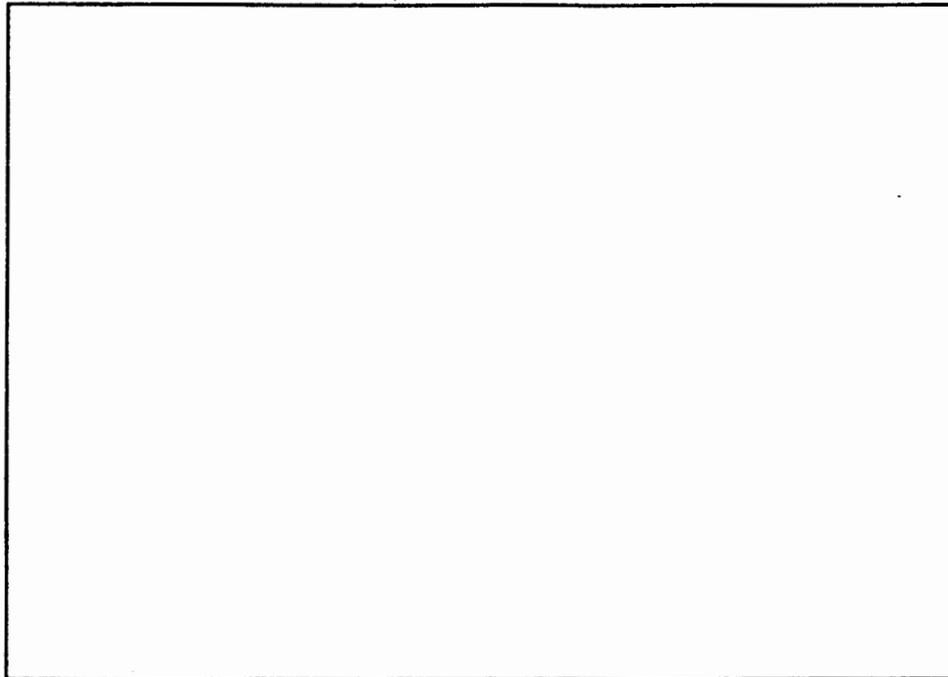


Abbildung Nr: 12

Vergrößerung: 2500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die Aufnahme zeigt eine Schichtoberfläche. Gegenüber den plattigen Tonen fällt die runde Porenform auf, die eventuell durch sekundäre Prozesse entstanden ist. Bei den hellen Kristallen handelt es sich um Salz.

Porenraumklassifizierung:

100 % mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	41	Kiste	282
Teufe: von	278,04	bis	278,18 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberalb			
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]			18.0
C_{org} -Gehalt [%]			0.1
Porosität(effektiv)[%]			16.4
Bulkdichte[g/cm ³]			2.17
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.60
Luftpermeabilität [mD]			./.

Porenraum:

Die Probe besitzt neben primär einzustufenden Tonporen Anzeichen für sekundäre Porosität. Es ist nicht erkennbar, ob die sekundären Lösungsvorgänge an karbonatischen Bestandteilen der Matrix beginnen oder direkt an die Tone gebunden sind. Die feine Schichtung führte zu schichtparalleler Auflockerung.

Bemerkungen:

Die Permeabilität war nicht meßbar, weil die Probe während des Trocknungsvorganges zerbrach.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 278,04 - 278,13 m

BOHRUNG: K 101

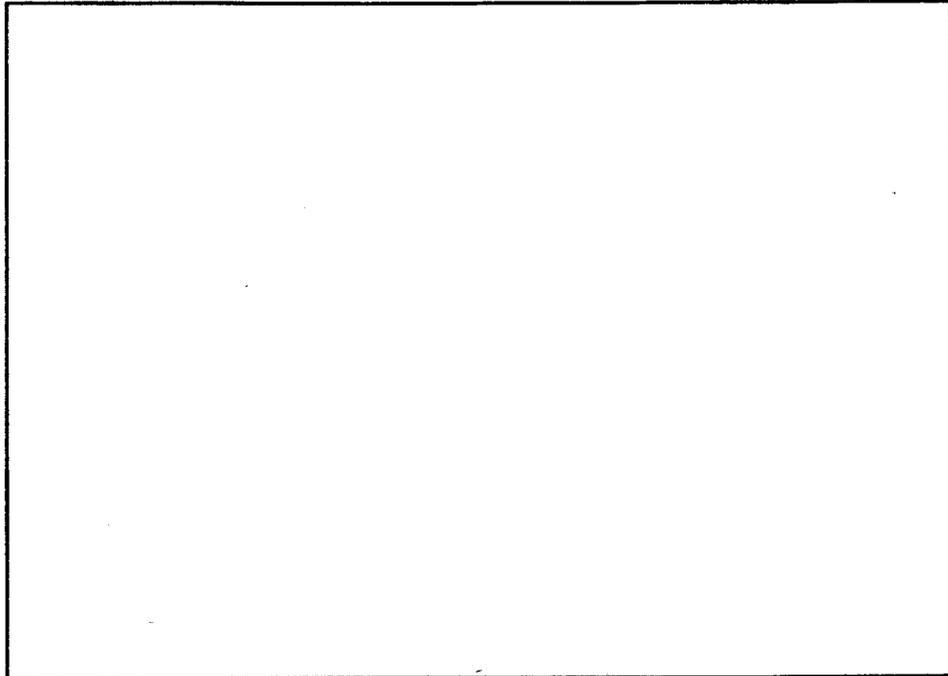


Abbildung Nr: 13

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Aufnahme senkrecht zur Schichtung.

Die Schichtung ist an den eingeregeltten Tonplättchen gut erkennbar. Neben Ton zeigt die Aufnahme Siltkörner, von denen ein Teil karbonatisch ist.

Während die große Pore l. u. präparativ entstanden ist, (Kornausbruch), müssen die anderen übergroßen Poren (r. o., m. o.) als echte Poren und somit auf Grund ihrer Größe als sekundär eingestuft werden.

Daneben liegen Poren in "normaler" Größe eingeregelt in der Schicht vor.

Porenraumklassifizierung:

5 % x S sms BP

95 % P sms-mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	48	Kiste	333
Teufe: von	325,88	bis	326,01 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberalb			
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]			14.0
C_{org} -Gehalt [%]			0.4
Porosität (effektiv) [%]		minimal	14.9
Bulkdichte [g/cm^3]			2.23
scheinb. Korndichte [g/cm^3]			2.65
Luftpermeabilität [mD]			$< 1 \times 10^{-3}$

Porenraum:

Die Probe liefert mehrere, gute Anzeichen für sekundäre Porosität in Tonen. U. a. ist der Porendurchmesser für primäre Tonporen erheblich groß und auch durch eine Kartenhausstruktur nicht zu erklären. Die Porosität schwankt von 14.9 bis 17.1 %, die Probe ist wahrscheinlich präparativ aufgelockert.

Bemerkungen:

Permeabilität unter Laborbedingungen gemessen, daher keine KLINKENBERG-Korrektur möglich.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 325,88 - 326,01 m

BOHRUNG: K 101

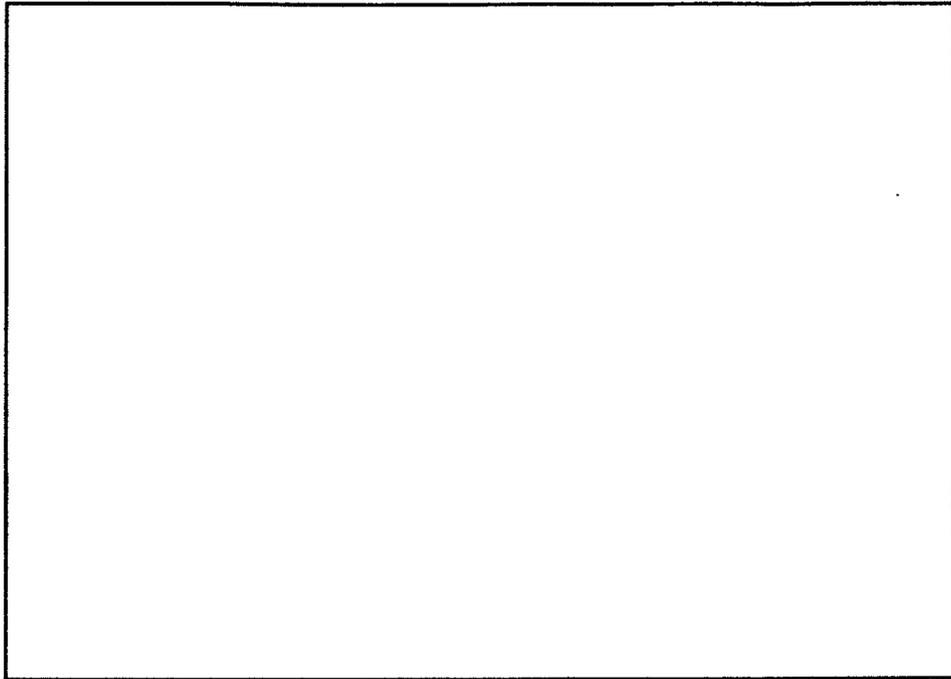


Abbildung Nr: 14

Vergrößerung: 600 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

In der tonigen Matrix, in der einzelne Siltkörner zu sehen sind, fallen mehrere Porenarten auf:

- Bei den kleineren, rundlichen Poren (bis ca. 1 μm) handelt es sich vermutlich um primäre Porosität.
- Die großen, rundlichen bis länglichen Poren (6 - 15 μm) können nicht primär entstanden sein, weil sie um ein mehrfaches größer als die sedimentierten Einzelkörner sind und somit zumindest sekundär vergrößert sein müssen.
- Die langgestreckten, überwiegend schichtparallel angeordneten Poren können durch Druckentlastung oder Präparation vergrößert sein.

Porenraumklassifizierung:

40 %	Pd mc	BP
40 %	s x S	sms BP
20 %	Präparation (?)	

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 325,83 - 326,01 m

BOHRUNG: K 101

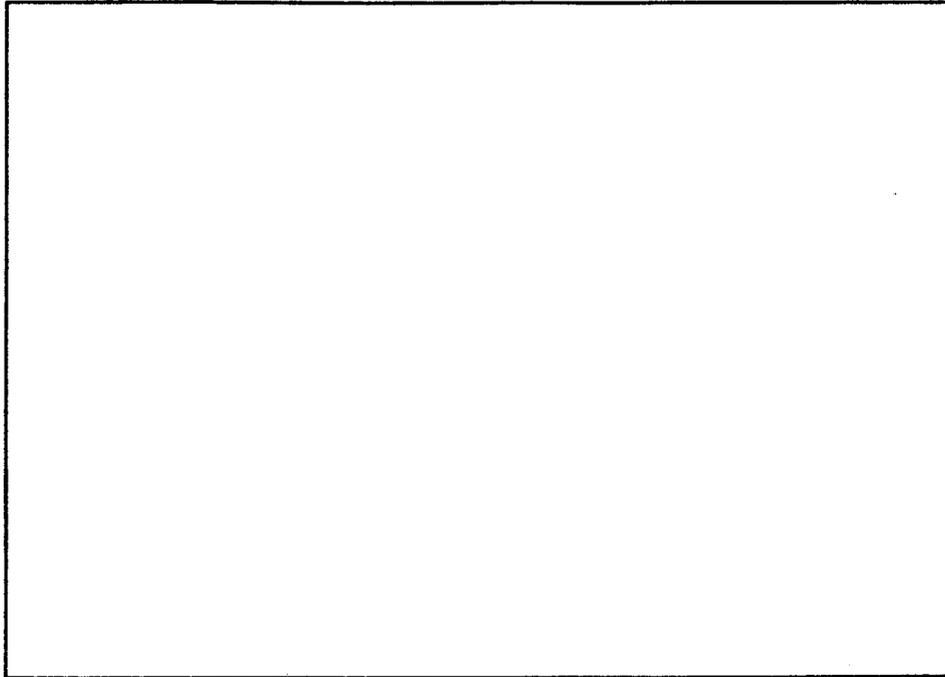


Abbildung Nr: 15

Vergrößerung: 1300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Sekundär erweiterte Poren im Ton. Überträgt man die von SCHMIDT entwickelten acht Anzeichen für sekundäre Porosität auf Tonsteine, so treffen hier folgende Kriterien zu:

- Pfeiler und Gewölbebau (inhomogeneity of packing)
- übergroße Poren
- überlange Poren.

Da es sich bei den hellen, faserartigen Tonen in der Mitte um eine jüngere Tongeneration (diagenetisch niedriger, vermutlich größerer mixed layers Anteil) handelt, kann die ursprüngliche Pore noch größer gewesen sein.

Die kleineren Poren werden als primär eingestuft.

Porenraumklassifizierung:

90 % s x S sms BP

10 % Pd mc BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 325,83 - 326,01 m

BOHRUNG: K 101

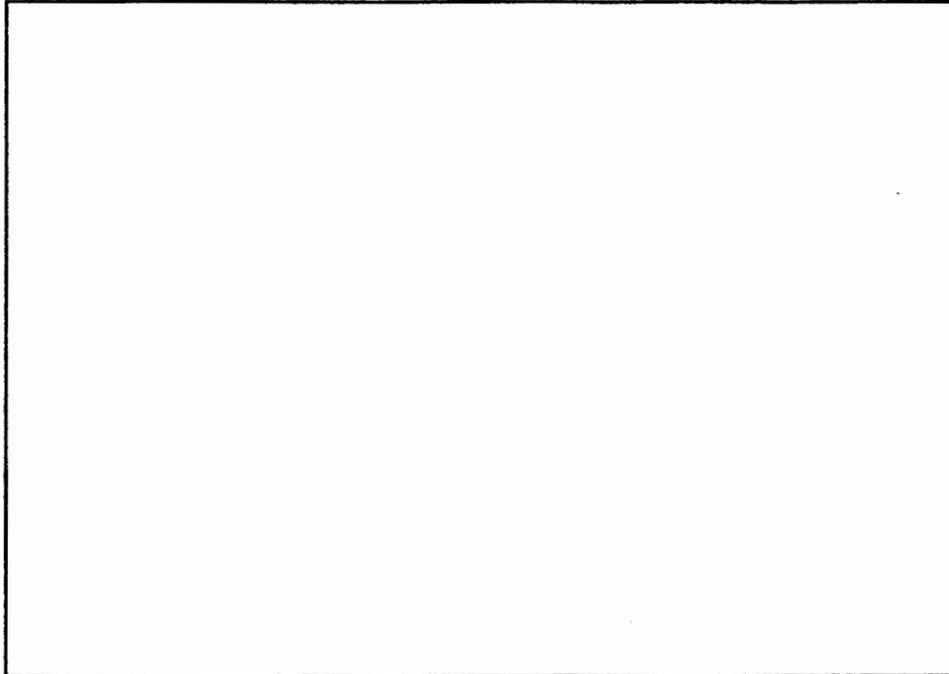


Abbildung Nr: 16

Vergrößerung: 600/1800 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Durch Kalzitwachstum verkleinerter Porenraum. Die faserartige Struktur der Tonminerale weist auf einen hohen mixed layers Anteil hin.

Der Größe nach kann es sich um eine sekundäre Pore handeln.

l. o. sind primäre Poren zu sehen.

Porenraumklassifizierung:

nur Einzelpore mit Kalzit:

s x S → c r S sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	51	Kiste	354
Teufe: von	346,05	bis	346,26 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberalb			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			14.4
C _{org} -Gehalt [%]			0.4
Porosität(effektiv) [%]			16.6
Bulkdichte [g/cm ³]			2.22
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.70
Luftpermeabilität [mD]			< 1 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Durch die Salzkruste kann keine Aussage über die Art des Porenraumes gemacht werden. Die Porositäten der Einzelproben stimmten sehr gut überein (maximale Abweichung vom Mittelwert 0.1 % absolut).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 346,05 - 346,26 m BOHRUNG: K 101

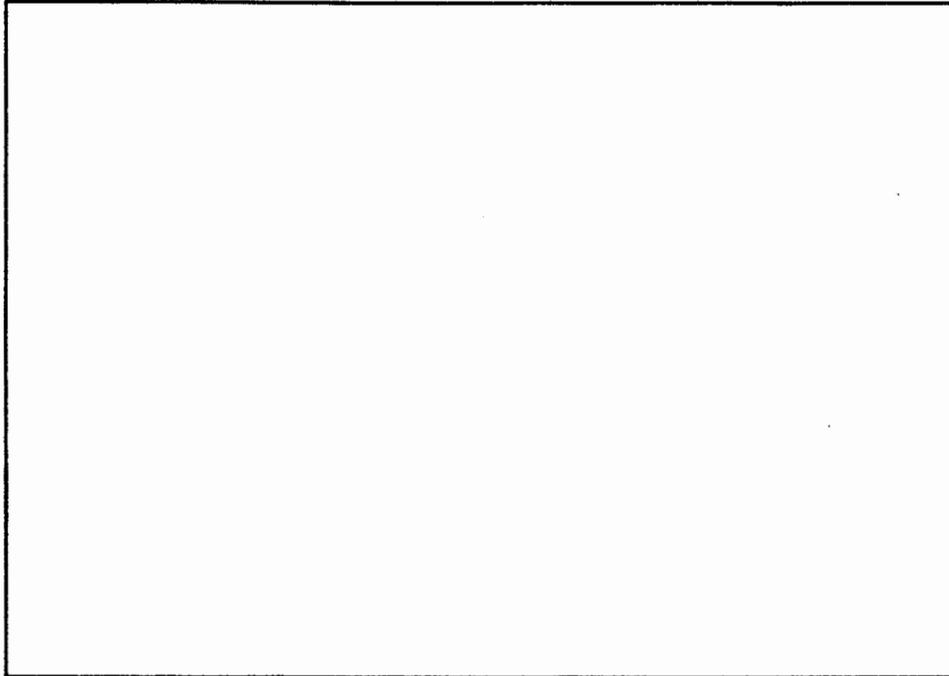


Abbildung Nr: 17

Vergrößerung: 300/900 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

In einem von Salzkrusten teilweise bedeckten Probenabschnitt fällt die übergroße Pore (Bildmitte) auf. Vermutlich handelt es sich um ein herausgebrochenes Einzelkorn der eigentliche Poreneintritt ist im Detail rechts zu sehen. Eine genetische Einstufung des Porenraumes ist wegen der Salzkruste nicht eindeutig durchzuführen, es dürfte sich jedoch um primäre Poren handeln.

Porenraumklassifizierung:

Pd mc - sms BP

Einzel-pore präparativ (durch Kornausbruch) entstanden ohne Auswirkung auf die Meßergebnisse

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 55	Kiste 386
Teufe: von 375,70	bis 375,89 m
Stratigraphie: Unterkreide, Mittelalb	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	17.2
C _{org} -Gehalt [%]	0.3
Porosität(effektiv) [%]	minimal 14.5
Bulkdichte[g/cm ³]	2.22
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.69
Luftpermeabilität [mD]	< 2 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Auch in dieser Probe finden sich Hinweise für eine sekundäre Porosität in den Tonen. Die Probe ist stark schichtparallel aufgelockert, wofür unter anderem die schwankende Porosität spricht (14.5 bis 17.9 %, Ø: 17.5 %).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen. Eine exakte Angabe der Permeabilität kann nicht gemacht werden, da anhand der Messungen eine plastische Verformung der Probe zu beobachten war. KLINKENBERG-Konstante nach MIESSNER.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 375,70 - 375,89 m BOHRUNG: K 101

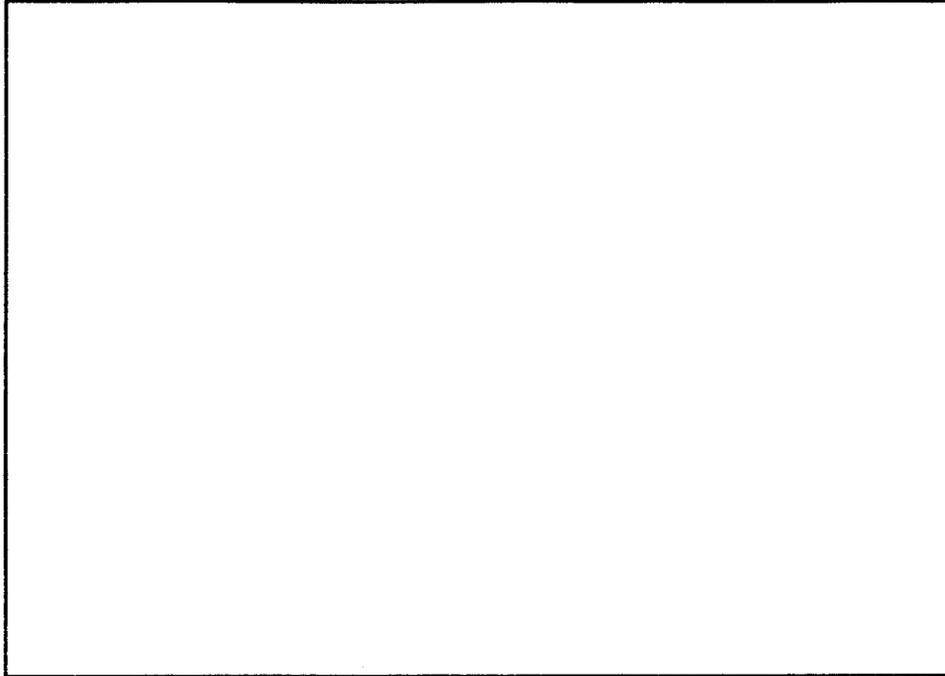


Abbildung Nr: 18

Vergrößerung: 1200 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die Abbildung zeigt die von oben nach unten verlaufende Schichtung des Tonsteins mit gut eingeregelten Tonmineralen.

Die Porenarten lassen sich in zwei Gruppen zusammenfassen:

- längliche, entsprechend den Tonmineralen schichtparallel angeordnete Poren, die durch Entlastung der Probe bei der Entnahme aus dem Gebirge erweitert sein können.
- rundliche, größere Poren (bis 10 μm), von denen einzelne durch Kornausbruch (r. m.) bei der Präparation, andere wiederum deutlich nicht präparativ entstanden sind (sekundärer Porenraum ?)

Porenraumklassifizierung:

70 % Pd mc BP

30 % ? s x S sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 56	Kiste 391
Teufe: von 379,91	bis 380,10 m
Stratigraphie: Unterkreide, Mittelalb	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	8.8
C _{org} -Gehalt [%]	0.3
Porosität(effektiv) [%]	∅ 20.4
Bulkdichte[g/cm ³]	2.12
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.67
Luftpermeabilität [mD]	< 2 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Sekundäre Veränderungen in den Tonporen erkennbar. Die durch organogene Bestandteile sekundär entstandenen Poren sind zum Teil durch Tonneubildungen verkleinert.

Die Porositätswerte schwanken nur wenig ($\pm 0,5 \%$).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen. Keine KLINKENBERG-Korrektur anhand der Daten möglich, da der Kern plastische Verformung zeigt. KLINKENBERG-Konstante nach MIESSNER.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 379,91 - 380,10 m

BOHRUNG: K 101

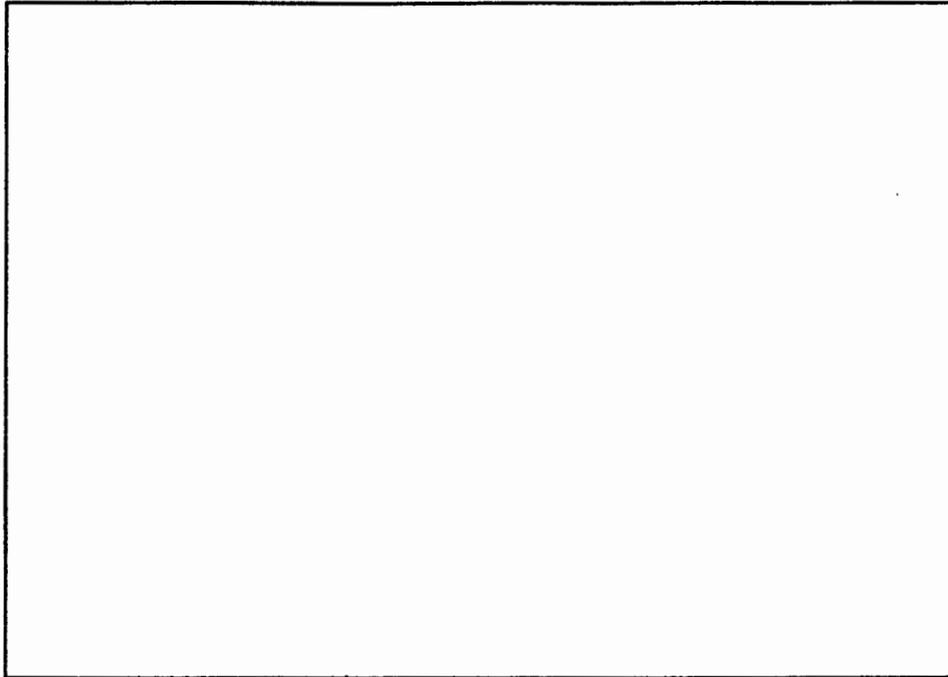


Abbildung Nr: 19

Vergrößerung: 700 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Schalenreste und Siltkörner intoniger Matrix, stellenweise Salzkristallisate und Salzkrusten (r. u., l. auf Schalenrest). Die Poren sind z. T. übergroß (bis 10 µm, l. u., m. u.). Daneben treten kleine, primäre Poren auf, deren Anordnung der unruhigen Schichtung folgt (l. u. bis m. o.) Im Schalenrest rechts ist intrakristalline Porosität angedeutet.

Porenraumklassifizierung:

90 % Pd mc - sms BP

10 % s x S sms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 379,91 - 380,10 m BOHRUNG: K 101

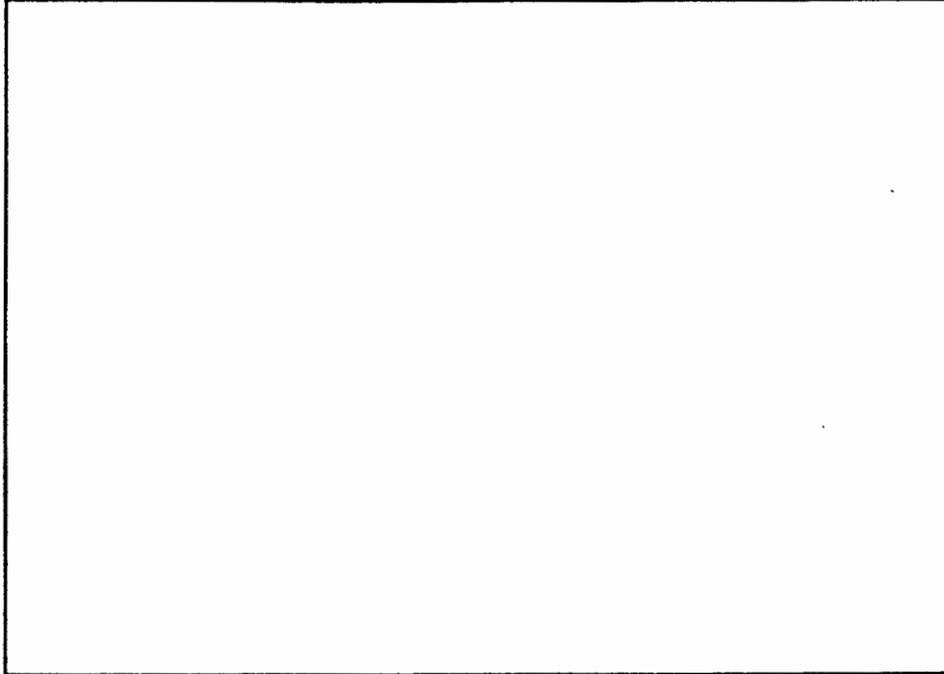


Abbildung Nr: 20

Vergrößerung: 300/1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Siltkörner, Tone und Salzkruste

Die Pore im rechten Bildabschnitt ist ihrer Form und Größe nach eindeutig sekundär entstanden. Die Tonneubildungen in der Pore (Smektite ?) zeigen, daß sie nicht präparativen Ursprungs ist.

In der Übersicht r. o. ist ebenfalls eine sekundär erweiterte Pore zu sehen. Der Form nach sind beide Poren durch Herauslösung organogener Bestandteile entstanden.

Porenraumklassifizierung:

80 % Pd mc BP

20 % s x S ms MO

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	57	Kiste	401
Teufe: von	388,68	bis	388,85 m
Stratigraphie: Unterkreide, Mittelalb			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			8.1
C _{org} -Gehalt [%]			0.2
Porosität (effektiv) [%]			18.5
Bulkdichte [g/cm ³]			2.20
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.69
Luftpermeabilität [mD]			1.1 x 10 ⁻³

Porenraum:

Durch Lösung organogener Bestandteile entsteht zusätzlicher Porenraum.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 338,68 - 383,85 m BOHRUNG: K 101

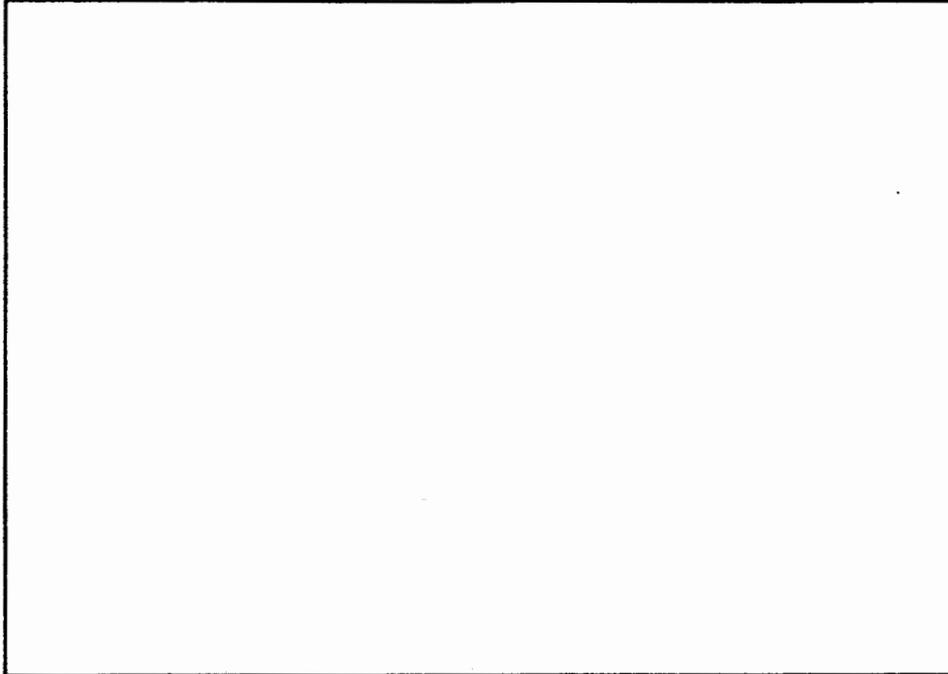


Abbildung Nr: 21

Vergrößerung: 120/600 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Fossilreste, Kalzit, Ton, Salzkrusten

Durch die Einlagerung großer Schalenreste in das ansonsten feinkörnige Sediment entsteht ein unruhiges Gefüge, daß die Beurteilung des Porenraumes erschwert. Bei vielen der hier zu sehenden "Vertiefungen" kann es sich um Ausbruchstellen handeln, an denen sich Schalenreste oder Siltkörner befunden haben. Die Probenstruktur fördert auch die präparative Auflockerung, daher ist hier keine Beurteilung des Porenraumes möglich.

Mit Sicherheit sind jedoch die kleinen Poren im Ton primär entstanden.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 388,68 - 388,85 m BOHRUNG: K 101

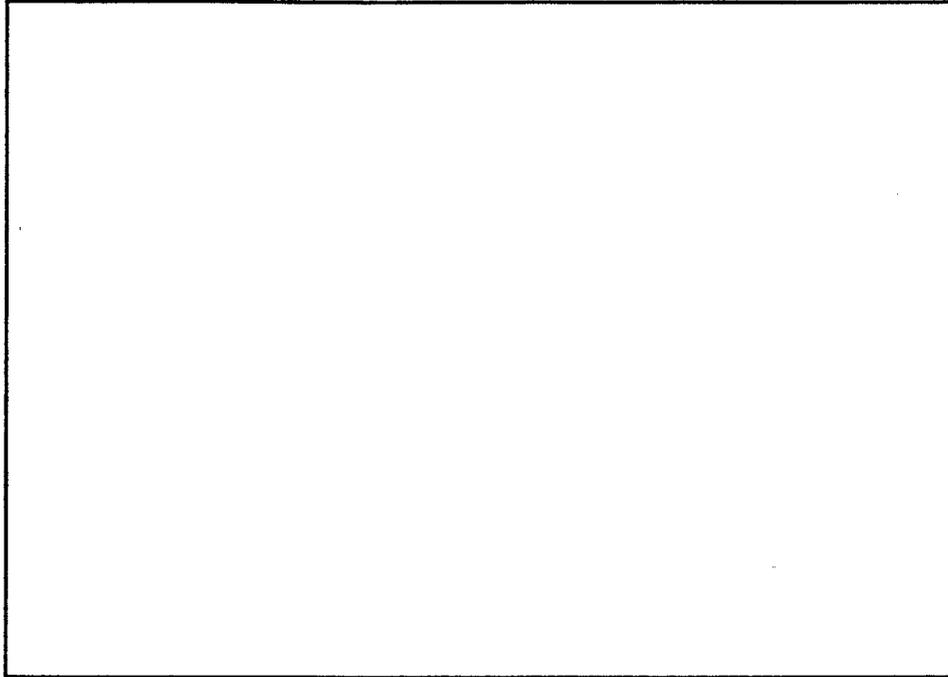


Abbildung Nr: 22

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Ausbruchstelle und tonige Matrix.

Die sehr tief reichende Ausbruchstelle kann gleichzeitig den Eintritt zu einem Porenkanal bilden. Hierfür spricht auch die randliche Einbuchtung m. u.

Weitere Poren sind parallel zur Schichtung angeordnet. (z. B. l. u.). Bei ihnen handelt es sich nach Form, Anordnung und Größe um primäre Porosität.

Porenraumklassifizierung:

? Pd sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	58	Kiste	407
Teufe: von	394,10	bis	394,27 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unteralb			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			7.9
C _{org} -Gehalt [%]			0.3
Porosität(effektiv) [%]			20.8
Bulkdichte[g/cm ³]			2.11
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.66
Luftpermeabilität [mD]			5.1 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Anzeichen für sekundäre Porosität in den Tonen (übergroße Poren, die stellenweise die Schichtung durchschlagen).

Jüngere Tone in den Poren zeigen, daß diese nicht präparativ beeinflußt sind.

Bemerkungen:

Permeabilität unter gebirgsähnlichen Bedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 394,10 - 394,27 m BOHRUNG: K 101

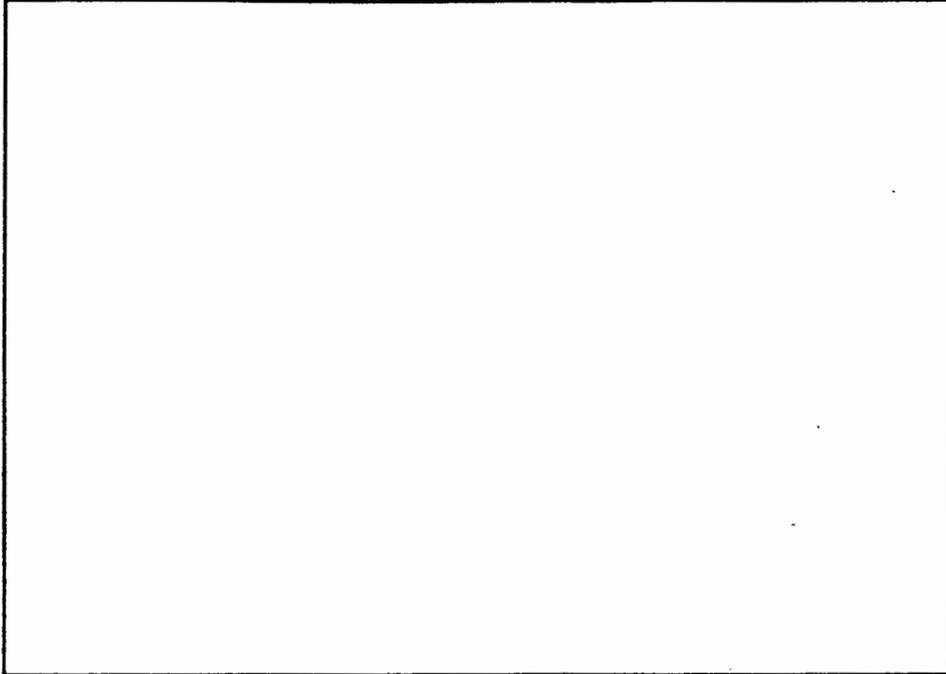


Abbildung Nr: 23

Vergrößerung: 20 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übersicht

In der Übersichtsaufnahme fallen die großen Poren dieser Probe auf. Ihre rundliche bis längliche Form weist darauf hin, daß sie durch Lösungsvorgänge und somit sekundär entstanden sind. In einigen Poren erkennt man Tonmineralisationen, die einen präparativen Ursprung der Poren ausschließen (z. B. m. u.)

Porenraumklassifizierung:

nur sicher einstuftbare, übergroße Poren:

ca. 50 % s x Sm mg MO

ca. 50 % ? präparativ oder wie oben

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 394,10 - 394,27 m BOHRUNG: K 101

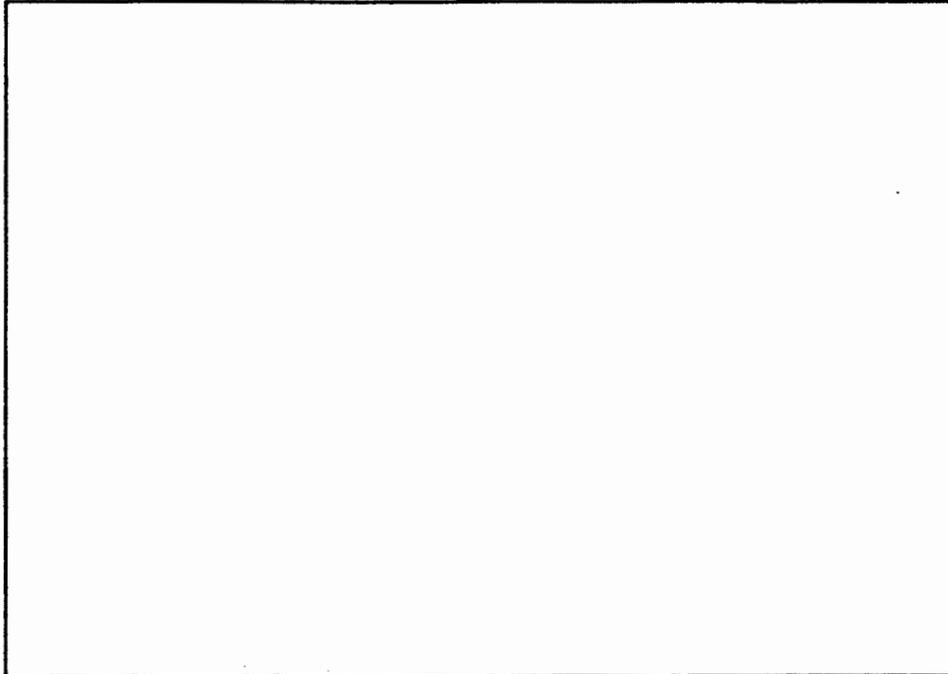


Abbildung Nr: 24

Vergrößerung: 300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Detailaufnahme einer sehr großen Pore

Bei den Neubildungen im Porenraum handelt es sich um Tone (Smektit ?), die den Porenraum wieder füllen. Die Ausdehnung und der Rand der Pore lassen darauf schließen, daß es sich um einen herausgelösten organogenen Rest handelt. Daneben treten kleinere Poren, die primärer Porosität zuzuordnen sind, auf.

Porenraumklassifizierung:

große Pore s x S mg MO

kleine Pore Pd mc - sms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 394,10 - 394,27 m BOHRUNG: K 101

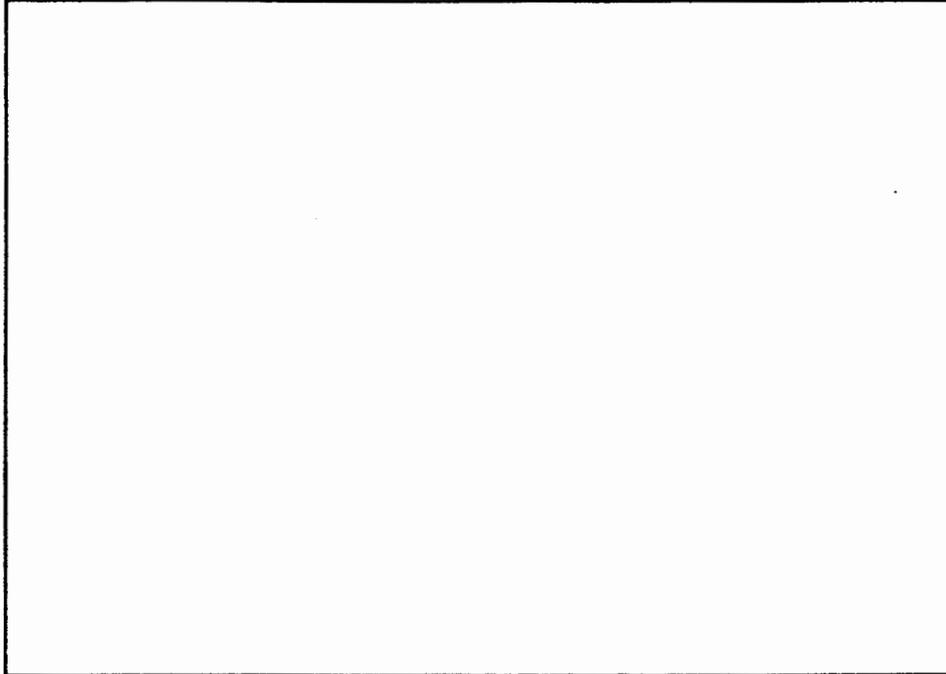


Abbildung Nr: 25

Vergrößerung: 700 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übergroße Pore mit Tonneubildungen.

Die randlichen Karbonatreste weisen darauf hin, daß die Pore durch Herauslösung organogener (?) Bestandteile vergrößert wurde. Einige der kleineren Poren zeigen ebenfalls Korrosionsränder. In den Tonen l. u. treten dagegen primär entstandene Poren auf.

Porenraumklassifizierung:

Pd mc BP

s x S sms BP

s x S mg MO → c r S mg MO

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 58	Kiste	412
Teufe: von 399,24	bis	399,38 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unteralb		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		3.9
C _{org} -Gehalt [%]		0.5
Porosität(effektiv)[%]	∅	18.4
Bulkdichte[g/cm ³]		2.16
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		2.65
Luftpermeabilität [mD]		./.

Porenraum:

Neben offensichtlich primären Tonporen treten sekundäre Poren durch herausgelöste organogene Bestandteile auf. Die Porositätswerte schwanken kaum (± 0.4 % absolut).

Bemerkungen:

Die Permeabilität war nicht meßbar, weil die Prüfkörper beim Trocknen zerfielen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 399,24 - 399,38 m

BOHRUNG: K 101

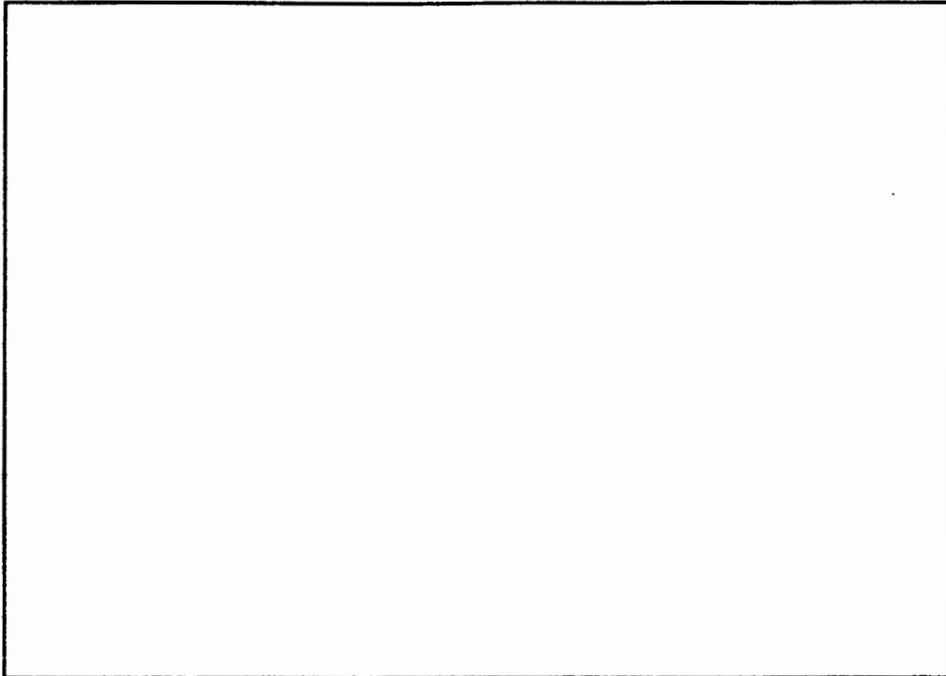


Abbildung Nr: 26

Vergrößerung: 100 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Schräg (l. u. - r. o.) laufende Schichtung, wellig, Silt- und Sandkörner, organogene Reste

Porenarten:

- schichtorientiert längsgestreckte Mesoporen vermutlich primärer Herkunft, die durch Trocknung der Probe erweitert sind.
- durch Herauslösung organogener Reste sekundär entstandene Megaporen (m., r. o.)

Porenraumklassifizierung:

80 % Pd sms BP (präparativ erweitert)

20 % s x S mg MO

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 53	Kiste 413
Teufe: von 399,38	bis 399,45 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unteralb	
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]	6.7
C_{org} -Gehalt [%]	0.3
Porosität(effektiv)[%]	18.9
Bulkdichte[g/cm ³]	2.15
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.65
Luftpermeabilität [mD]	n.b.

Porenraum:

Neben primärer Porosität (Tone) sekundäre Poren durch Herauslösen organogener Substanzen.

Bemerkungen:

Der Prüfkörper zerbrach während der Permeabilitätsmessung.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 399,38 - 399,45 m BOHRUNG: K 101

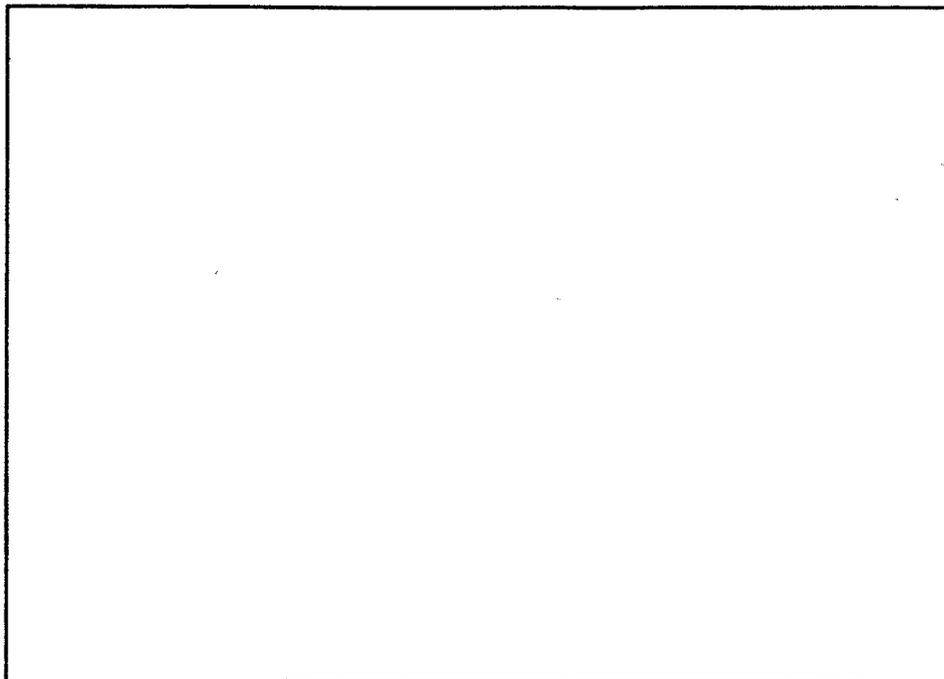


Abbildung Nr: 27

Vergrößerung: 500/2500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Detailaufnahme einer sekundären Pore.

Die Tonbrücken beweisen, daß die Pore nicht präparativ entstanden ist.

Porenraumklassifizierung:

s x S mg MO

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 399,38 - 399,45 m BOHRUNG: K 101

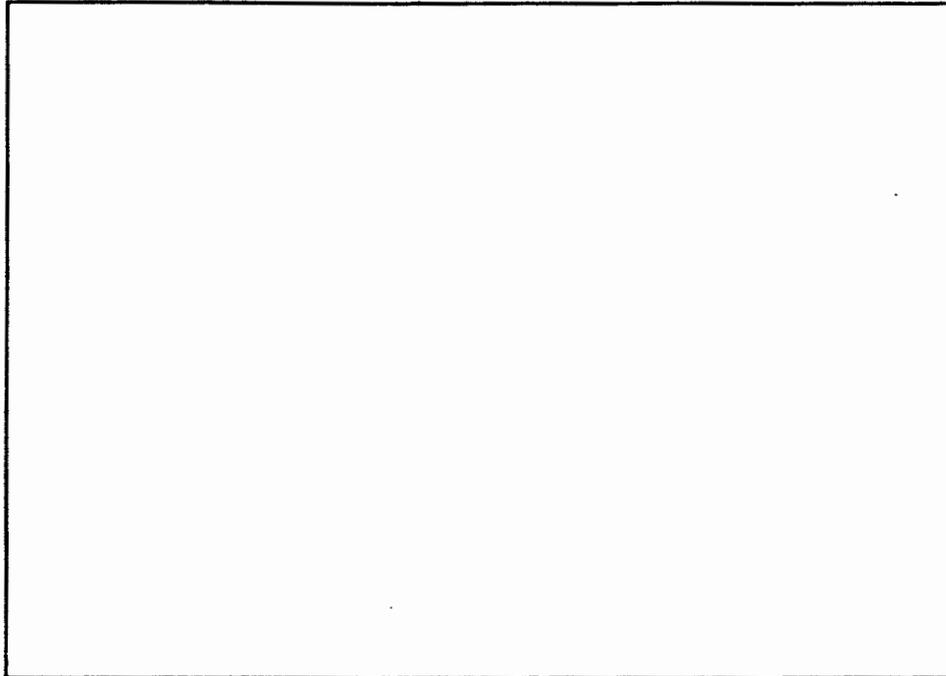


Abbildung Nr: 28

Vergrößerung: 300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die Aufnahme zeigt eine, von oben nach unten verlaufende, wellige Schichtung der Tone. Auf Grund des Schichtgefüges müssen einige Vertiefungen (l. m., l.) als Ausbruchstellen gedeutet werden, an denen sich Siltkörner befunden haben. Zumindest bei der großen "Vertiefung" r. m. ist an den konkaven Rändern zu erkennen, daß ein Teil dieser "Vertiefung" nicht durch Präparation entstanden ist. Die kleinen, schichtorientierten Poren sind vermutlich primär entstanden.

Porenraumklassifizierung:

große Poren: Kornausbruch? und Pd Bp (Rand)

kleine Poren: Pd mc - sms BP (FE)

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 64	Kiste	455
Teufe: von 437,54	bis	437,65 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unteralb		
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]		1.3
C_{org} -Gehalt [%]		0.7
Porosität(effektiv) [%]		14.7
Bulkdichte [g/cm^3]		2.28
scheinb. Korndichte [g/cm^3]		2.67
Luftpermeabilität [mD]		6.1×10^{-5}

Porenraum:

Nicht erkennbar, da die Probe mit Salzkrusten bedeckt ist.
Die Probe zeigt Risse, deren Ursprung nicht in der Präparation liegt (eventuell sedimentäre Schrumpfungsrisse, da makroskopisch bereits Füllungen erkennbar sind).

Bemerkungen:

Die Permeabilität scheint niedriger als erwartet zu sein, weil im REM sichtbare Klüfte durch den Manteldruck geschlossen wurden.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 437,54 - 437,65 m

BOHRUNG: K 101

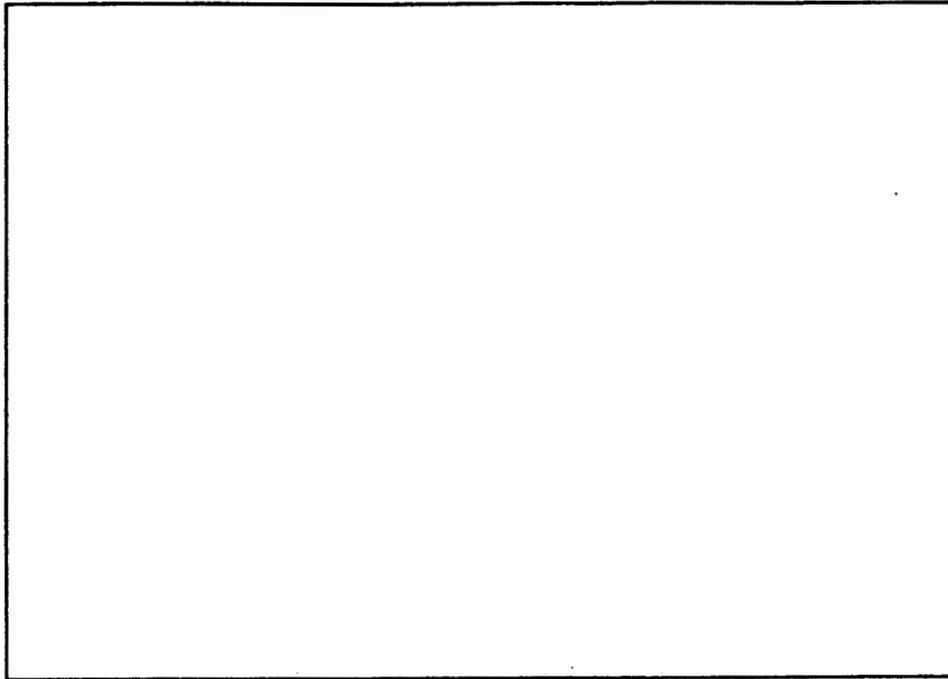


Abbildung Nr: 29

Vergrößerung: 60/600 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übersicht mit Rißporosität

Die Tonbrücken belegen, daß der Riß bereits im Gebirge angelegt und nicht ausschließlich präparativen Ursprungs ist. Da weite Teile der Probe mit Salzkrusten bedeckt sind, können die Mikroporen nicht eingestuft werden.

Porenraumklassifizierung:

RiB: Pd mg SK (c r S)

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 437,54 - 437,65 m

BOHRUNG: K 101

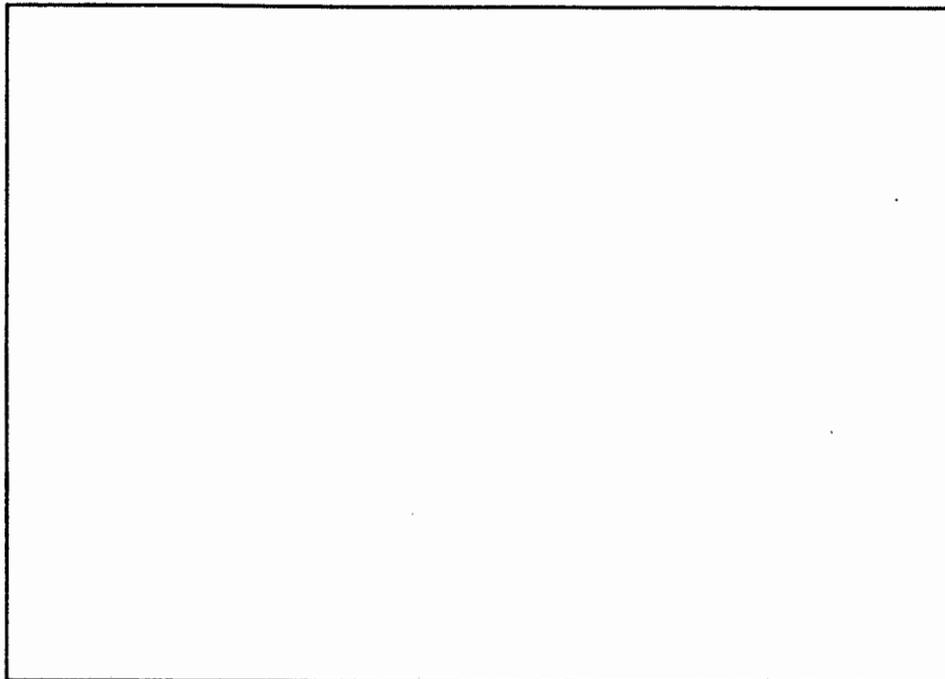


Abbildung Nr: 30

Vergrößerung: 1100 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Organogener Bestandteil mit radialstrahlig gewachsenem Kalzit.

Durch die Salzkrusten kann der Porenraum nicht eingestuft werden.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	68	Kiste	462
Teufe: von	450,18	bis	450,31 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unteralb			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			0.6
C _{org} -Gehalt [%]			0.9
Porosität(effektiv) [%]			19.2
Bulkdichte[g/cm ³]			2.11
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.61
Luftpermeabilität [mD]			3 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Da große Teile der Probe von Salz bedeckt waren, kann die Art des Porenraumes nur örtlich eingestuft werden. Anzeichen für präparative Auflockerung sind nicht zu sehen.

Bemerkungen:

Die Permeabilität wurde unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 450,18 - 450,31 m

BOHRUNG: K 101

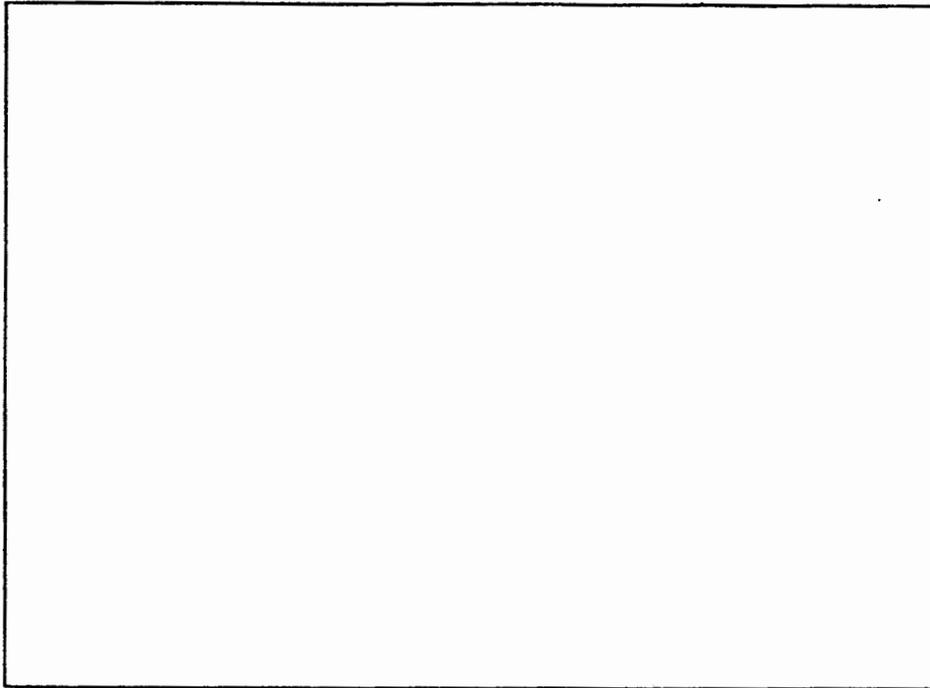


Abbildung Nr: 31

Vergrößerung: 2000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Großer Poreneintritt in Tonen. Daneben sind Mikroporen zu sehen.

Porenraumklassifizierung:

Pd mc-sms BP

? s x S.n sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 69	Kiste	467
Teufe: von 455,36	bis	455,46 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unteralb		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		1.9
C _{org} -Gehalt [%]		0.6
Porosität(effektiv) [%]	Ø	18.1
Bulkdichte [g/cm ³]		2.11
scheinb. Korndichte [g/cm ³]		2.58
Luftpermeabilität [mD]		8.8 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Tonporosität und eventuell Kluftporosität. Die Porositätswerte schwanken nicht (< 0.1 %).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simuliertem Gebirgsdruck gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 455,36 - 455.46 m

BOHRUNG: K 101

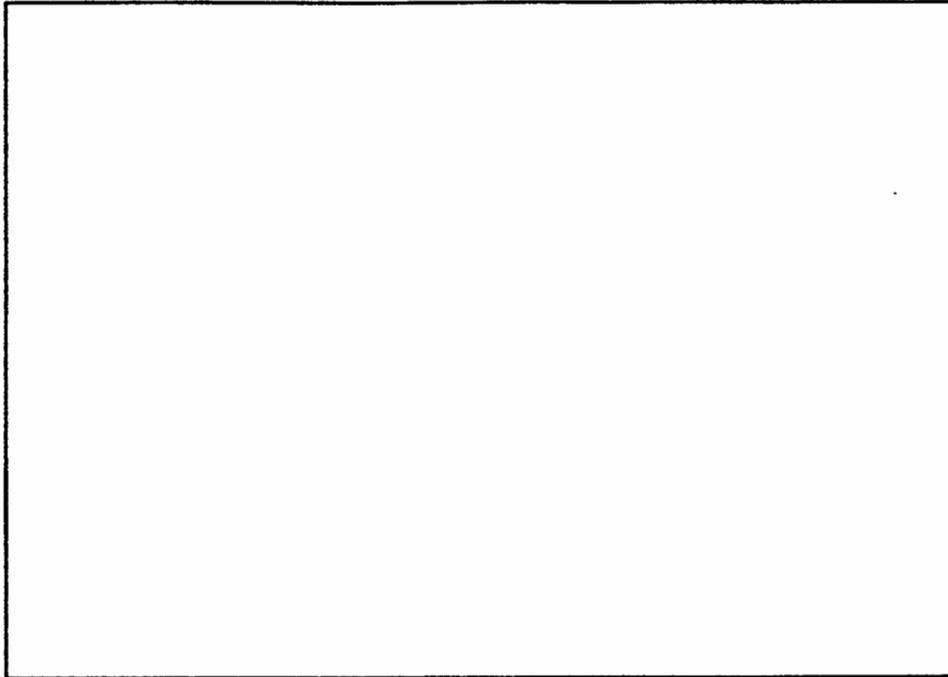


Abbildung Nr: 32

Vergrößerung: 1250 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Rißporosität

Die vollständigen Tonbrücken zeigen, daß der Riß durch die Präparation nicht erweitert wurde. Im Riß ist neugebildeter Kalzit zu sehen. Neben dem Riß zeigt das Bild typische Tonporen in Tonmineralen mit hohem mixed layers Anteil. Vermutlich handelt es sich bei dem Bildausschnitt um einen Bereich, in den die Tone nicht repräsentativ für die Gesamtprobe sind (Einfluß des Risses).

Porenraumklassifizierung:

Riß: S ms FR

Tonporen: Pd mc BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 455,36 - 455,46 m BOHRUNG: K 101

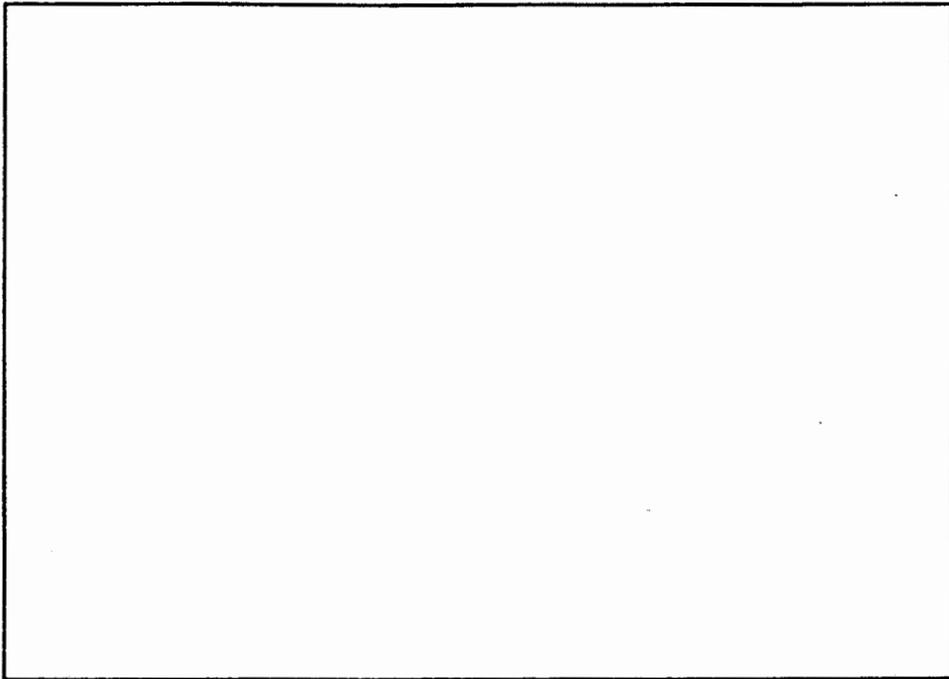


Abbildung Nr: 33

Vergrößerung: 200 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übersicht

Die großen Vertiefungen l. o. und l. u. sind durch Ausbruch von Siltkorn entstanden.

Unter diesen Ausbruchstellen liegen Poreneintritte, die etwa den gleichen Durchmesser wie die Tonporen r. o. besitzen (1 - 5 μm).

In der linken unteren Ecke des Bildes ist sekundärer, durch Lösung entstandener Porenraum angedeutet.

Porenraumklassifizierung:

Pd sms BP

s x Sm sms PB WP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 69	Kiste 469
Teufe: von 457,07	bis 457,19 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unteralb, Hilssandstein	
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]	0.7
C_{org} -Gehalt [%]	< 0.1
Porosität(effektiv)[%]	35.2
Bulkdichte[g/cm^3]	1.72
scheinb. Korndichte[g/cm^3]	2.65
Luftpermeabilität [mD]	1400

Porenraum:

Wenig verheilte, intergranularer Porenraum. Die Größe der Einzelporen läßt keine Übersicht im REM zu.

Bemerkungen:

Permeabilität unter Laborbedingungen gemessen. Die im Verhältnis zur Porosität niedrige Permeabilität ist durch eine hohe spezifische Oberfläche erklärbar (Glaukonit und eventuell Spülung).

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 457,07 - 457,19 m BOHRUNG: K 101

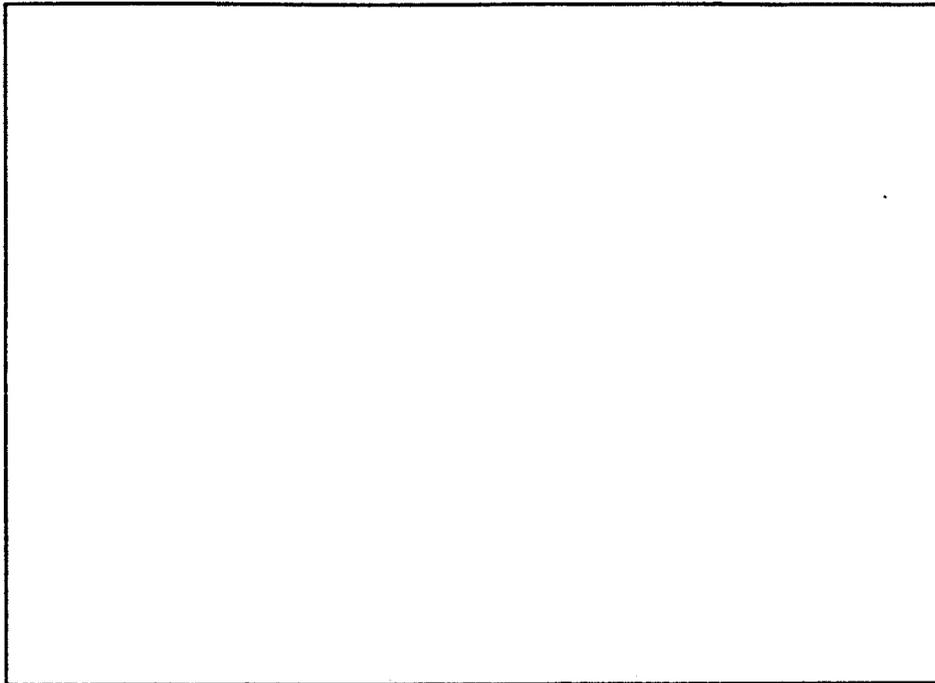


Abbildung Nr: 34

Vergrößerung: 130 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Auf den Quarzkörnern ist eine dicke Kruste zu sehen, die in der EDX-Analyse kein charakteristisches Element anzeigt. Es wird vermutet, daß die Kruste zumindest zum Teil aus CMC besteht. In der Probe befindliche Erze sowie ein Teil des Glaukonits zeigen gegenüber dem Quarz nur wenig Belag.

In der Mitte des Bildes befindet sich ein herausgebrochener Feldspat.

Der Porenraum der Probe ist kaum verheilt.

Porenraumklassifizierung:

Pd mg BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 69	Kiste 473
Teufe: von 461,67	bis 461,76 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberapt	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	13.5
C _{org} -Gehalt [%]	0.7
Porosität(effektiv)[%]	∅ 16.9
Bulkdichte[g/cm ³]	2.24
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.70
Luftpermeabilität [mD]	< 2 x 10 ⁻⁵

Porenraum:

Die Form und Anordnung der Tonporen ist nicht charakteristisch für eine Bildungsart.

Die Porositätswerte der Prüfkörper schwankten nur um ± 0.1 % (absolut).

Bemerkungen:

KLINKENBERG-Korrektur unsicher, da der Kern unter Einfluß des Manteldrucks verformt wird.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 461,67 - 461,76 m

BOHRUNG: K 101

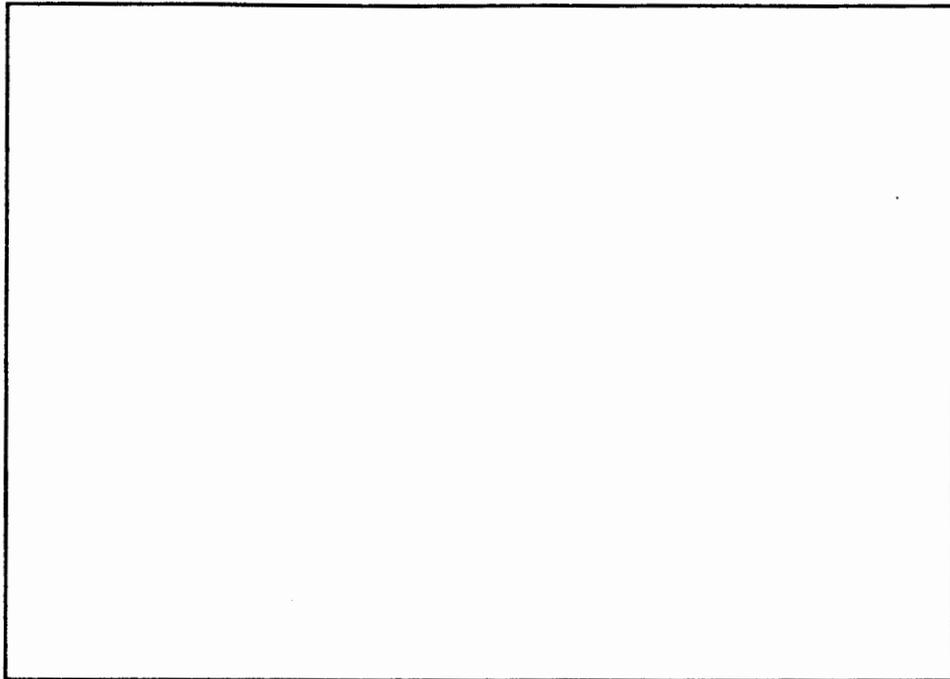


Abbildung Nr: 35

Vergrößerung: 100 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übersicht

In der tonigen Matrix fällt die hohe Porendichte sowie der für einen Ton große Porendurchmesser (8 - 15 μm) auf.
Die Probe ist in weiten Teilen von Salz bedeckt.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 71	Kiste 488
Teufe: von 474,52	bis 474,72 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberapt	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	20.1
C _{org} -Gehalt [%]	0.4
Porosität(effektiv) [%]	13.0
Bulkdichte[g/cm ³]	2.37
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.73
Luftpermeabilität [mD]	1 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Überwiegend Tonporosität.

Bemerkungen:

Die Probe zeigte unter Laborbedingungen eine Permeabilität von 1×10^{-2} mD (Rißbildung).

Der oben angegebene Wert ist bei simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 474,52 - 474,72 m BOHRUNG: K 101

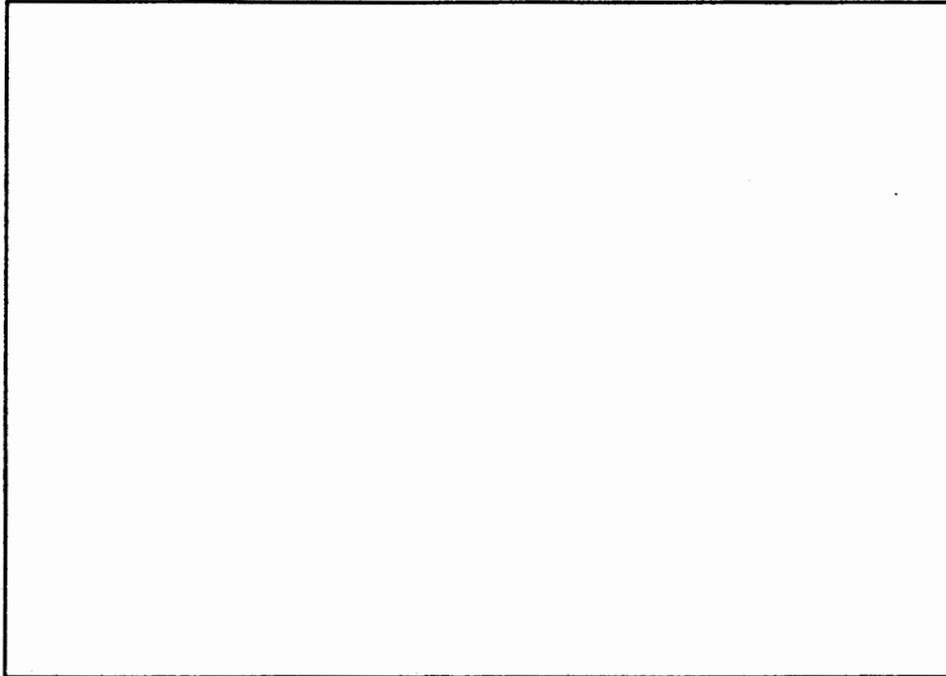


Abbildung Nr: 36

Vergrößerung: 2000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Vermutlicher Kornausbruch und schichtparallele Poren in Tonen. Die Poren zeigen Verheilung durch einwachsende Tone.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	72	Kiste	495
Teufe: von	483,66	bis	483,76 m
Stratigraphie:	Unterkreide, Oberbarrême		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			1.5
C _{org} -Gehalt [%]			1.7
Porosität(effektiv) [%]			10.1
Bulkdichte [g/cm ³]			2.33
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.59
Luftpermeabilität [mD]			7.3 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Durch eine Salzkruste ist eine Einstufung des Porenraumes nicht möglich. Die sichtbaren Ausschnitte zeigen Anzeichen für sekundäre Porosität (Herauslösung organogener Substanzen). Daneben ist autigener Quarz zu sehen, der den Porenraum reduziert.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 483,66 - 483,76 m

BOHRUNG: K 101

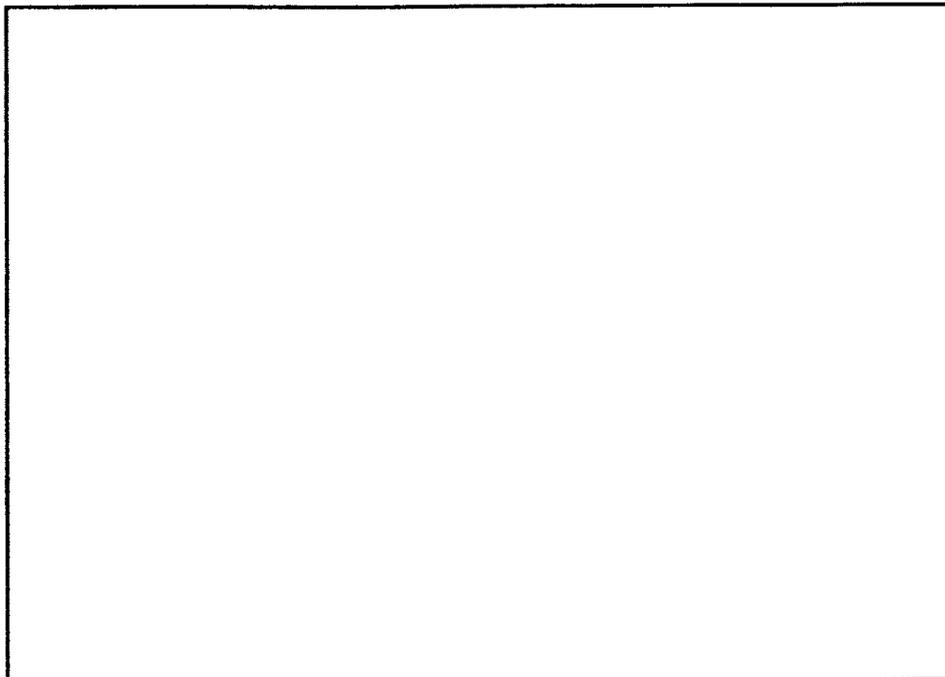


Abbildung Nr: 37

Vergrößerung: 50/250 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Unter der dicken Salzkruste sind nur stellenweise Poren zu erkennen, bei denen die großen Poren überdurchschnittlich repräsentiert sind. Es scheint sich hierbei um Poren zu handeln, die durch Herauslösung organogener Anteile entstanden sind. In der Übersicht r. u. liegt intrapratikulärer Porenraum in einem Fossilrest vor.

Porenraumklassifizierung:

Fossilrest: Pp ms WP

Detail: ? s x S ms MO

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 483,66 - 483,76 m BOHRUNG: K 101

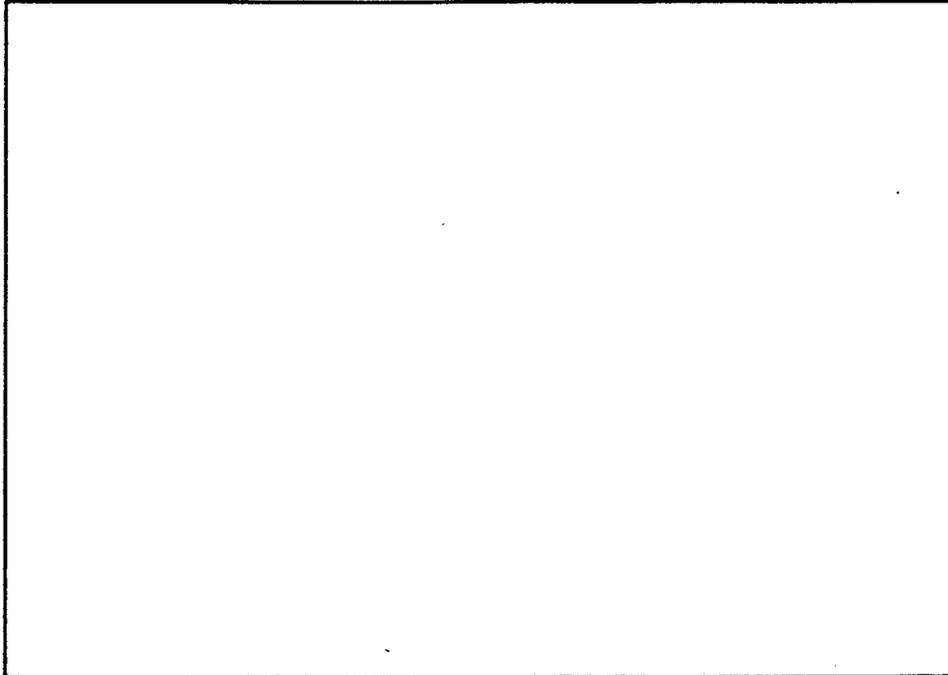


Abbildung Nr: 38

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Autigen gewachsener Quarz (l. o., l. u., Mitte in der Vertiefung), Pyrit (r. o.), Ton und Salzkrusten.

In Anbetracht der unregelmäßigen Ränder des autigen gewachsenen Quarzes (Mitte) sowie der Tonneubildungen (m. o.) handelt es sich bei der Vertiefung um eine Pore, die allerdings schon teilweise verheilt ist.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd ms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	74	Kiste	504
Teufe: von	493,26	bis	493,34 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberbarrême			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			1.5
C _{org} -Gehalt [%]			1.9
Porosität(effektiv) [%]			12.5
Bulkdichte [g/cm ³]			2.29
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.61
Luftpermeabilität [mD]			1 x 10 ⁻²

Porenraum:

Die Probe war von einer Salzkruste bedeckt. Anzeichen für eine (vermutliche schichtparallele) Auflockerung sind vorhanden (Vertiefungen in der Salzkruste).

Bemerkungen:

Permeabilität unter Laborbedingungen gemessen, weil die Probe zu stark aufgelockert war und bei Druckbelastung zerfallen wäre.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 493,26 - 493,34 m BOHRUNG: K 101

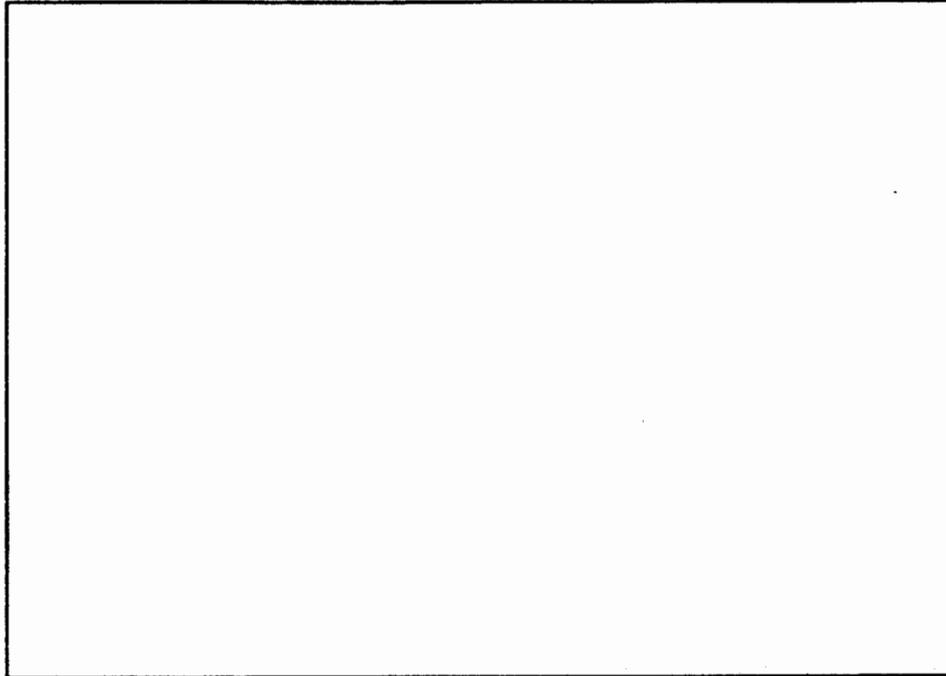


Abbildung Nr: 39

Vergrößerung: 1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Salzkrusten.

Eine Beschreibung des Porenraumes ist nicht möglich.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 75	Kiste	514
Teufe: von 501,15	bis	501,26 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberbarrême		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		7.6
C _{org} -Gehalt [%]		0.9
Porosität(effektiv) [%]		15.3
Bulkdichte [g/cm ³]		2.24
scheinb. Korndichte [g/cm ³]		2.65
Luftpermeabilität [mD]		6 x 10 ⁻⁶

Porenraum:

Salzkruste, keine Einschätzung des Porenraumes möglich.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen messen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 501,15 - 501,26 m BOHRUNG: K 101

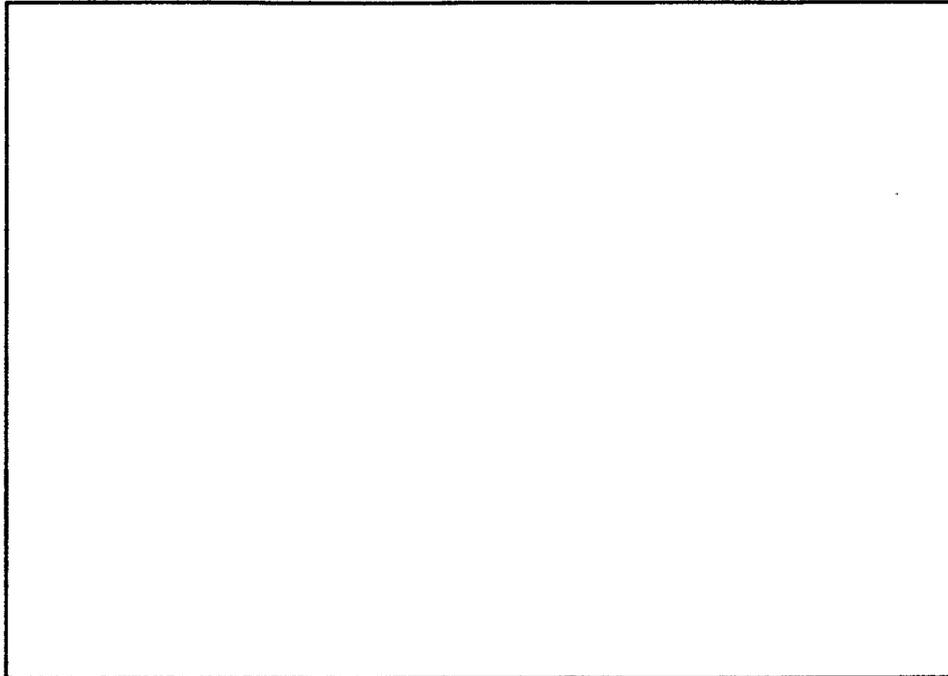


Abbildung Nr: 40

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übersicht

Durch die Salzkruste sind keine Einzelheiten der Probe erkennbar.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 501,15 - 501,26 m BOHRUNG: K 101

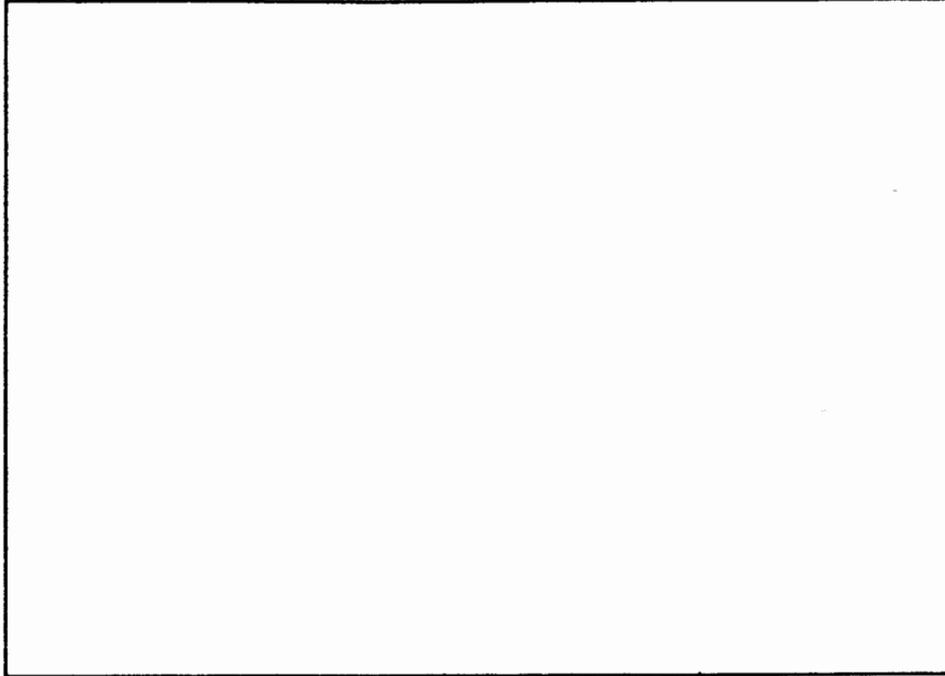


Abbildung Nr: 41

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Framboidaler Pyrit

Der Pyrit nimmt in fast allen Fällen keinen Salzbelag an.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 501,15 - 501,26 m BOHRUNG: K 101

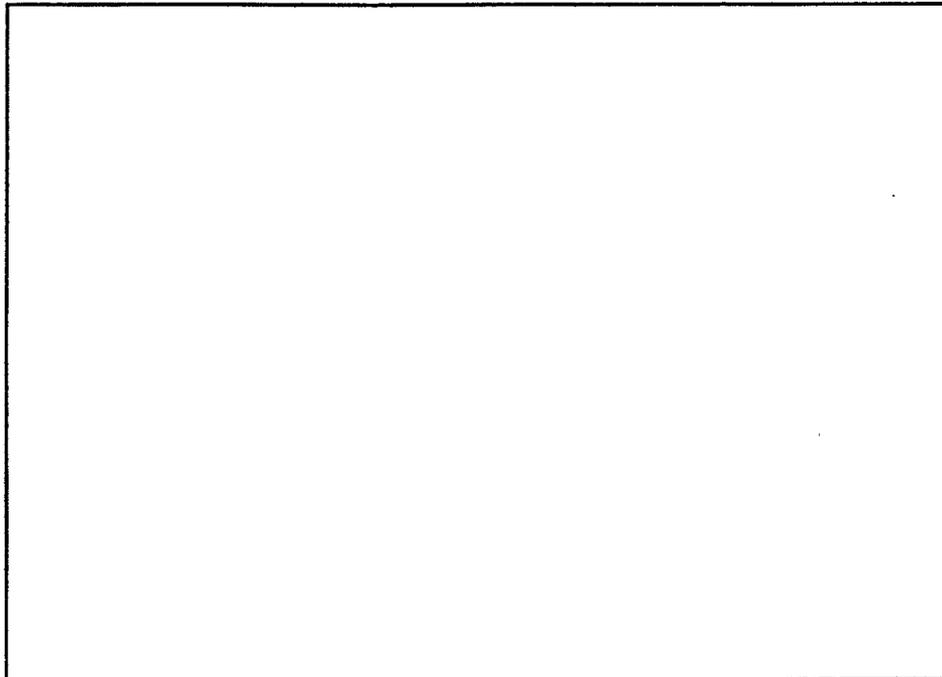


Abbildung Nr: 42

Vergrößerung: 1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Poreneintritt unter der Salzkruste

Eine Aussage über den Porendurchmesser ist nicht möglich.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 76	Kiste 518
Teufe: von 509,97	bis 510,08 m
Stratigraphie: Unterkreide, Mittelbarrême	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	3.0
C _{org} -Gehalt [%]	2.9
Porosität(effektiv) [%]	17.0
Bulkdichte[g/cm ³]	2.17
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.62
Luftpermeabilität [mD]	6.2 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Salzkruste, keine Einschätzung möglich.
 Die Korndichte fällt auf Grund des hohen
 C_{org}-Gehaltes sehr niedrig aus.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 509,97 - 510,08 m BOHRUNG: K 101

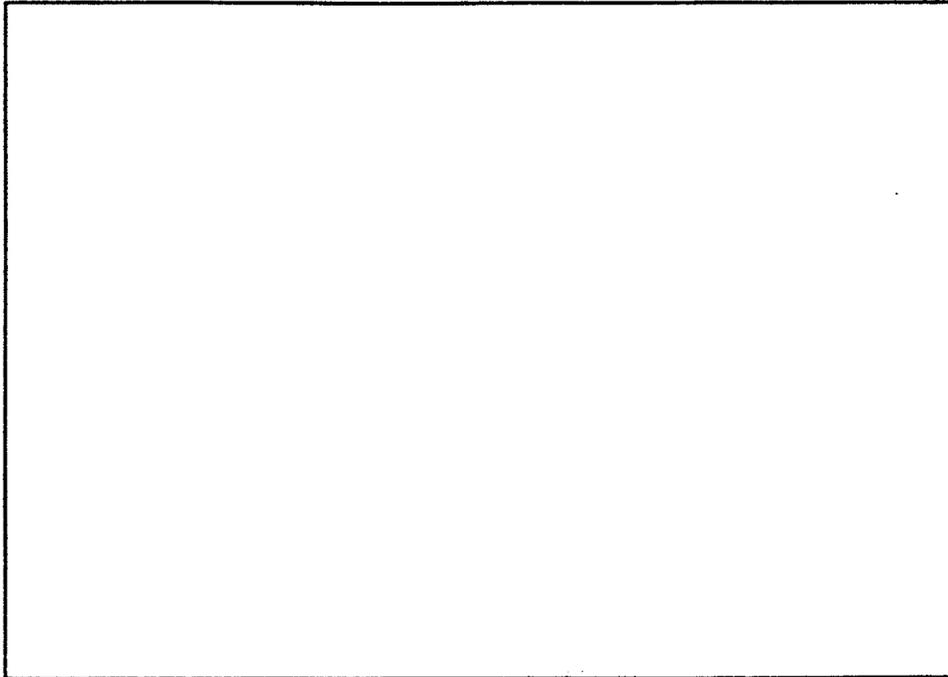


Abbildung Nr: 43

Vergrößerung: 3000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Poreneintritt unter der Salzkruste

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 79	Kiste 531
Teufe: von 520,84	bis 520,92 m
Stratigraphie: Unterkreide, Mittelbarrême	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	2.0
C _{org} -Gehalt [%]	4.0
Porosität (effektiv) [%]	17.5
Bulkdichte [g/cm ³]	2.17
scheinb. Korndichte [g/cm ³]	2.63
Luftpermeabilität [mD]	1.6

Porenraum:

Unter der Salzkruste ist keine Einschätzung des Porenraumes möglich. Übergroße Poren im Ton sind aber angedeutet.

Bemerkungen:

Die Permeabilität kann durch Risse beeinflusst sein, obwohl unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen wurde. Der Prüfkörper zerfiel nach der Permeabilitätsmessung vollständig.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 520,84 - 520,92 m BOHRUNG: K 101

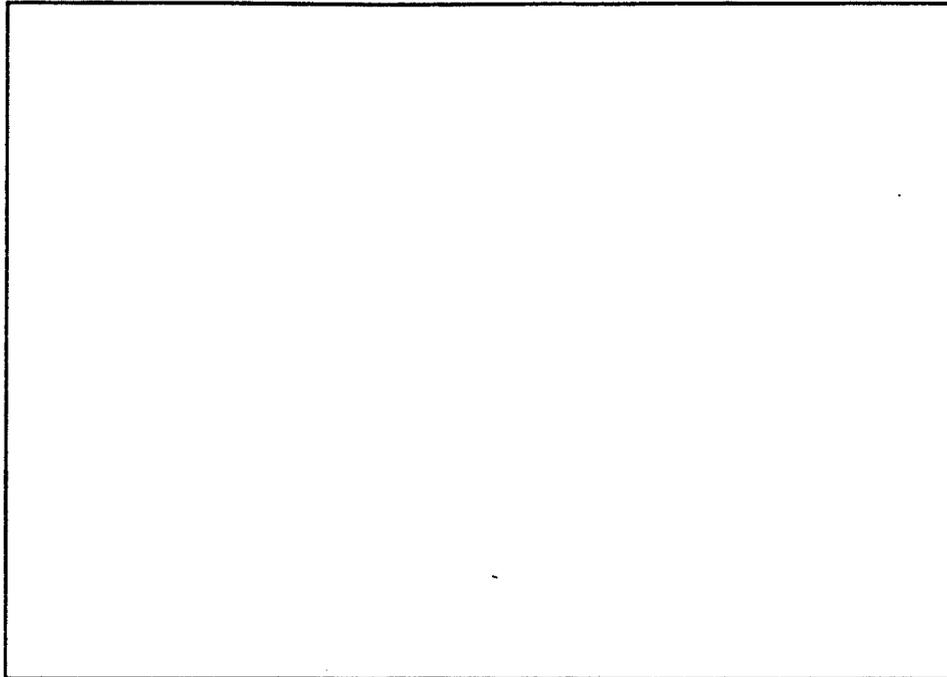


Abbildung Nr: 44

Vergrößerung: 1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Unter einer dicken Salzkruste sind Tonbrücken zu sehen.
Die Vertiefungen sowie die Brücken weisen auf relativ
große Porendurchmesser hin.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 81	Kiste 551
Teufe: von 532,68	bis 532,79 m
Stratigraphie: Unterkreide, Mittelbarrême	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	1.5
C _{org} -Gehalt [%]	2.1
Porosität(effektiv) [%]	13.4
Bulkdichte[g/cm ³]	2.28
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.63
Luftpermeabilität [mD]	5.0

Porenraum:

Kein Porenraum erkennbar (Salzkruste).

Bemerkungen: Riß

Der Prüfkörper zerfiel nach der Permeabilitätsmessung. Es ist daher Rißbildung als Ursache für die hohe Permeabilität wahrscheinlich.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 532,68 - 532,79 m BOHRUNG: K 101

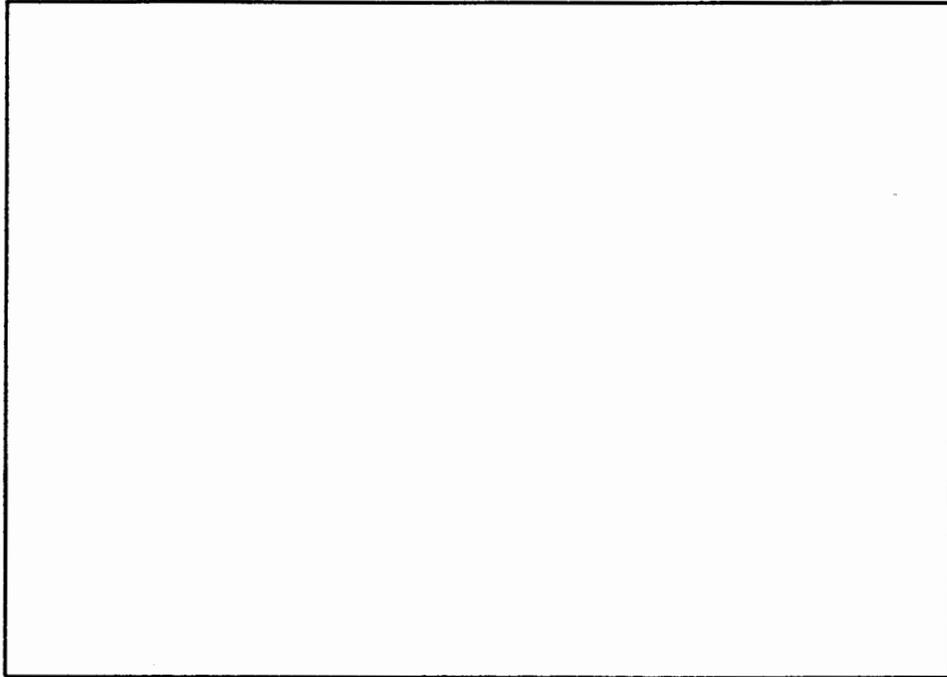


Abbildung Nr: 45

Vergrößerung: 1000/3000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Framboidaler Pyrit und Salzkruste.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 82	Kiste	557
Teufe: von 543,57	bis	543,67 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unterbarrême		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		10.1
C _{org} -Gehalt [%]		2.9
Porosität(effektiv)[%]		14.1
Bulkdichte[g/cm ³]		2.20
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		2.56
Luftpermeabilität [mD]		./.

Porenraum:

Unter der Salzkruste sind stellenweise Tonporen zu sehen. Eine vollständige Beschreibung ist nicht möglich. Durch den hohen C_{org}-Gehalt ist die Korndichte sehr niedrig.

Bemerkungen:

Der Prüfkörper zerfiel bei der Trocknung, daher keine Permeabilitätsmessung möglich.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 543,57 - 543,67 m BOHRUNG: K 101

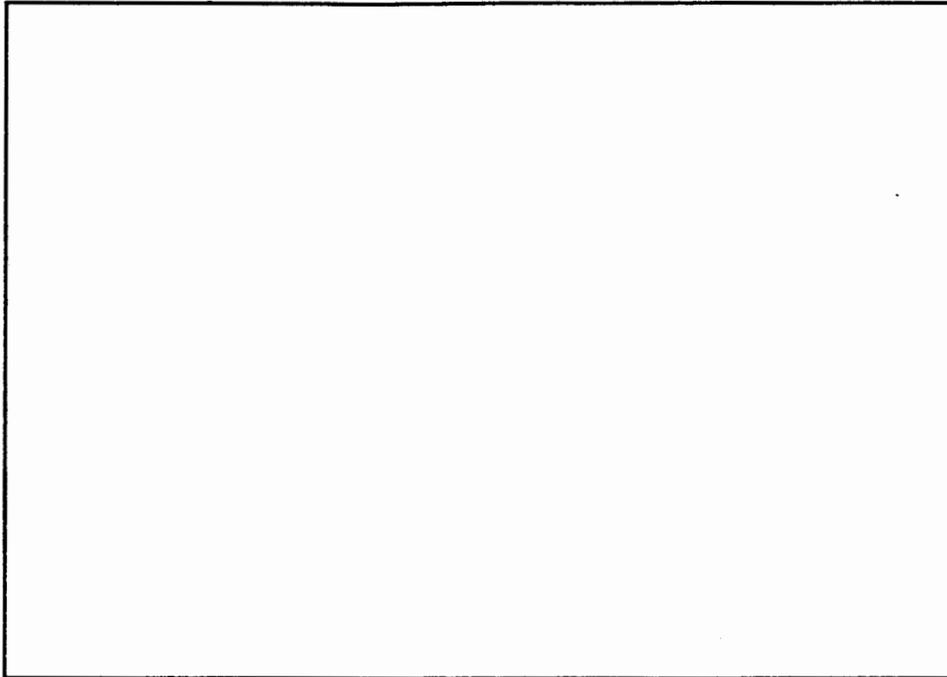


Abbildung Nr: 46

Vergrößerung: 125 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Unter der dicken Salzkruste ist kein Porenraum beschreibbar. Die Salzkruste deutet die Schichtung an (präparative Auflockerung ?)

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 543,57 - 543,67 m BOHRUNG: K 101

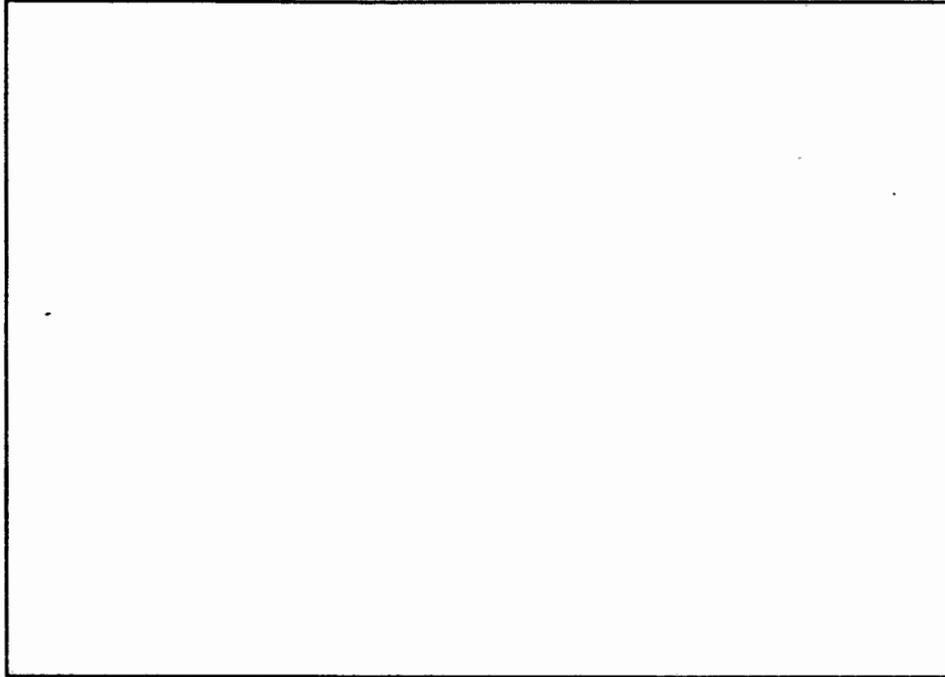


Abbildung Nr: 47

Vergrößerung: 400 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Poreneintritt in Tonen (l., u., o.)

Der große Porenkanal in der Mitte ist von Salzkrusten überzogen. In den Tonen links sind schichtparallel angeordnete Mikroporen sichtbar.

Porenraumklassifizierung:

Mikroporen links: Pd mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	84	Kiste	570
Teufe: von	554,98	bis	555,09 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unterbarrême			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			2.2
C _{org} -Gehalt [%]			0.8
Porosität(effektiv) [%]		Ø	14.1
Bulkdichte[g/cm ³]			2.30
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.68
Luftpermeabilität [mD]			./.

Porenraum:

Die Salzkruste ermöglicht keine Deutung des Porenraumes.
Die Porosität der Prüfkörper zeigt Schwankungen von bis zu ± 0.4 % (absolut).

Bemerkungen:

Die Prüfkörper zerfielen während der Trocknung.
Keine Permeabilitätsmessung möglich.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 554,98 - 555,09m BOHRUNG: K 101

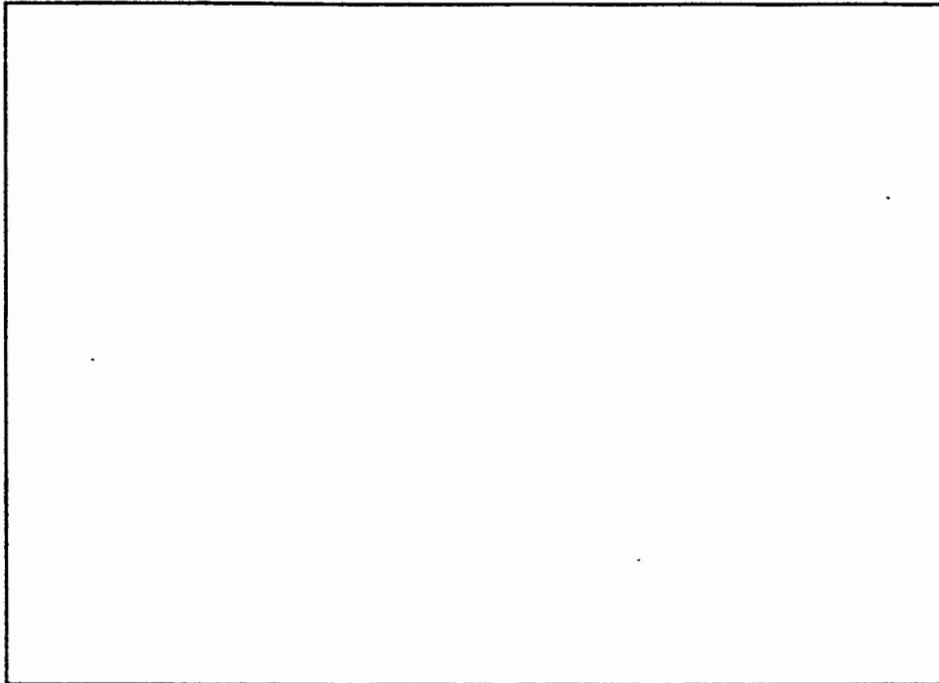


Abbildung Nr: 48

Vergrößerung: 750 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Während weite Teile der Probe von Salz bedeckt sind, tritt der framboidale Pyrit deutlich hervor. Anhand von Größe und Ausbildung der Aggregate sowie der Einzelkörner kann eine unterschiedliche zeitliche Entstehung abgeleitet werden. Der Pyrit reduziert den Porenraum und teilt ihn in mehrere Einzelporen auf, deren Durchmesser aber mit großer Sicherheit nicht repräsentativ für die Probe ist.

Porenraumklassifizierung:

c r Sm ms BP (zwischen den Pyriten)

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 89	Kiste 613
Teufe: von 596,86	bis 597,01 m
Stratigraphie: Unterkreide, Oberhaueterive	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	9.3
C _{org} -Gehalt [%]	0.7
Porosität(effektiv) [%]	13.6
Bulkdichte[g/cm ³]	2.31
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.68
Luftpermeabilität [mD]	5.4 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Keine genaue Einstufung möglich (Salzkruste).

Bemerkungen:

Permeabilität unter Gebirgsdruck gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 596,36- parallel zur BOHRUNG: K 101
597,01 m Schicht

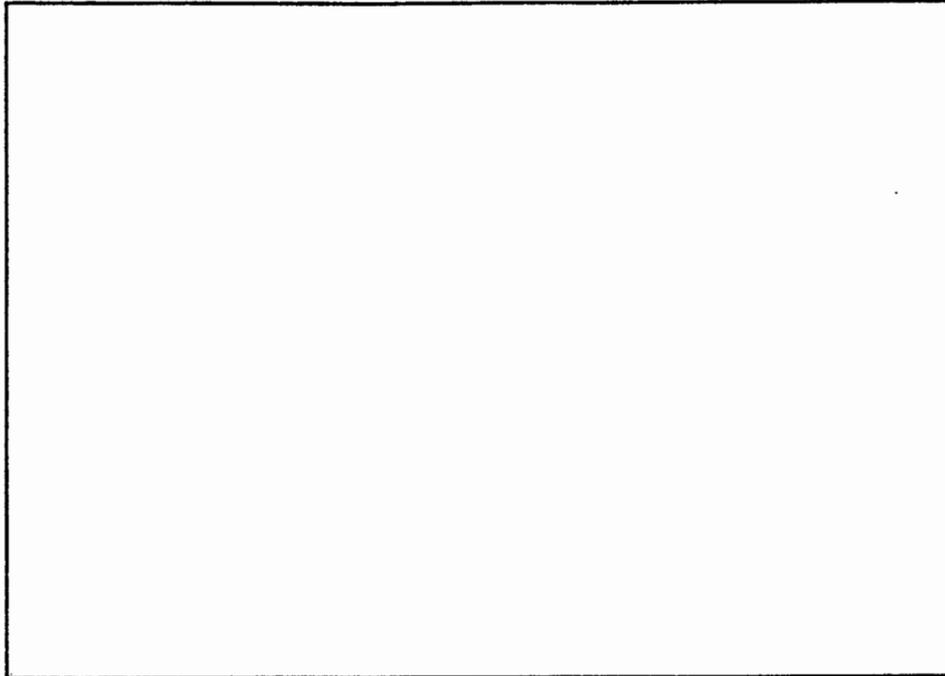


Abbildung Nr: 49

Vergrößerung: 150 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Schichtoberfläche

Auch hier erlaubt die Salzkruste keine Einstufung
des Porenraumes.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE : 596,86- senkrecht zur BOHRUNG: K 101
597,01 m Schicht

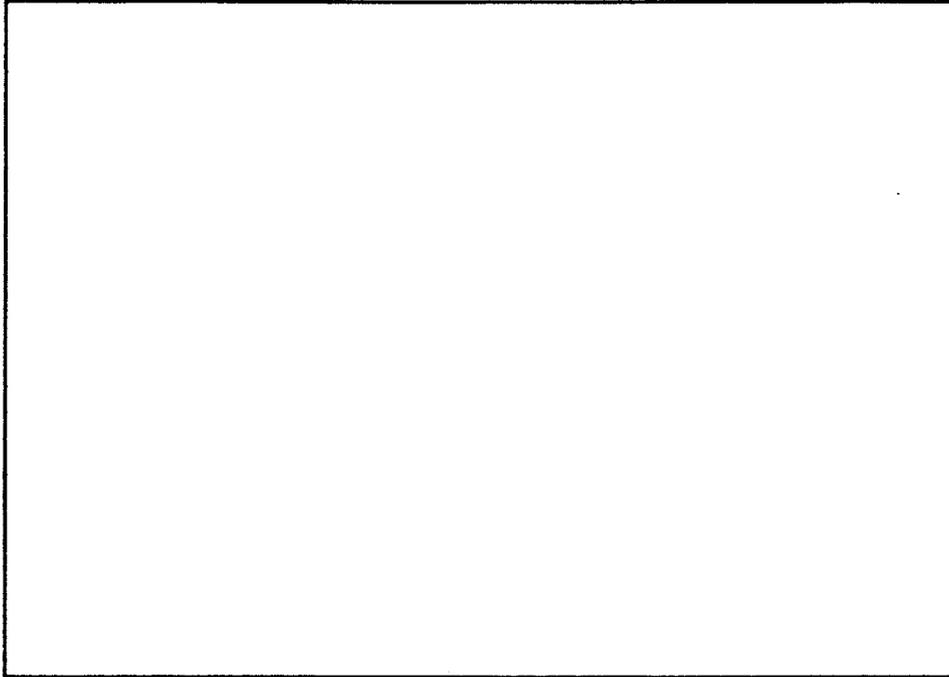


Abbildung Nr: 50

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Im oberen rechten Bildabschnitt ist unter der Salzkruste die Probenstruktur erkennbar. In diesem Abschnitt liegen Mikroporen im Ton vor.

Aufnahme senkrecht zur Schicht.

Porenraumklassifizierung:

mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	91	Kiste	629
Teufe: von	611,02	bis	611,13 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unterhauenerive			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			35.2
C _{org} -Gehalt [%]			0.3
Porosität(effektiv)[%]		minimal	5.4
Bulkdichte[g/cm ³]		Ø	2.51
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.71
Luftpermeabilität [mD]			< 5 x 10 ⁻³

Porenraum:

Neben Tonporen tritt sekundäre Porosität im Karbonat auf. Die REM-Untersuchung zeigt schichtparallele Auflockerung, die sich auch in den Porositätswerten bestätigt (5.4 - 10.6 %, Ø 7.4 %).

Bemerkungen:

Die stark schwankenden Porositäten zeigen Ribbildung an. Hierfür spricht auch die, bei der Permeabilitätsmessung beobachtete Verformung der Probe. Sie ist die Ursache dafür, daß die KLINKENBERG-Korrektur nicht möglich war.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 611,02 - 611,13 m

BOHRUNG: K 101

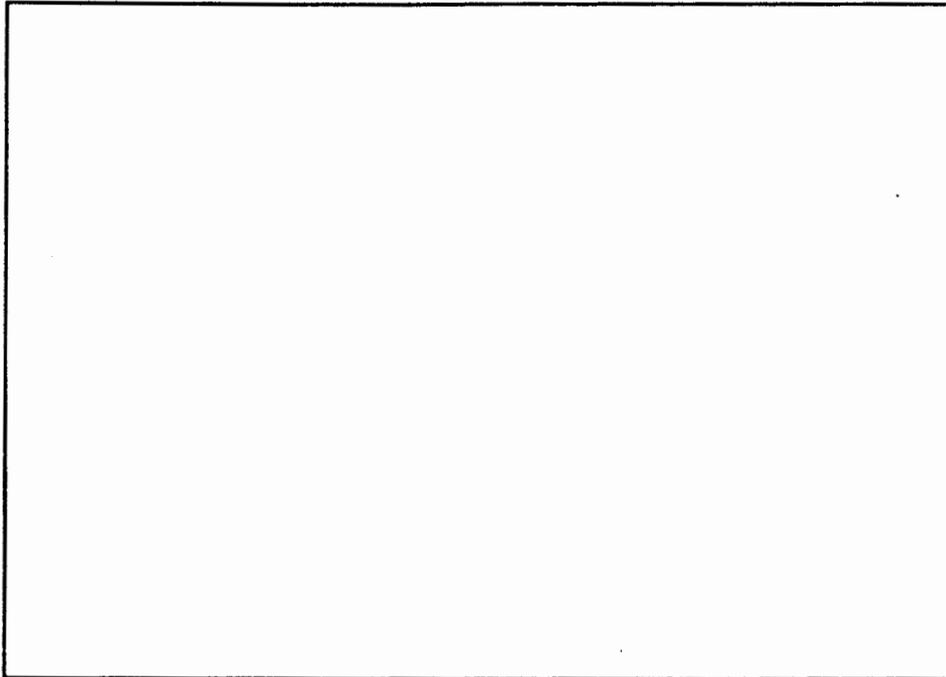


Abbildung Nr: 51

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

In einer tonig-karbonatischen Matrix fallen mehrere Porenarten auf:

- Die großen Vertiefungen r. o. und r. u. sind vermutlich Ausbruchstellen von sparitischem Kalzit
- Die kleineren Poren (bis ca. 4 μm) sind vor allem auf tonige Abschnitte beschränkt und deutlich schichtorientiert.
- Am Rand von Karbonatkörnern finden sich Mikroporen, die auf Unkristallisationen des Karbonates hinweisen.

R. u. im Bild ist Pyrit erkennbar.

Porenraumklassifizierung:

70 % Pd mc - sms BP

30 % s x S mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 91

Kiste 632

Teufe: von 613,05 m (Bruchstück) bis

Stratigraphie: Unterkreide, Unterhauertive

Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}] 22.2 C_{org} -Gehalt [%] 0.5

Porosität(effektiv) [%]

Bulkdichte [g/cm^3] n i c h t g e m e s s e nscheinb. Korndichte [g/cm^3]

Luftpermeabilität [mD]

Porenraum:

Sekundäre Porosität (übergroße Poren, mit Lösungssäumen)
in karbonatischen Bestandteilen.

Bemerkungen:

Sonderprobe

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 613,05 m

BOHRUNG: K 101

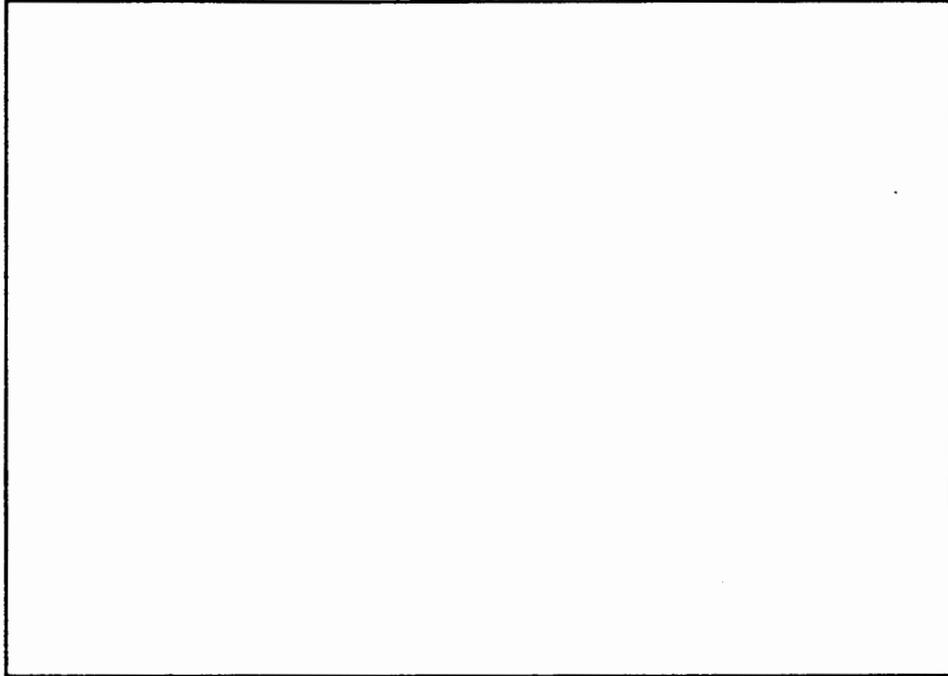


Abbildung Nr: 52

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Sekundäre Porosität in einem tonigen Probenabschnitt. Die große Pore in der Bildmitte kann ihrer Form nach nicht durch Kornausbruch entstanden sein.

In der unteren Bildhälfte sind Tonporen mit geringerem Durchmesser zu sehen, deren genetische Entstehung nicht eindeutig festlegbar ist.

Porenraumklassifizierung:

große Pore S ms BP

P (?) sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	92	Kiste	641
Teufe: von	621,61	bis	621,69 m
Stratigraphie: Unterkreide, Unterhaueterive			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			13.1
C _{org} -Gehalt [%]			0.4
Porosität(effektiv)[%]		minimal	8.6
Bulkdichte[g/cm ³]		∅	2.39
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.72
Luftpermeabilität [mD]			./.

Porenraum:

Aus den REM-Aufnahmen ist nicht zu erkennen, daß die Probe bei der Untersuchung stark aufgelockert war. Weitere Schlüsse läßt die dicke Salzkruste auf der Probe nicht zu.

Die Porositätswerte liegen zwischen 8.6 und 13.8 % mit einem Mittelwert von 12.0 %.

Bemerkungen: schwankende Porositätswerte

Die Probe zerfiel bei der Trocknung vollständig!
Hierdurch war keine Permeabilitätsmessung möglich.
Auch die Porositätswerte zeigen Ribbildung an.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 621,61 - 621,69 m BOHRUNG: K 101

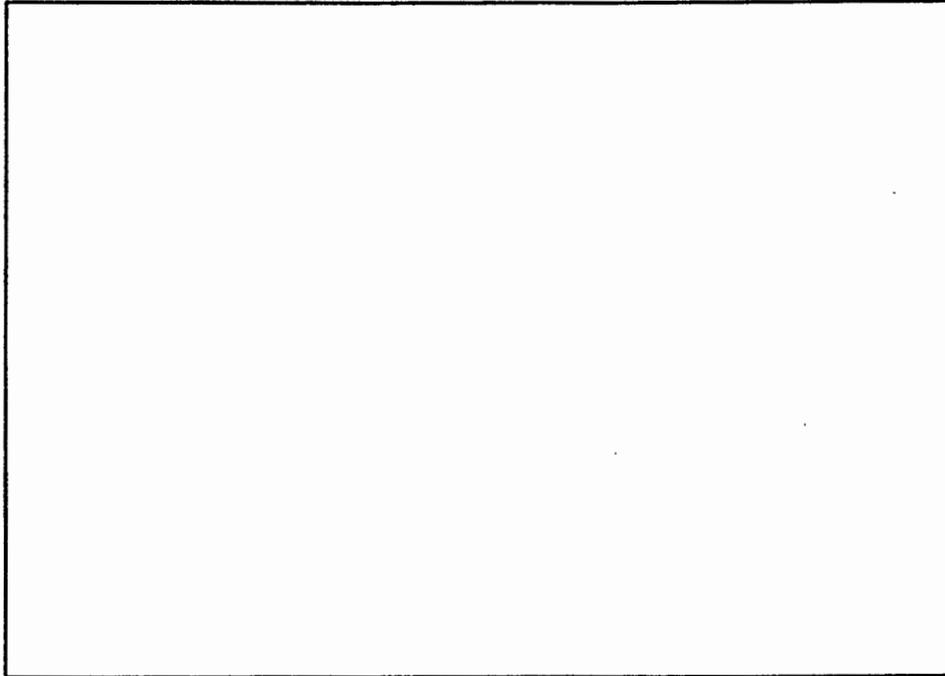


Abbildung Nr: 53

Vergrößerung: 200 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die Salzkruste zeichnet deutlich die Schichtung nach (l. u. - r. o.). Es ist anzunehmen, daß die Probe parallel zur Schichtung aufgelockert ist.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	94	Kiste	659
Teufe: von	637,04	bis	637,13 m
Stratigraphie: Malm, Oberer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			54.9
C _{org} -Gehalt [%]			0.1
Porosität(effektiv)[%]		minimal	15.6
Bulkdichte[g/cm ³]		∅	2.26
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.71
Luftpermeabilität [mD]			5.0

Porenraum:

Die schon makroskopisch sichtbare Porosität ist im REM wegen der Größe der Einzelporen nicht vollständig zu erfassen. Unterschiedliche Porositätswerte bei den Prüfkörpern sind mit den Befunden gut zu korrelieren, weil die großen Poren auf einzelne Lagen beschränkt sind. Die vielen idiomorphen Neubildungen im Porenraum sind ebenfalls Anzeichen für eine gute Porosität.

Streubreite: 15.6 - 17.4 %

Mittelwert: 16.5 %

Bemerkungen:

Die Permeabilität von 5 mD wurde am Prüfkörper mit 17.4 % Porosität unter gebirgsähnlichen Druckverhältnissen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 637,04 - 637,13 m BOHRUNG: K 101

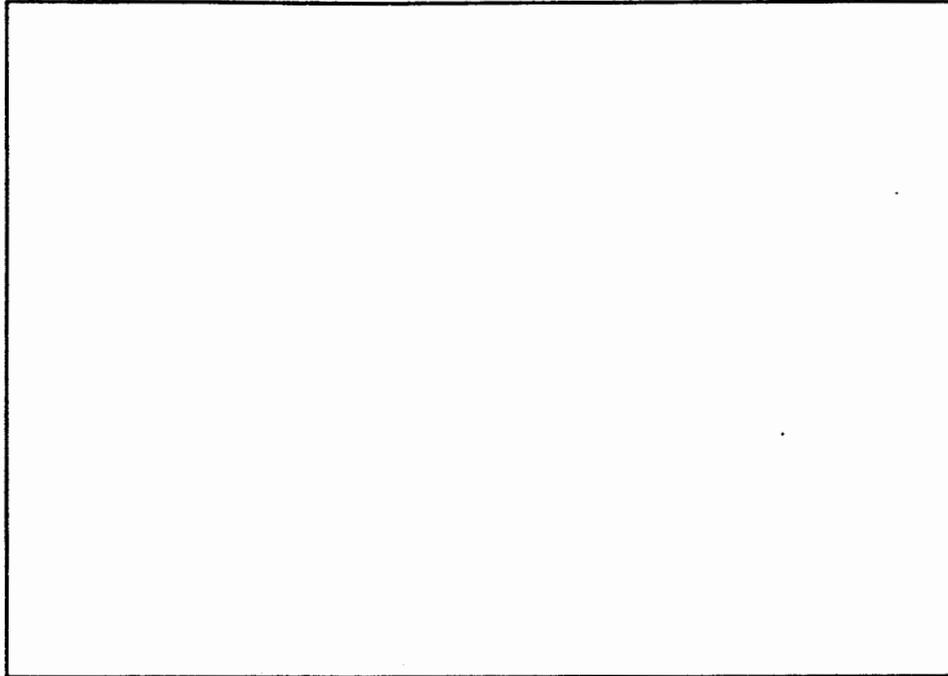


Abbildung Nr: 54

Vergrößerung: 1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Kalzitneusprossungen im Porenraum

Im Verhältnis zu den umliegenden Proben ist das Kalzitwachstum als sehr unvollständig zu bezeichnen. Zwischen den Kalziten liegen einzelne Kaolinitplättchen (l. u., r.)

Porenraumklassifizierung:

c r Pd ms BC

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 637,04 - 637,13 m BOHRUNG: K 101

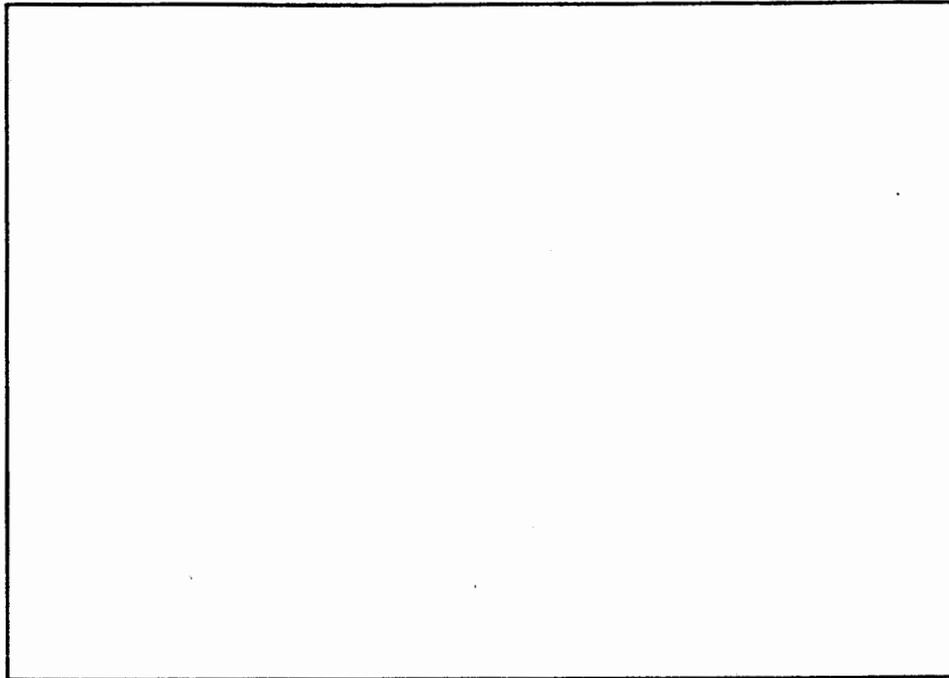


Abbildung Nr: 55

Vergrößerung: 1400 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Kaolinit auf Kalzit

Sowohl die idiomorphe Form des Kalzits als auch der Kaolinit weisen auf einen schlecht geschlossenen Porenraum hin. Die Größe dieser Einzelpore ist im Bild nur unvollständig erkennbar.

Im Kalzit befinden sich intrakristalline Sackporen, die um Einschlüsse von Kaolinit entstanden sind.

Porenraumklassifizierung:

Einschlüsse: c r Sm mc intrakristallin

offen: c r Sm ms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 637,04 - 637,13 m BOHRUNG: K 101

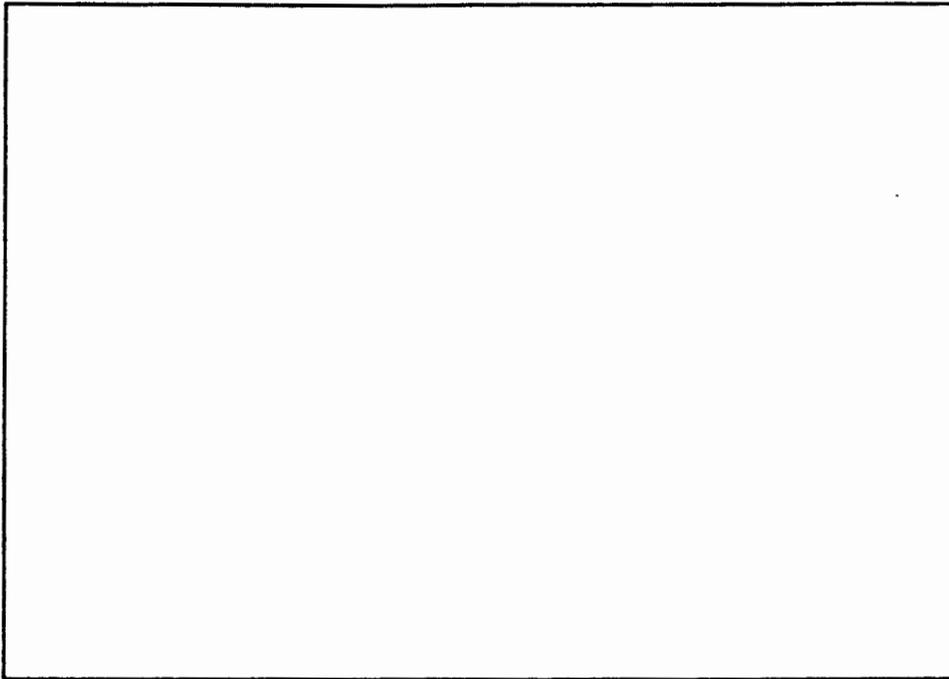


Abbildung Nr: 56

Vergrößerung: 1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Booklet-Struktur von Mineralen der Kaolinit/Dickitgruppe. Die Tonplättchen sind stark verwachsen und reduzieren den ehemals großen Porendurchmesser, indem sie ihn in kleine Einzelporen mit großer Oberfläche (Spor) unterteilen. Zwischen den Tonen ist vereinzelt Karbonat zu sehen (r. m.)

Porenraumklassifizierung:

c r Pd sms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 637,04 - 637,13 m BOHRUNG: K 101

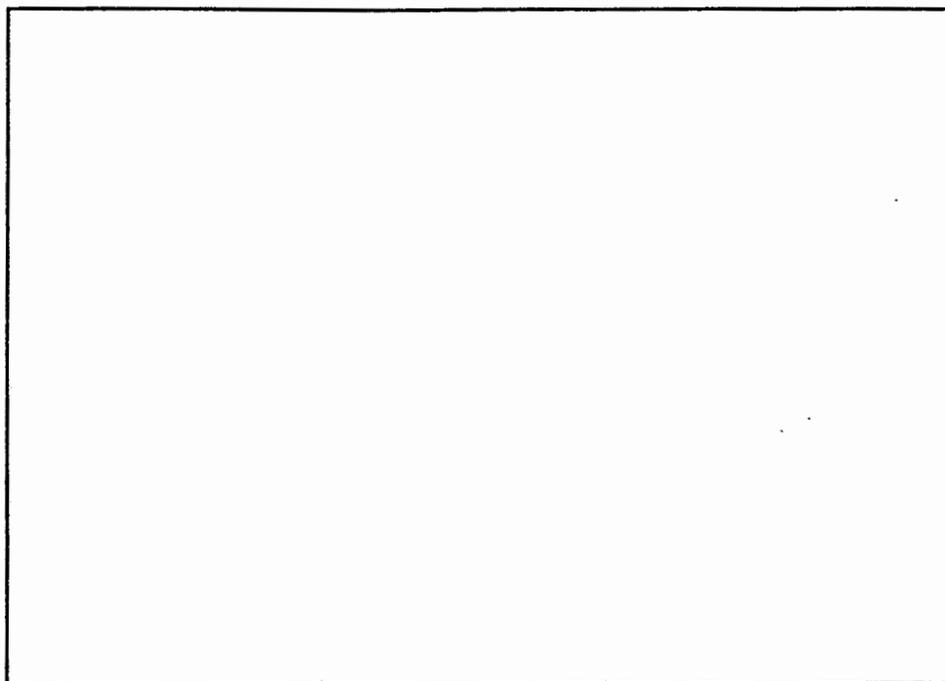


Abbildung Nr: 57

Vergrößerung: 300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Radialstrahliges Karbonat (Fossilrest) und randlicher Porenraum. Im Porenraum befinden sich Kaolinit (l. o.), Kalzit (l. u.) und Quarz-Neusprossungen. Der Porenraum ist schlecht verheilt.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd ms - mg BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 96	Kiste	677
Teufe: von 653,83	bis	653,90 m
Stratigraphie: Malm, Oberer Korallenoolith		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		52.5
C _{org} -Gehalt [%]		0.1
Porosität(effektiv) [%]	minimal	12.1
Bulkdichte [g/cm ³]	∅	2.37
scheinb. Korndichte [g/cm ³]		2.74
Luftpermeabilität [mD]		4.9 x 10 ⁻³

Porenraum:

Sehr unregelmäßig verteilt. Während die Eisenkarbonate offensichtlich für die Porosität verantwortlich sind, besitzt die aus Kalzit gebildete, sparitische Matrix keinen sichtbaren Porenraum.

Die minimale Porosität muß als wahrscheinlich angenommen werden, da die Poren im Verhältnis zum Probenkörper zu groß sind.

Porosität der Einzelprüfkörper: 12.1 - 14.5 %

Mittelwert: 13.5 %

Bemerkungen:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 653,83 - 653,90 m BOHRUNG: K 101

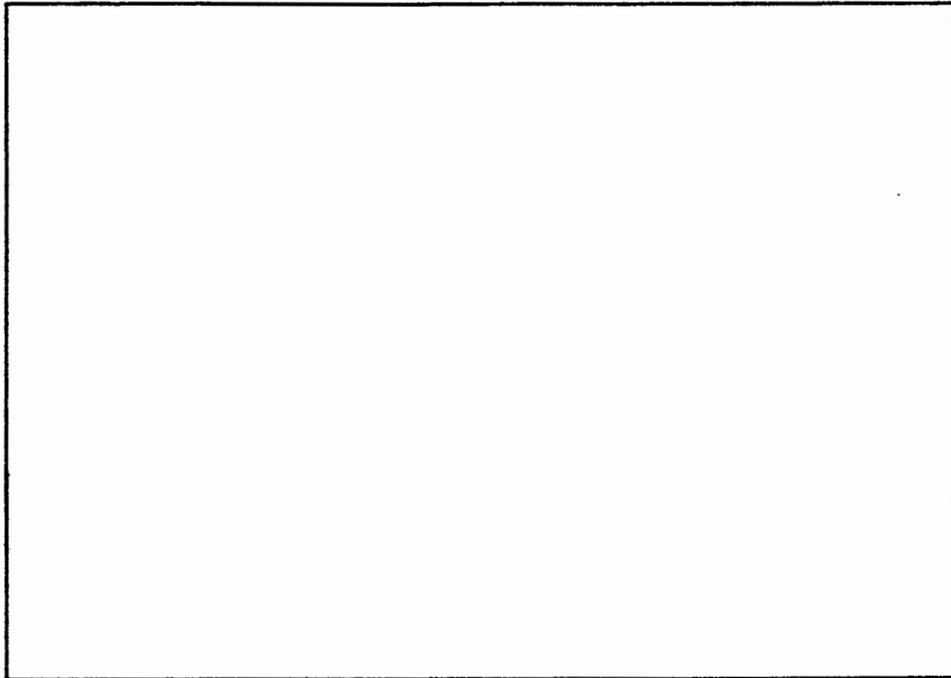


Abbildung Nr: 58

Vergrößerung: 50/150 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Ooidrand und dichte, kalzitische Matrix. Im unteren Bildabschnitt ist die Zunahme des Porenraumes im tonhaltigen Bereich zu sehen. Der Anteil eisenschüssiger Minerale ist im REM-Bild nicht erkennbar. Die EDAX-Analyse zeigt in fast jedem Analysenbereich Eisen an.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd ms BP/BC

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 653,83 - 653,90 m BOHRUNG: K 101

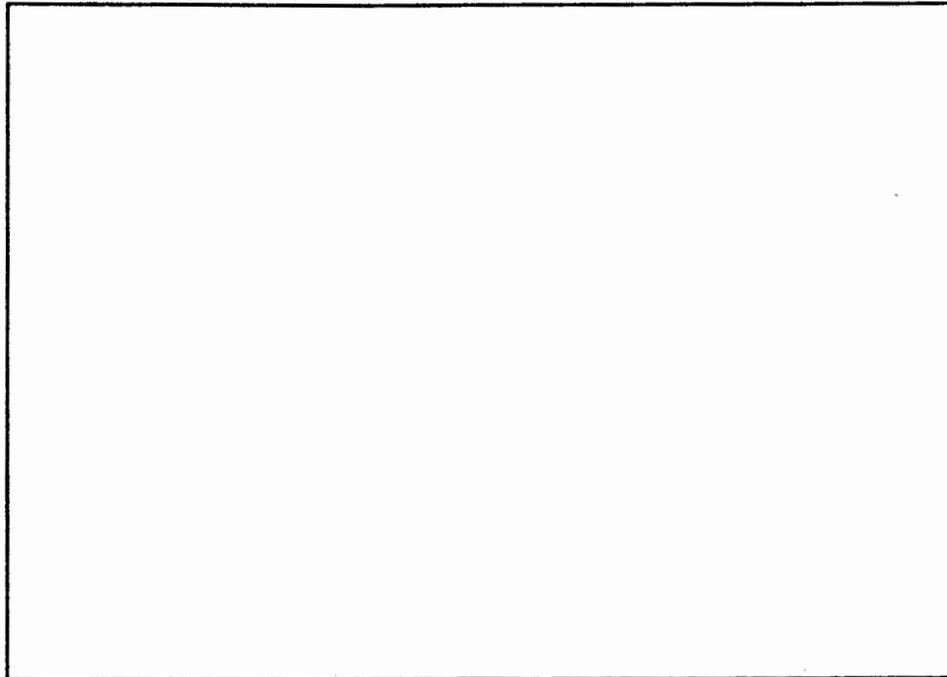


Abbildung Nr: 59

Vergrößerung: 20 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Probenübersicht

Die Übersicht zeigt zwischen den Ooiden eine dichte, aus sparitischem Kalzit bestehende Matrix, die lediglich an tonhaltigen Stellen Porenraum enthält.

Nur an wenigen Stellen (z. B. in der Mitte) ist die Matrix unvollständig ausgebildet.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 653,83 - 653,90 m BOHRUNG: K 101

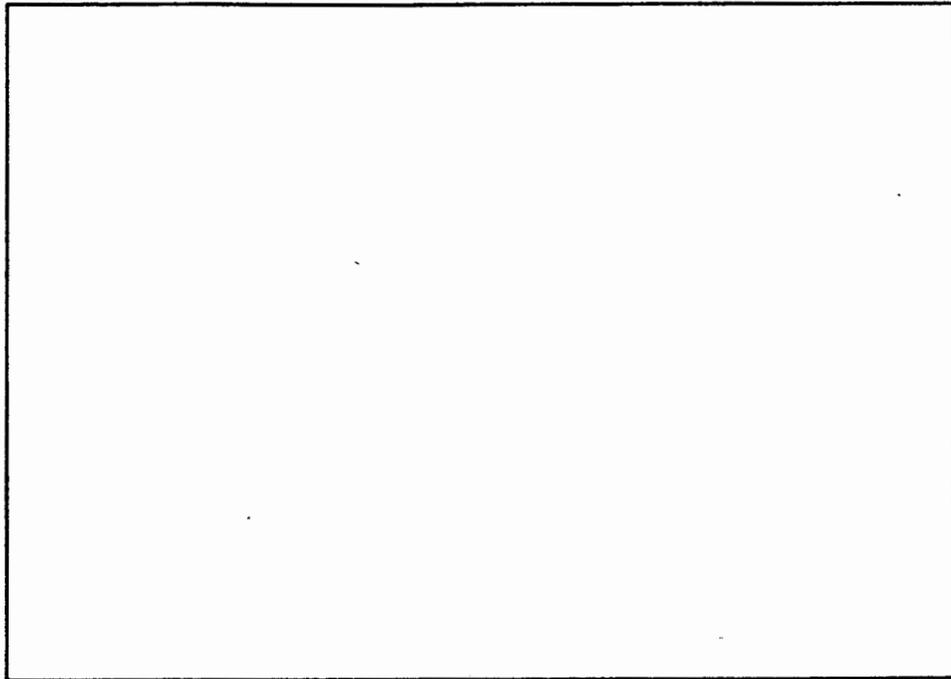


Abbildung Nr: 60

Vergrößerung: 600 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Porenraum in einem Zwickel zwischen toniger und karbonatischer Matrix. In der linken Bildhälfte ist neben Chlorit und Siderit ein framboidaler Pyrit zu sehen. Der Porendurchmesser beträgt mehr als 50 μm .

Porenraumklassifizierung:

c r Pd mg - ms BP/BC

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	96	Kiste	680
Teufe: von	655,99	bis	656,06 m
Stratigraphie: Malm, Oberer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			34.7
C _{org} -Gehalt [%]			0.5
Porosität(effektiv) [%]			7.3
Bulkdichte[g/cm ³]			2.51
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.71
Luftpermeabilität [mD]			./.

Porenraum:

Unter einer dicken Salzkruste sind Struktur und Größe der Poren nicht zu ermitteln. Anzeichen für eine präparative Auflockerung der Probe sind nicht erkennbar.

Bemerkungen:

Der Kern zerfiel nach dem Einbau in das Permeameter unter Druckwirkung.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 655,99 - 656,06 m BOHRUNG: K 101

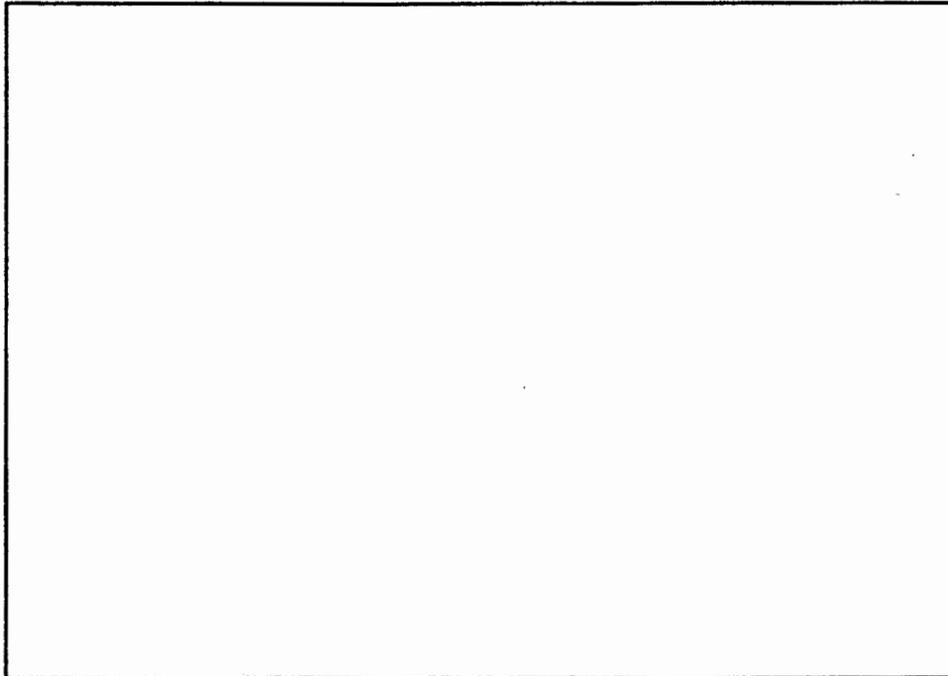


Abbildung Nr: 61

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

In der Salzkruste liegen Poreneintritte, deren Durchmesser dem wahren Porendurchmesser nahe kommen dürfte. Eine genetische Einstufung des Porenraumes ist nicht möglich.

Porenraumklassifizierung:

mc - sms

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	96	Kiste	686
Teufe: von	661,66	bis	661,80 m
Stratigraphie: Malm, Oberer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			53.0
C _{org} -Gehalt [%]			0.3
Porosität(effektiv)[%]	12.9 / 17.8 / 19.1		
Bulkdichte[g/cm ³]	2.30 / 2.20 / 2.20		
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		2.71 (2.69)	
Luftpermeabilität [mD]	1.2 x 10 ⁻¹ /115/130		

Porenraum:

Die Einzelporen sind für eine Beschreibung im Elektronenmikroskop zu groß.

Bemerkungen:

Auf Grund der Porengröße zeigten alle drei Prüfkörper unterschiedliche Porositäten und Permeabilitäten (s. Abb. im Text). Die Permeabilität ist bei simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 661,66 - 661,80 m BOHRUNG: K 101

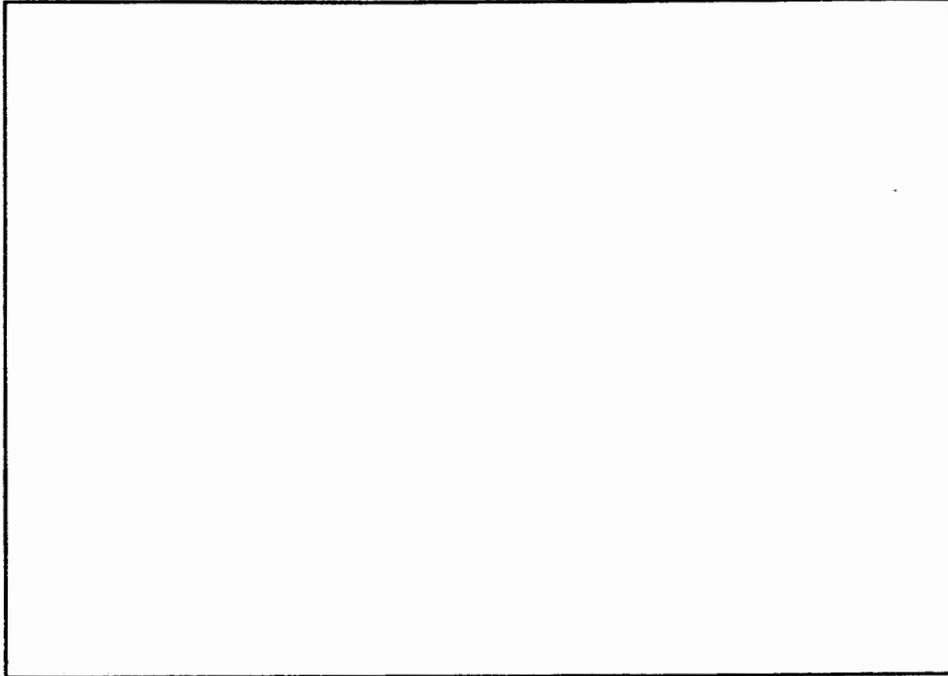


Abbildung Nr: 62

Vergrößerung: 100/300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Detail einer Großpore

Um den karbonatischen Zement ist eine jüngere
Kalzitgeneration gewachsen.

Anhand der Aufnahmen läßt sich nicht erkennen, ob sich
die Poren unterhalb der Bildebene verjüngern.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd mg BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 661,66 - 661,80 m BOHRUNG: K 101

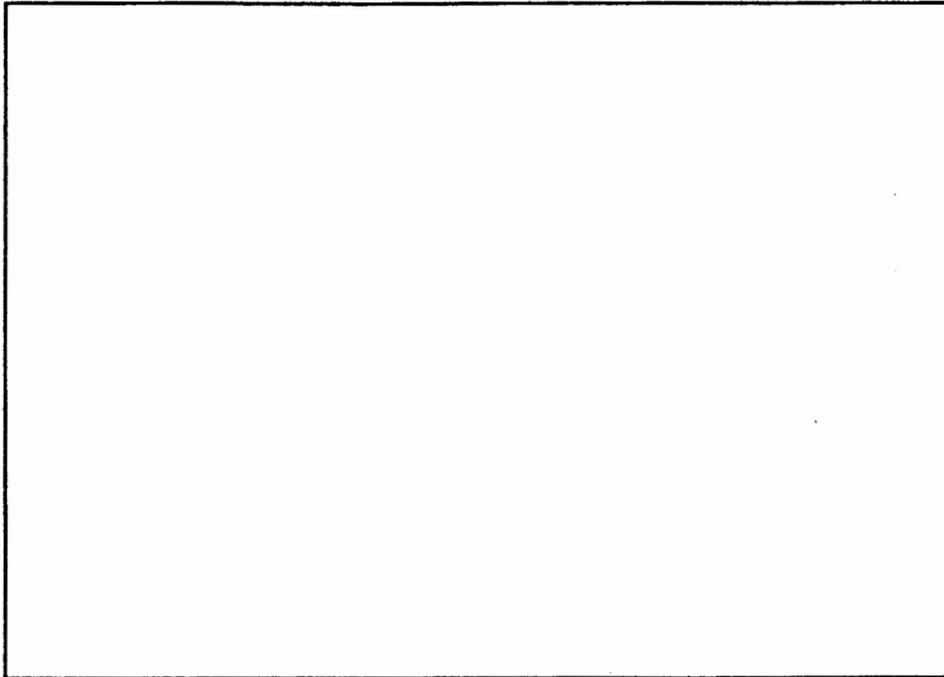


Abbildung Nr: 63

Vergrößerung: 30 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übersicht

In der karbonatischen Matrix zwischen den Ooiden befinden sich neben einer Anzahl von Großporen (bis zu 200 μ m) viele kleinere Einzelporen. Die Zementation mit Karbonat ist sehr unvollständig.

Poren über 200 μ m liegen in der Probe vor, können aber im REM nicht gemessen werden.

Porenraumklassifizierung:

60 % c r Pd mg BP

40 % c r Pd ms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	98	Kiste	703
Teufe: von	676,25	bis	676,38 m
Stratigraphie: Malm, Oberer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			37.5
C _{org} -Gehalt [%]			0.2
Porosität(effektiv)[%]		minimal	5.3
Bulkdichte[g/cm ³]			2.53
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.72
Luftpermeabilität [mD]			3.5 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Die Probe ist von einer dicken Salzkruste überzogen, deren Struktur schichtparallele Auflockerung andeutet.

Die Porosität schwankt zwischen 5.3 und 7.9 % mit einem Mittelwert von 7.0 %.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 676,25 - 676,38 m BOHRUNG: K 101

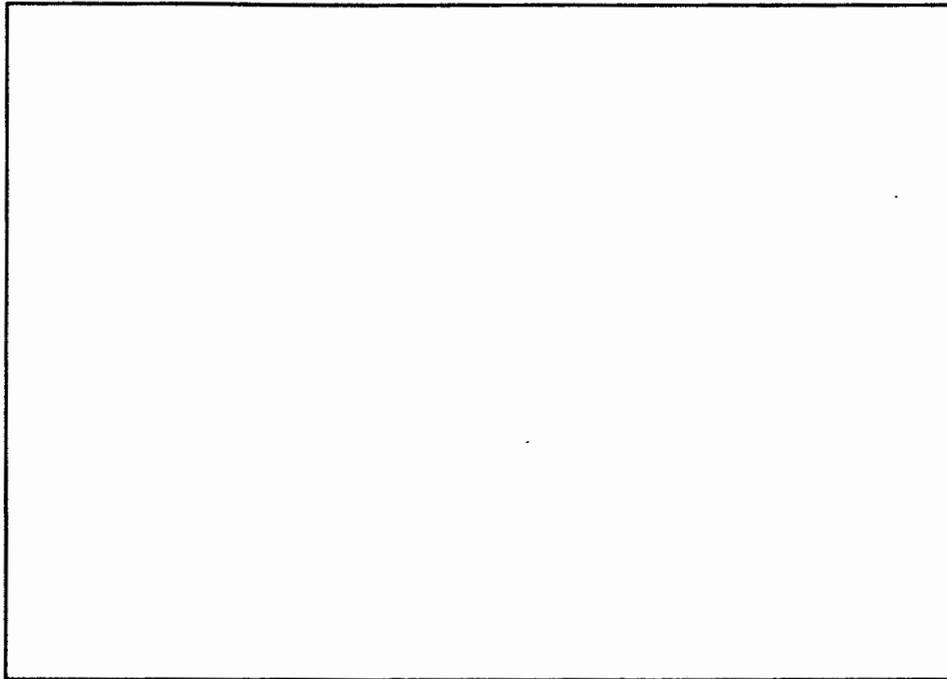


Abbildung Nr: 64

Vergrößerung: 1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Poreneintritt unter der Salzkruste.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	99	Kiste	711
Teufe: von	683,70	bis	683,77 m
Stratigraphie:	Malm, Oberer Korallenoolith		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			26.8
C _{org} -Gehalt [%]			0.3
Porosität(effektiv)[%]			8.9
Bulkdichte[g/cm ³]			2.47
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.71
Luftpermeabilität [mD]			9.3 x 10 ⁻³

Porenraum:

Salzkruste, keine Auflockerung feststellbar.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 683,70 - 683,77 m BOHRUNG: K 101

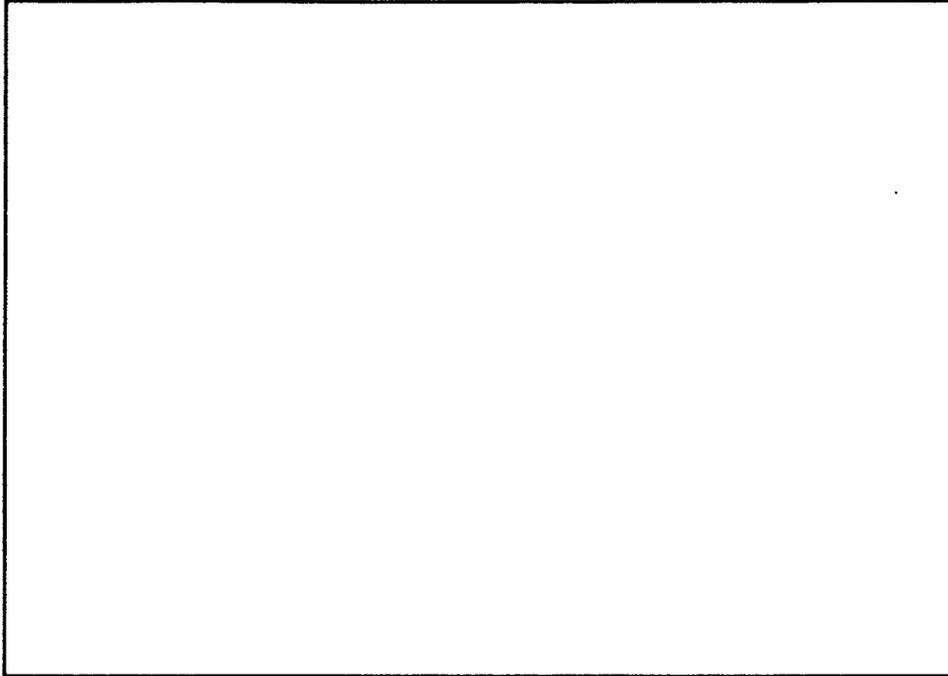


Abbildung Nr: 65

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Vermutlich präparativ entstandener Riß in einer Schichtfuge. Die Salzkruste läßt keine Aussagen über den Porenraum zu.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	100	Kiste	718
Teufe: von	690,23	bis	690,35 m
Stratigraphie:	Malm, Mittlerer Korallenoolith		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			22.4
C _{org} -Gehalt [%]			0.2
Porosität(effektiv)[%]		Ø	13.9
Bulkdichte[g/cm ³]		Ø	2.54
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		Ø	2.95
Luftpermeabilität [mD]			2.3 x 10 ⁻²

Porenraum:

Durch Karbonateinschaltungen konnten keine Prüfkörper innerhalb einer Schicht genommen werden.

Die Einzelwerte lauten:

1.	14.4 %	Korndichte: 2.93
2.	12.8 %	2.90
3.	13.5 %	3.01

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 690,23 - 690,35 m BOHRUNG: K 101

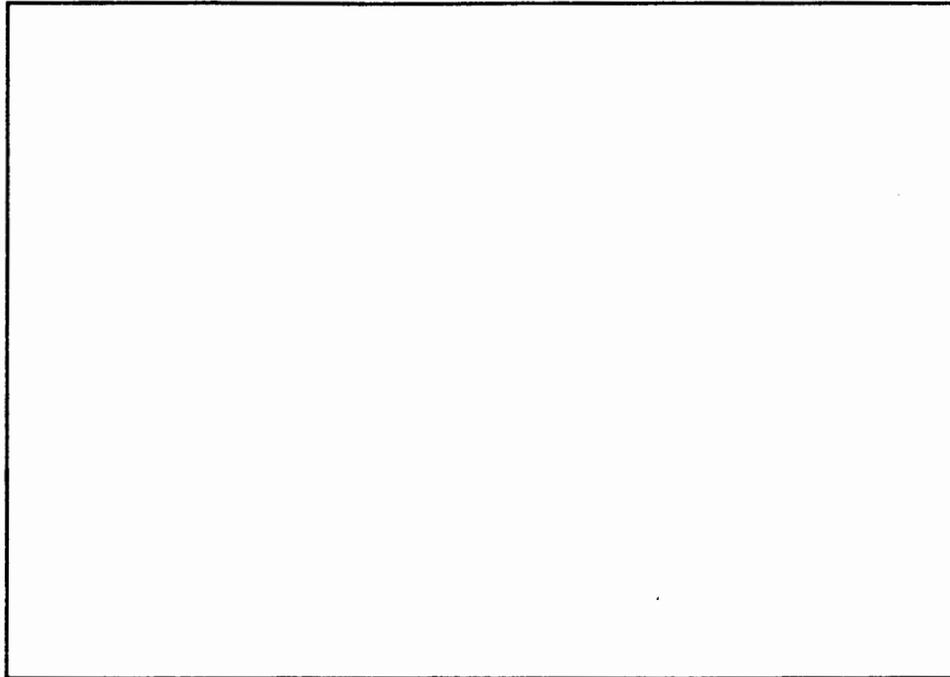


Abbildung Nr: 66

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Mikroporen in der Matrix

Außerhalb der Salzkruste (rechts) sind auffallend
runde Poren in der tonigen Matrix zu sehen
(Durchmesser 1 - 6 μm).

Porenraumklassifizierung:

P (?) sms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 690,23 - 690,35 m BOHRUNG: K 101

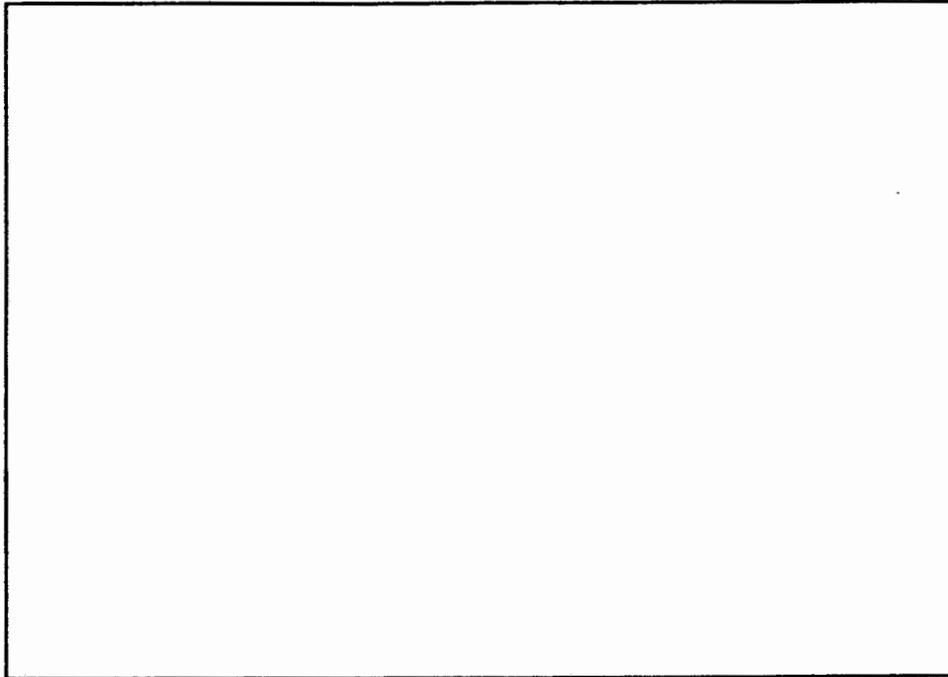


Abbildung Nr: 67

Vergrößerung: 60/300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Präparative Auflockerung der Probe am Rand eines Ooides und in der Matrix. Während die präparativ erweiterten "Poren" Längen von bis zu 400 μm zeigen, liegen in der Matrix lediglich kleinere Poren vor (bis 20 μm).

Porenraumklassifizierung:

außer präparativ erweiterten Poren:

P (?) ms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	100	Kiste	722
Teufe: von	693,34	bis	693,48 m
Stratigraphie: Malm, Mittlerer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			21.4
C _{org} -Gehalt [%]			0.5
Porosität(effektiv) [%]			11.5
Bulkdichte[g/cm ³]			2.41
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.72
Luftpermeabilität [mD]			2.5 x 10 ⁻²

Porenraum:

Zwickelporen im Karbonat, stark reduzierte Tonporosität.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 693,34 - 693,48 m BOHRUNG: K 101

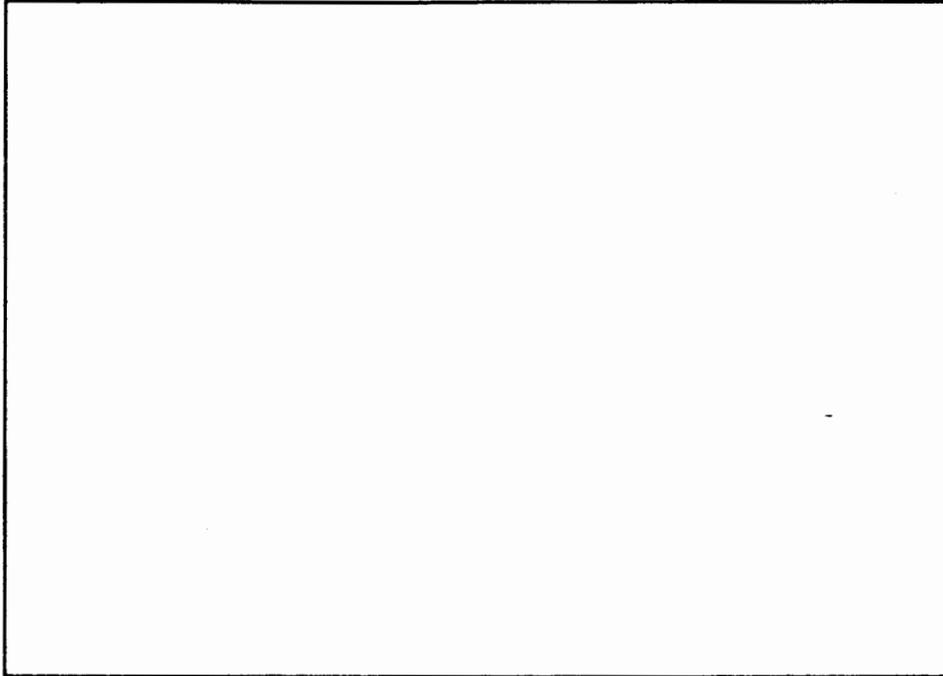


Abbildung Nr: 68

Vergrößerung: 1300 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Framboidaler Pyrit und idiomorpher Kalzit.

Der zwischen den Neubildungen übrig gebliebene Porenraum ist stark zerklüftet und absätzig (hoher Anteil an Sackporen). Sowohl Pyrit als auch Kalzit sind teilweise als Negativstrukturen erhalten. An der rechten unteren Bildkante sind Tone, daneben liegen Karbonate mit intrakristalliner Porosität vor.

Porenraumklassifizierung:

c r Sm sms BC

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 102	Kiste	738
Teufe: von 707,24	bis	707,30 m
Stratigraphie: Malm, Mittlerer Korallenoolith		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		15.2
C _{org} -Gehalt [%]		0.1
Porosität(effektiv) [%]	Ø	19.3
Bulkdichte [g/cm ³]	Ø	2.40
scheinb. Korndichte [g/cm ³]		2.88 - 3.09
Luftpermeabilität [mD]		2.0 x 10 ⁻¹

Porenraum:

Durch unvollständiges Quarzwachstum (stellenweise durch Chlorit gestoppt) liegt die Porosität sehr hoch. Auch hier waren die Prüfkörper nicht repräsentativ, bei annähernd gleichbleibender Porosität schwankt die Korndichte stark.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 707,24 - 707,30 m BOHRUNG: K 101

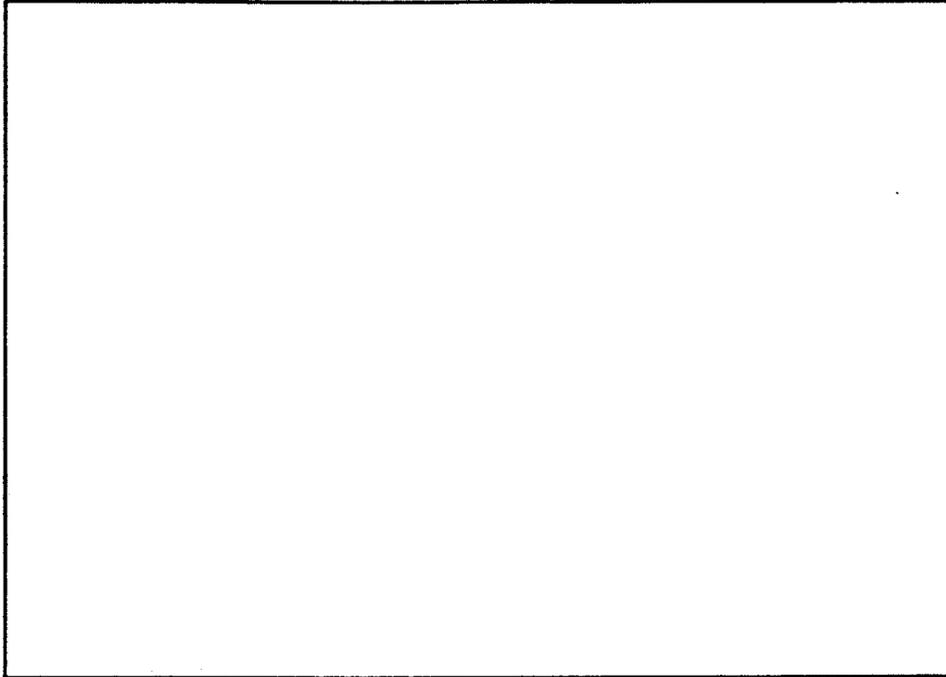


Abbildung Nr: 69

Vergrößerung: 50 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Übersicht

Die detritischen Bestandteile liegen von der Größe her im Feinsandbereich und zeigen Anwachssäume aus autigenem Quarz. An verschiedenen Stellen, wie z. B. in der Mitte oben ist zu sehen, daß das Wachstum des Quarzes frühzeitig von Chloritüberzügen gestoppt wurde.

Die Porosität in diesem Bildausschnitt ist höher als in der Gesamtprobe, weil hier ein Abschnitt mit überdurchschnittlich hohem Siltgehalt vorliegt.

Porenraumklassifizierung:

30 % c r Pd mg BP

70 % c r Pd ms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 707,24 - 707,30 m

BOHRUNG: K 101

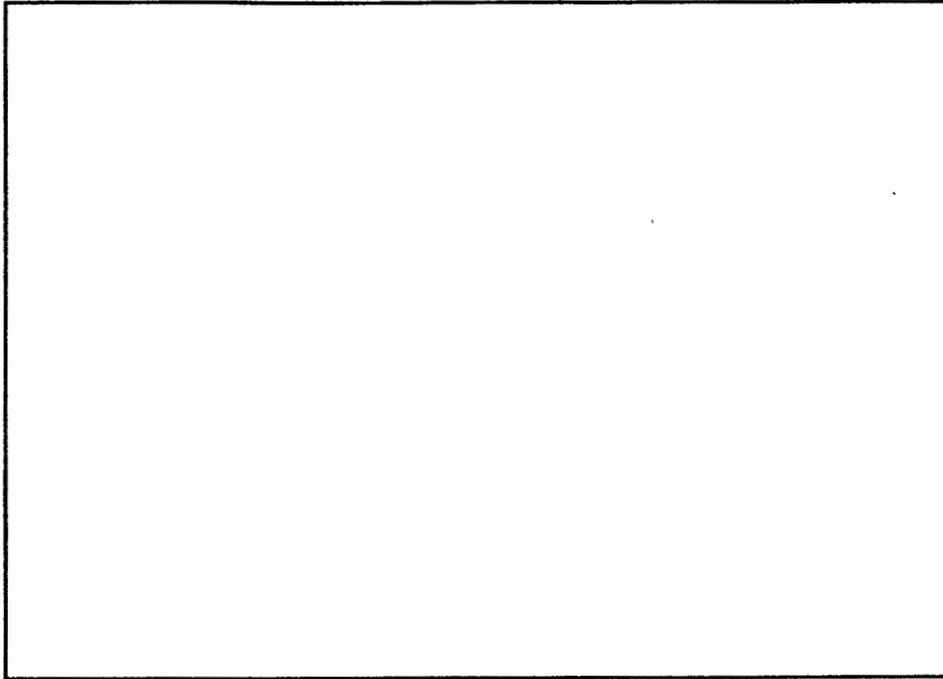


Abbildung Nr: 70

Vergrößerung: 800 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Chlorit und Quarz

Auch in diesem Beispiel ist das Quarzwachstum durch Chloritbildung gehemmt. Während der Quarz außerhalb des Chloritüberzuges ohne Störung weiter gewachsen ist, reichten an anderen Stellen schon wenige Chlorit-"Blätter", aus, um das Quarzwachstum zu stoppen.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 707,24 - 707,30 m BOHRUNG: K 101

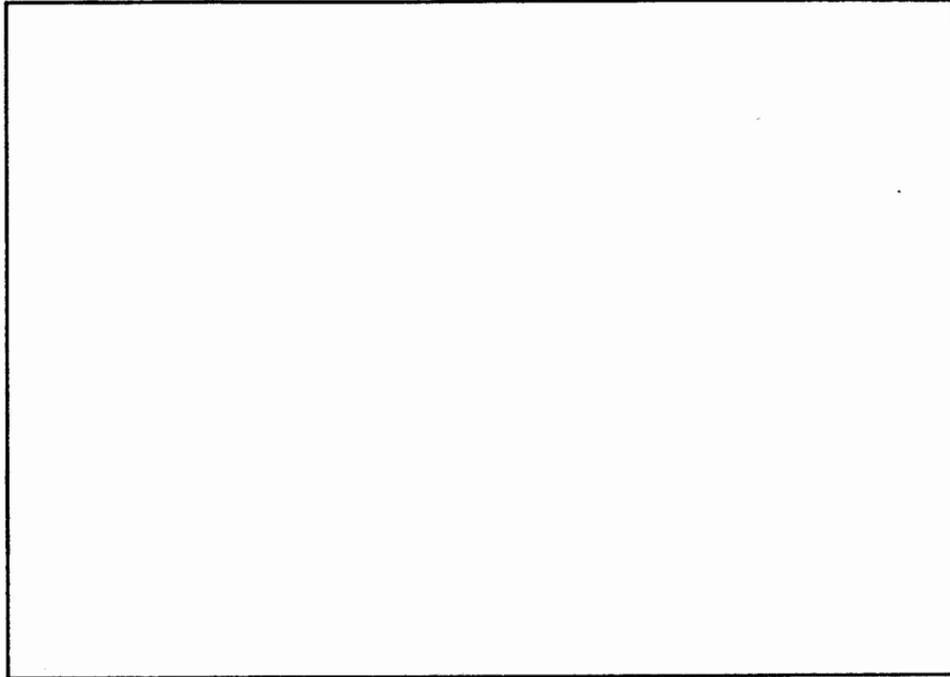


Abbildung Nr: 71

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Autigener Quarz (nach EDAX-Analyse) mit faserartigem Wachstum (durch Chlorit kontrolliert).

Die Rißränder im Quarz zeigen teilweise Lösungerscheinungen. Ob die faserartige Struktur rechts ebenfalls auf Lösung oder auf Chloritwachstum zurückzuführen ist, kann nicht sicher bestimmt werden.

Porenraumklassifizierung:

c r S (?) ms BC (+ intrakristallin)

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 707,24 - 707,30 m BOHRUNG: K 101

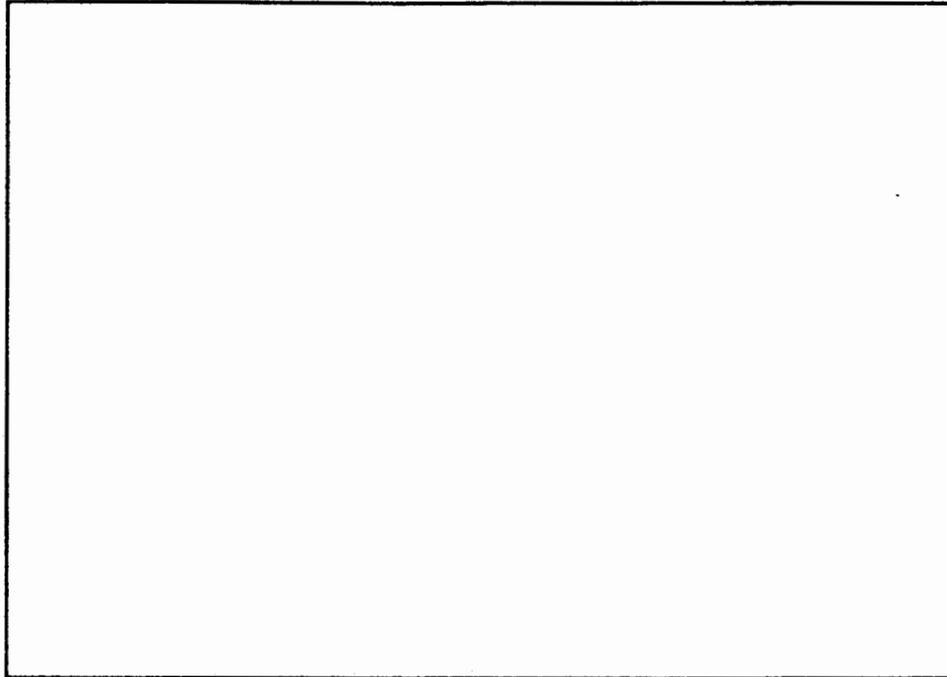


Abbildung Nr: 72

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Chloritaggregat auf autigenem Quarz. Auf dem Chlorit hat sich ein Eisensulfid (Pyrit oder Markasit) gebildet.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 102	Kiste 740
Teufe: von 708,77	bis 708,91 m
Stratigraphie: Malm, Mittlerer Korallenoolith	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	17.4
C _{org} -Gehalt [%]	0.1
Porosität(effektiv)[%]	Ø 15.6
Bulkdichte[g/cm ³]	2.47
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.92
Luftpermeabilität [mD]	1.3 x 10 ⁻²

Porenraum:

Unvollständige Zementation durch Chloritwachstum. Die Porosität der Prüfkörper zeigte nur geringe Schwankungen (± 0.2 %).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 708,77 - 708,91 m BOHRUNG: K 101

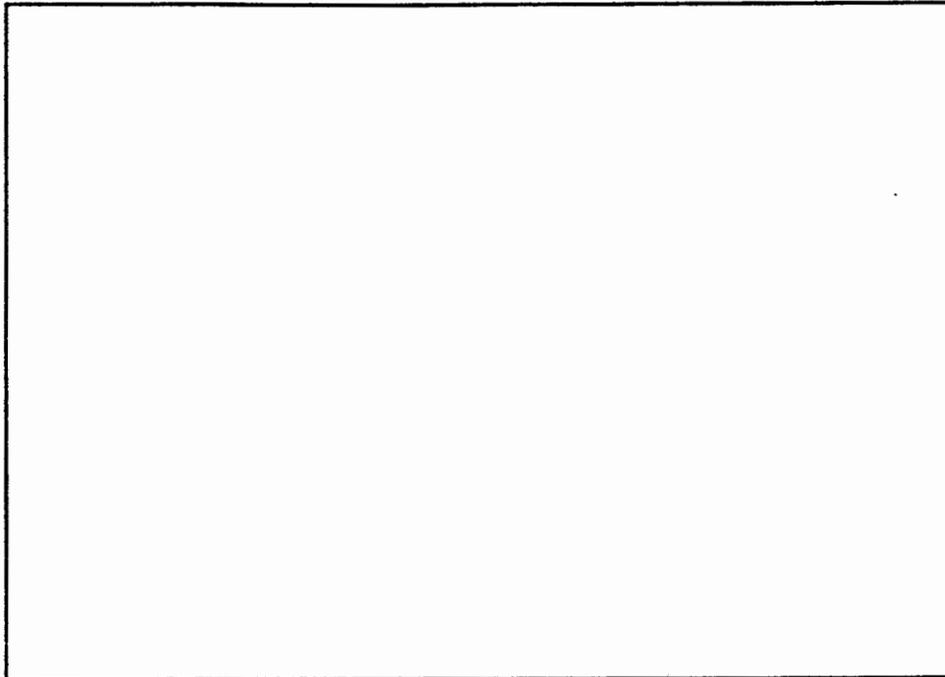


Abbildung Nr: 73

Vergrößerung: 400 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Ooide und detritische Bestandteile in einer Matrix aus eisenschüssigen Karbonaten. Die Zementation ist durch die Anwesenheit von Chlorit nur unvollständig. Der Porenraum ist zwar durch autigenes Quarzwachstum (r. o.) sowie durch Chloritüberzüge stark zerklüftet, die Porosität aber trotzdem noch relativ hoch.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd ms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	102	Kiste	746
Teufe: von	714,33	bis	714,41 m
Stratigraphie: Malm, Unterer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]			41.7
C_{org} -Gehalt [%]			0.1
Porosität (effektiv) [%]		Ø	12.8
Bulkdichte [g/cm ³]			2.49
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.86
Luftpermeabilität [mD]			3.2×10^{-2}

Porenraum:

In der karbonatischen Matrix ist gegenüber den vorhergehenden Proben die Porosität stark reduziert. Die Einzelwerte für die Porosität wichen nur gering vom Mittelwert ab (± 0.6 % absolut).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 714,33 - 714,41 m BOHRUNG: K 101

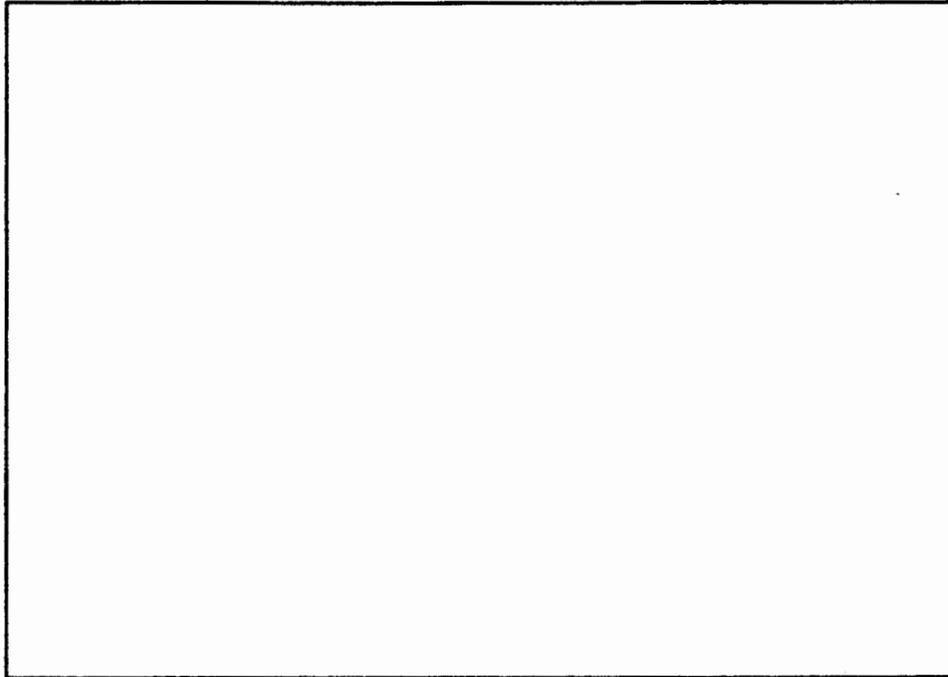


Abbildung Nr: 74

Vergrößerung: 700 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Restporosität innerhalb der karbonatischen Matrix.
Der Chloritgehalt nimmt gegenüber den vorhergehenden
Proben deutlich ab.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd ms - mg BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 714,33 - 714,41 m BOHRUNG: K 101

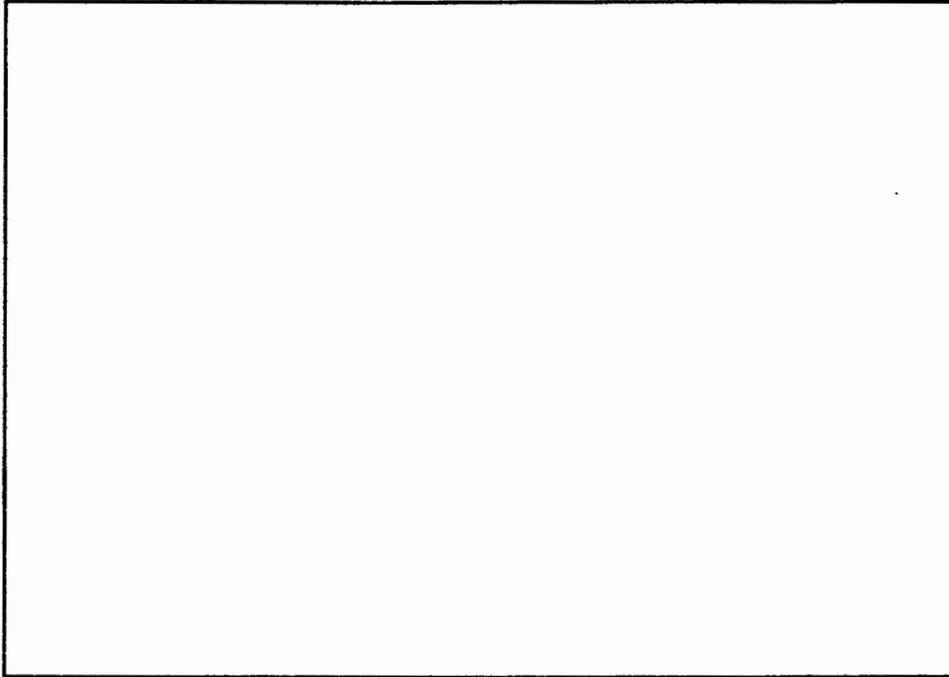


Abbildung Nr: 75

Vergrößerung: 40/400 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Tonhaut auf der Oberfläche eines Ooides. Obwohl die Porosität durch den Tonüberzug nur wenig verringert wird, wächst die spez. Oberfläche der Pore stark.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	105	Kiste	774
Teufe: von	739,57	bis	739,62 m
Stratigraphie: Malm, Unterer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]			13.8
C_{org} -Gehalt [%]			1.5
Porosität(effektiv) [%]			17.6
Bulkdichte [g/cm ³]			2.17
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.64
Luftpermeabilität [mD]			./.

Porenraum:

Salzkruste, Porenraum nicht sichtbar.

Die Probe zeigte Rißbildung.

Bemerkungen:

Die Permeabilität konnte nicht gemessen werden, weil die Prüfkörper bei Erhöhung des Manteldruckes zerfielen. Vorher war bereits Rißbildung zu sehen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 739,57 - 739,62 m BOHRUNG: K 101

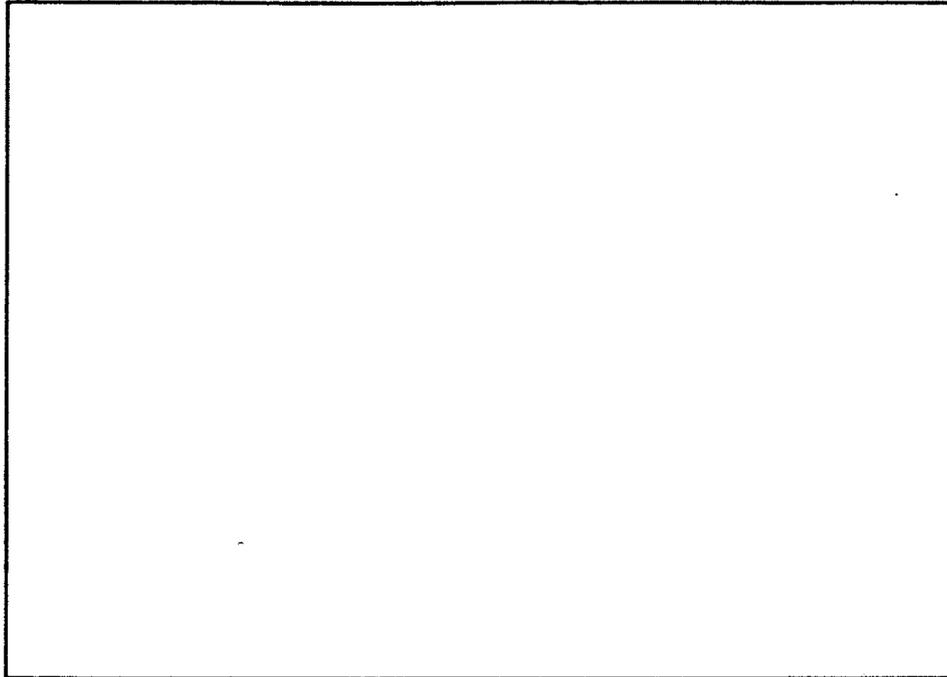


Abbildung Nr: 76

Vergrößerung: 200 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Unter der dicken Salzkruste ist Porosität in Form von schichtparallelen Rissen angedeutet. Ob die Öffnung der Risse erst während der Präparation stattfand, läßt sich in diesem Bild nicht sicher festlegen.

Vereinzelt sind unter der Salzkruste Poreneintritte zu sehen (r. u.).

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	106	Kiste	781
Teufe: von 744,83		bis	744,89 m
Stratigraphie: Malm, Unterer Korallenoolith			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			15.5
C _{org} -Gehalt [%]			1.0
Porosität(effektiv) [%]			15.7
Bulkdichte[g/cm ³]			2.28
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.70
Luftpermeabilität [mD]			./.

Porenraum:

In der dicken Salzkruste ist gut die schichtparallele Auflockerung der Probe zu sehen.

Bemerkungen:

Kein Prüfkörper erbohrbar.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 744,83 - 744,89 m BOHRUNG: K 101

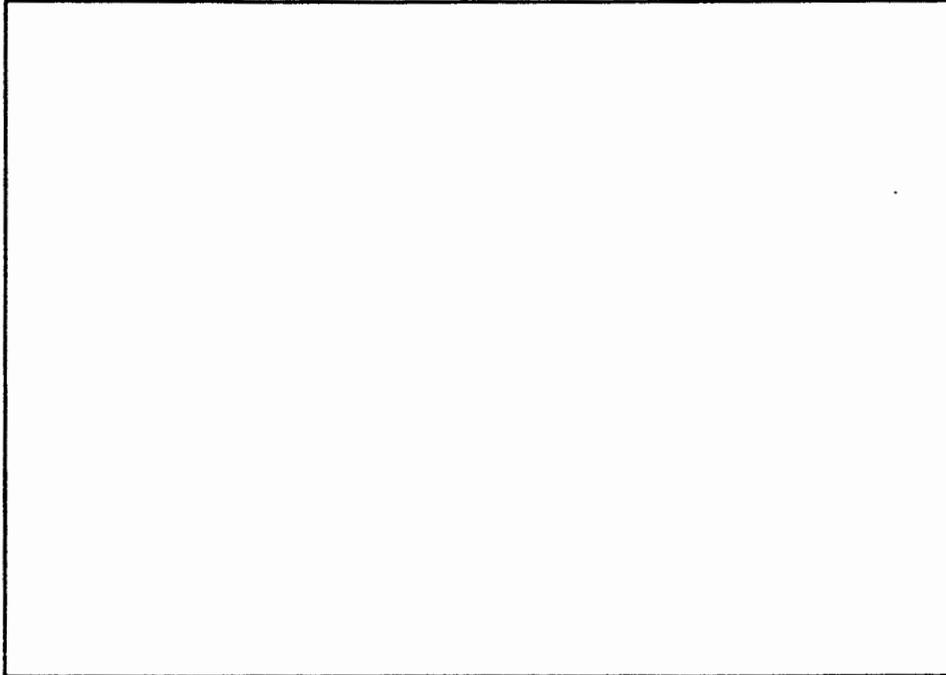


Abbildung Nr: 77

Vergrößerung: 120 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die dicke Salzkruste verhindert eine Interpretation des Porenraumes. Stellenweise ist jedoch schichtparallele Auflockerung angedeutet.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	109	Kiste	810
Teufe: von	771,52	bis	771,62 m
Stratigraphie:	Malm, Unterer Korallenoolith		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			52.9
C _{org} -Gehalt [%]			0.1
Porosität (effektiv) [%]		∅	13.4
Bulkdichte [g/cm ³]		∅	2.40
scheinb. Korndichte [g/cm ³]		∅	2.76
Luftpermeabilität [mD]			1.0 x 10 ⁻³

Porenraum:

Der Porenraum besteht aus Zwickelporen in der karbonatischen Matrix sowie aus Totporen im sparitischen Kalzit.

Maximale Abweichung vom Mittelwert: 0.6 % (absolut).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 771,52 - 771,62 m BOHRUNG: K 101

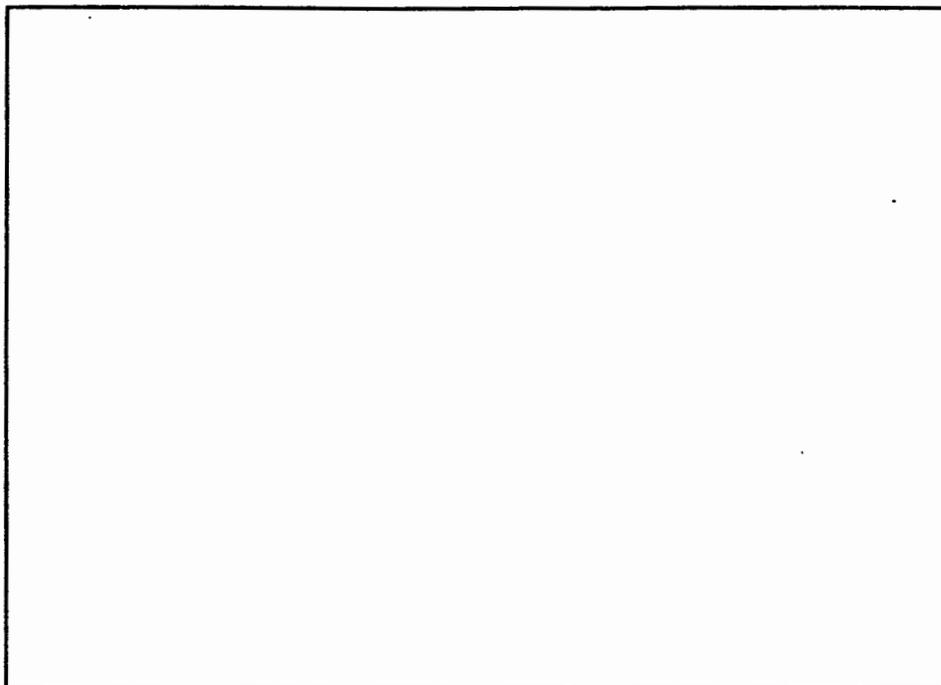


Abbildung Nr: 78

Vergrößerung: 800/2400 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Karbonatische Matrix mit Porenraum (darin Tone).

Porenraumklassifizierung:

Ausschnitt: (?) s x S sms BP

Übersicht: c r Pd mc BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 771,52 - 771,62 m BOHRUNG: K 101

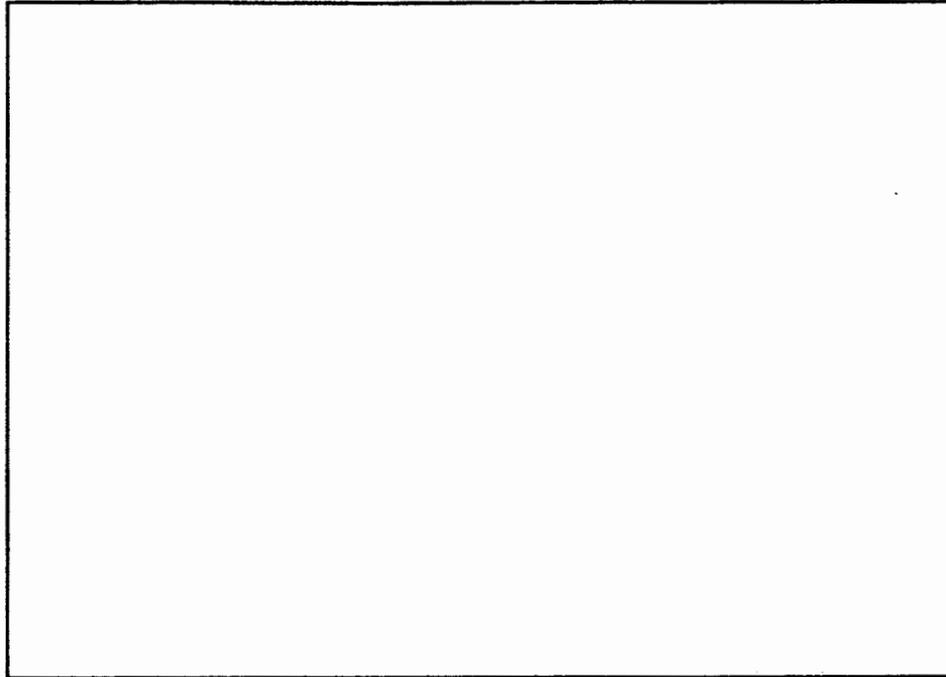


Abbildung Nr: 79

Vergrößerung: 800 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Totporosität in der karbonatischen Matrix.

Porenraumklassifizierung:

c r Sm sms intrakristallin

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 771,52 - 771,62 m BOHRUNG: K 101

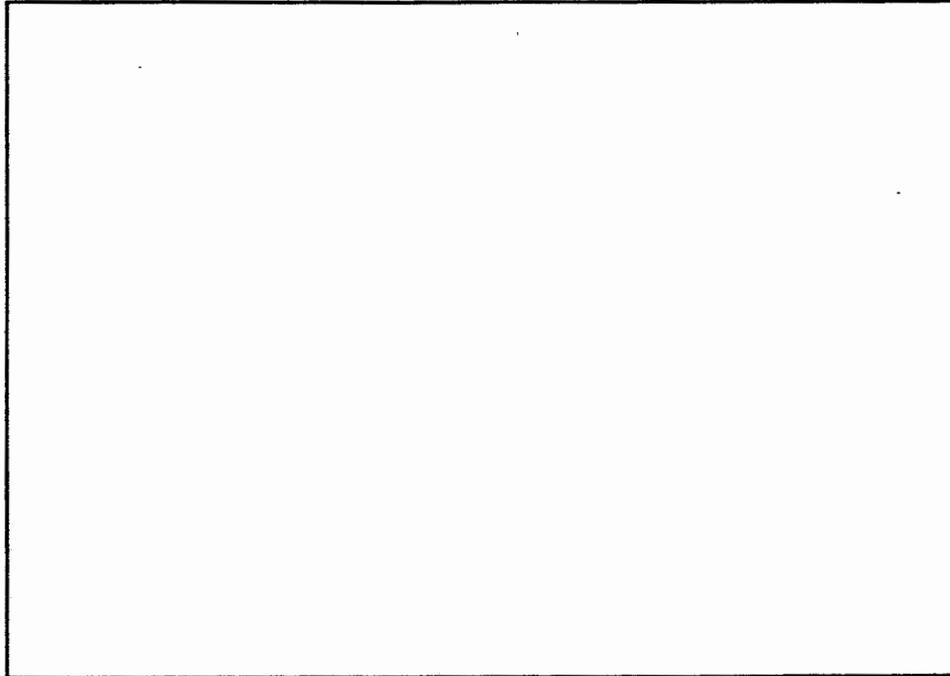


Abbildung Nr: 80

Vergrößerung: 30 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die dichte karbonatische Matrix enthält nur wenig Porenraum. Dieser ist aber am Rand der Ooide und in tonhaltigen Abschnitten der Matrix deutlich größer (z. B. M. u.). Die Porendurchmesser sind sehr klein.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 110	Kiste	815
Teufe: von 775,89	bis	776,07 m
Stratigraphie: Dogger, Mittelcallovium		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		30.0
C _{org} -Gehalt [%]		0.4
Porosität(effektiv)[%]	∅	5.9
Bulkdichte[g/cm ³]	∅	2.47
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		2.62
Luftpermeabilität [mD]		< 1 x 10 ⁻⁵

Porenraum:

Zur gemessenen Effektivporosität muß eine nicht unerhebliche Totporosität in der karbonatischen Matrix hinzukommen, durch die auch die Korndichte herabgesetzt wird.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.
Keine KLINKENBERG-Korrektur möglich, da die Durchflußrate zu klein war.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 775,89 - 776,07 m BOHRUNG: K 101

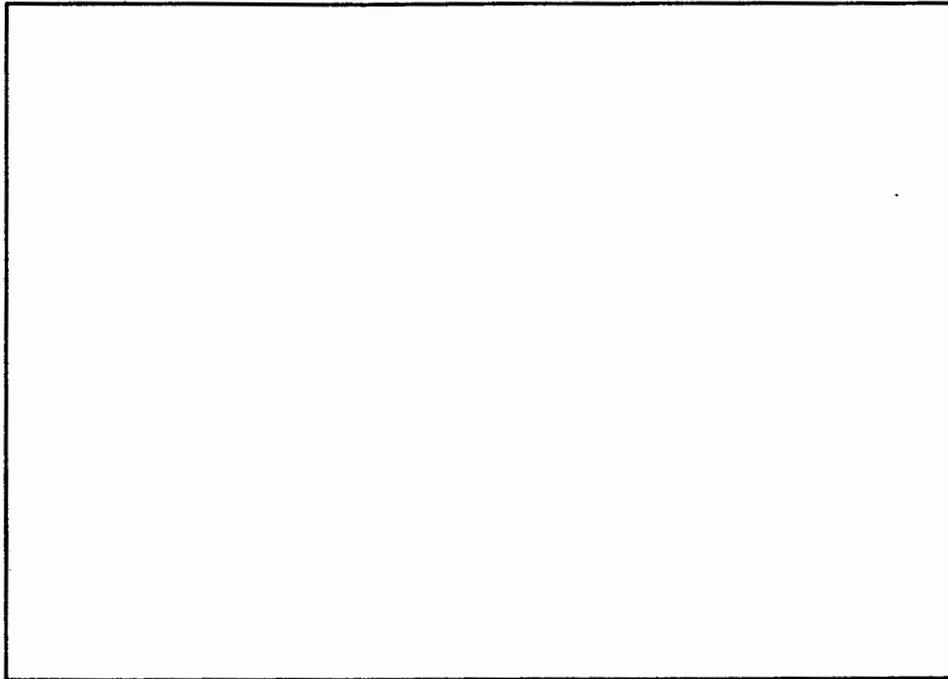


Abbildung Nr: 81

Vergrößerung: 50/500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

In der karbonatischen Matrix sind nur wenige Poren zu sehen, bei denen es sich zumindest zum Teil um Sack- oder Totporen handelt. Die eingelagerten Ooide und Fossilreste zeigen einen dichten, sparitischen Anwachsraum.

Porenraumklassifizierung:

c r Pd ms BC

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 111	Kiste	826
Teufe: von 787,21	bis	787,31 m
Stratigraphie: Dogger, Mittelcallovium		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]		8.2
C _{org} -Gehalt [%]		0.8
Porosität(effektiv) [%]		13.2
Bulkdichte[g/cm ³]		2.39
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		2.69
Luftpermeabilität [mD]		4 x 10 ⁻⁵

Porenraum:

Die Porosität besteht aus schichtparallel angeordneten Tonporen. Die Probe neigt auf Grund dieser Struktur zu Auflockerung.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 787,21 - 787,31 m BOHRUNG: K 101

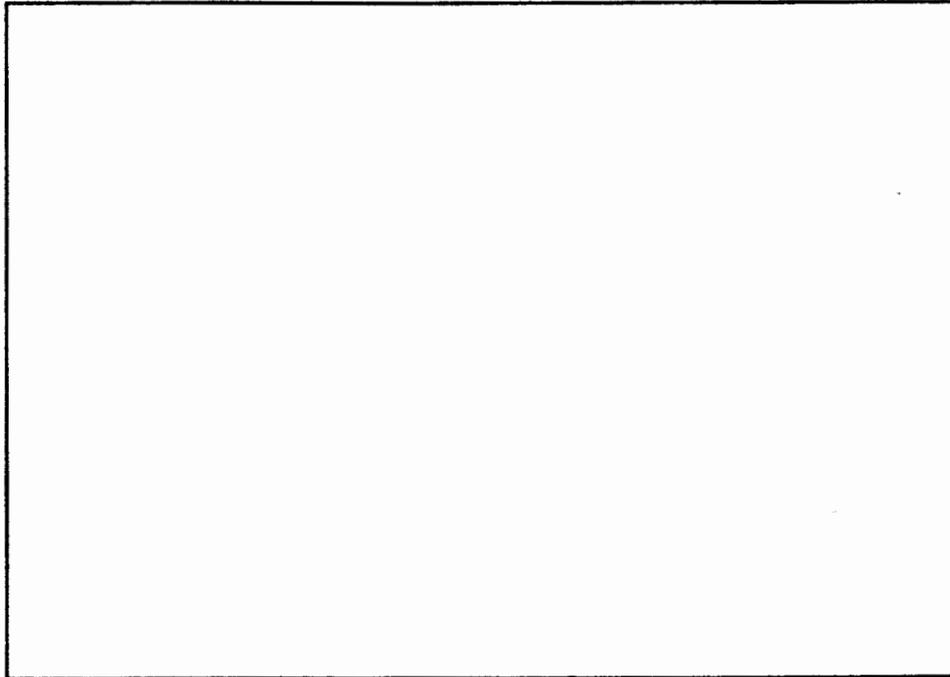


Abbildung Nr: 82

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Auch hier ist die Auflockerung der Probe sowie die Einregelung der Tonporen gut zu sehen. Nur vereinzelt, wie z. B. l. u. treten größere Poren, die nicht primär entstanden sein müssen, auf.

Porenraumklassifizierung:

Präparative Auflockerung

Pd mc BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 787,21 - 787,31 m BOHRUNG: K 101

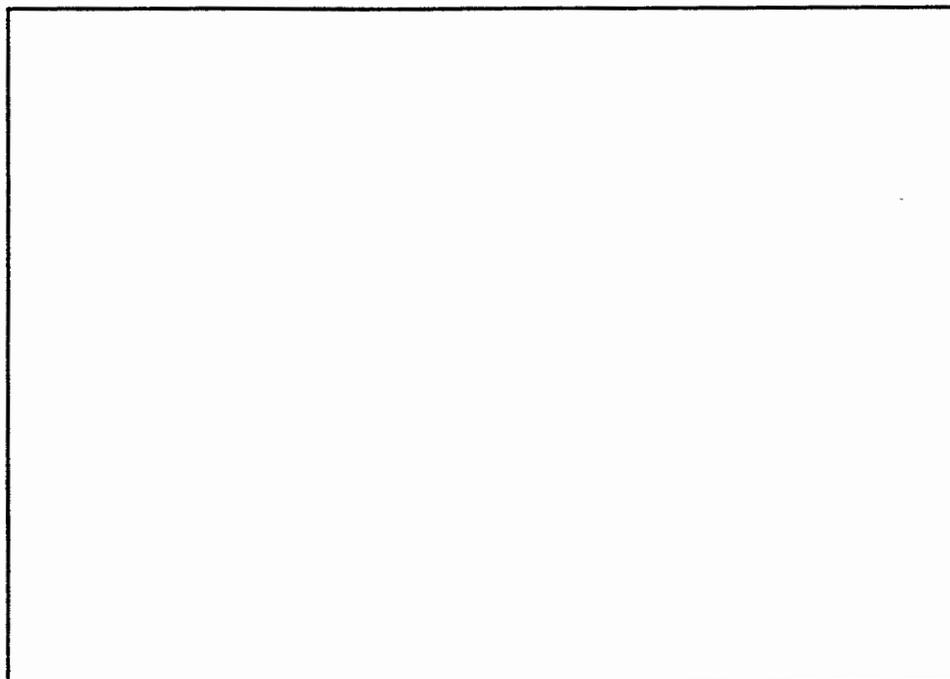


Abbildung Nr: 83

Vergrößerung: 100 (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die Probe zeigt eine schichtparallele Auflockerung, die insbesondere an den Rändern von gröberen Bestandteilen deutlich wird. Die Porosität besteht aus Mikroporen in der tonigen Matrix, die auf Grund ihrer schichtparallelen Einregelung als primär anzusehen sind.

Porenraumklassifizierung:

Präparative Auflockerung

Pd mc - sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	117	Kiste	838
Teufe: von	806,73	bis	806,35 m
Stratigraphie: Dogger, Mittelcallovium			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			13.8
C _{org} -Gehalt [%]			0.7
Porosität(effektiv) [%]		∅	11.0
Bulkdichte [g/cm ³]			2.39
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.69
Luftpermeabilität [mD]			7 x 10 ⁻⁵

Porenraum:

Die Schichtung verläuft nicht so eben wie in der vorhergehenden Probe, die Poren liegen ungleichmäßig verteilt in Zwickeln.

Bei mikroskopisch sichtbaren Klüften handelt es sich wahrscheinlich nicht um Präparationsrisse.

Die Porositätswerte schwanken nicht (Abweichung vom Mittelwert < 0.1 %), da die Prüfkörper vor der Messung auf Kluftflächen gespalten waren.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 806,73 - 806,85 m

BOHRUNG: K 101

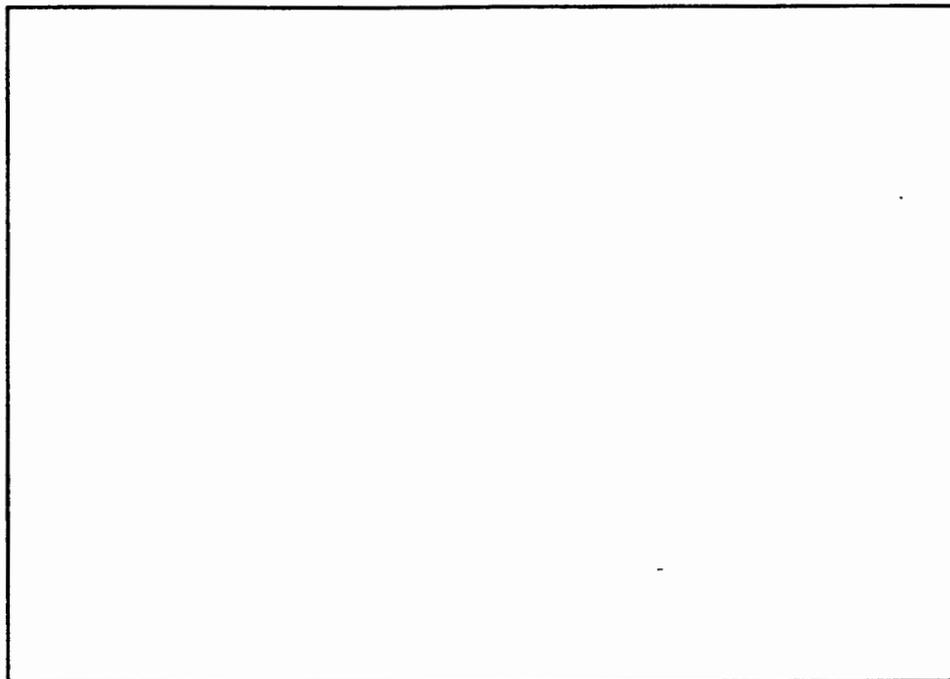


Abbildung Nr: 84

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Schichtparallele Risse und Tonporen.

Bei dem Riß ist anzunehmen, daß er während der Präparation entstanden ist. Die Füllung im oberen Abschnitt besteht aus Salzen.

Bei den Tonporen fällt auf, daß sie ebenfalls schichtparallel gelängt sind. Auch hier kann die Öffnungsweite präparativ vergrößert sein.

Rechts ist Pyrit zu sehen.

Porenraumklassifizierung:

Präparativer Einfluß

Pd sms BP (präparativ geweitet)

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 119	Kiste 853
Teufe: von 820,71	bis 820,78 m
Stratigraphie: Dogger, Mittelcallovium	
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]	6.2
C_{org} -Gehalt [%]	0.8
Porosität(effektiv)[%]	12.1
Bulkdichte[g/cm^3]	2.35
scheinb. Korndichte[g/cm^3]	2.67
Luftpermeabilität [mD]	4×10^{-4}

Porenraum:

Die Oberfläche der Probe war von einer Salzkruste bedeckt.
Die Probe weist Anzeichen für schichtparallele Rißbildung auf.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 320,71 - 320,78 m

BOHRUNG: K 101

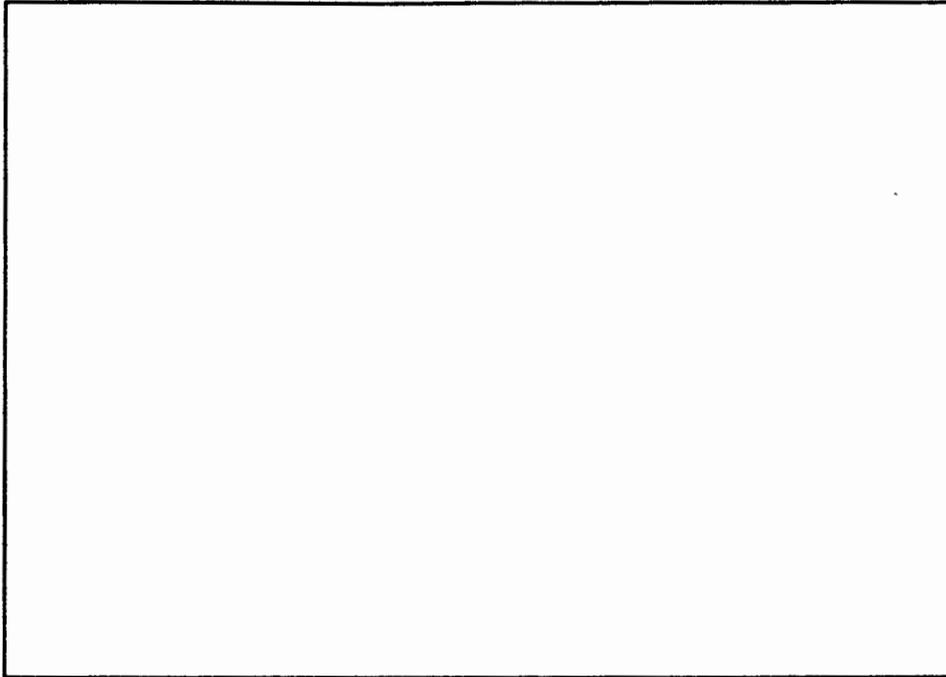


Abbildung Nr: 85

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Starke, schichtparallele Auflockerung durch die
Präparation.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 121	Kiste 867
Teufe: von 835,93	bis 836,02 m
Stratigraphie: Dogger, Mittelcallovium	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	6.0
C _{org} -Gehalt [%]	1.0
Porosität(effektiv) [%]	13.3
Bulkdichte [g/cm ³]	2.32
scheinb. Korndichte [g/cm ³]	2.68
Luftpermeabilität [mD]	1 x 10 ⁻²

Porenraum:

Salzkruste, ausschnittsweise sind Tonporen zu sehen.
An einigen Stellen sind unregelmäßig verlaufende,
kleine Trocknungsrisse zu sehen.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 335,93 - 836,02 m

BOHRUNG: K 101

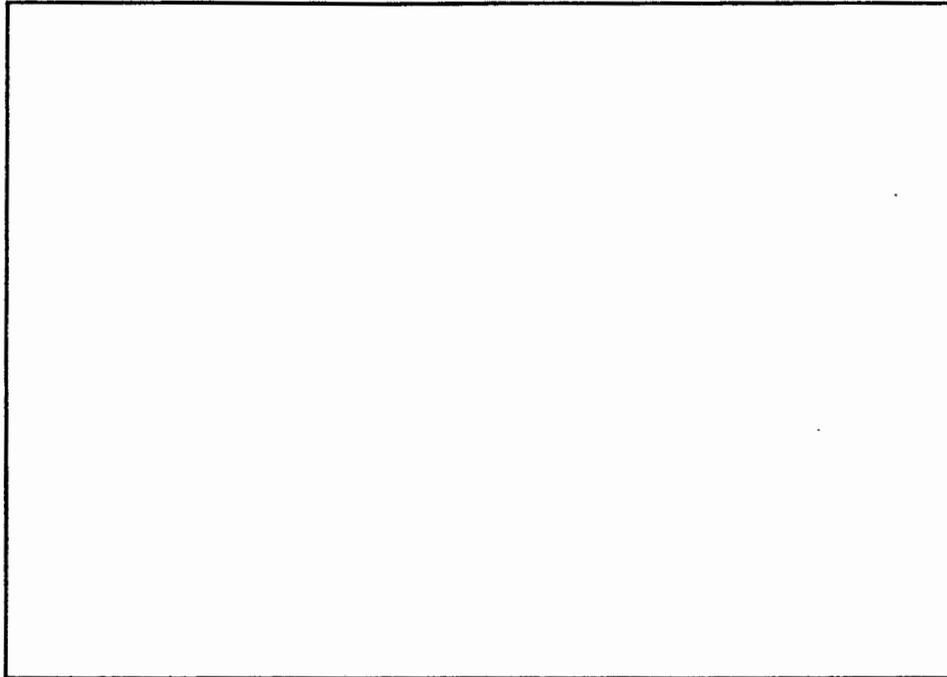


Abbildung Nr: 86

Vergrößerung: 500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Schichtparallele Auslängung der Tonporen.

Da es sich um einen Abschnitt handelt, in dem die Schichtung der Tonminerale an einem Ooid abbiegt, kann die Auslängung bereits im Gebirge angelegt sein. Das Ooid oben zeigt mit großer Sicherheit einen präparativ entstandenen Riß.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 835,93 - 836,02 m

BOHRUNG: K 101

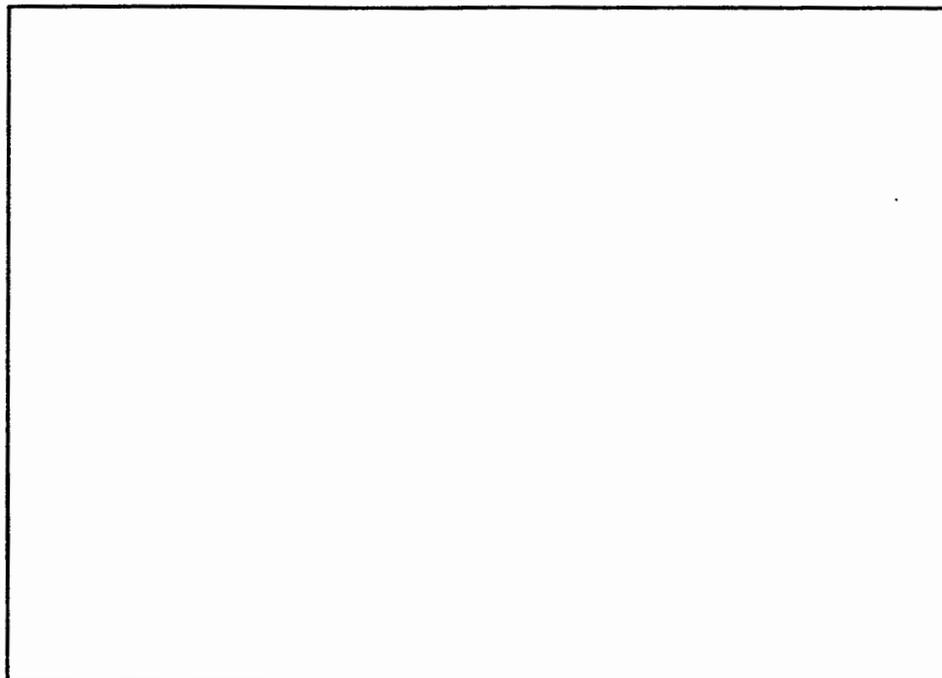


Abbildung Nr: 87

Vergrößerung: 2000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Kalzit, Ton und Salzkruste

Die Poren im Ton besitzen einen Durchmesser von ca. 1 μm und sind vermutlich Reste primärer Porosität.

Daneben treten größere Poren (bis ca. 4 μm) auf, die sekundär entstanden sein können.

Porenraumklassifizierung:

s x Sm sms BP

c r Pd mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 122	Kiste	881
Teufe: von 848,41	bis	848,47 m
Stratigraphie: Dogger, Mittelcallovium		
Karbonatgehalt [% CO_3^{2-}]		6.0
C_{org} -Gehalt [%]		0.9
Porosität(effektiv) [%]		9.6
Bulkdichte[g/cm ³]		2.39
scheinb. Korndichte[g/cm ³]		2.64
Luftpermeabilität [mD]		n.b.

Porenraum:

Schichtparallele Risse in der Salzkruste zeigen Auflockerung an. Die Probe zerfiel während der Porositätsmessung in mehrere Einzelstücke.

Bemerkungen:

Kern zerfiel bei der Trocknung.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 848,41 - 848,47 m BOHRUNG: K 101

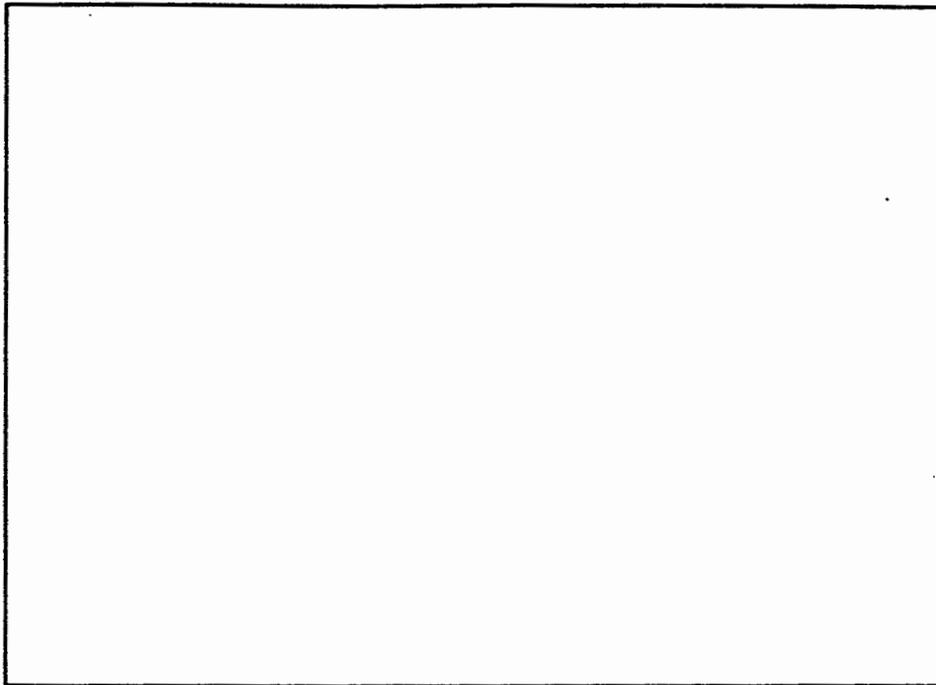


Abbildung Nr: 88

Vergrößerung: 200 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Die Salzkruste zeichnet die Schichtung nach und weist daher auf eine Auflockerung der Probe hin.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 848,41 - 848,47 m

BOHRUNG: K 101

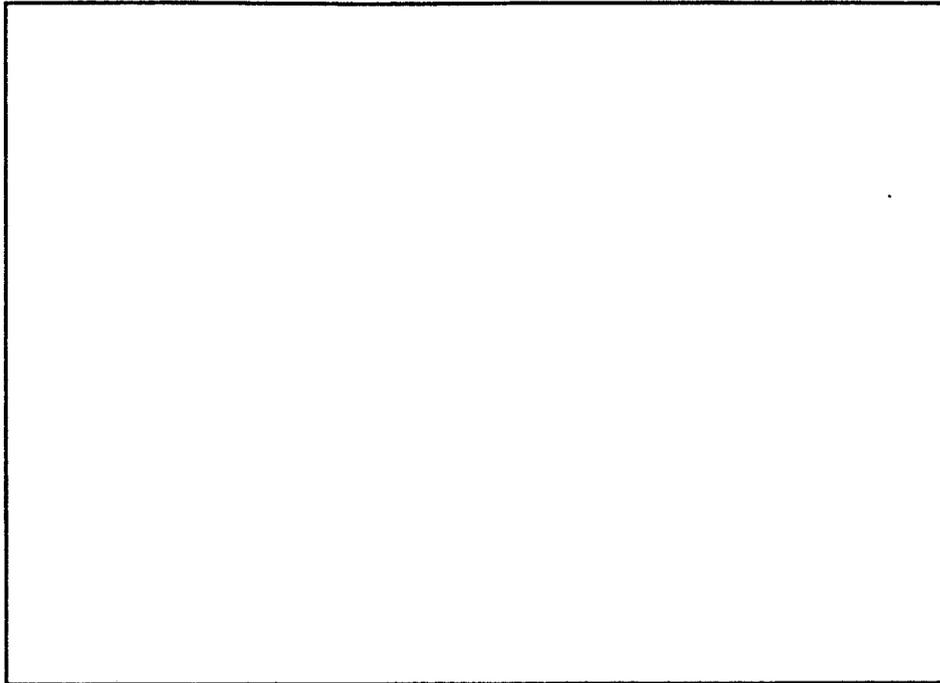


Abbildung Nr: 89

Vergrößerung: 700 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Riß parallel zur Schicht.

Außer dem präparativ entstandenen Riß ist eine Aufweitung der schichtparallel langgestreckten Tonporen zu vermuten.

Im Karbonat ist sekundäre Porosität als Vertiefung in der Kornoberfläche angedeutet.

Porenraumklassifizierung:

Präparation

s x Sm sms intrakristallin

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 124	Kiste 893
Teufe: von 861,16	bis 861,26 m
Stratigraphie: Dogger, Unterjura	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	4.0
C _{org} -Gehalt [%]	1.9
Porosität(effektiv) [%]	11.1
Bulkdichte [g/cm ³]	2.34
scheinb. Korndichte [g/cm ³]	2.63
Luftpermeabilität [mD]	< 4 x 10 ⁻⁵

Porenraum:

Unter einer dicken Salzkruste sind stellenweise Tone mit einem hohen Porenanteil zu sehen, die aber nach dem Porositätswert für den Gesamtporenraum untypisch sind.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 361,16 - 361,26 m BOHRUNG: K 101

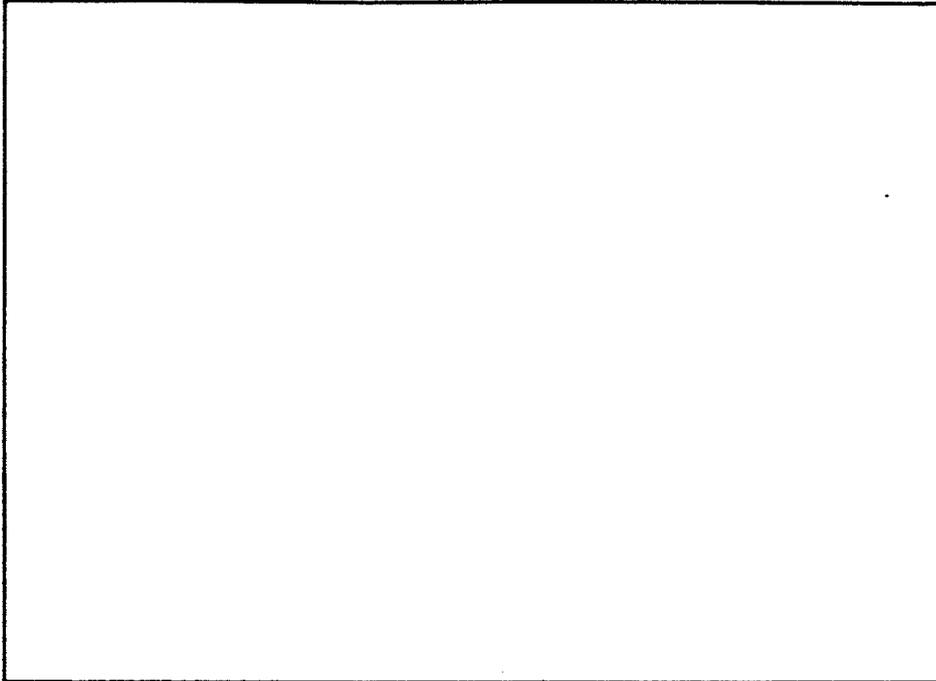


Abbildung Nr: 90

Vergrößerung: 3000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Tonporen und Salzkruste

Die Entstehung der Tonporen kann nicht sicher ermittelt werden, weil zu große Teile der Probe mit Salz bedeckt sind.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 861,16 - 861,26 m BOHRUNG: K 101

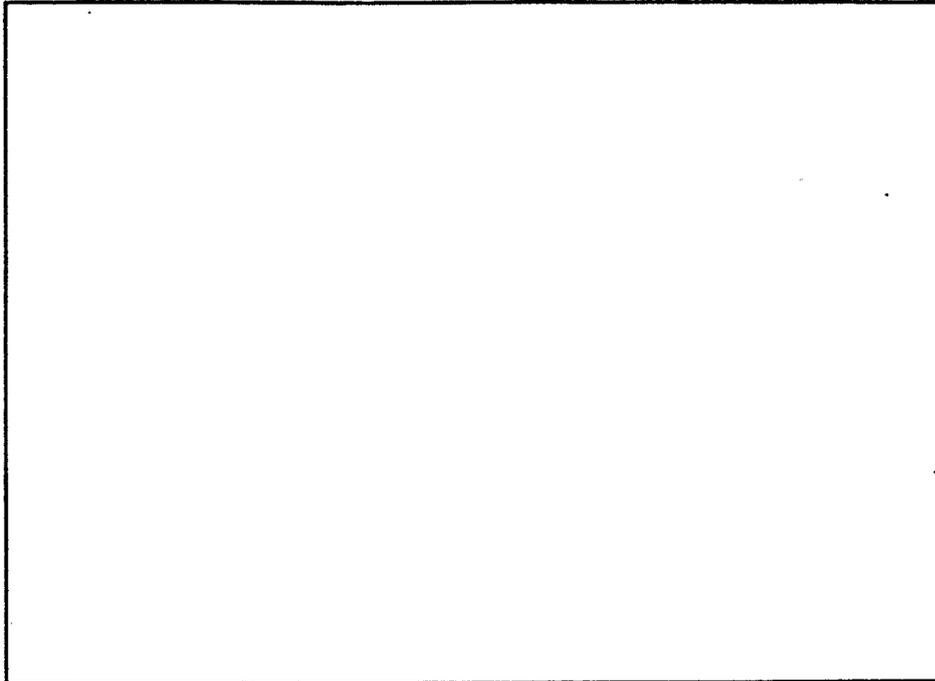


Abbildung Nr: 91

Vergrößerung: 900 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

In einem tonigen Abschnitt sind übergroße Poren zu erkennen (bis 10 μm), die ihrer Form nach sekundär entstanden sind.

Porenraumklassifizierung:

Sm sms BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 361,16 - 361,26 m

BOHRUNG: K 101

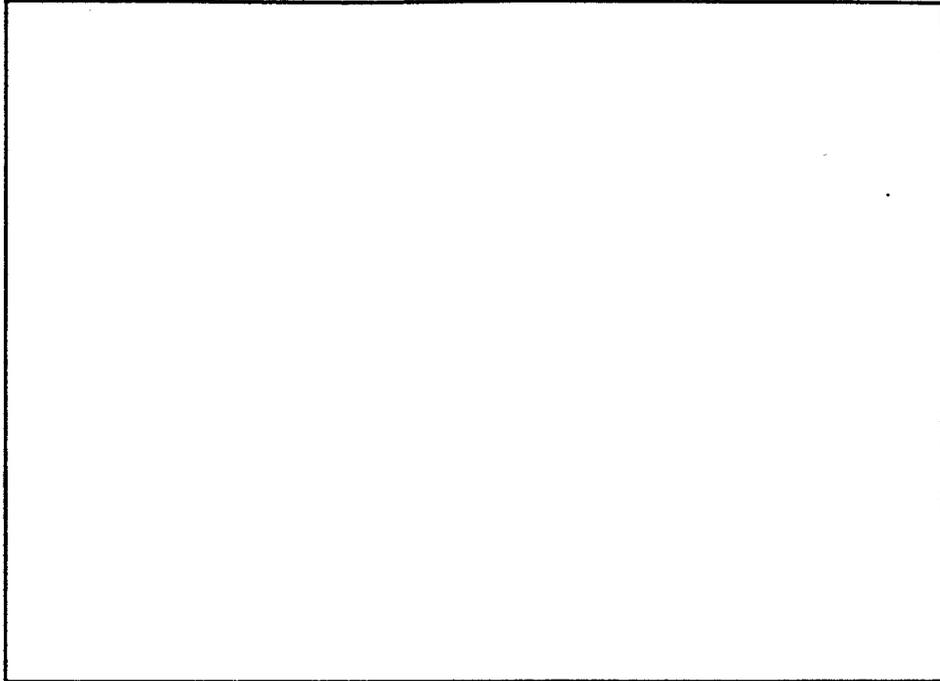


Abbildung Nr: 92

Vergrößerung: 700/2100 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Sekundäre Porosität im Karbonat.

Porenraumklassifizierung:

s x Sm sms-mc intrakristallin

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	126	Kiste	907
Teufe: von	873,03	bis	873,11 m
Stratigraphie: Dogger, Oberbathonium			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			2.6
C _{org} -Gehalt [%]			1.3
Porosität(effektiv) [%]			11.5
Bulkdichte [g/cm ³]			2.35
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.66
Luftpermeabilität [mD]			1.7 x 10 ⁻²

Porenraum:

Der Porenraum besteht aus Poren in Ton.

Die Probe ist von einer Salzkruste mit sichtbaren Rissen überzogen.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.
Die Probe zeigte aber bereits vor der Messung Risse.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 873,03 - 873,11 m

BOHRUNG: K 101

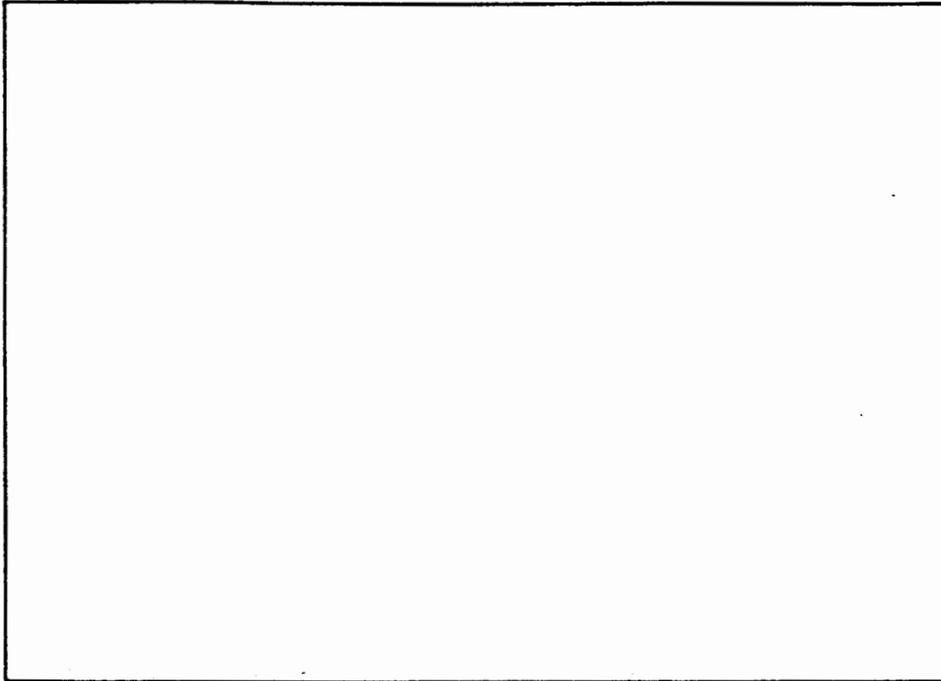


Abbildung Nr: 93

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Salzkruste und Poreneintritt in Tonen. Die längliche Form des Poreneintritts zeigt schichtparallele Auflockerung an.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 873,03 - 873,11 m

BOHRUNG: K 101

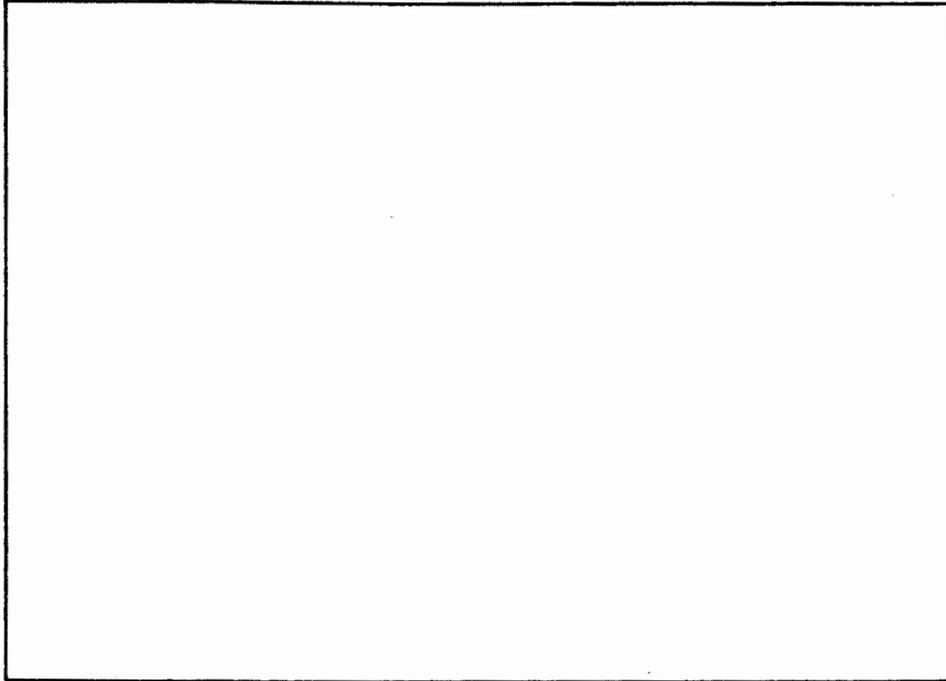


Abbildung Nr: 93

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Salzkruste und Poreneintritt in Tonen. Die längliche Form des Poreneintritts zeigt schichtparallele Auflockerung an.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 873,03 - 873,11 m

BOHRUNG: K 101

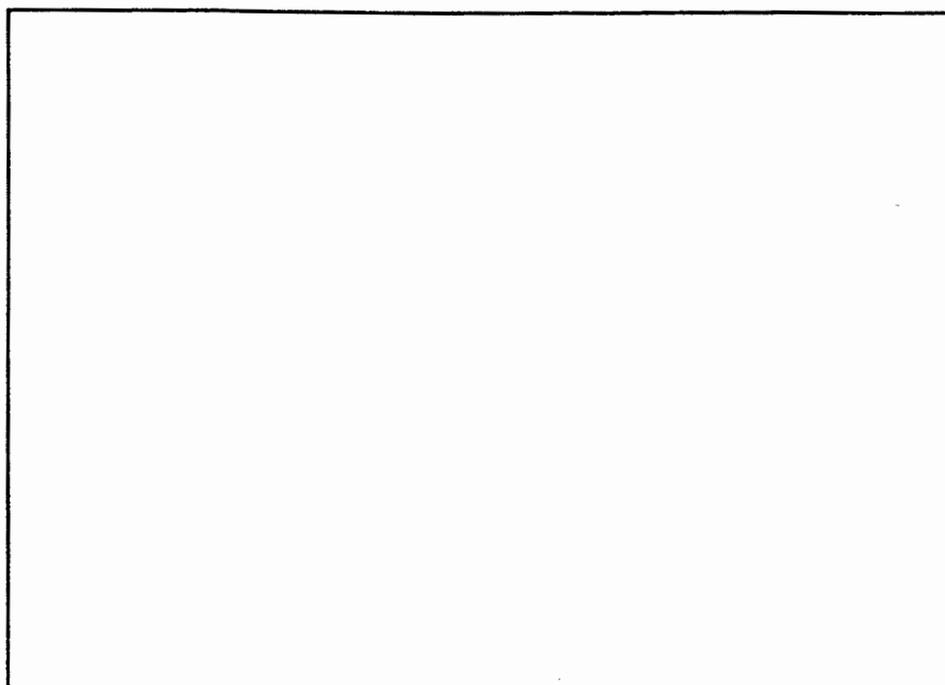


Abbildung Nr: 93

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Salzkruste und Poreneintritt in Tonen. Die längliche Form des Poreneintritts zeigt schichtparallele Auflockerung an.

Porenraumklassifizierung:

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 873,03 - 873,11 m

BOHRUNG: K 101

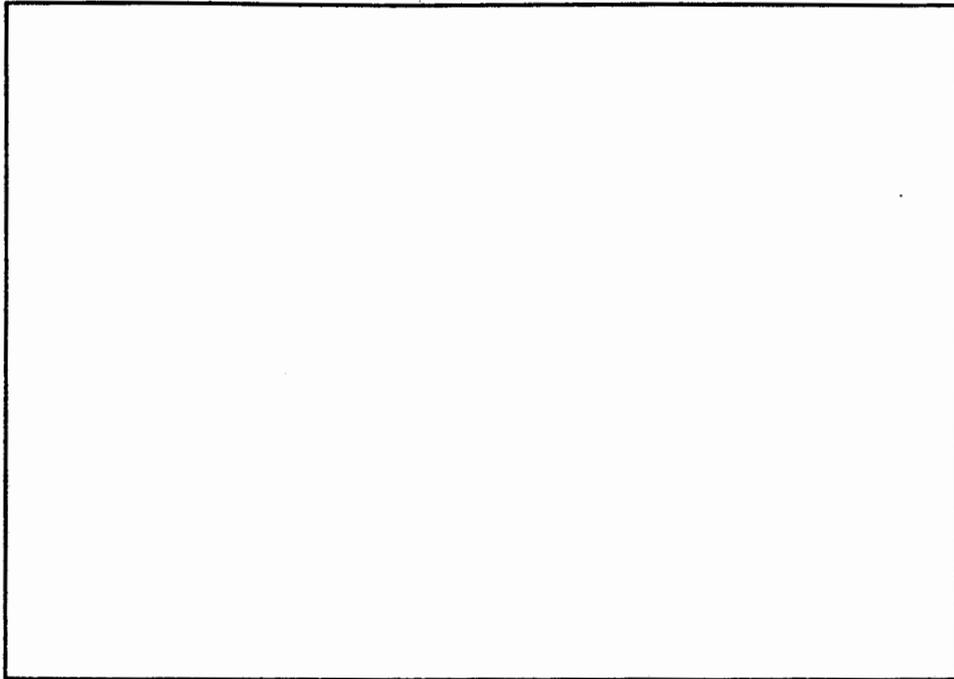


Abbildung Nr: 93

Vergrößerung: 1000 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Salzkruste und Poreneintritt in Tonen. Die längliche Form des Poreneintritts zeigt schichtparallele Auflockerung an.

Porenraumklassifizierung:

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 130	Kiste 949
Teufe: von 909,98	bis 910,03 m
Stratigraphie: Dogger, Oberbajocium	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	3.6
C _{org} -Gehalt [%]	1.0
Porosität(effektiv) [%]	10.3
Bulkdichte[g/cm ³]	2.37
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.64
Luftpermeabilität [mD]	1.0 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Während die tonigen Anteile der Probe unter einer Salzkruste lagen, zeigte freiliegendes Karbonat sekundäre Porosität.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 909,98 - 910,03 m

BOHRUNG: K 101

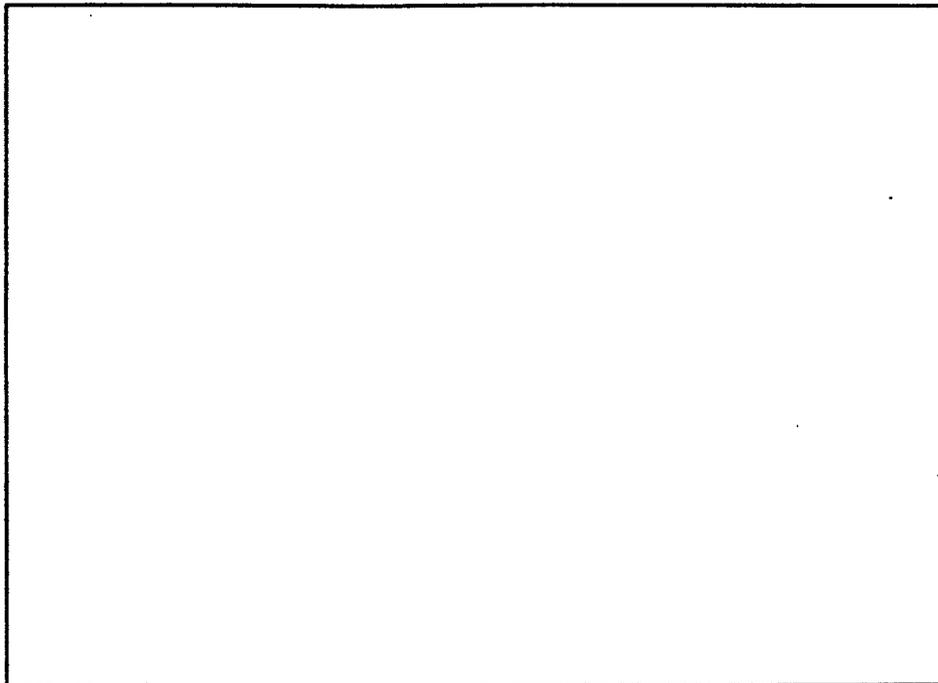


Abbildung Nr: 94

Vergrößerung: 350/1750 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Sekundäre Porosität in Karbonat.

Der Ausschnitt rechts zeigt typische „Ätzmarken“.

In der Übersicht sind außerdem intrakristalline Poren zu erkennen.

Porenraumklassifizierung:

s x Sm lms BC

s x Sm sms intrakristallin

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch 131	Kiste 953
Teufe: von 913,85	bis 913,98 m
Stratigraphie: Dogger, Oberbajocium	
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]	19.7
C _{org} -Gehalt [%]	0.3
Porosität(effektiv) [%]	∅ 5.9
Bulkdichte[g/cm ³]	2.51
scheinb. Korndichte[g/cm ³]	2.67
Luftpermeabilität [mD]	1.2 x 10 ⁻⁴

Porenraum:

Im sparitischen Karbonat waren Poreneinschlüsse zu sehen, die bei der Rekristallisation umschlossen werden. Ein Teil dieser Poren muß als Totporosität gewertet werden.

Die Einzelmessung der Porosität wich um maximal 0.6 % (absolut) vom Mittelwert ab.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 913,85 - 913,98 m BOHRUNG: K 101

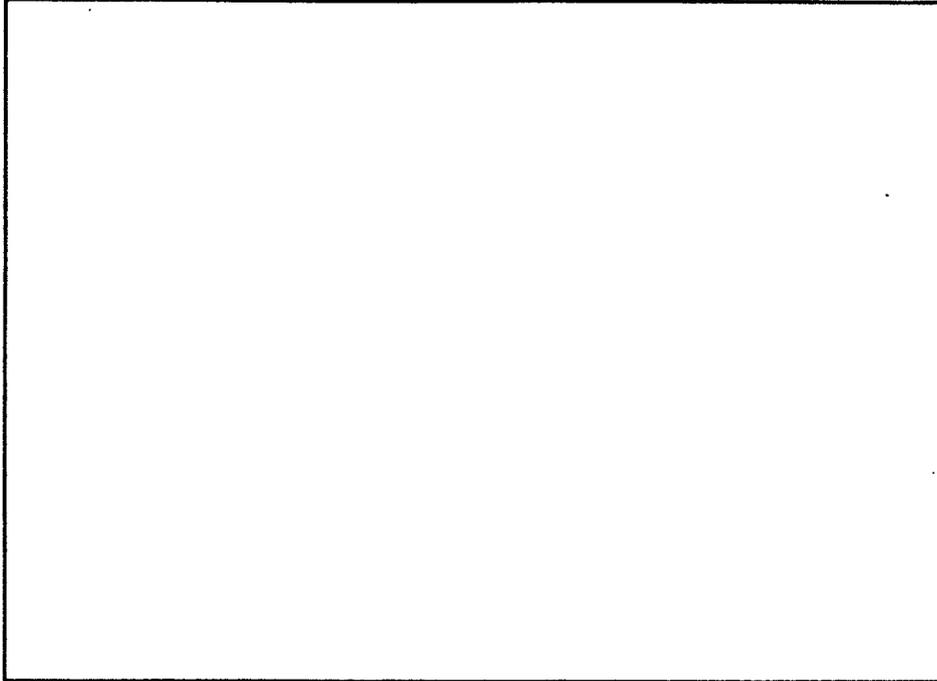


Abbildung Nr: 95

Vergrößerung: 1350 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Karbonat mit sekundärer Porosität

Porenraumklassifizierung:

s x Sm sms BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	137	Kiste	998
Teufe: von	958,93	bis	959,00 m
Stratigraphie: Dogger, Oberbajocium			
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			5.6
C _{org} -Gehalt [%]			0.8
Porosität(effektiv) [%]			12.9
Bulkdichte [g/cm ³]			2.39
scheinb. Korndichte [g/cm ³]			2.74
Luftpermeabilität [mD]			< 5 x 10 ⁻⁵

Porenraum:

Neben Tonporen liegen sekundär (durch Lösung erweiterte) Poren im Karbonat vor.

Die Probe zeigt deutlich Rißbildung (schichtparallel).

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.
Keine KLINKENBERG-Korrektur möglich.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 958,93 - 959,00 m

BOHRUNG: K 101

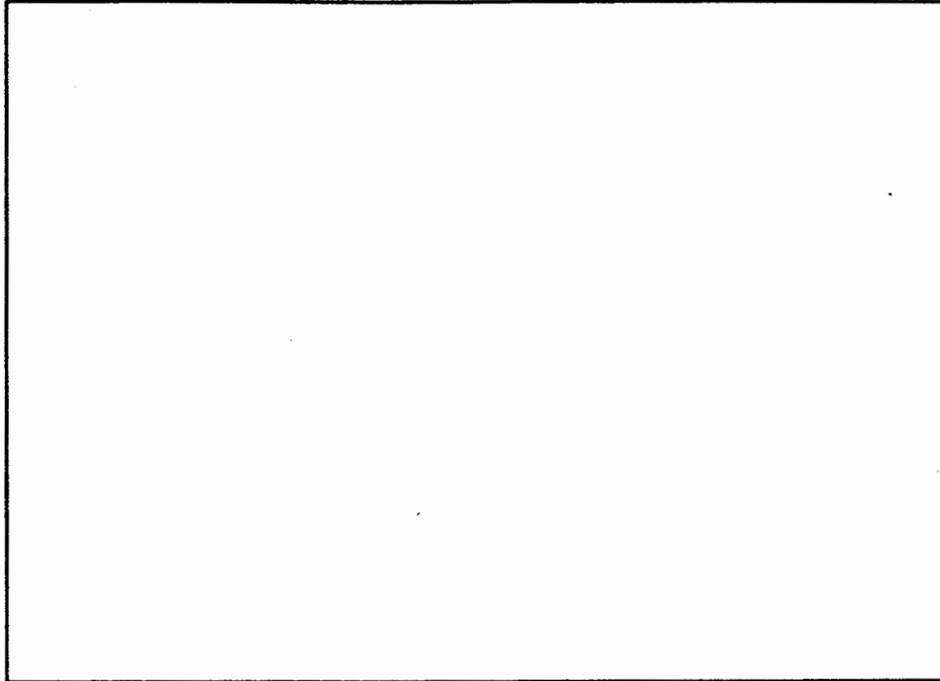


Abbildung Nr: 96

Vergrößerung: 1500 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

sekundäre Porosität in Karbonat

Die im Karbonat sichtbaren Poren sind mit Sicherheit sekundär entstanden, da sie Lösungsspuren zeigen.

Bei den Tonen kann es sich um Reste primärer Porosität handeln.

Porenraumklassifizierung:

s x Sm mc intrakristallin

c r Pd mc BP

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 958,93 - 959,00 m

BOHRUNG: K 101

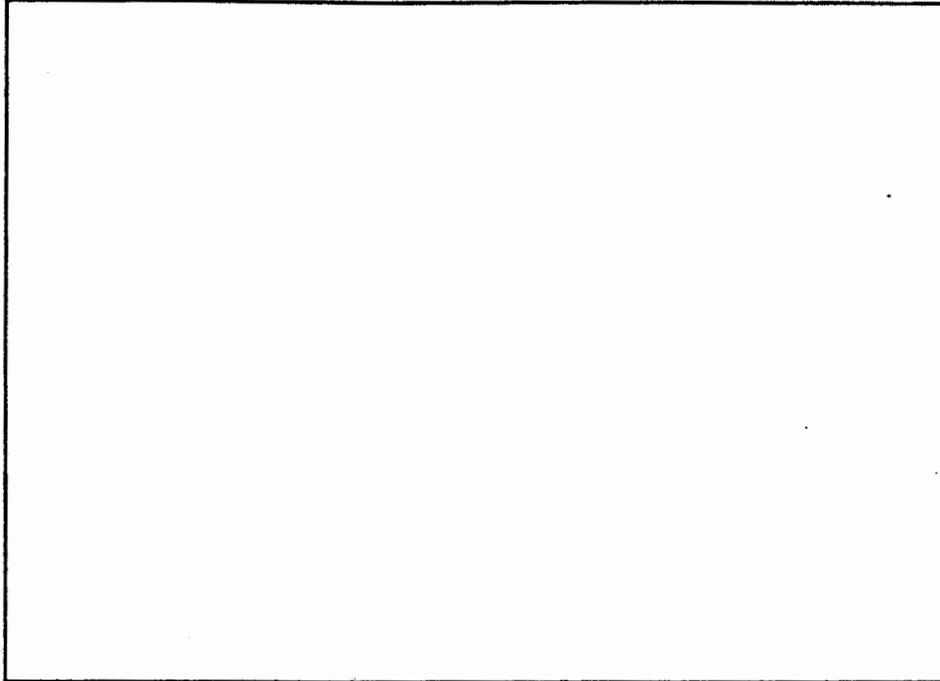


Abbildung Nr: 97

Vergrößerung: 350/1750 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Der im Bild zu sehende Riß zeigt noch keine Verteilung und ist daher während der Präparation entstanden.

Die tonig-karbonatische Umgebung weist sowohl sekundäre, übergroße Poren (bis 5 μm) als auch schichtparallele, vermutlich primäre Mikroporen auf.

Porenraumklassifizierung:

s x Sm sms BP

c r Pd mc BP

BOHRUNG K 101

Probe: Kernmarsch	140	Kiste	1017
Teufe: von	975,76	bis	975,84 m
Stratigraphie:	Dogger, Oberbajocium		
Karbonatgehalt [% CO ₃ ²⁻]			3.8
C _{org} -Gehalt [%]			0.8
Porosität(effektiv)[%]			10.0
Bulkdichte[g/cm ³]			2.39
scheinb. Korndichte[g/cm ³]			2.65
Luftpermeabilität [mD]			< 3 x 10 ⁻⁵

Porenraum:

Sekundäre Porosität im Karbonat, hauptsächlich jedoch Tonporosität, die unter Salzüberzügen nur in Ausschnitten zu sehen ist.

Bemerkungen:

Permeabilität unter simulierten Gebirgsbedingungen gemessen.
Keine KLINKENBERG-Korrektur möglich.

PORENRAUMBESCHREIBUNG

PROBE: 975,76 - 975,84 m BOHRUNG: K 101

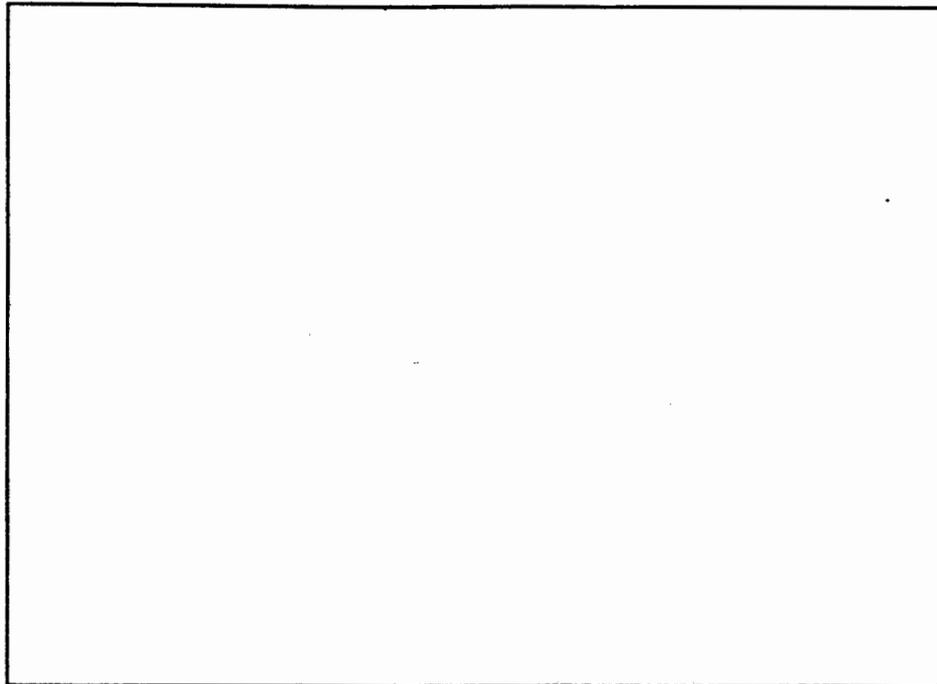


Abbildung Nr: 98

Vergrößerung: 400 x (Negativ)

Beschreibung der Abbildung:

Pyrit und Karbonat, stellenweise Ton

Die sekundäre Porosität ist deutlich zu sehen,
die Pore in Bildmitte erscheint durch Kornaus-
bruch vergrößert zu sein.

Porenraumklassifizierung:

s x Sm sms BC

TEUFE	KERNMARSCH/KISTE	ABBILDUNG	CO ₃ -GEHALT	C _{org} -GEHALT
von/bis in m	nur bei Kernabschnitten	Nr. / Seite	in %	in %

T U R O N

18.94/ 19.04			46.3	0.1
23.76/ 23.83			45.0	0.2
33.60/ 33.91			41.7	0.2
44.80/ 44.88			50.1	0.1
54.86/ 54.94			56.5	0.1
66.30/ 66.40			55.5	0.1
81.19/ 81.25			38.0	0.3
99.65/ 99.75			54.1	0.1
114.80/144.90			53.0	0.1
124.74/124.82			57.1	0.1
129.60/129.70			56.0	0.1
136.04/136.12			31.3	< 0.1
138.85/139.00			57.9	0.2
144.00/144.14			51.1	0.1
144.82/144.93			56.7	< 0.1
154.34/154.48	KM 27 Ki 148	4-5/22-23	53.5	0.2
159.02/159.17			52.8	< 0.1

C E N O M A N

165.34/165.58			57.1	0.1
174.67/174.81	I		56.6	0.1
174.67/174.81	II		30.6	0.4
183.83/184.01			56.3	< 0.1
195.01/195.10			51.0	0.2
201.59/201.65			52.1	0.1
209.81/209.90			46.8	0.2
214.76/214.95	KM 34 Ki 212	6-8/25-27	40.7	0.1
216.60/217.69			34.5	0.2
230.46/230.54			32.8	0.3
238.42/238.58	KM 36 Ki 238	9/29	28.7	0.3
239.48/239.55			31.0	0.2
247.72/247.80			18.4	0.3

TEUFE von/bis in m	KERNMARSCH/KISTE nur bei Kernabschnitten	ABBILDUNG Nr. / Seite	CO ₃ -GEHALT in %	C _{org} -GEHALT in %
A L B				
255.68/255.75			15.1	0.3
257.25/257.35			15.8	0.3
265.00/265.20			11.0	0.4
267.84/268.00	KM 40 Ki 270	10-11/31-32	3.5	1.0
270.71/270.86	KM 41 Ki 273	12/34	11.1	0.5
274.22/274.25			10.1	0.4
278.04/278.18	KM 41 Ki 282	13/36	18.0	0.1
279.28/279.35			18.0	0.4
284.98/285.04			19.8	0.3
289.88/290.04			17.7	0.3
293.97/294.05			19.2	0.3
300.88/300.97			17.1	0.3
313.60/313.75			14.8	0.3
324.48/324.58			12.5	0.4
325.88/326.01	KM 48 Ki 333	14-16/38-40	14.0	0.4
326.01/326.08			12.6	0.5
335.11/335.19			13.8	0.5
345.96/346.05			16.0	0.4
346.05/346.26	KM 51 Ki 354	17/42	14.4	0.4
351.49/351.55			7.9	0.4
358.33/358.40			7.9	0.4
362.90/362.98			8.8	0.5
375.70/375.89	KM 55 Ki 386	18/44	17.2	0.3
375.89/375.95			14.6	0.4
379.91/380.10	KM 56 Ki 391	19-20/46-47	8.8	0.3
380.10/380.18			11.7	0.4
388.58/388.68			8.0	0.2
388.68/388.85	KM 57 Ki 401	21-22/49-50	8.1	0.2
394.03/394.10			9.5	0.3
394.10/394.27	KM 58 Ki 407	23-25/52-54	7.9	0.3
398.36/398.46			4.1	0.4
399.24/399.38	KM 58 Ki 412	26/56	3.9	0.5
399.38/399.45 I	KM 58 Ki 413	27-28/58-59	6.7	0.3
399.38/399.45 II			5.9	0.3

TEUFE	KERNMARSCH/KISTE	ABBILDUNG	CO ₂ -GEHALT	C _{org} -GEHALT
von/bis in m	nur bei Kernabschnitten	Nr. / Seite	in %	in %

A L B

408.12/408.18			2.9	0.3
415.16/415.76			2.5	0.4
424.27/424.37			3.0	0.7
431.89/431.96			0.5	0.7
437.54/437.65	KM 64 Ki 455	29-30/61-62	1.3	0.7
437.65/437.74			0.7	0.7
450.18/450.31	KM 68 Ki 462	31/64	0.6	0.9
450.31/450.41			0.5	0.8
455.36/455.46	KM 69 Ki 467	32-33/66-67	1.9	0.6
456.96/457.07			0.9	< 0.1
457.07/457.19	KM 69 Ki 469	34/69	0.7	< 0.1
458.08/458.18			0.8	< 0.1

A P T

461.62/461.67			11.5	0.8
461.67/461.76	KM 69 Ki 473	35/71	13.5	0.7
474.52/474.72	KM 71 Ki 488	36/73	20.1	0.4
474.72/474.77			13.2	0.5

B A R R Ê M E

483.66/473.76	KM 72 Ki 495	37-38/75-76	1.5	1.7
488.77/488.83			< 0.1	4.5
493.26/493.34	KM 74 Ki 504	39/78	1.5	1.9
501.15/501.26	KM 75 Ki 514	40-42/80-82	7.6	0.9
501.26/501.31			1.5	1.7
509.93/509.97			1.6	3.0
509.97/510.08	KM 76 Ki 518	43/84	3.0	2.9
511.71/511.75			1.9	1.0
517.35/517.41			3.8	1.0
520.79/520.84			3.5	4.0
520.84/520.92	KM 79 Ki 531	44/86	2.0	4.0
522.14/522.19			3.0	1.9
530.32/530.37			3.3	3.0

TEUFE	KERNMARSCH/KISTE	ABBILDUNG	CO ₂ -GEHALT	C _{Org} -GEHALT
von/bis in m	nur bei Kernabschnitten	Nr. / Seite	in %	in %

B A R R Ê M E

532.68/532.79	KM 81 Ki 551	45/88	1.5	2.1
532.74/532.78			0.6	1.6
543.57/543.67	KM 82 Ki 557	46-47/90-91	10.1	0.6
543.67/543.71			8.6	3.0
549.51/549.59			8.2	3.5
554.98/555.09	KM 84 Ki 570	48/93	2.2	0.8
555.065/555.12			1.0	2.4
560.685/560.73			5.5	0.6

H A U T E R I V E

576.67/576.695			13.1	0.8
580.67/580.73			13.1	0.8
596.76/596.86			12.6	0.6
596.86/597.01	KM 89 Ki 613	49-50/95-96	9.3	0.7
602.75/602.82			4.4	0.8
611.02/611.13	KM 91 Ki 629	51/98	35.2	0.3
611.13/611.18			48.9	0.1
613.05	KM 91 Ki 632	52/100	22.2	0.5
620.34/620.39			5.7	0.9
621.56/621.61			10.7	0.7
621.61/621.69	KM 92 Ki 641	53/102	13.1	0.4

O X F O R D I U M

636.99/637.04			56.1	0.1
637.04/637.13	KM 94 Ki 659	54-57/104-107	54.9	0.1
653.78/653.83			54.1	0.2
653.83/653.90	KM 96 Ki 677	58-60/109-111	52.5	0.1
655.935/655.98			32.4	0.4
655.99/656.06	KM 96 Ki 680	61/113	34.7	0.5
661.625/661.66			55.1	0.1
661.66/661.80	KM 96 Ki 686	62-63/115-116	53.0	0.3
676.25/676.38	KM 98 Ki 703	64/118	37.5	0.2
676.38/676.445			46.3	0.2

TEUFE von/bis in m	KERNMARSCH/KISTE nur bei Kernabschnitten	ABBILDUNG Nr. / Seite	CO ₃ -GEHALT in %	C _{org} -GEHALT in %
-----------------------	---	--------------------------	---------------------------------	----------------------------------

O X F O R D I U M

683.645/683.70			21.4	0.3
683.70/683.77	KM 99 Ki 771	65/120	26.8	0.3
690.18/690.23			22.3	0.3
690.23/690.35	KM 100 Ki 718	66-67/122-123	22.4	0.2
693.28/693.34			26.8	0.4
693.34/693.48	KM 100 Ki 722	68/125	21.4	0.5
707.24/707.30	KM 102 Ki 738	69-72/127-130	15.2	0.1
708.77/708.91	KM 102 Ki 740	73/132	17.4	0.1
708.91/708.94			20.5	0.1
714.33/714.41	KM 102 Ki 746	74-75/134-135	41.7	0.1
714.41/714.44			43.0	0.1
739.46/739.51			8.9	1.5
739.57/739.62	KM 105 Ki 774	76/137	13.8	1.5
744.78/744.83			17.6	0.9
744.83/744.89	KM 106 Ki 781	77/139	15.5	1.0
771.52/771.62	KM 109 Ki 810	78-80/141-143	52.9	0.1
771.62/771.70			51.4	0.1

C A L L O V I U M

775.89/776.07	KM 110 Ki 815	81/145	30.0	0.4
776.07/776.16			36.4	0.3
784.72/784.78			7.2	0.8
787.15/787.21			13.4	0.7
787.21/787.31	KM 111 Ki 826	82-83/147-148	8.2	0.8
806.73/806.85	KM 117 Ki 838	84/150	13.8	0.7
806.85/806.91			9.3	0.9
820.71/820.78	KM 119 Ki 853	85/152	6.2	0.8
820.78/820.85			5.8	0.8
835.93/836.02	KM 121 Ki 867	86-87/154-155	6.0	1.0
836.02/836.09			5.8	1.0
848.41/848.47	KM 122 Ki 881	88-89/157-158	6.0	0.9
848.47/848.55			5.4	1.1
861.16/861.26	KM 124 Ki 893	90-92/160-162	4.0	1.9
861.26/861.32			4.4	2.0

TEUFE	KERNMARSCH/KISTE	ABBILDUNG	CO ₃ -GEHALT	C _{Org} -GEHALT
von/bis in m	nur bei Kernabschnitten	Nr. / Seite	in %	in %

B A T H O N I U M

872.96/873.03			3.8	1.2
873.03/873.11	KM 126 Ki 907	93/164	2.6	1.3
877.55/877.62			2.2	1.4

B A J O C I U M

909.98/910.03	KM 130 Ki 949	94/166	3.6	1.0
910.03/910.10			3.9	0.9
913.28/913.85			9.4	0.2
913.85/913.98	KM 131 Ki 953	95/168	19.7	0.3
939.50/939.59			8.3	0.4
949.47/949.55			4.4	1.0
958.87/958.93			5.5	0.6
958.93/959.00	KM 137 Ki 998	96-97/170-171	5.6	0.8
968.69/968.77			4.4	0.7
975.71/975.76			3.5	0.7
975.76/975.84	KM 140 Ki 1017	98/173	3.8	0.8
991.64/991.75			4.7	1.2
994.83/994.90			5.4	0.6
998.22/998.29			5.4	0.6

