

Geotechnische Probleme der marinen Unterkreide Niedersachsens

von

F.-J. Eckhardt, Hannover*

O. Zusammenfassung

Sedimente der marinen Unterkreide nehmen im zentralen Niedersachsens einen großen Raum im Bereich der oberflächennahen Zone ein. Hierbei handelt es sich um Gesteine meist tonig-mergeliger Zusammensetzung.

Korngrößenverteilung und Tonmineralogie lassen geringe Durchlässigkeiten erwarten und schaffen somit Voraussetzungen, diese Schichten zur Auswahl von Deponiestandorten interessant erscheinen zu lassen.

Untersuchungen in drei Regionen werden vorgestellt:

- Grenzbereich Valangin/Hauterive südlich und westlich von Hannover
- Barrême, Alb und Apt östlich Hannover
- Unterkreide und Oberer Jura im Untertagebereich von Salzgitter

Aus der Zusammenschau der Arbeitsergebnisse ergeben sich Hinweise auf Beeinflussungsmöglichkeiten der geotechnischen Kennwerte aufgrund mannigfaltiger Ursachen (z.B. thermische Einflüsse, Art und Korngröße von mineralischen Bestandteilen).

* Anschrift des Autors: Prof. Dr. Franz-Jörg Eckhardt, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 3000Hannover 51

1. Einleitung

Die Unterkreide des niedersächsischen Beckens führt im stratigraphischen Bereich vom Wealden bis zum Alb verbreitet und mit Mächtigkeiten von mehreren hundert Metern Schichten mit tonigen, schluffig-tonigen und mergeligen Sedimenten. Paläogeographische und stratigraphische Arbeiten dieses ca. 280 (W-E) x 80 (N-S) km großen Gebietes demonstrieren für die einzelnen Horizonte Fazies und Verbreitung dieser Flachmeerseimente (Abb. 1).

Die Gebiete mit mehr tonigen Sedimenten bieten ein breites Betätigungsfeld für den wissenschaftlich oder für den mehr angewandt-wissenschaftlich arbeitenden Tonmineralogen. Von Geowissenschaftlern der BGR, des NLFb, der Industrie und den Hochschulen des niedersächsischen Raumes werden seit vielen Jahren verschiedenste Arbeiten an den unterkretazischen Sedimenten durchgeführt. Vieles ist publiziert worden, von sehr vielen Arbeiten, die teilweise noch im Fluß sind, liegen hausinterne Berichte vor. Für die Thematik dieses Referates habe ich Inhalte und Ergebnisse dieser Arbeiten nutzen können. Ich bin den Autoren dieser Fachberichte für viele Anregungen und Diskussionen beim Erstellen des Manuskriptes zu Dank verpflichtet.

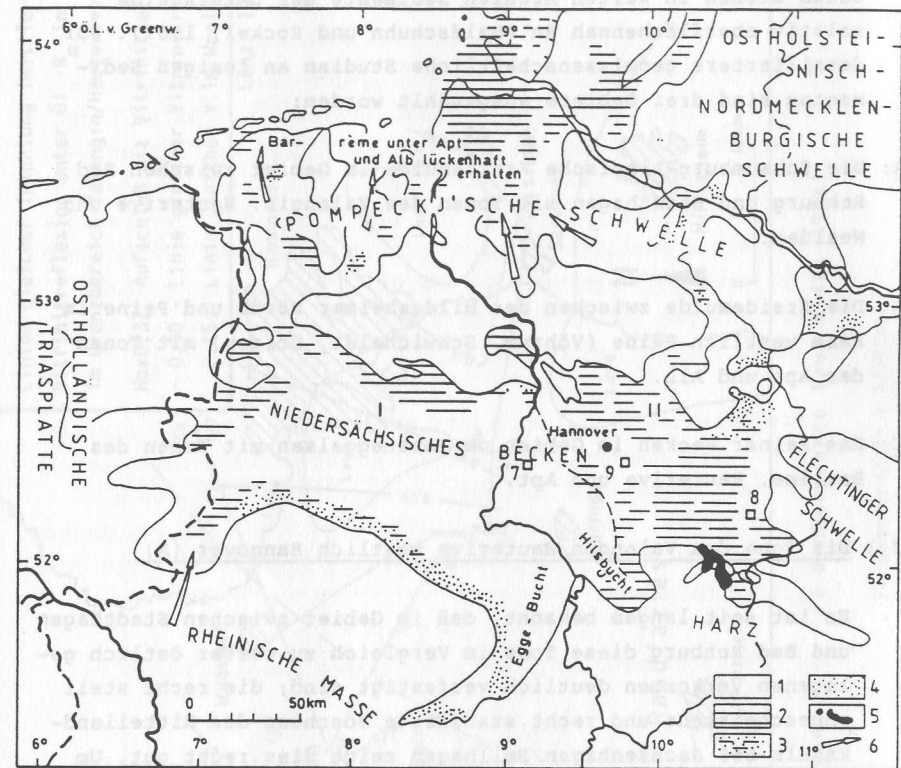


Abb. 1: Paläogeographische Übersichtsskizze von NW-Deutschland, Barrême, Niedersächs. Becken mit ungefähre Lage der Leitprofilbohrungen (n.SCHOTT u.a., 1969)

1. Gebiet ohne Sedimentation (örtlich sehr geringe Sedimentation möglich)
2. Vorwiegend tonige Sedimente (Sandanteil < 10 %)
3. Tonig-sandige Sedimente (Sandanteil 10-50 %)
4. Überwiegend sandige Sedimente (Sandanteil > 50 %)
5. Sedimentäre Eisenerze
6. Regressive Tendenz im Barrême
7. Bohrungen Wiedensahl 1 u. 2
8. Bohrung Ahlum 1
9. Bohrungen Dolgen 1 bis 3
10. Westabschnitt des Niedersächsischen Beckens
11. Ostabschnitt des Niedersächsischen Beckens

2. Unterkreidetone im Bereich von Übertage-Deponien

Im Gebiet zwischen Minden im Westen und Peine-Salzgitter im Osten stehen in weiten Arealen Sedimente der Unterkreide relativ oberflächennah an (Baldschuhn und Kockel, 1987). Für detailliertere geowissenschaftliche Studien an tonigen Sedimenten sind drei Gebiete ausgewählt worden:

- A: Die Schaumburg-Lippische Kreidemulde im Gebiet zwischen Bad Rehburg und Stadthagen mit Tonen des Valangin, Hauterive und Wealden.
- B: Die Kreidemulde zwischen der Hildesheimer Börde und Peine im Raum westlich Peine (Vöhrum, Schwicheldt, Dolgen) mit Tonen des Apt und Alb.
- C: Das Peiner Becken im Gebiet um Hoheneggelsen mit Tonen des Barrême, Hauterive und Apt.

2.1 Die Tone des Valangin/Hauterive westlich Hannover (A)

Es ist seit langem bekannt, daß im Gebiet zwischen Stadthagen und Bad Rehburg diese Tone im Vergleich zu weiter östlich gelegenen Vorkommen deutlich verfestigt sind; die recht steil angeschnittene und recht standfeste Böschung des Mittellandkanals bei Sachsenhagen/Pollhagen zeigt dies recht gut. Um dieses Phänomen und seine Auswirkungen auf ingenieurgeologische Daten deuten zu können, ist ein stratigraphisch genau eingestuftes Horizontalprofil aus dem Gebiet unverfestigter Tone (Sarstedt, Wätzum) bis nach Stadthagen/Pollhagen/Wiedensahl untersucht worden (BGR, 1985, 1990c, NLfB, 1986) (Abb. 2).

Insbesondere bezogen auf die Tonminerale (Illit, Kaolinit, Chlorit) ist die qualitative Mineralzusammensetzung über das gesamte Horizontalprofil recht konstant (Abb. 3). Die Gehal-

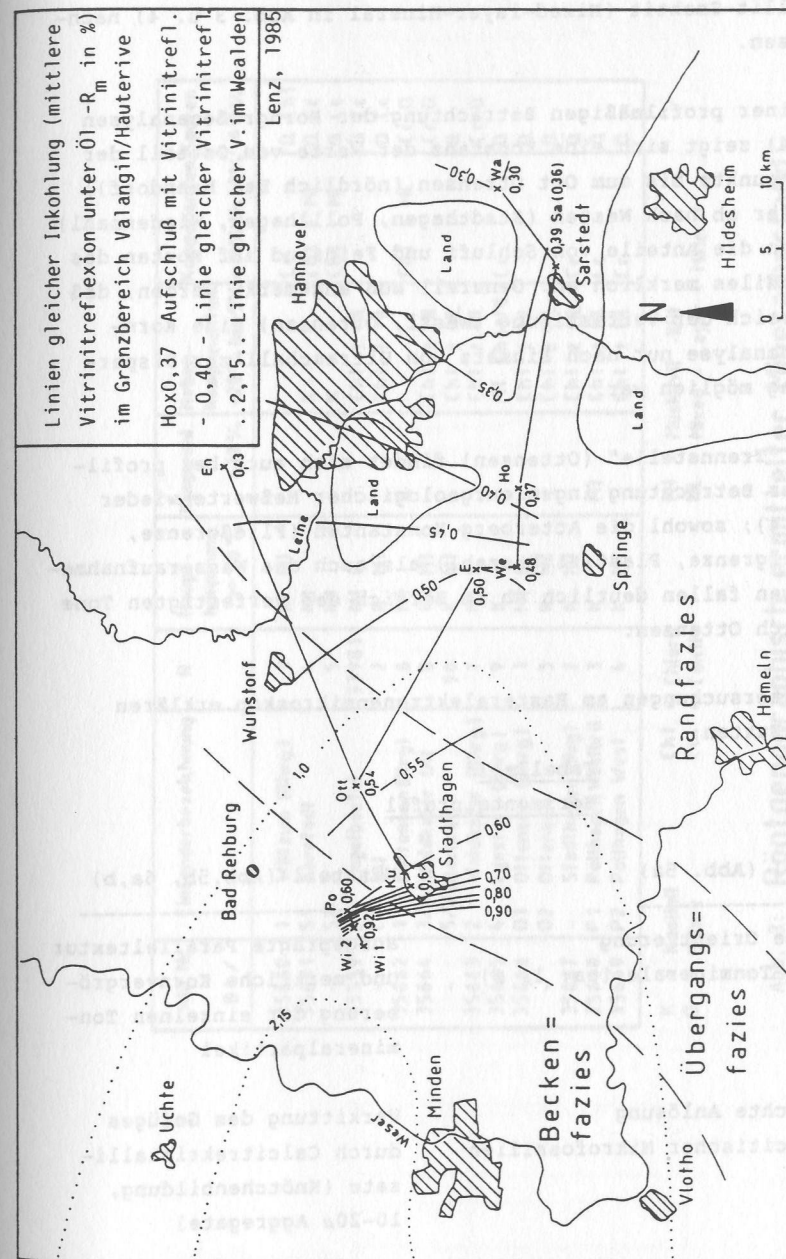


Abb. 2: Horizontalprofil im Valangin x Probenpunkte (aus NLfB, 1986)

Paläogeographie E. KEMPER
Inkohlung HUFNAGEL

te an Quarz und Calcit streuen ein wenig, Pyrit und Dolomit sind Akzessorien; in der Kornfraktion < 2μ ist untergeordnet ein Illit-Smektit (Mixed-layer-Mineral in Abb. 3 u. 4) nachzuweisen.

Bei einer profilmäßigen Betrachtung der Korngrößenanalysen (Abb.4) zeigt sich eine Konstanz der Werte vom Ostteil der Probenpunkte bis zum Ort Ottensen (nördlich Bad Nenndorf); von hier ab nach Westen (Stadthagen, Polllhagen, Wiedensahl) steigen die Anteile von Schluff und Feinsand auf Kosten des Tonanteiles merklich an. Generell muß angemerkt werden, daß im Bereich der Verfestigung (westl. Ottensen) eine Korngrößenanalyse nur nach Einsatz von Ultraschall zur Dispergierung möglich war.

Diese "Trennstelle" (Ottensen) findet sich auch bei profilmäßiger Betrachtung ingenieurgeologischer Meßwerte wieder (Abb. 4); sowohl die Atterberg-Konstanten (Fließgrenze, Ausrollgrenze, Plastizitätszahl) als auch das Wasseraufnahmevermögen fallen deutlich ab im Bereich der verfestigten Tone westlich Ottensen.

Die Untersuchungen am Rasterelektronenmikroskop erklären diese Fakten:

Tabelle 1
Horizontalprofil

Ostteil (Abb. 5a)

Westteil (Abb.5b, 6a,b)

1. Gute Orientierung
der Tonminerale (ca. 1μ Ø)

ausgeprägte Paralleltex-
tur und merkliche Kornvergrö-
berung der einzelnen Ton-
mineralpartikel

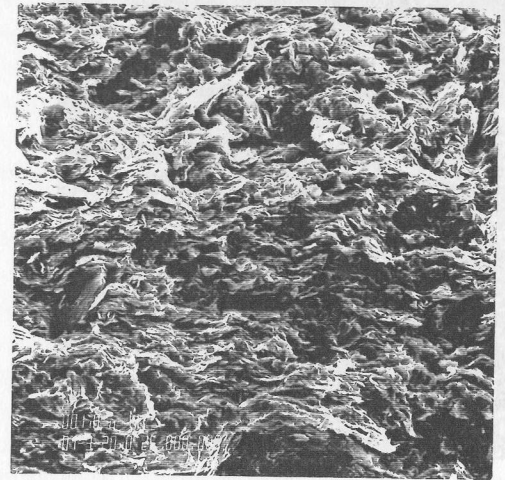
2. leichte Anlösung
calcitischer Mikrofossilien

Verkittung des Gefüges
durch Calcitrekristalli-
sate (Knötchenbildung,
10-20μ Aggregate)

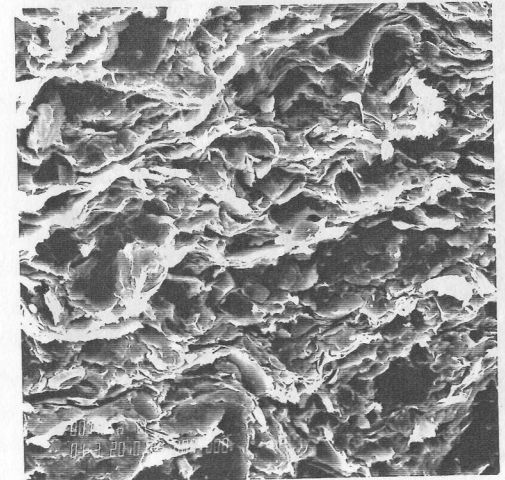
| Abt. Nr. B 4 / | Einsenderbezeichnung | R | Haupt- komponenten >> 20% | Komponenten > 20% | Neben- komponenten < 20% bis 5% | Komponenten < 20% bis > 5% | Spuren ≤ 5% |
|-------------------|--------------------------|-------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|
| 35660 | 1 Wälzum (Bhrg.) | 3 | K MI | | | | Q Chl |
| 35661 | S1 Sarstedt | 4 | MI | | | | Q Cc |
| - | S2 - | 5 | MI | | | | Q Cc |
| 35559 | E1 Engelbostel | 33901 | MI K MI | | | | Q Cc |
| 35662 | E2 (A) Holtensen (Bhrg.) | 2 | K MI | | | | Q Cc |
| 35664 | 3/M1 Waldthaler (A) | 6 | MI | | | | Q Cc |
| - | 5/M2 Bachri | 8 | K MI | | | | Q Cc |
| 35663 | 2 Waldthaler (Bhrg.) | 7 | MI K | | | | Q Cc |
| 35665 | 4 Egestorf (Bhrg.) | 9 | K MI | | | | Q Cc |
| 35666 | 01 Ottensen (Bhrg.) | 1 | MI K MI | | | | Q Cc |
| - | 02 Ottensen | 5 | K MI | | | | Q Cc |
| 35667 | - Stadthagen (Bhrg.) | 2 | K MI | | | | Q Cc |
| 35668 | P1 Polllhagen Westbrü | 3 | K MI | | | | Q Cc |
| 35669 | P2 Polllhagen West | 4 | K MI | | | | Q Cc |

K = Kaolinit
Q = Quarz
Chl = Chlorit
Cc = Calcit
MI = Muskovit - Illit
ML = Mixed - Layer - Mineral

Abb. 3: Röntgenographisch ermittelter Mineralbestand:
Tonfraktion < 2μm

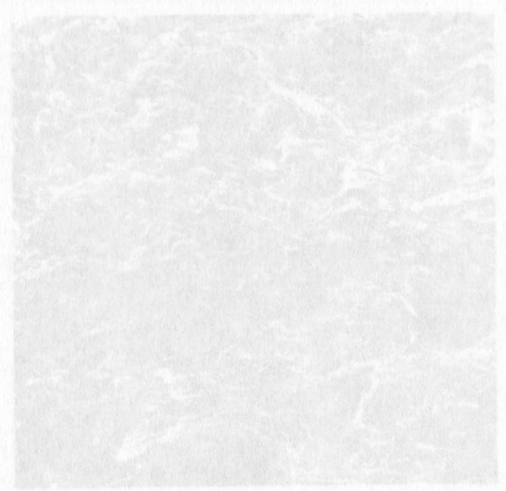


a) Ostteil des Profiles (Sarstedt)

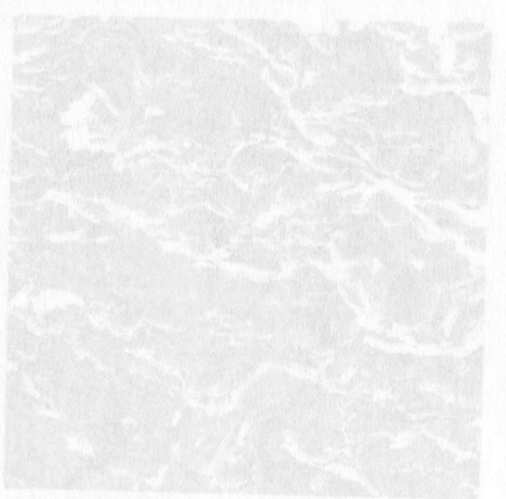


b) Westteil des Profiles (Pollhagen)

Abb. 5: REM-Aufnahmen (Dipl.-Ing. E. Knickrehm)
Vergrößerung ca. 1500 x; senkrecht zur Schichtung



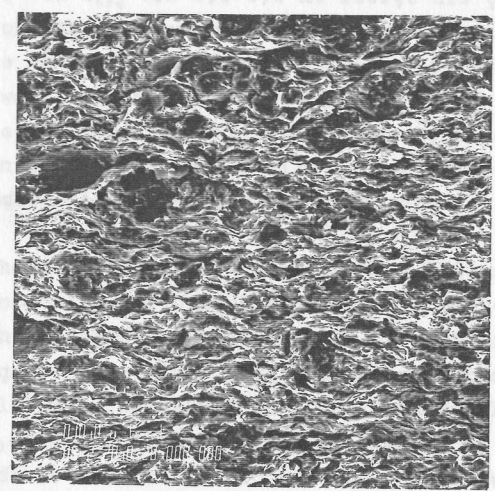
a) Knötchenbildung im verfestigten Tonstein (Wiedensahl)



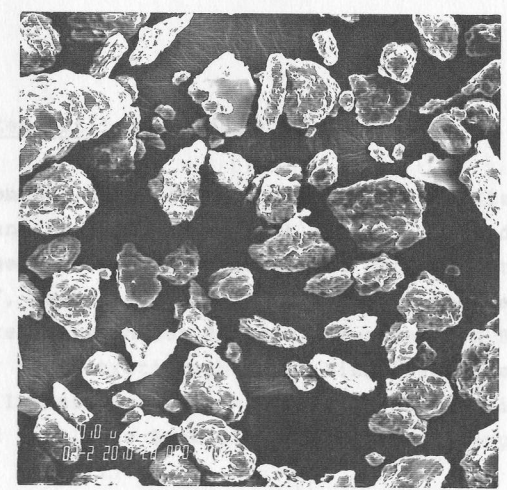
b) ausgelesene calcitverkrustete Tonaggregate ("Knötchen")

Abb. 5: REM-Aufnahmen (Dipl.-Ing. E. Knickrehm)
Vergrößerung ca. 1500 x; senkrecht zur Schichtung

Bei einem Anteil von ... von ... steigt die ...
Vitrinitreflexion ...
steigt auf ...
und dann weiter ...
zustieg. ...
reits von ...
thermischer ...
Bis zur ...
festigung ...
nach-geolog ...
Gefüges als ...
partikel (Ost ...
tung durch Ca ...
ständig, da ...
Anordnung ...
Einwirkung ...
s.d.) beinfl ...

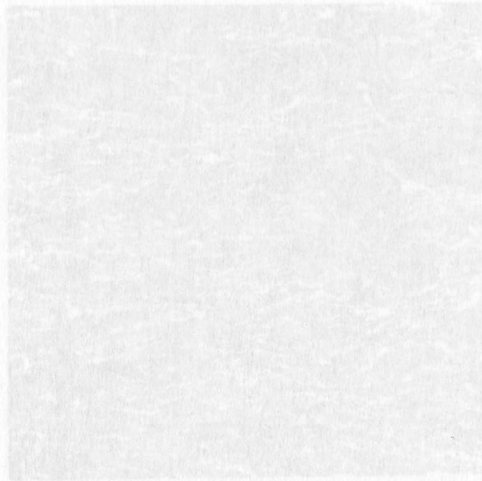


a) Knötchenbildung im verfestigten Tonstein (Wiedensahl)
(senkrecht zur Schichtung)



b) ausgelesene calcitverkrustete Tonaggregate ("Knötchen")

Abb. 6: REM-Aufnahmen (Dipl.-Ing. E. Knickrehm)
Vergrößerung ca. 750 x



a) Knötchenbildung im verfestigten Tonstein (Wiedensahl) (senkrecht zur Schichtung)



b) ausgezogene Calcitverwachsene Tonpartikel (Knötchen)

Abb. 8. EBM-Aufnahmen (Dijf.-inj. E. Kalkstein) Vergrößerung ca. 120 x

2.2.1 Barrême des Alpes

Bei einem Anteil von C_{org} von 0,6-0,8 M% steigt die gemessene Vitrinitreflexion (Abb. 2) von 0,3 % im Osten (Wätzum, Sarstedt) auf Werte von 0,54 % (Ottensen) und 0,6 % (Pollhagen), um dann weiter westlich auf über 0,9 % (Wiedensahl) rasch anzusteigen. Es ist dies offensichtlich auf den Einfluß der bereits von Bartenstein & Teichmüller (1971) publizierten geothermischer Anomalie in diesem Gebiet zurückzuführen.

Dieser thermische Einfluß führte letztlich zur bekannten Verfestigung der Tonsteine der Unterkreide mit all seinen technisch-geologischen Konsequenzen durch eine Verdichtung des Gefüges als Folge erstens einer Vergrößerung der Tonmineralpartikel (Ostwald'sches Wachstum?) und zweitens durch Verkitung durch $CaCO_3$ -Kristallite (Knötchenbildung). Es ist verständlich, daß diese Prozesse nicht nur von der Temperatur (+ Größenordnung 80-90°C) sondern auch von der Zeitdauer der Einwirkung und dem Chemismus der Porenwässer (HCO_3 -Gehalt z.B.) beeinflußt werden können.

2.2 Unterkreidebecken östlich von Hannover (B, C)

Zwischen der Pompekg-Schwelle im Norden und dem mitteleuropäischen Festland im Süden haben sich im Alb, Apt und Barrême tonige und mergelige Sedimente von großer Mächtigkeit abgelagert (BGR, 1967, Kemper & Zimmerle, 1982). Die Sedimente werden im inneren Bereich des Beckens (Raum östlich Hannover) in jeder dieser drei stratigraphischen Einheiten jeweils über 200 m mächtig. Insbesondere das Alb führt tonige Sedimente, die durchgehend merkliche Smektit-Anteile haben (Kemper & Zimmerle, 1982) (Abb. 7).

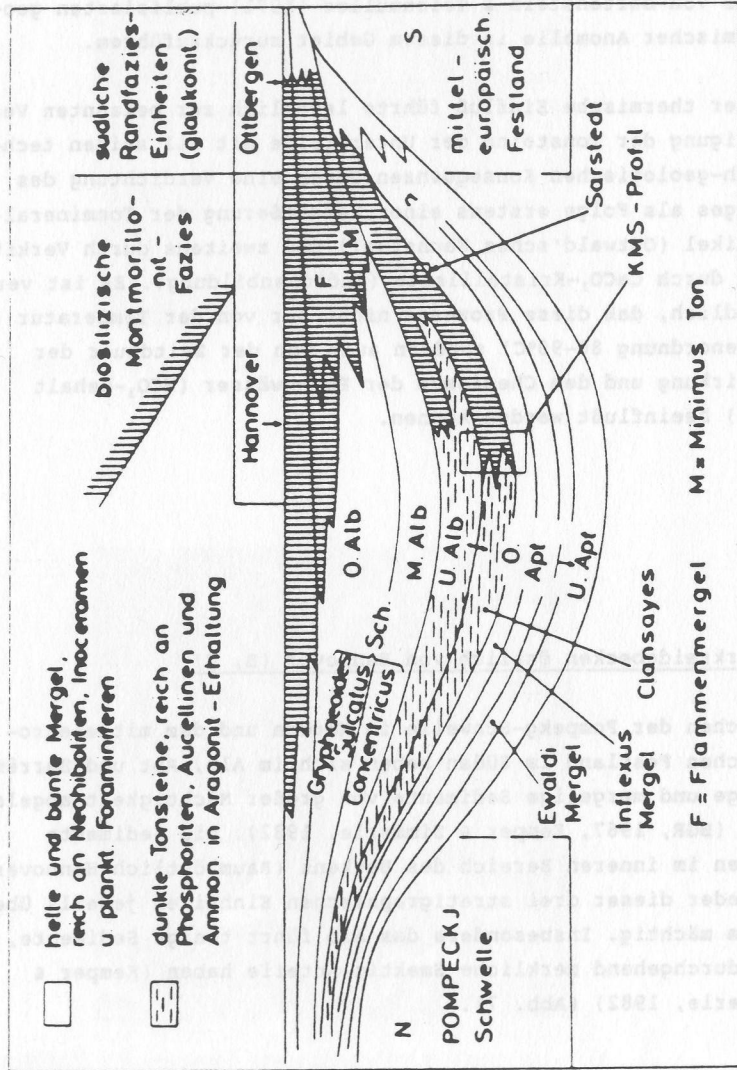


Abb. 7: Faziesverteilung — insbesondere die Montmorillonit-Verbreitung — im Niedersächsischen Becken und Lage der Untersuchungsgebiete. (Aus Kemper und Zimmerle, 1982)

2.2.1 Barrême des Peiner Beckens (C)

Südlich von Peine stehen Tone des Barrême an. In dieser Beckenstruktur (Peiner Becken) sind im Bereich der ehemaligen Ziegelei und heutigen Mülldeponie Hoheneggelsen (Look, 1984) diese Tone tiefgründig aufgeschlossen.

Die nur geringfügig verfestigten Tone führen bei einem Tonanteil zwischen 52 und 57 % die Tonminerale Illit, Kaolinit, Chlorit und als Nebengemengteil Smektit. Als wesentliche Nicht-Tonminerale sind Quarz und Calcit (zwischen 10-30 M%) nachzuweisen. Die technischen Untersuchungsdaten lassen von den Tonen sehr gute Rückhalteeigenschaften erwarten:

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Enslin-Wert (24 ^h): | 0,87-0,95 |
| Oberfläche | : 30-37 m ² /g |
| K-Wert | : ≤ 10 ⁻⁹ m/s |
| Atterberg-Grenzen: | W _L : 0,521 |
| | W _A : 0,219 |
| | W _S : 0,16 |

2.2.2 Apt und Alb des Gebietes Hämeler Wald - Hildesheimer Börde (B)

Zwischen Hildesheim im Südwesten und dem Gebiet Arpke-Hämeler Wald-Peine/Vöhrum im Nordosten erstreckt sich eine sattelartige Struktur mit Tonsteinen des Apt und Unteralb (Vinken, 1975, 1977).

Die Tone des Apt sind denen des Barrême von Hoheneggelsen (s. Kap. 2.2.1) ähnlich: Illit, Kaolinit und Chlorit dominieren als Tonminerale neben Smektit; Quarz und 20-30 % Calcit sind die wesentlichen Nicht-Tonminerale.

Die Alb-Tone heben sich von denen des Apt deutlich durch ihren hohen Smektit-Anteil ab (Kemper & Zimmerle, 1982).

Westlich der Ortschaft Schwicheldt streicht das Unteralb im Bereich des dort durchführenden Mittellandkanals aus: die Böschungen neigen in hohem Maße zu Rutschungen. Bei Smektit-Anteilen bis zu 50 % in der Tonfraktion, die wiederum über 50 M% der Tone ausmacht, ist dieser Effekt auch nicht verwunderlich. Neben Smektit als überwiegendem Tonmineral sind Illit, Kaolinit (\pm Chlorit) sowie ein Wechsellagerungsmineral des Types Illit/Smektit nachweisbar; Quarz und Calcit schwanken in ihren Gehalten (Calcit zwischen 5 und 15 M%).

Dem Smektit-Anteil entsprechend zeigen die Tone des Unteralb sehr gute Rückhalteeigenschaften:

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Enslin-Wert (24 ^h): | 0.98-1.60 |
| Oberfläche | : 32-50 m ² /g |
| K-Wert | : < 10 ⁻⁹ m/s |
| Atterberg-Grenzen: | W _L : 0.665 |
| | WA : 0.199 |
| | W _S : 0.15 |

2.3 Zusammenfassende Wertung

Faßt man die Plastizitätswerte der Proben aus den drei untersuchten Gebieten zusammen, zeigt sich deutlich eine regionale Abhängigkeit, die sich über Verfestigung und mineralogische Zusammensetzung erklären ließe (Abb. 8): die verfestigten Tone des Valangin westlich von Hannover (A) fallen in die Kategorie der leicht plastischen Tone; die Smektit-führenden Tone des Unteralb östlich von Hannover (B) sind im Bereich der "ausgeprägt"

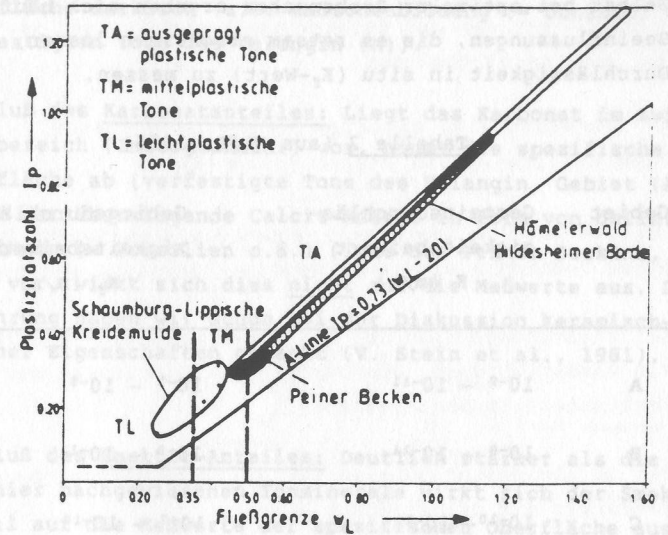


Abb. 8: Plastizitätsbereich der untersuchten Tongesteine (nach DIN 18196). (Aus: NLFb, 1986)

plastischen Tone" anzusiedeln. Dazwischen liegen die Meßwerte der unverfestigten Valangin-Tone und der Tone des Barrême des Peiner Beckens (C).

Als nachteilig hat es sich erwiesen, die Durchlässigkeit lediglich durch Messungen im Labor (K-Wert) zu belegen. Selbst bei optimaler Probennahme ergeben sich häufig Beeinflussungen, die es ratsam erscheinen lassen, die Durchlässigkeit in situ (K_f-Wert) zu messen.

Tabelle 2 (aus NLfB, 1986)

| Gebiet | Gesteinsdurchlässigkeitsbeiwert K (m/s) | Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwert K _f (m/s) |
|--------|--|--|
| A | 10 ⁻⁹ - 10 ⁻¹¹ | 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸ |
| B | 10 ⁻⁹ - 10 ⁻¹¹ | 10 ⁻⁹ - 10 ⁻¹² |
| C | 10 ⁻¹⁰ - 10 ⁻¹¹ | 10 ⁻⁷ - 10 ⁻¹⁰ |

Besonders auffällig sind die unterschiedlichen Meßwerte der Proben der verfestigten Tone des Valangin westlich Hannover (A).

Um den Einfluß mineralogischer und sedimentologischer Parameter auf technische Meßwerte zu demonstrieren, hat Dr. Mattiat (NLfB, mündl. Mitteilung) einige qualitative Untersuchungen zum Einfluß verschiedener Aufbereitungsverfahren auf den Meßwert der spezifischen Oberfläche gemacht.

Beim Vergleich von Werten, die an stückigem Material bzw. an optimal dispergierten Proben (aus gefriergetrockneter Suspension gewonnen) gemessen wurden, lassen sich folgende Trends vermuten:

1. Einfluß der Korngröße: Bei Zunahme von Schluff- oder Sandanteilen auf Kosten der Tonfraktion sinkt die spezifische Oberfläche merklich (z.B. Knötchenbildung (= Schluff) der verfestigten Tone des Valangin (A)).
 2. Einfluß des Karbonatanteiles: Liegt das Karbonat im Zwischenkornbereich (Intergranular) vor, nimmt die spezifische Oberfläche ab (verfestigte Tone des Valangin, Gebiet (A)). Liegt der überwiegende Calcit-Anteil in Form von definierten Partikeln (= Fossilien o.ä.) (Tone des Peiner Beckens, Gebiet "C") vor, wirkt sich dies nicht auf die Meßwerte aus. Diese Erfahrung haben wir schon bei der Diskussion keramisch-technischer Eigenschaften gemacht (V. Stein et al., 1981).
 3. Einfluß des Smektit-Anteiles: Deutlich stärker als die anderen hier nachgewiesenen Tonminerale wirkt sich der Smektit-Anteil auf die Meßwerte der spezifischen Oberfläche aus. Selbst bei den nur geringfügig verfestigten Tönen des Apt und Alb östlich von Hannover (Gebiet "B") sind deutliche Unterschiede in Abhängigkeit vom Smektit-Anteil in den Meßwerten der stückigen und der optimal aufbereiteten Proben vorhanden.
3. Tone als Barrierehorizonte im Untertagebereich

Auf dem Gebiet der Gemeinde Salzgitter-Bleckenstedt befinden sich die Schächte 1 und 2 der ehemaligen Schachanlage Konrad. In Planungen ist vorgesehen, neu aufgefahrene Kammern im Korralenoolith für die Endlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zu nutzen.

Die generelle geologische Situation stellt sich folgendermaßen dar:

- der Erzbergbau ging s.Z. im unteren Erzlager des Korallenoolith (Oxford) um,
- das Hangende des Malm wird von mächtigen Tonsteinen und Tonmergelsteinen der Unterkreide und Kalk- und Mergelsteinen der Oberkreide gebildet,
- im Liegenden sind mächtige Tonsteine des Malm, Tonmergelsteine des Dogger anzustreffen

In dieser für "Abdichtungen" günstig erscheinenden Folge toniger Sedimente sind zwei sandige Horizonte von Bedeutung:

- der Hilssandstein an der Basis des Unteralb (Unterkreide), ein wasserführender glaukonitischer Sandstein, der nicht kontinuierlich durchstreicht,
- der Cornbrashsandstein am Top des Unterbathon (Dogger), ein Sandstein mit calcitischer Matrix.

In unmittelbarer Nachbarschaft des Schachtes Konrad 2 wurde eine Kernbohrung (Konrad 101) niedergebracht, an deren Kernmaterial eine Vielzahl geowissenschaftlicher Untersuchungen durchgeführt wurden, die dann mit zur fachlichen Beurteilung im Hinblick auf die Nutzung der Grube herangezogen werden. Das etwas über 1000 m mächtige Profil der Bohrung Konrad 101 umfaßt unter einer geringmächtigen quartären Bedeckung das aus der paläogeographischen Situation erwartete Profil vom Turon (Oberkreide) bis zum Bajocium (Dogger) (Abb. 9). Aus dem Datenmaterial der mineralogischen, sedimentologischen und geochemischen Untersuchungen (BGR, 1985b, 1989, 1990a, 1990b) will ich einige für die Thematik dieser Arbeit relevante herausgreifen.

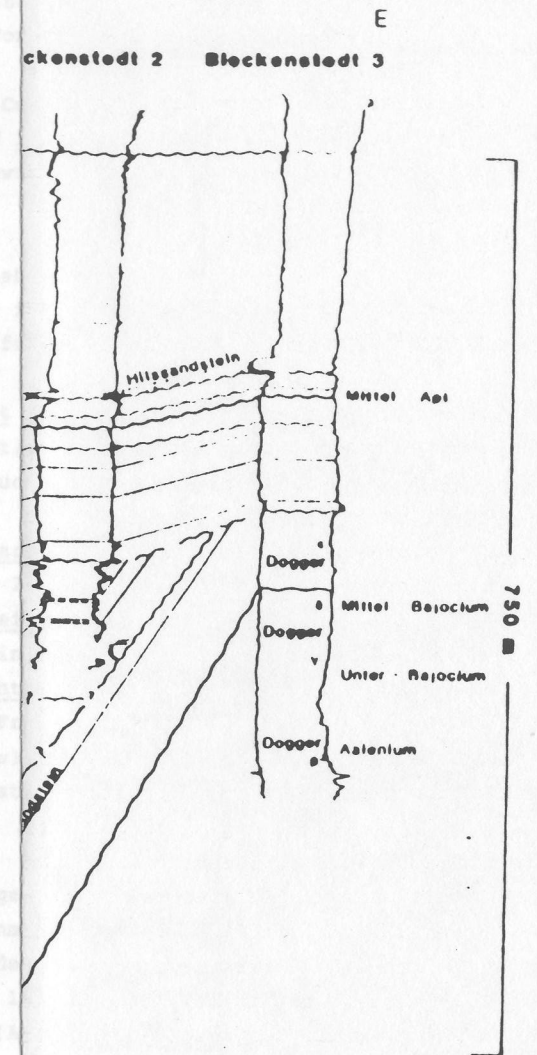


Abb. 9: Profil der Bohrung Konrad 101 im Vergleich zu benachbarten Bohrprofilen (BGR, 1990)

Abb. 10-12 (BGR 1990, 1990b) sind die stratigraphischen Profile der Kreide im Bereich der Tertiär- und Quartärablagerungen.

1. von Unteren Cenomanium bis zum oberen Alb. Kaolinite und Illite sind in der Kreide weit verbreitet. Kaolinite sind in der Kreide besonders in den oberen Schichten zu finden. Illite sind in der Kreide besonders in den unteren Schichten zu finden. Die Illite sind in der Kreide besonders in den unteren Schichten zu finden. Die Illite sind in der Kreide besonders in den unteren Schichten zu finden.

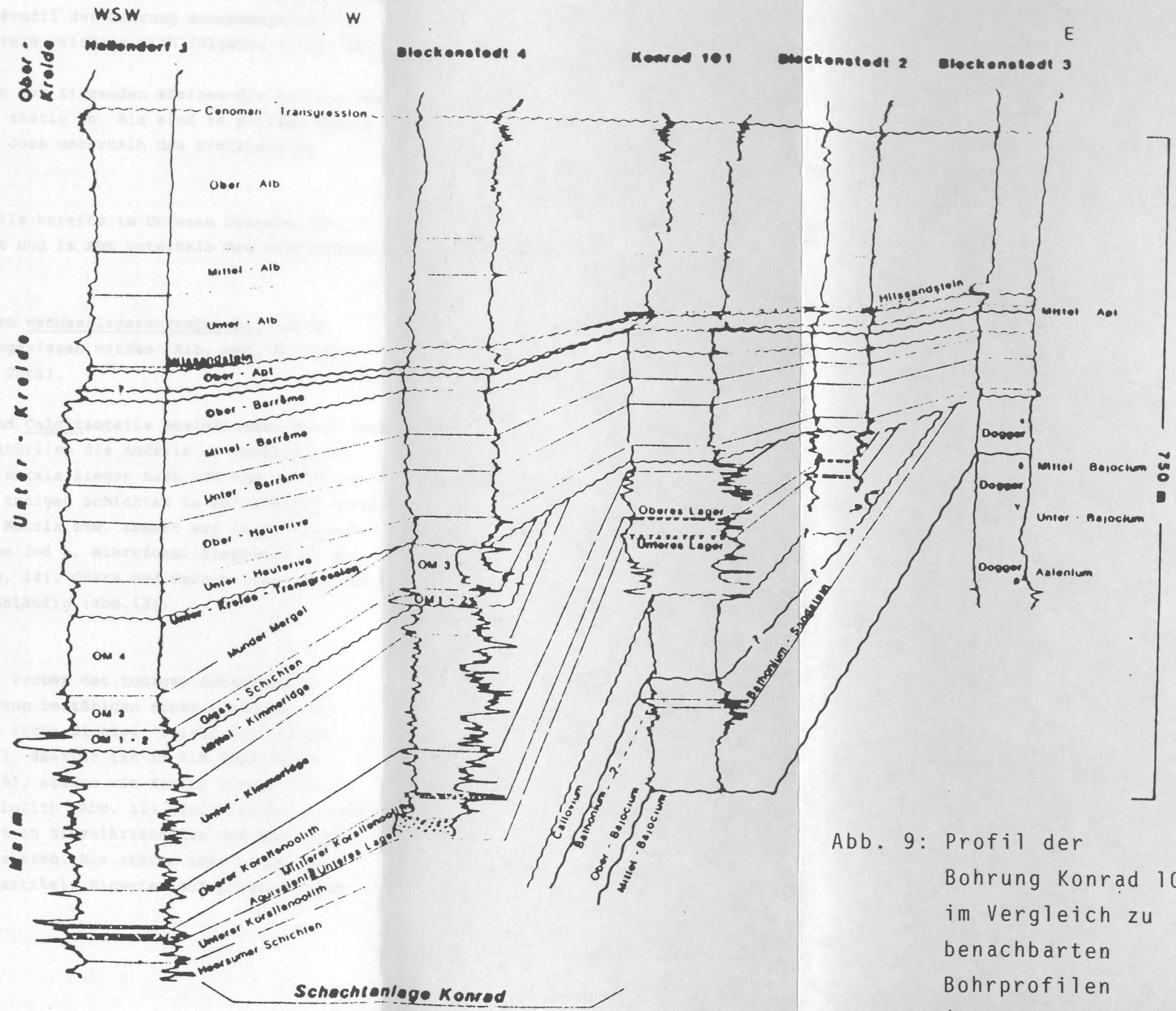
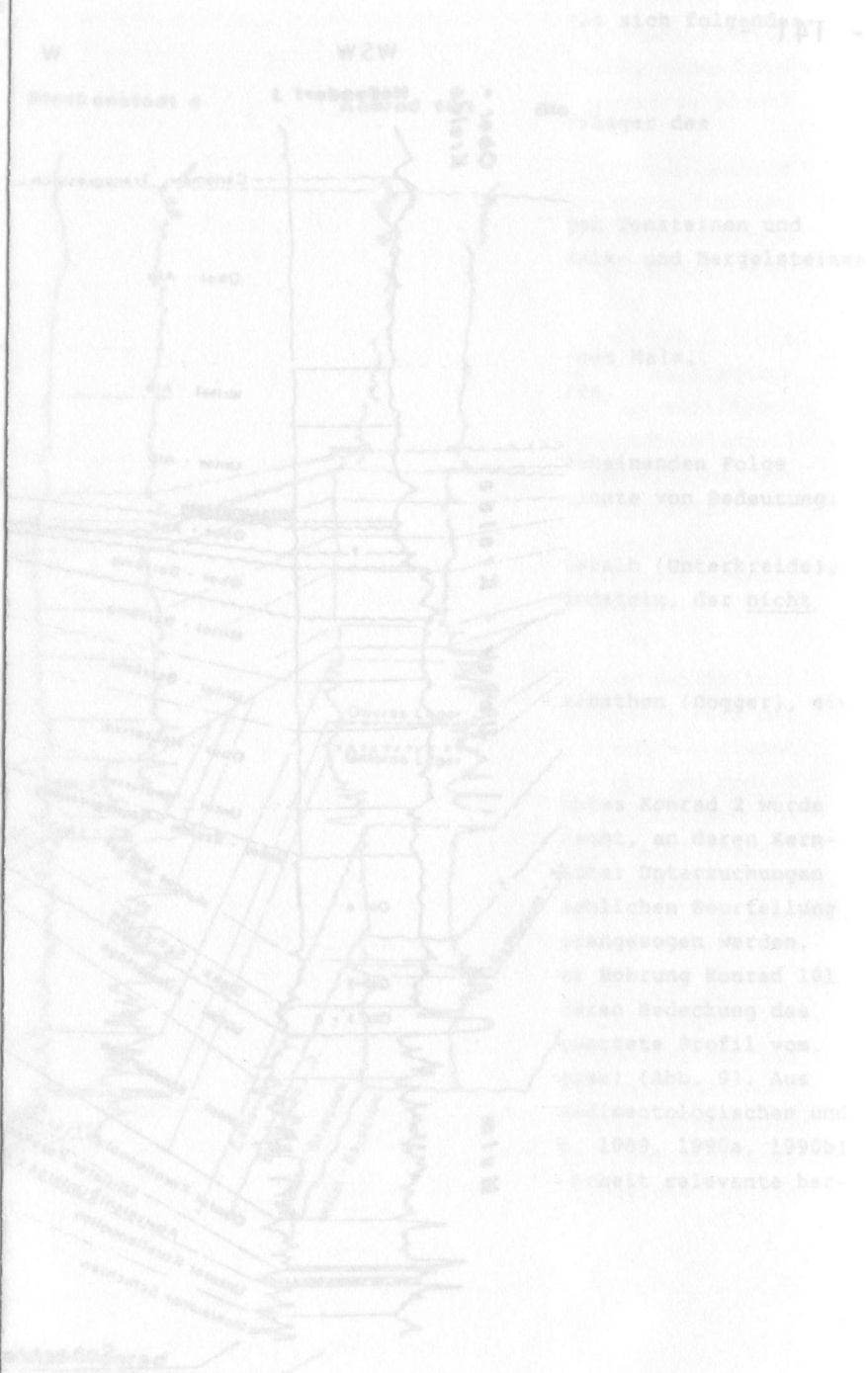


Abb. 9: Profil der Bohrung Konrad 101 im Vergleich zu benachbarten Bohrprofilen (BGR, 1990)

In den Abb. 10-13 (BGR 1989, 1990b) sind diese Meßergebnisse im stratigraphischen Profil der Bohrung zusammengestellt. Bezüglich der Tonminerale zeichnen sich folgende Trends ab:

1. vom Unteren Cenoman zum Liegenden steigen die Anteile von Kaolinit und Illit stetig an. Sie sind im Barrême und im Hauterive sowie im Jura unterhalb des Erzlagers am höchsten.
2. Smektit ist ebenfalls bereits im Unteren Cenoman, besonders aber im Alb und im Apt unterhalb des Hilssandsteines anzutreffen.
3. Untergeordnet können Wechselagerungsminerale (meist Illit-Smektit) nachgewiesen werden (Alb, Apt, Barrême, Hauterive, auch im Jura).
4. Steigende Quarz- und Calcitanteile beeinflussen durch ihre Korngröße ($> 2\mu$) natürlich die Anteile an Tonmineralen (Abb. 13). Beide Minerale liegen nach REM und chemischen Vergleichen in den tonigen Schichten in definierten Partikeln und nicht als Matrix bzw. Zement vor (z.B. Coccolithen in der Fraktion $2-6\mu$, Mikrofossilfragmente in der Fraktion $>20\mu$) (Abb. 14). Quarz und Calcit sind in ihren Anteilen meist gegenläufig (Abb.12).

Die Untersuchungen von Proben der tonigen Schichten am Rasterelektronenmikroskop bestätigen diese Aussagen. Die Tonminerale bilden ein recht dichtes, leicht bioturbates Gefüge ab (Abb. 15, 16). Smektit ist im Alb deutlich zu identifizieren (Abb. 15), ebenso wie der in dieser Schicht anzutreffende Klinoptilolith (Abb. 11). Coccolithen, Mikrofossilreste sowie Pyrit in Einzelkristallen und Aggregaten sind stets zu identifizieren. Sie stören aber nicht das dichte Gefüge der Tonpartikel. Hinweise auf diagenetische o.ä.



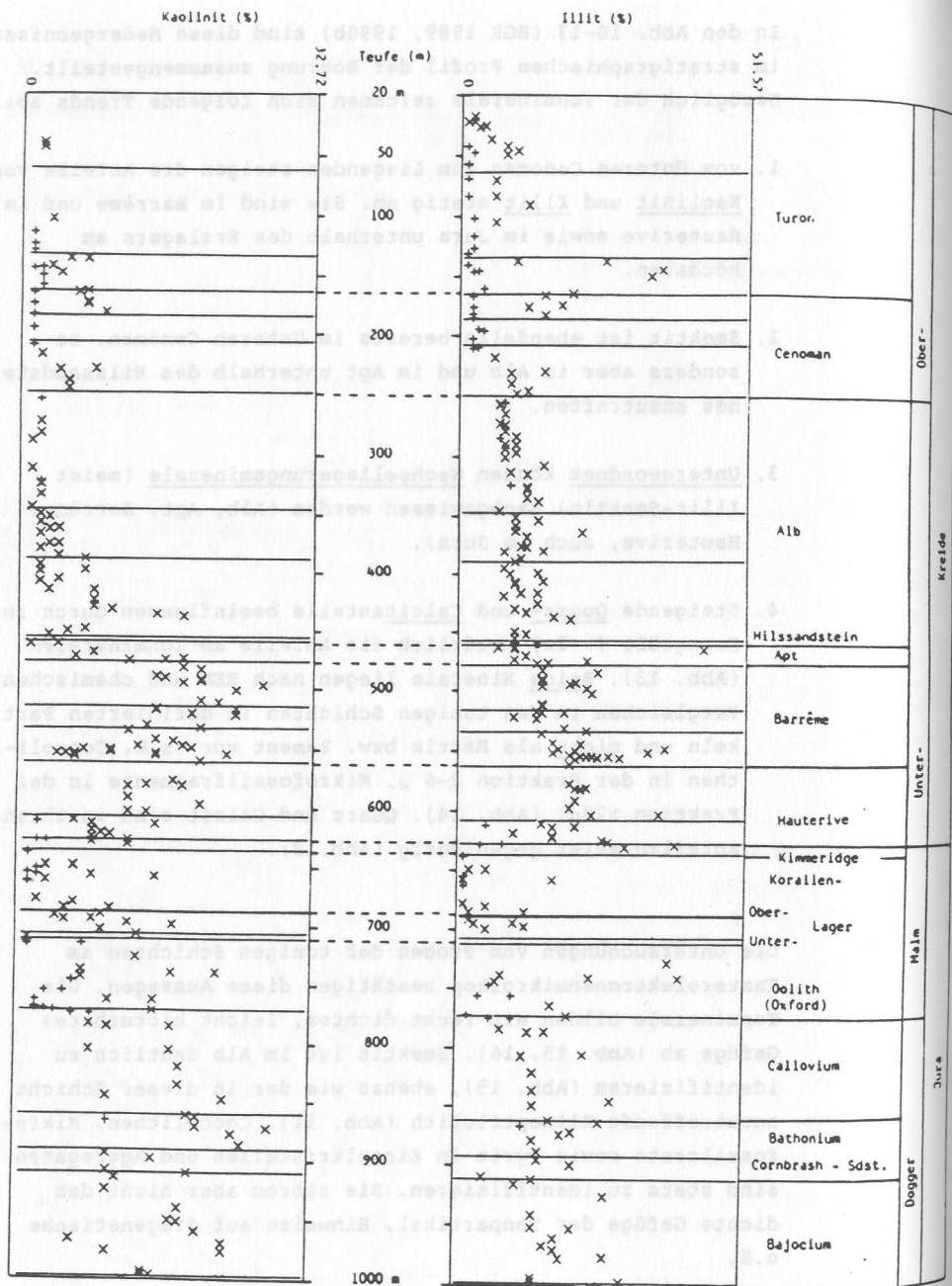


Abb. 10: Verteilung von Kaolinit und Illit im Profil der Bohrung Konrad 101 (BGR, 1989)

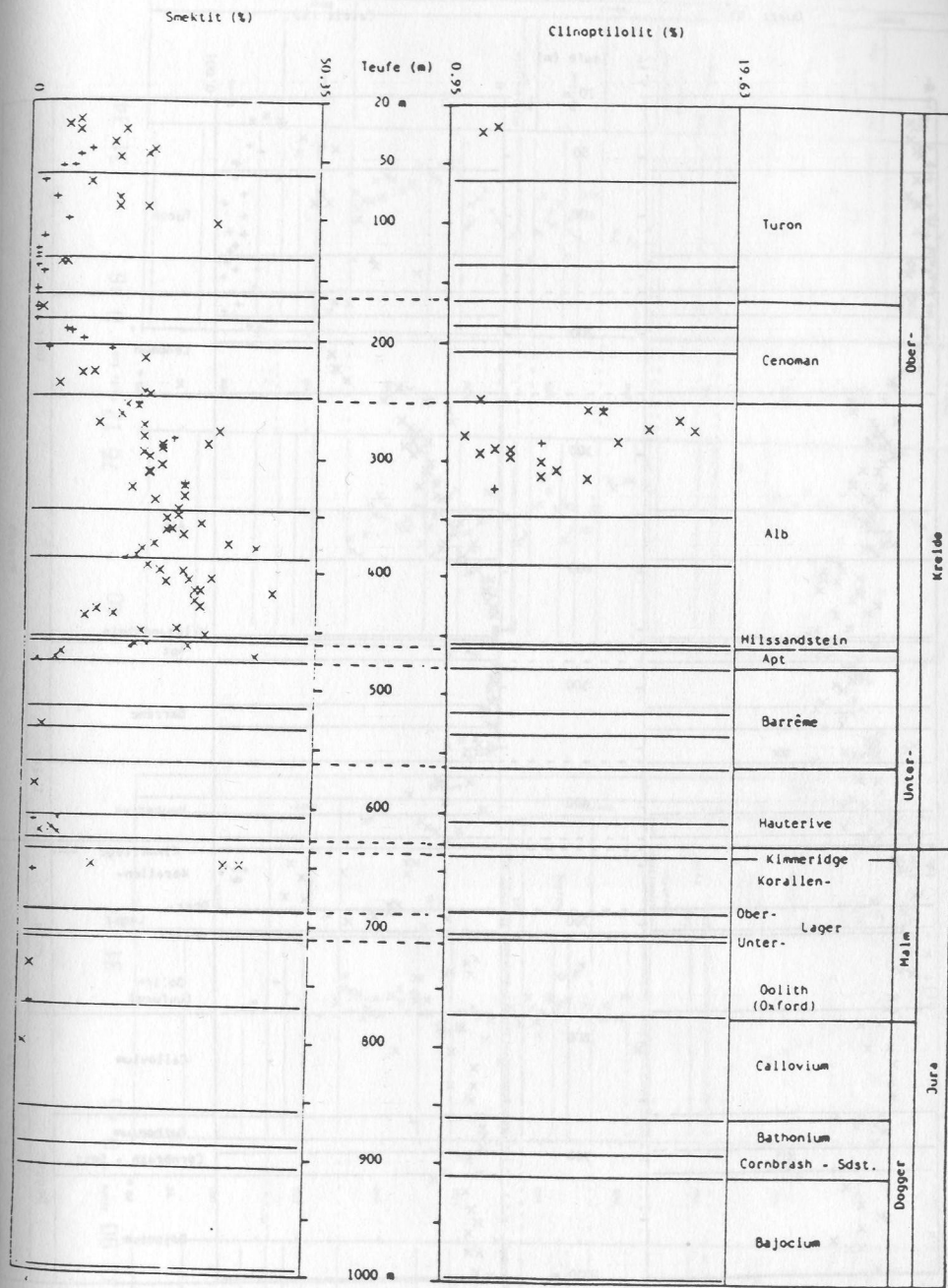


Abb. 11: Verteilung von Smektit und Klinoptilolith im Profil der Bohrung Konrad 101 (BGR, 1989)

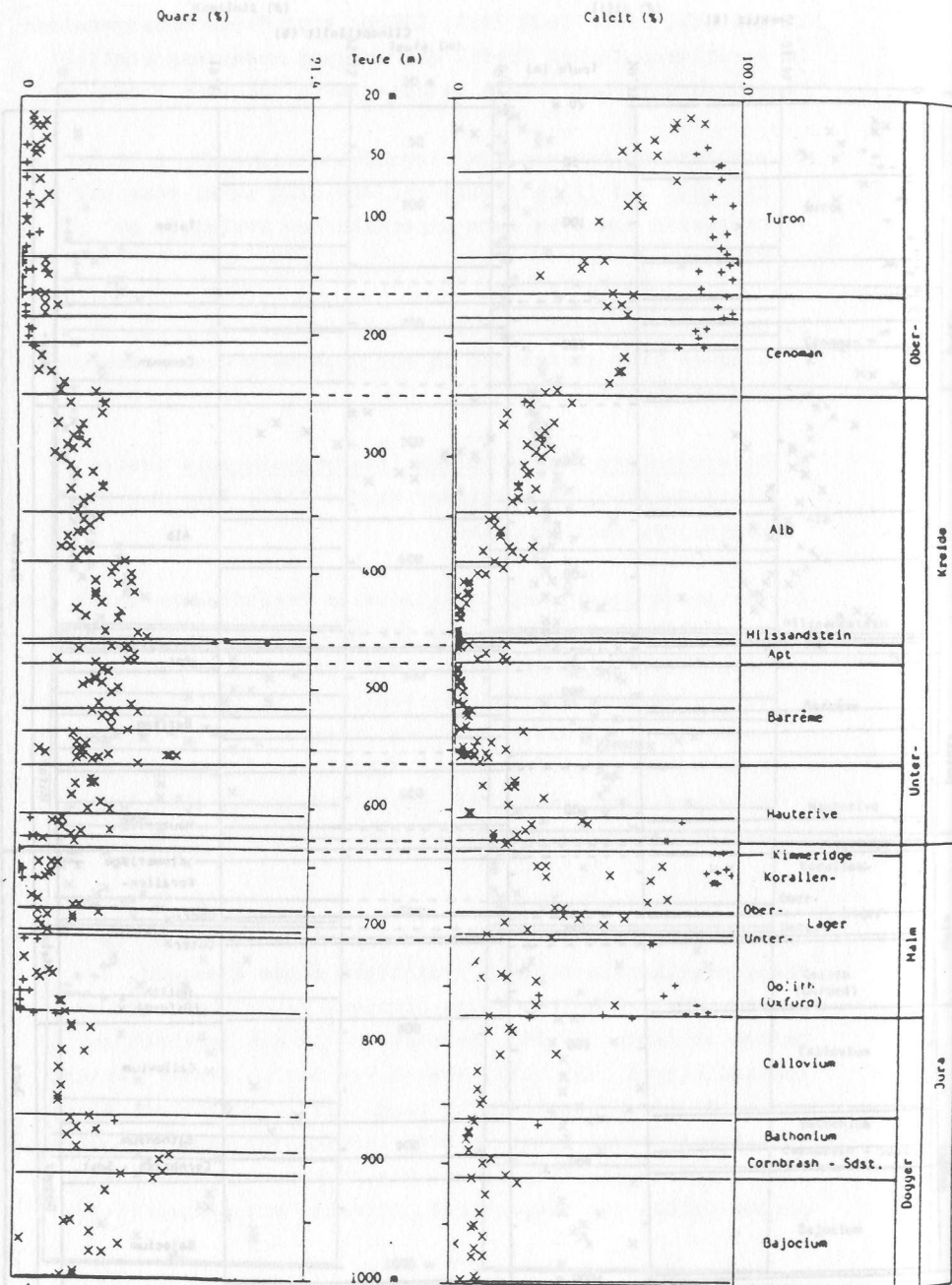
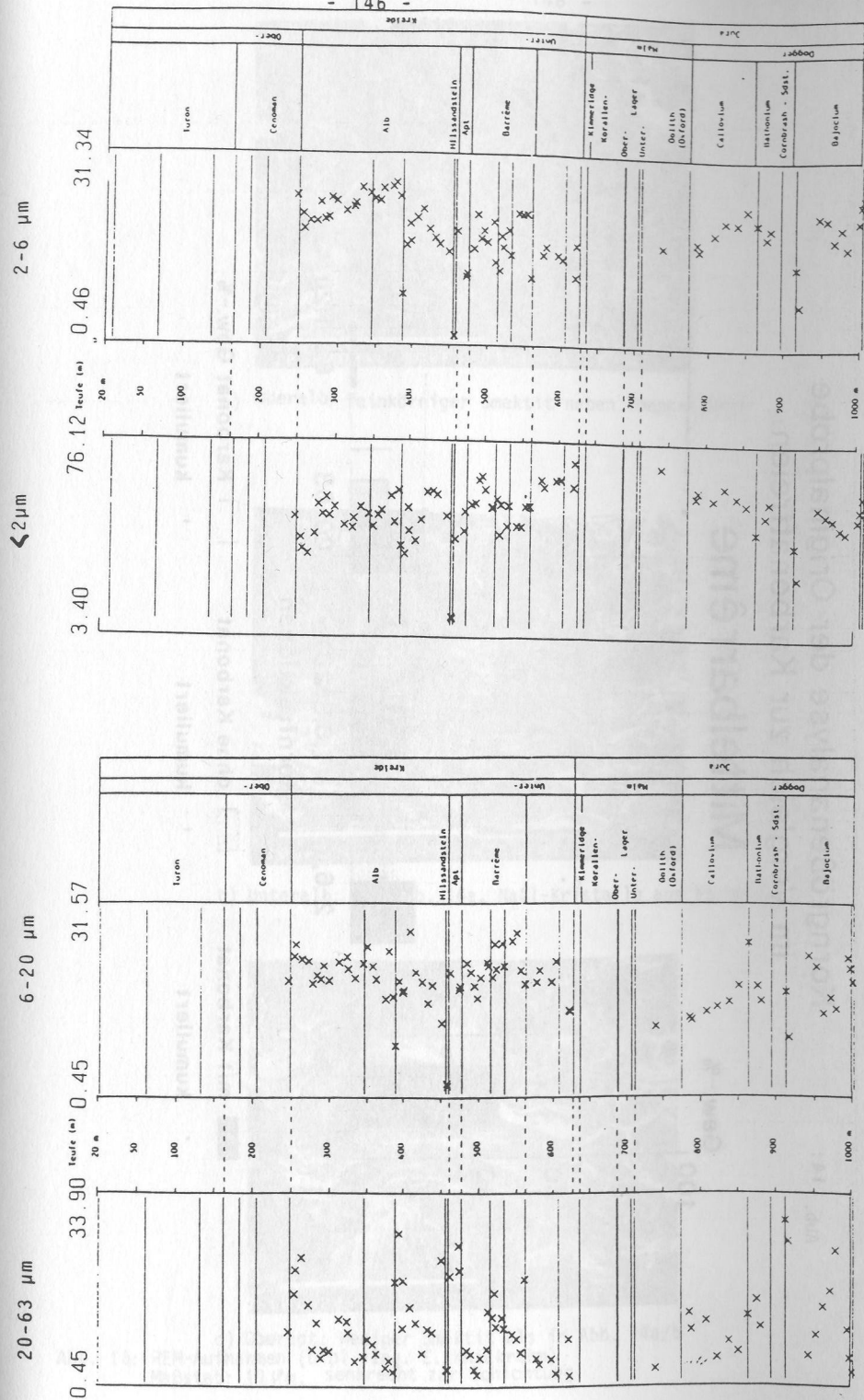


Abb. 12: Verteilung von Quarz und Calcit im Profil der Bohrung Konrad 101 (BGR, 1989)

Abb. 13: Verteilung der Kornfraktionen $\leq 2\mu\text{m}$, 2-6 $\mu\text{m}</math> und 20-63 $\mu\text{m}</math> Profil der Bohrung Konrad 101 (BGR, 1989)$$



20-63 μm

6-20 μm

2-6 μm

0.45

33.90

31.57

3.40

76.12

31.34

0.46

Korngrößenanalyse der Originalprobe
im Vergleich zur Karbonatfreien
Mittelbarrême

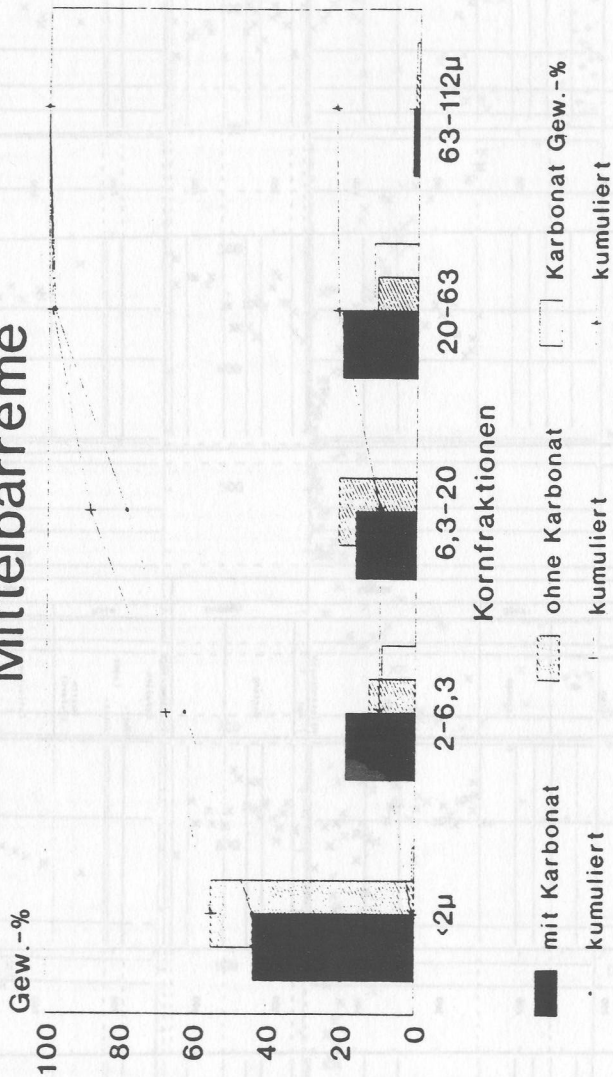
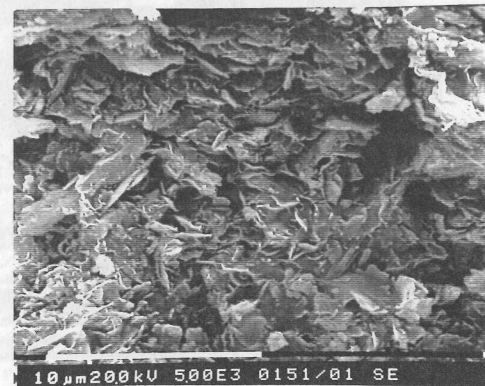
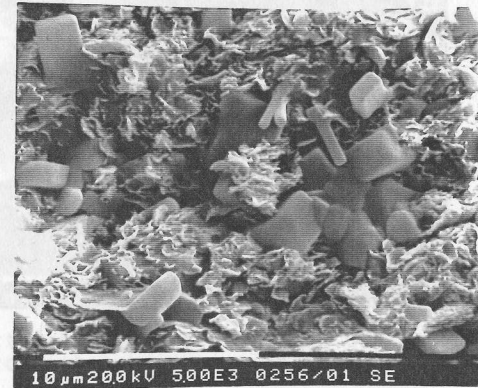


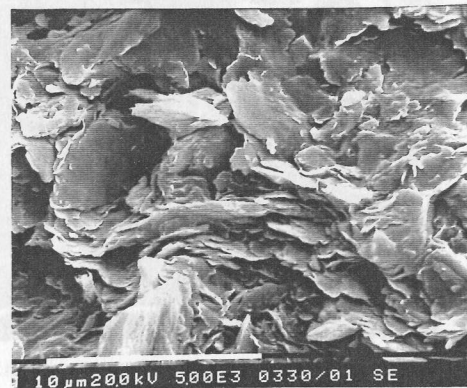
Abb. 14:



a) Oberalb: feinkörniger Smektit neben Tonpartikeln



b) Unteralb: wie Abb. 14a, NaCl-Kristalle aus Porenwasser

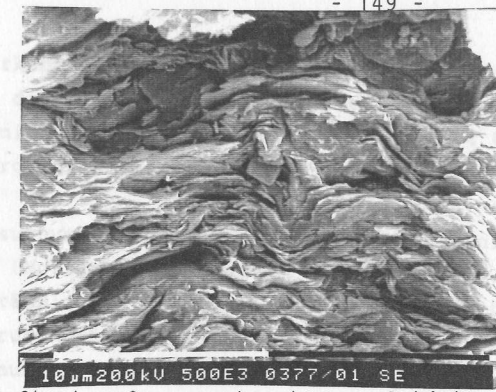


c) Oberalp: weniger Smektit als in Abb. 14a/b

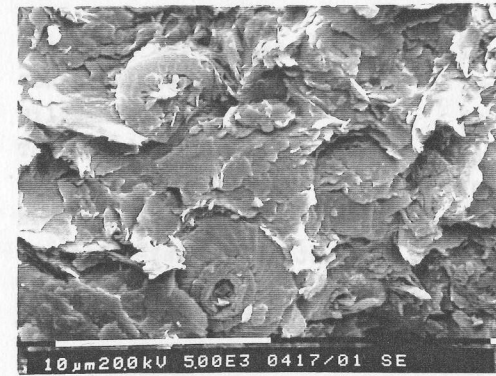
Abb. 15: REM-Aufnahmen (Dipl.-Ing. E. Knickrehm)
Maßstab: 10 μm, senkrecht zur Schichtung

Korngrößenanalyse der Originalprobe
im Vergleich zur Karbonatfreien
Mittelbarrême

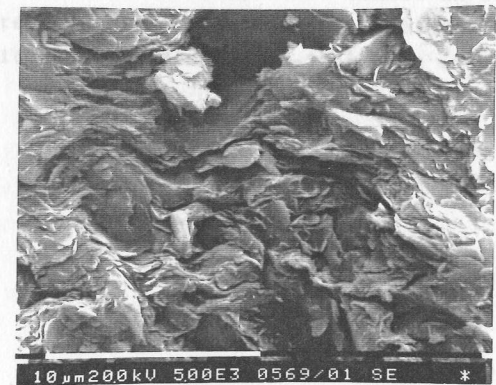
Mittelbarrême



a) Oberbarrême; senkrecht zur Schichtung;
im Zentrum ein Pyrit-Kristall



b) Mittelbarrême; parallel zur Schichtung;
Coccolithen-Lage in toniger Matrix



c) Bathonium; senkrecht zur Schichtung;

Abb. 16: REM-Aufnahmen (Dipl.-Ing. E. Knickrehm)
Maßstab 10 µm

Einwirkungen sind nicht zu erkennen. Über das gesamte Profil zeigt die Illit-Kristallinität keine Variationen; auch die Vitrinireflexion zeigt bei Werten um 0,4 % im Rahmen der Fehlergrenzen keinen Anstieg mit zunehmender Teufe (Abb. 17).

Untersuchungen von Material anderer Aufschlüsse im Grubenbereich (Horizontalbohrungen, Schachtprofile u.s.w.) stützen eine räumliche "Extrapolation" dieser Ergebnisse. Außerhalb des Grubengebäudes lassen sich über Log-Vergleiche Beziehungen herstellen.

Die Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwerte (K_f -Wert) sind durch insitu Versuche bestimmt worden (BGR, 1990 b):

| | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Tonsteine der Oberkreide | 10^{-11} m/s |
| Tonsteine des Alb | 10^{-11} m/s |
| Hilssandstein | 10^{-5} m/s |
| Tonsteine des Apt | $< 10^{-11}$ m/s |
| Tonsteine des Barrême | $< 10^{-11}$ m/s |
| Erzlager (Oxford) | $5 \times 10^{-9} - 10^{-11}$ m/s |
| Cornbrash-Sandstein (Jura) | 10^{-11} m/s (- Dichtig- |
| Tonsteine u. Tonmergelsteine | $> 10^{-11}$ m/s keit durch |
| des Jura | calcitische |
| | Matrix) |

Diese Daten bestätigen eine positive Bewertung der Barriereigenschaften der Tonsteine des Profiles der Bohrung Konrad 101: Hoher Anteil an Tonmineralen, hoher Gehalt an toniger Korngrößenfraktion, relativ dichtes Gefüge der Tonmineralpartikel, räumliche Verbreitung der abdichtenden Schichten im Grubengebäude.

4. Zusammenfassung und wissenschaftliche Ergebnisse

Aus der Sicht des Tonmineralogen und des Sedimentologen bestätigen die Untersuchungen bekannte Thesen zum Rückhaltevermögen toniger Gesteinshorizonte:

- hoher Anteil an Tonfraktion
- hoher Anteil an Schichtsilikaten (Smektit erhöht das Rückhaltevermögen zusätzlich)
- eingeregelttes Mikrogefüge der Tonmineralpartikel

sind hier die Parameter, die von Bedeutung sind.

Verschiedene Einflüsse können das Rückhaltevermögen eines tonigen Gesteins beeinflussen:

- Anteile von grobkörnigerem Material (Sand, Fossilien u.a.) in merklichen Anteilen,

- thermische Einflüsse, die zur Verfestigung des Sedimentes führen (Kornvergrößerung der Tonmineralteilchen durch Ostwald'sches Wachstum, Krustenbildung im intergranularen Bereich).

Im Falle der thermischen Beeinflussung kann gezeigt werden, wie unterschiedlich verschieden ausgebildete CaCO_3 -Anteile einwirken können:

- Eine "Einstreu" von Coccolithen und Mikrofossilien in den Tonsteinen und Tonmergelsteinen der Bohrung Konrad 101 bewirkt keine Veränderung des K_r -wertes,
- Calcit-Rekristallite in den verfestigten Tonsteinen des Valangin (westl. Hannover) verursachen "Knötchenbildungen" in Schluffkorngröße und somit einen negativen Einfluß,
- die Calcit-Matrix des Cornbrash-Sandsteins bewirkt hingegen eine deutliche Verbesserung des Rückhaltevermögens (K_r -Wert 10^{-11} m/s).

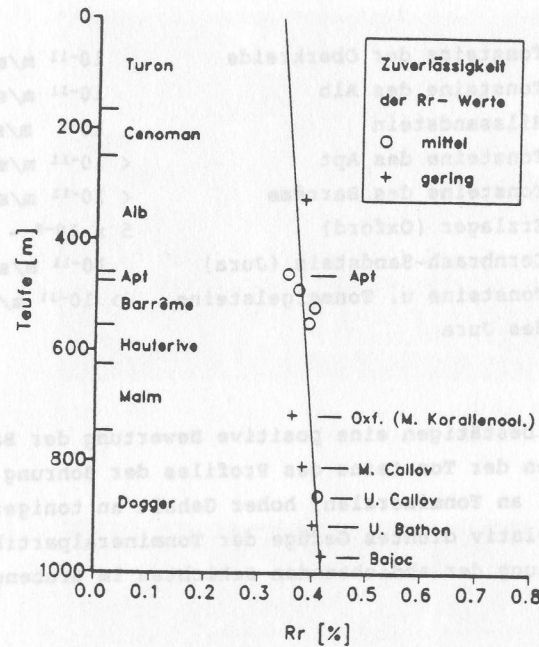


Abb. 17: Inkohlung Bohrung Konrad 101

Hier genügt für eine Beurteilung keinesfalls nur die pauschal-chemische CaCO_3 -Bestimmung; zumindest mineralogisch-mikroskopische Untersuchungen sind darüber hinaus notwendig.

Letztlich sind aber die mineralogischen, sedimentologischen und geochemischen Untersuchungen und Interpretationen nur in der Zusammenschau mit geotechnischen, hydrologischen und chemischen Fakten in Hinblick auf ein Rückhaltevermögen geologischer Horizonte zu diskutieren. Die Schwierigkeit der Übertragung von Labormessungen auf den natürlichen Gesteinsverband (s. Durchlässigkeitsbeiwerte) ist hierbei nicht zu unterschätzen.

Außer Hinweisen auf eine Kompaktierung des Gefüges der Tonmineralpartikel in den thermisch beeinflussten Tonsteinen des Valangin westlich von Hannover (mögliche Ostwald'sche Sprossung) zeigen die Untersuchungen der Tonminerale keine markanten Veränderungen unter den angetroffenen Konditionen (z.B. keine deutliche Änderung der Illit-Kristallinität). Ein besserer Indikator ist auch hier einmal mehr die Vitritreflexion. Aus den Untersuchungen von M. u. R. Teichmüller in der Unterkreide war schon frühzeitig der Einfluß der Bramscher Anomalie auf die Vitritreflexion bekannt; ebenso wurde im Raum Uchte/Bad Rehburg/Wiedensahl eine schwächere Anomalie beschrieben (Bartenstein et al., 1971). Durch unsere Untersuchungen (BGR 1985a, NLF, 1986) konnten im Bereich der Verfestigung der Valangin-Tonsteine des Gebietes Stadthagen/Wiedensahl eine Vitrit-Reflexion von 0,90 % gemessen werden (Abb. 2), was einem thermischen Einfluß von größenordnungsmäßig ca. 80° C entsprechen könnte (der Faktor der Zeitdauer ist bei solchen Temperaturen äußerst wichtig!). Immerhin genügt dies, um:

- das Mikrogefüge der Tonmineralteilchen zu kompaktieren (Ostwald'sche Sprossung),
- CaCO_3 zu mobilisieren und als Rekrystallisat in der Matrix

auszufällen; auch hier sind Umfeldbedingungen zu berücksichtigen (z.B. der HCO_3 -Gehalt des Porenwassers).

Im Bohrprofil der Bohrung Konrad 101 finden wir von der Oberkreide bis in den Dogger Werte der Vitritreflexion von ca. 0,4 % (Abb. 17). Veränderungen am Tonmineralgefüge oder an den eingelagerten calcitischen Mikrofossilien oder Hinweise auf Rekrystallisationen in den Tonsteinen sind nicht zu bemerken. Unter Berücksichtigung der geologischen Geschichte dieser Sedimente in diesem Raum und normaler geothermischer Tiefenstufe dürfte die thermische Einwirkung deutlich unter 60°C gelegen haben.

Gerling et al. (1989) haben bei ihren Untersuchungsarbeiten des Niedersächsischen Beckens mit einer Vielzahl von Meßdaten für die Basis des Jura (Posidonienschiefer) gemessene und extrapolierte Vitritreflexionen verglichen. Hierbei können sie im Raum nördlich und auch östlich Hannovers Bereiche mit thermischer Beeinflussung der Sedimente nachweisen. Als Verursacher wird ein dem Bramscher-"Pluton" entsprechender kleiner Magmenkörper angesehen. - Eine dieser thermischen Anomalien liegt westlich Peine, wo wir die Tonsteine des Alb und Apt untersucht haben (s. Kap. 2.2.2). Untersuchungen der Vitritreflexion von Tonsteinen des Oberapt dieses Gebietes ergaben an Proben aus Bohrungen zwischen den Ortschaften Dolgen und Schwicheldt Meßwerte zwischen 0,60 und 0,64 %. D.h. der thermische Einfluß liegt hier deutlich höher als z.B. in den "geothermisch normal" beeinflussten Gesteinen aus dem benachbarten Schacht Konrad in Salzgitter. Aus den mineralogischen Untersuchungen haben sich auch in den Tonsteinen des Alb und Apt keine Veränderungen von Mikrogefüge und Korngröße der Tonmineralpartikel und bezüglich des CaCO_3 auch keinerlei Mobilisationen nachweisen lassen.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse dieser Studie sind:

- auch in Temperaturbereichen unterhalb von 100°C kann die Vitritreflexion zur Identifizierung thermischer Beeinflussungen herangezogen werden.
- um und unterhalb 60°C finden keine markanten Reaktionen an Tonmineralen statt; auch CaCO₃ wird noch nicht wesentlich mobilisiert.
- erst im Temperaturbereich um/oberhalb 80-90°C können wir (bei noch nicht markant veränderter Illit-Kristallinität) eine Kompaktierung des Gefüges der Tonmineralpartikel (Ostwald'sche Sprossung?) und eine Rekristallisation von CaCO₃ (Knötchenbildung) diagnostizieren;

Zeitdauer der thermischen Beeinflussung und die chemischen und physikochemischen Konditionen der Porenwässer haben auf den Reaktionsablauf mit Sicherheit Einfluß.

Aus dem Nachweis erhöhter Vitritreflexion in Tonsteinen des Oberapt kann geschlossen werden, daß der Magmatismus des Bramscher Massives und der weiteren inzwischen nachgewiesenen thermischen Anomalien maximal Oberapt-Alter hat.

Literaturverzeichnis

- BALDSCHUHN, R. KOCKEL, F. (1987): Geologische Karte von Hannover und Umgebung - Quartär und Tertiär abgedeckt. - 1:100 000, Hannover.
- BARTENSTEIN, H., TEICHMÜLLER, M. u. TEICHMÜLLER, R. (1971): Die umwandlung der organischen Substanz im Dach des Bramscher Massivs. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 18, S. 501-538, Krefeld.
- BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG (1967): Paläogeographischer Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland. - 306 Ktn., Hannover.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (1985a): Laterale Verfestigung von Unterkreide-Tonsteinen zwischen Wätzum und Wiedensahl:: Laborbericht (H. Rösch), 17 S., B 4-35559-569, Hannover (unveröffentlichter Bericht).
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (1985b): Tiefbohrung Konrad 101. Laborberichte (H. Rösch), 29 S., B 4 - 39495, 38687, 40407, Hannover (unveröffentlichter Bericht).
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (1989): Mineralogische und geochemische Untersuchungen an Gesteinsproben der Bohrung Konrad 101.- Laborbericht (F.-J. Eckhardt, H. Rösch, C. Besang, B. Mattiat); 18 S., B 4 - 40445, Hannover (unveröffentlichter Bericht).
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (1990a): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen der Horizontalbohrungen Konrad B 10 und B 11 im Schacht Konrad 2. Laborbericht (F.-J. Eckhardt, B. Mattiat, J. Bernhardt), 23 S., Archiv-Nr. 10 68 44, Hannover (unveröffentlichter Bericht).

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (1990b): Zusammenfassende Betrachtung mineralogischer und petrographischer Untersuchungen zur Charakterisierung der Dogger-, Malm- und Kreideschichten der Schachtanlage Konrad. - BGR-Bericht (F.-J. Eckhardt, J. Gerardi), 23. S., Archiv-Nr. 10 68 09, Hannover (unveröffentlichter Bericht).

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (1990c): Sedimentpetrographische Untersuchungen an 8 Unterkreide-Tonproben der Bohrungen Münchehagen 101, 209 und 207. - Laborbericht (B. Mattiat), 5 S., B 4 - 40514, Hannover (unveröffentlichter Bericht).

EBERL, D.D., SRODON, J., KRALIK, M., TAYLOR, B.E., PETERMANN, z.s. (1990): ostwald Ripening of Clays and Metamorphic Minerals. - Science, 248, S. 474-477.

GAIDA, K.-H., GEDENK, R., KEMPER, E., MICHAELIS, W., SCHEUCH, R., SCHMITZ, H.H., ZIMMERLE, W. (1981): Lithologische, mineralogische und organisch geochemische Untersuchungen an Tonsteinen und Tonmergelsteinen der Unterkreide Nordwest-Deutschlands. - Geologisches Jahrbuch, A 58, S. 15-47, Hannover.

GERLING, P., BINOT, F., HILTMANN, W., KOCKEL, F., WEHNER, H. und STAHL, W. (1989): Genese und Migration von Erdölen im Ostteil des Niedersächsischen Beckens (Raum östlich der Weser). - Nachrichten Deutsch. Geol. Ges., 41, S. 35, Hannover.

KEMPER, E. (1989a): Das Mittel-Alb im östlichen und mittleren Niedersächsischen Becken. - Geol. Jb., A 113, S. 195-221, Hannover.

KEMPER, E. (1989b): Vorschlag einer mikropaläontologischen Gliederung von Apt und Alb in Mitteleuropa. - Geol. Jb., A 113, S. 451-469, Hannover.

KEMPER, E. und ZIMMERLE, W. (1982): 11. Das Ablagerungsmilieu zur Zeit des späten Apt und frühen Alb im Niedersächsischen Becken. - Geol. Jb., A 65, S. 655-680, Hannover.

LOOK, E.-R. (1987): Geologie und Bergbau im Braunschweiger Land. - Geol. Jb., A 78, 467 S., Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1986): Bericht über "Geowissenschaftliche Vorsorgeuntersuchungen zur Standortfindung für die Ablagerung von Sonderabfällen. - Archiv-Nr. 92 117, Hannover (unveröffentlichter Bericht). Teil I (J. Fritz et al.), 129 S. Teil III/1, Bd. 1 (K.-L. Lenz et al.), 53 S. Teil III/1, Bd. 3 (K.-L. Lenz et al.), 29 Anlagen

STEIN, V., ECKHARDT, F.-J., HILKER, E., IRRITZ, W., KOSMAHL, W., MATTIAT, B., PILTZ, G., RASCHKA, H. und RÖSCH, H. (1981): Die ziegeltechnischen Eigenschaften niedersächsischer Tone und Tonsteine. - Geol. Jb., D 45, 72 S., Hannover.

VINKEN, R. (1975): Geologische Karte von Niedersachsen 1:25000. - Erläuterungen zu Blatt Hohenhameln Nr. 3726. 104 S., 3 Kt., Hannover.

VINKEN, R. (1977): Geologische Karte von Niedersachsen 1:25000. - Erläuterungen zu Blatt Hämelerwald Nr. 3626. 142 S., 2 Kt., Hannover.

Abstract

Clay minerals are the most important mineral fraction of waste deposits. The chemical interaction between these minerals and complex waste waters are of high importance for evaluating the long-term stability of mineral barriers. Horizontal and vertical systems as well as the "Geotechnics of Refuse Dumps and Contaminated Land Committee" of the German Geotechnical Society, which was founded in 1985, has awarded high priority to clay mineralogical examinations.