

Mitteilungen aus dem Geologischen Institut
der Universität Hannover

UB/TIB Hannover Redaktion: J.-P. Groetzner

QA 356
(27)a

Heft 27

Aufbau und Untergliederung des Niederterrassenkörpers der Unterelbe

von
Peter Schröder

Hannover 1988

Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover	ISSN 0440-2812	27	119 S., 55 Abb., 4 Tab.	Hannover Dez. 1988
-------------------------------------	----------------	----	-------------------------	-----------------------



UB/TIB Hannover 89
102 344 876



RA 356(27) a

52577/2

AUFBAU und UNTERGLIEDERUNG
des
NIEDERTERRASSENKÖRPERS DER UNTERELBE

Dem Fachbereich Erdwissenschaften
der Universität Hannover
zur Erlangung des Grades
Doktor der Naturwissenschaften
Dr. rer. nat.

vorgelegte Dissertation
von
Dipl.-Geol., Dipl.-Ing. Peter Schröder
geboren am 24.3.1954 in Marl

Referent: Prof. Dr. D. Henningsen
Korreferent: Prof. Dr. W. Boenigk

Tag der Promotion: 12. 2. 1988

Mitteilungen aus dem Geologischen Institut
der Universität Hannover

Redaktion: J.-P. Groetzner

Heft 27

Aufbau und Untergliederung des Niederterrassenkörpers der Unterelbe

von
Peter Schröder

Hannover 1988

Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover	ISSN 0440-2812	27	119 S., 55 Abb., 4 Tab.	Hannover Dez. 1988
-------------------------------------	----------------	----	-------------------------	-----------------------

AUFBAU UND UNTERGLIEDERUNG DES NIEDERTERRASSENKÖRPERS
DER UNTERELBE

(mit 55 Abb., 4 Tab.)

von

Peter Schröder+)

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	5
2. GEOLOGISCHE EINHEITEN	7
3. UNTERSUCHUNGSMETHODEN	8
3.1. Proben-Entnahme und - Aufbereitung	9
3.2. Petrographische Fein- und Mittelkiesanalysen	10
3.2.1. Petrographische Beschreibung der Kieskomponenten	10
3.2.2. Bisheriger Kenntnisstand	17
3.3. Weitere eigene petrographische Untersuchungen	20
3.3.1. Schwermineralanalyse	20
3.3.2. Dünnschliffuntersuchungen	24
3.3.3. Karbonatbestimmungen	24
3.3.4. Kohlenstoffbestimmungen	27
3.4. Fremduntersuchungen	28
3.4.1. Pollenanalyse	28
3.4.2. Korngrößenanalysen	28
4. AUSWERTUNG DER KIESZÄHLUNGEN	30
4.1. Einflüsse auf die Verteilung der Kieskomponenten	33
4.1.1. Einfluß der Probenart	33
4.1.2. Einfluß der untersuchten Fraktion	33
4.2. Ableitung verschiedener Liefergebiete	34
4.3. Statistische Auswertung	35
5. DER AUFBAU DER NIEDERTERRASSE	42
5.1. Raum Gorleben - Dannenberg	42
5.1.1. Profil Gorleben	42
5.1.2. Profil Dannenberg	44
5.1.3. Regionaler Überblick	47
5.2. Raum Bleckede bis Winsen	53
5.2.1. Profil Bleckede	53
5.2.2. Profil Lauenburg	55

+) Anschrift des Verfassers: Dr. P. Schröder, Goerdelerstr. 5,
D-6052 Mühlheim 3 (OT Lämmerspiel)

5.2.3.	Profil Winsen	55
5.2.4.	Regionaler Überblick	57
5.3.	Raum Hamburg bis Horneburg	60
5.3.1.	Profil Hamburg	60
5.3.2.	Profil Horneburg	62
5.3.3.	Regionaler Überblick	64
5.4.	Raum Stade bis Cuxhaven	66
5.4.1.	Profil Stade	66
5.4.2.	Profil Wischhafen	66
5.4.3.	Profil Freiburg/Elbe	69
5.4.4.	Profil Brunsbüttel	69
5.4.5.	Regionaler Überblick	72
5.5.	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse aus 5.1. - 5.4.	74
6.	DIE ENTWICKLUNG DER ELBE	76
7.	ZUSAMMENFASSUNG	80
8.	ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN	83
9.	ANHANG	91
9.1.	Dreiecksdarstellungen von Kies-Komponenten	91
9.2.	Bohrnummerverzeichnis der in Abb. 11, 13-24, 123 eingetragenen Bohrungen.	94

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Das untere Elbtal hat während der Weichsel-Kaltzeit (120.000-10.000 vor heute) als nordwestliche Fortsetzung der drei großen mitteleuropäischen und polnischen Urstromtäler (Abb. 1) gedient (GIRARD 1855). Die drei Urstromtäler sind jeweils der Haupteisrandlage einer Vereisungsphase zuzuordnen und nacheinander in Funktion gewesen (KEILHACK 1887, 1898).

Die drei Urstromtäler vereinigen sich nahe dem Elbknie bei Havelberg. Von dort aus sind die Schmelzwässer des skandinavischen Inlandeises gemeinsam mit den Flußwässern aus dem mitteleuropäischen Einzugsgebiet der Elbe zur Nordsee abgeflossen. Dazugekommen sind Schmelzwasserabflüsse vom Eisrand, der während des Höchststandes der Vereisung nur etwa 10 km vom Elbtal entfernt gelegen hat.

Trotz der wichtigen Funktion des Elbe-Urstromtales bei der Entwässerung Mitteleuropas hat es bisher keine zusammenfassende Bearbeitung der weichselkaltzeitlichen Urstromtal - Ablagerungen gegeben.

Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit ist die Frage gewesen, ob sich die weichselkaltzeitlichen Urstromtalablagerungen, die als Niederterrassen-Ablagerungen bezeichnet werden, petrographisch von liegenden Schichteinheiten abtrennen lassen.

Weitere thematische Schwerpunkte sind die Anlage und Entwicklung des Elbe-Urstromtales sowie die Untergliederung der dazugehörigen Sedimente.

Geographischer Ausgangspunkt der Untersuchungen ist der Raum Gorleben (Abb. 2).

Dort wurde die kiespetrographische Gliederung der quartären Schichten erarbeitet, unter maßgeblicher Mitwirkung von Frau Dipl.-Geol. C. KABEL (in Duphorn 1980, 1983). Von Gorleben aus wird der Verlauf der Niederterrasse anhand von 11 Querprofilen bis in die Deutsche Bucht verfolgt (Abb. 3).

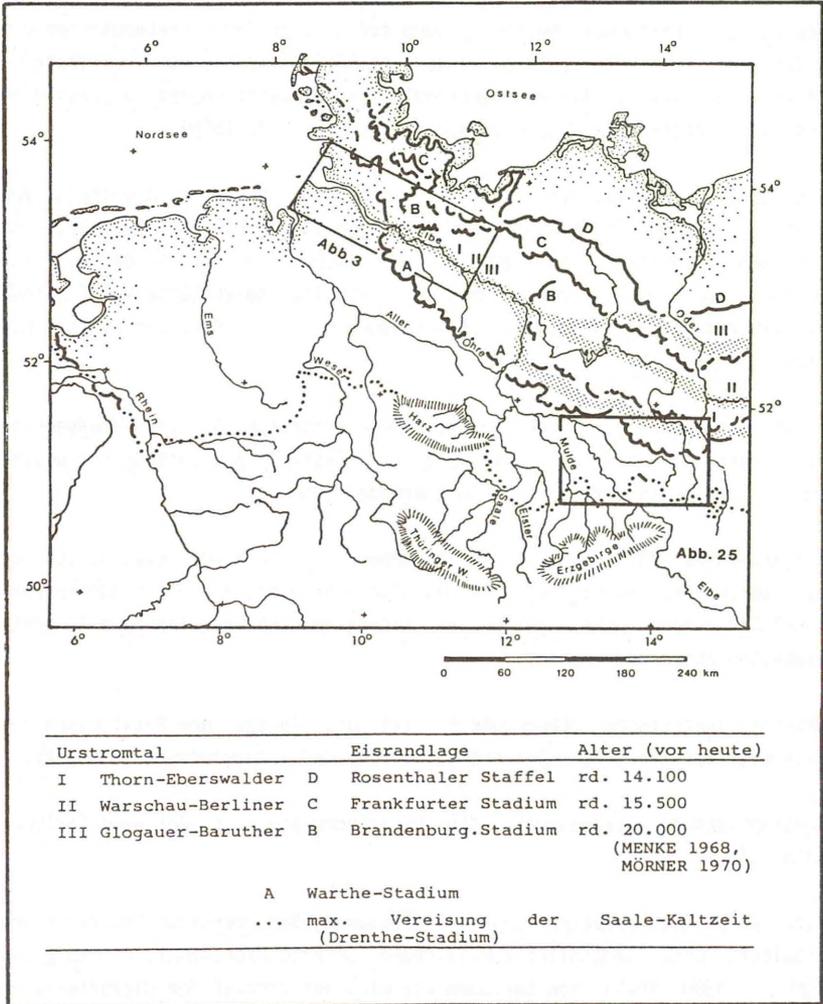


Abb. 1: Übersichtskarte der weichselkaltzeitlichen Eisrandlagen und Entwässerungsbahnen (verändert nach LIEDTKE 1975).

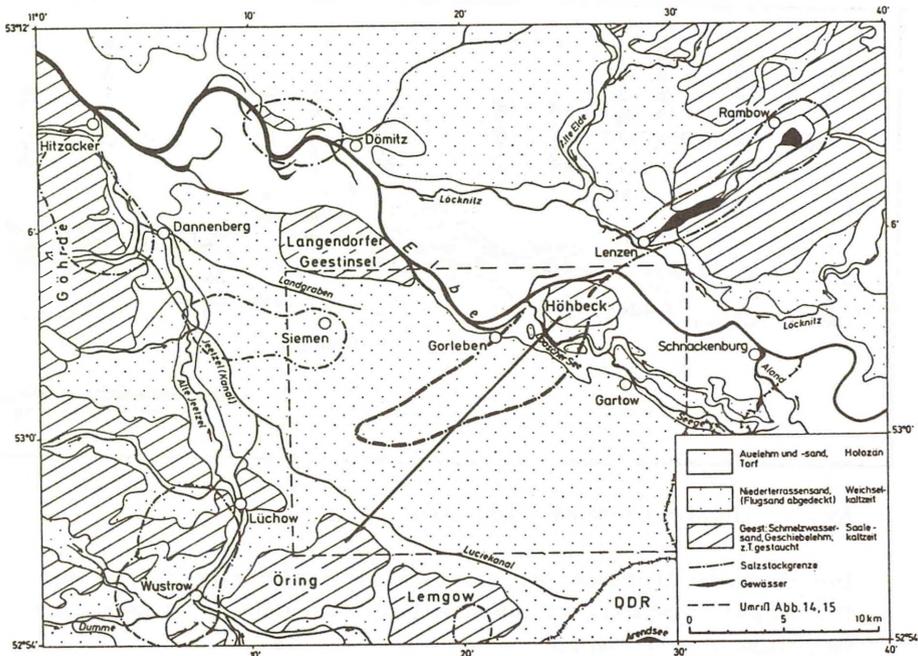


Abb. 2: Elbtal im Raum Gorleben (nach MEYER 1980, verändert)

2. GEOLOGISCHE EINHEITEN

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 3) liegt im Senkungsgebiet der präpaläozoisch angelegten norddeutsch-polnischen Senke, in der seit dem Kambrium ca. 10.000 m mächtige Sedimentabfolgen akkumuliert sind. Die mesozoische und känozoische paläogeographische Entwicklung im Untersuchungsgebiet und im übrigen Norddeutschland wird durch die salinar-tektonische Aktivität der Salzstöcke bis in das Quartär hinein beeinflusst (JOHANNSEN 1971; JARITZ 1973; DUPHORN 1980, 1983).

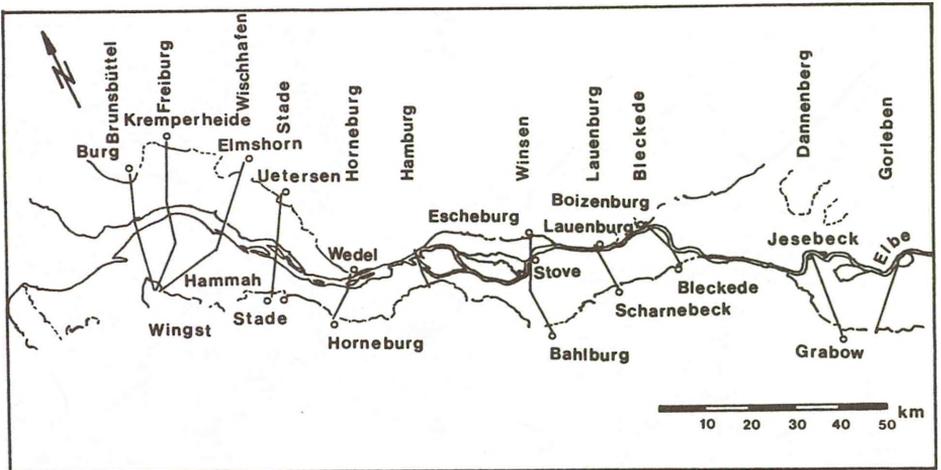


Abb. 3: Elbtal mit Lage der Querprofile

Entwicklungsgeschichtlich und morphologisch ergibt sich für die oberflächennahen quartären Schichten im Elbe-Urstromtal eine Gliederung aus verschiedenen alten Einheiten:

- a) saalekaltzeitliche Geestinseln, die häufig im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes vorkommen (Höhbeck, Öring, Langendorfer Geestinsel u.a., s. Abb. 2)
- b) die weichselkaltzeitliche Flußniederung,
- c) die holozäne Elbaue, welche übergeht in das Elbe-Ästuar mit seinen perimarinem und marinen Sedimenten.

3. UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Aussagen zur Gliederung und Entwicklung der fast fossilfreien weichselkaltzeitlichen Elbe-Niederterrasse sind nur mit sedimentpetrographischen Ergebnissen möglich. Da eine sedimentpetrographische Methode allein nicht für die lithostratigraphische Unterscheidung ausreicht, erfolgte die parallele Anwendung mehrerer Verfahren. Dieses Vorgehen entspricht der Forderung von WOLDSTEDT & DUPHORN (1974), mehrere Methoden miteinander zu kombinieren, möglichst ausgehend von biostratigraphisch gesicherten Profilen. Weiterhin ist ein möglichst dichtes Netz von Daten erforderlich, um die Änderung petrographischer Parameter in Raum und Zeit sowie die Über-

gänge zwischen verschiedenen lithologischen Einheiten zu erfassen.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurde eine Methode zum Arbeitsschwerpunkt gewählt, die schnell und effektiv ist und hinreichend genaue Ergebnisse liefert, nämlich die petrographische Fein- und Mittelkiesanalyse.

Zusätzliche Methoden waren

- a) petrographische Beschreibung von Kern- und Spülproben hydrogeologischer Aufschlußbohrungen,
- b) Schwermineralanalysen,
- c) Dünnschliffuntersuchungen,
- d) Karbonatgehaltsbestimmungen,
- e) Auswertung der Schichtenverzeichnisse von archivierten Bohrungen,
- f) Auswertung von Untersuchungsergebnissen anderer Bearbeiter, insbesondere Pollenanalysen.

3.1 Proben-Entnahme und - Aufbereitung

Im Rahmen des im Gorlebener Raum durchgeführten Bohrprogrammes fiel unterschiedliches Probenmaterial an. Die Qualität dieser Bohrproben ist in erster Linie abhängig vom Bohrverfahren. Die Aussagekraft des Probenmaterials nimmt in der Reihenfolge ab: Aufschluß-, Kern-, Spülproben aus Bohrungen im Lufthebeverfahren, Spülproben aus Bohrungen mit Rotaryverfahren.

Bei Spülproben hat die Art des Bohrmeißels einen Einfluß auf das Probenmaterial. Rollenmeißel zerstören einzelne, weniger widerstandsfähige Kieskomponenten. Dieser Effekt ist auch in Hamburg beobachtet worden, wo EHLERS (1981) eine Zunahme des Flintanteils durch Zerkleinerung beschrieben hat. Die gleiche Ursache kann auch zur Komponentenausmerzung führen, z. B. bei weichem Kalkstein.

Im übrigen Untersuchungsgebiet, von Bleckede bis Cuxhaven, sind außer Spülproben auch Drillbohrproben untersucht worden.

Bei Spül- und Drillproben erfolgte die petrographische Beschreibung direkt an der Aufschlußbohrung, zusammen mit der Probenentnahme bei ausreichendem

Kieskornanteil. Bei Kernproben erfolgte die Probenentnahme im Kernlager der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

Vor Zerstörung der Kerne für die Kiesanalyse wurde jeweils eine Referenzprobe entnommen. Die weitere Probenaufbereitung richtete sich nach dem Feinkornanteil der Probe.

Nichtbindige Probe: Naßsiegung > 2 mm, Trennung der Kiesfraktion bei 4 mm, 6,3 mm, 12,5 mm.

Bei den Drillproben der Bohrprofile (s. Abb. 3) bei Bleckede und bei Winsen wurde wie bei den nichtbindigen Proben aus dem Raum Gorleben verfahren; bei Proben aus Hamburg und dem Bohrprofil bei Horneburg wurde die Fraktion 2,0 - 4,0 in gleicher Weise aufbereitet.

3.2 Petrographische Fein- und Mittelkiesanalysen

Die petrographische Fein- und Mittelkiesanalyse beruht, im Gegensatz zur Leitgeschiebeanalyse (LÜTTIG 1958), auf der sedimentpetrographischen Beschreibung des gesamten Kiesanteils (z.T. > 2 mm, z.T. > 4 mm) einer Lockergesteinseinheit. Petrographische Fein- und Mittelkiesanalyse bedeutet, morphoskopische und textuelle Merkmale von 300 Kieskörnern pro Probe mit bloßem Auge oder mit Hilfe von Lupe oder Binokular zu typisieren und nach petrographischer Bestimmung in Kieskomponenten zu untergliedern.

3.2.1. Petrographische Beschreibung der Kieskomponenten

Um den Arbeitsaufwand für Analysen in Grenzen zu halten, sollte die Anzahl der zu bestimmenden Kieskomponenten die Anzahl der zur stratigraphischen Untergliederung verwendeten Kieskomponenten möglichst nicht allzusehr übersteigen (vgl. BÄSEMANN 1979). Die Beschreibung der Kieskomponenten umfaßt in Anlehnung an den Fachbereichsstandard TGL (Technische Normen, Gütervorschriften und Lieferbedingungen) 25232 (1971), neben der Ermittlung der Petrographie auch die ihrer Herkunftsgebiete (Abb. 4).

Die Vergleichbarkeit von Proben unterschiedlicher Qualität wurde im Raum Gorleben durch die Bearbeitung von Spül- und Kernproben aus derselben lithologischen Einheit in jeweils der gleichen Bohrung geprüft.

Korngrößenabhängige Veränderungen der Kiesspektren wurden im Raum Gorleben für die beiden Fraktionen 4,0 - 6,3 mm und 6,3 - 12,5 mm geprüft; im Raum Hamburg für die beiden Fraktionen 2,0 - 4,0 mm und 4,0 - 6,3 mm.

Es fielen auch Proben an, deren Kieskornzahl zu gering war, um in die Auswertung übernommen zu werden (100 Körner). Diese zu kleinen Proben wurden zu genügend großen Proben zusammengefaßt, wenn sie in einer lithologischen Einheit derselben Bohrung direkt übereinander lagen. Die Zulässigkeit dieser Zusammenlegung wurde zunächst an längeren unterteilten Kernstrecken geprüft.

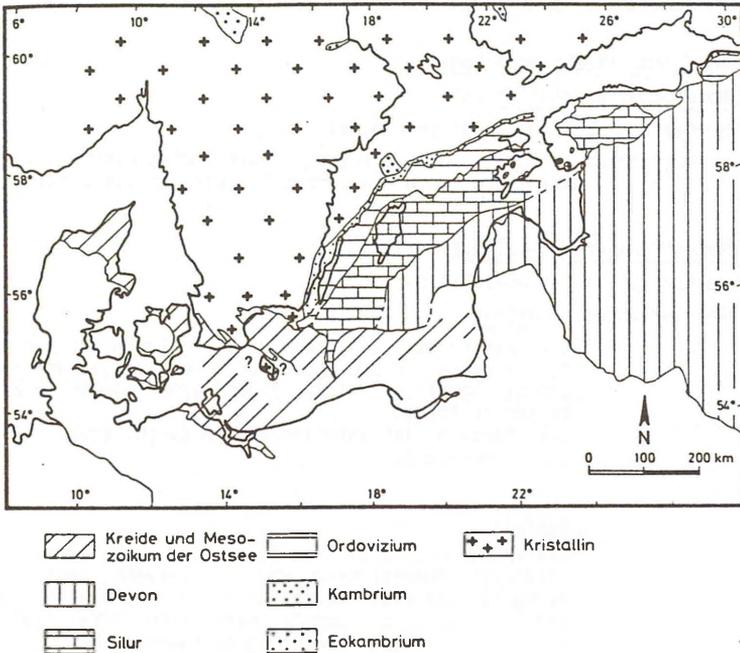


Abb. 4: Abgedeckte Präquartär-Karte des Ostseeraumes aus KABEL (1982)

Die große geographische Ausdehnung der Herkunftsgebiete macht deutlich, daß in den untersuchten Fraktionen (z.T. > 2 mm, z.T. > 4 mm) der Kieskomponenten keine Gesteine vorkommen, die als Leitgeschiebe und -gerölle anzusprechen wären. Die Anteile von Komponenten bestimmter Herkunftsgebiete, z. B. paläozoischer Kalkstein aus dem Baltikum, lassen in gewissen Grenzen Rückschlüsse auf großräumige Gletscherbewegungen zu, da das Gletscherfließen meist laminar ist und dadurch ein vom Gletscher erodiertes Partikel fast keinem von der Hauptstromrichtung abweichenden Transport unterliegt (ALLEN 1970).

Beschreibung der Kieskomponenten (mit kurzen methodischen Hinweisen):

1. Nordische Kieskomponenten

Nordisches Kristallin (K)

Herkunft : fennoskandischer Schild

Petrographie: Intrusiva und Effusiva sowie Metamorphite; die Kieskörner zeigen bunte Farben frischen Kristallins.

Sandsteine und Quarzite (Sdst)

Herkunft : fennoskandischer Schild

Petrographie: Sandstein

Die Kieskörner bestehen aus verschiedenen gut gerundeten Quarzkörnern, die mit mehr oder weniger gut erkennbarem Zement verkittet sind. Bruchflächen gehen um Einzelkristalle herum.

Die Färbung ist unterschiedlich (weiß, grau, z.T. rötlich, grünlich).

Quarzit

Kieskörner mit meist streifigem Gefüge von teilweise gestreckten Quarzkörnern und Quarzzement, meist weißlichgrau gefärbt. Bruchflächen durchschlagen Einzelkörner. "Quarzit" umfaßt nach FÜCHTBAUER (1977) als Feldbegriff stark verfestigte, hauptsächlich aus Quarz bestehende Sandsteine.

Bei einem Teil dieser Kieskomponente in den südlich beeinflussten Niederterrassenablagerungen handelt es sich möglicherweise um streifig durchscheinende Gangquarze. Nach GENIESER & DIENER (1956/57) sind solche Gangquarze in den Ablagerungen der Elbe sehr selten, so daß dieser methodische Fehler in Kauf genommen werden kann.

Ton- und Schluffsteine (TU)

Herkunft : paläozoischer Schiefer aus Schonen und Bornholm, regional aufgearbeiteter Ton- und Schluffstein des Tertiärs und der Kreide

Petrographie: dichte, meist dünn-schichtige Ton- und Schluffgesteine, kalkfrei bis sehr schwach kalkig, meist grau, selten schwarz oder grünlich

Flint (F)

Herkunft : Dänemark, Schonen, Nord-Mecklenburg, südwestliche Ostsee

Petrographie: a) unverwitterte Flinte, durchscheinend bis nicht durchscheinend, meist grau bis schwarz, z.T. mit Kreidekalk verwachsen, häufig mit Fossilresten.

Bei Verwachsungen von Flint und Kreide bzw. bei verkieselter Kreide wird ein Geschiebe zur Gruppe "Flint" gezählt, sobald glasige Kornbereiche mit bloßem Auge erkennbar sind.

b) verwitterte Flinte

- braun- oder gelbgerindete oder durchgehend so gefärbte Flinte

- abgerollte, deutlich gerundete oder zumindest kantengerundete Flinte, oft poliert

- hellbraune Flinte mit schwarzer lackglänzender Rinde

- grüngerindete Flinte

Letztere waren tertiärer Verwitterung ausgesetzt. Nach MIELECKE (1965) ist die lackglänzende Rinde auf die bei der Verwitterung freiwerdende Kieselsäure zurückzuführen.

Die Verwitterungsfarbe der Flinte ist aufgrund der verschiedenen Zeiten, in denen die Verwitterung erfolgt sein kann, bei der stratigraphischen Auswertung innerhalb der glaziären Schichten ohne Bedeutung. Braun durchfärbte Flinte haben in der Niederterrasse höhere Anteile. In den glaziären Schichten können erhöhte Anteile braunen Flints als Nachfall-Indikatoren gelten.

Dolomitsteine (D)

Herkunft : Ost-Baltikum (Estland-Lettland), seltener Baltikum

Petrographie: Graue, gelbe oder rotgefleckte Dolomitsteine des Ordoviziums, Silurs und Devons, dicht oder grobkristallin, z.T. löchrig-zellig.

Nachweis mit heißer Salzsäure oder Salzsäure mit Mag-

neson I (CEPEK 1969) oder Röntgendiffraktometrie. Da Dolomitstein selten vorkommt, ist der methodische Fehler, dolomitisch zementierte Siltsteine von echten Dolomitsteinen mittels heißer Salzsäure oder des Magneson-Tests kaum unterscheiden zu können, zu vernachlässigen.

Paläozoische Kalksteine (PK)

Herkunft : Baltikum bis Ost-Baltikum (Raum Öland-Gotland-Estland)

Petrographie: graue bis dunkelgraue, gelb- oder grüngraue, selten schwarze, feste Kalksteine, oft fossilführend, meist ungeschichtet; rote Kalksteine (meist Orthocerenkalke) wurden gesondert gezählt (s. 4.3), um evtl. auftretende fazielle Unterschiede zu erkennen.

Kreidekalk (KK)

Herkunft : Dänemark, Schonen, Nord-Mecklenburg, südwestliche Ostsee

Petrographie: Schreibkreide (weiche, reinweiße Kalksteine) und deren Übergänge zu Flint (vgl. dort)

Hier wird nur weiße Schreibkreide erfaßt. Sie stellt eine Komponente dar, die sehr empfindlich auf mechanische Beanspruchung reagiert. Evtl. auftretende Unterkreidegesteine, z.B. graue Kalksteine, kommen nicht in diese Gruppe, sondern zu "Lokalgeschiebe".

Gesondert müssen noch aufgeführt werden:

Kristallin (KS)

Vorkommen : nur in präglazialzeitlichen Sanden und Kiesen

Herkunft : ungeklärt

Petrographie: meist graue, entfärbte, grobkristalline Feldspatbruchstücke, selten Restquarze mit Feldspäten und wenig Glimmer, oft kantengerundet

2. Südliche Komponenten

Lydit (Ly)

Herkunft : Paläozoikum der Mittelgebirge

Petrographie: schwarze Kieselschiefer-Bruchstücke mit dünnen Quarzadern, z.T. kantengerundet

Weißer Quarzadern in den Lyditen sind von Bedeutung, da sie in den skandinavischen Kieselschiefern nicht vorkommen (mdl. Mitt. K.-D. MEYER). Quarzadern zeigen also an, daß die Lydite nicht aus Skandinavien, sondern aus

den Mittelgebirgen stammen.

Braune Sandsteine und Quarzite (bnS)

Herkunft : unbekannt

Petrographie: durchgehend braune bis hellbraune Sandsteine oder Quarzite, z.T. auch Bruchstücke von sandigen Gesteinen mit Feldspatkristallen, oft gut bis sehr gut gerundet, ohne Oberflächenbeläge von Eisenoxiden oder -hydroxiden. Durch Dünnschliffuntersuchungen ist belegt, daß die durchgehende Braunfärbung auf Bruch- oder Kristallgrenzflächen die Körner durchsetzt (s. 3.3).

Südliche Porphyre (S'Po)

Herkunft : Perm des Thüringer Waldes (GENIESER 1970)

Petrographie: meist leder- bis schokoladenbraune "Porphyre" (KURTZ 1915), dichte Grundmasse, z.T. mit Quarzeinsprenglingen, Feldspateinsprenglinge sind manchmal nicht mehr vorhanden, statt dessen Hohlräume in der Grundmasse, wenn die Feldspäte "herausgebrochen" sind (EISSMANN 1964); seltener hell- bis blaßviolette Porphyre mit fluidaler oder spärolithischer Textur.

Weitere Beschreibungen permischer Ergußsteine mit Leitwert finden sich bei EISSMANN (1964).

3. Quarze

Restquarz (RQ)

Herkunft : a) Kristallin des fennoskandischen Schildes
b) regional aufgearbeitete Tertiär-Sedimente (miozäne und pliozäne Sande und Kiese)
c) Tiefengesteine des Elbe-Mulde-Gebietes

Petrographie: a) hypidiomorphe bis xenomorphe Quarzkristalle, häufig noch mit Zwickelresten oder Hohlräumen anderer Minerale (z.B. Feldspat, Glimmer), manchmal mit nicht näher bestimmten mineralischen Einschlüssen, glasklar bis farblos trüb, selten schwach gefärbt, bläulich, rötlich, gelb, meist mit glatter Oberfläche.

b) xenomorphe, gut bis sehr gut gerundete Quarzkörner, sehr selten mit kristallinen Fremdmineraleinschlüssen, glasklar bis farblos-trüb, Oberfläche entweder rau oder glatt, häufig mit Einkerbungen, in denen organische schwarz-braune Reste erhalten sind.

c) ähnlich a)

Diese Restquarze kommen in der Leipziger Tieflands-

bucht zum großen Teil in der Sandfraktion vor (EISSMANN 1964).

Milchquarz (MQ)

Herkunft : Paläozoikum oder Mittelgebirge

Petrographie: milchig-trüb, weiß bis gelblich-weiß, verschiedene Kristallgenerationen aufeinandergewachsen, in Zwickeln hin und wieder Beläge von Oxiden, als Gerölle meist ver-rundet, aber Einzelkristalle in den Geröllen oft mit idiomorphen, deutlich ausgeprägten Prismenflächen. Milchquarze kommen in Gesteinen des Fennoskandischen Schildes äußerst selten vor, so daß dieses Liefergebiet zu vernachlässigen ist.

4. Lokalgeschiebe

In diese Gruppe gehören die meisten Tertiärgesteine (und die ihnen entstammenden charakteristischen Minerale), die der glaziären Aufar-beitung nur wenig Widerstand entgegengesetzten und daher nur über kurze Strecken als Geschiebe nachweisbar sind:

Unterscheidbar sind:

- Lignit (Miozän)
- Pyrit (Miozän)
- Kalkseptarien (Rupel)
- Faserkalk (Eozän)
- Toneisensteingeoden (Eozän)
- Phosphoritknollen (Eozän)
- Kalkstein und Sandstein des Alttertiärs und der Unterkreide

Die zunächst versuchte weitere Aufgliederung der lokalen Geschiebe- und Geröllkomponenten (KABEL 1982) brachte nur wenige zusätzliche Ergebnisse, die in keinem vertretbaren Verhältnis zum erforderlichen Arbeitsaufwand standen.

Die endgültige Festlegung der Kieskomponenten und die Beschreibung der petrographischen Abgrenzung zwischen einzelnen Kieskomponenten erfolgte nach der Analyse von ca. 150 Proben aus dem Raum Gorleben. Die Proben sind aufbewahrt und anschließend mit dem festgelegten Schema nochmals gezählt worden.

3.2.2. Bisheriger Kenntnisstand

Die ersten Arbeiten, von denen Impulse auf die petrographische Feinkiesanalyse ausgingen, stammen aus den Niederlanden (MAARLEVELD 1954, 1956; ZANDSTRA 1959). Da verschiedene Autoren (s. 4.) die Methode in unterschiedlichen Arbeitsgebieten weiterentwickelten, setzte sich, ähnlich wie bei stratigraphischen Arbeiten (s. KABEL 1982), eine den jeweiligen Rahmenbedingungen angepaßte Arbeitsweise bezüglich der Komponenten- und Fraktionsauswahl durch. Hieraus entstand eine verwirrende Vielfalt der in der petrographischen Kiesanalyse verwendeten Begriffe, die die Forderung nach eindeutiger Datenbeschreibung und -interpretation (BOWEN 1978) nicht immer erfüllen. Es ist unerläßlich, die bisherigen kiespetrographischen Arbeiten auf Begriffe und Vergleichbarkeit zu überprüfen, damit eine Korrelation der Untersuchungsergebnisse möglich ist. Zur Vergleichbarkeit der Untersuchungen ist neben der petrographischen Bestimmung der Komponenten auch die Korngrößenabhängige Änderung der Kiespektren zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf Fragestellung und geographische Lage des Arbeitsgebietes ist es vor allem wichtig, Herkunft und petrographische Beschreibung der in Kiesanalysen allgemein gebräuchlichen Komponente "Quarz" bzw. ihre Unterteilung in früheren Veröffentlichungen zu klären:

MAARLEVELD (1954) unterteilt den "Quarz" (Fraktion 5-8 mm) in:

- a) "Restquarz", aus aufgearbeitetem nordischen Kristallin stammend,
- b) "Milchquarz", genetisch hauptsächlich Gangquarz.

Derselbe Autor unterscheidet 1956:

- a) "Restquarz",
- b) "Milchquarz",
- c) "grauer, schwarzer, blauer und selten roter Quarz".

Die blauen und grauen Quarze erhalten die Eigenschaft einer Leitkomponente mit einem Herkunftsgebiet um Uppsala und von Småland (POSTELMANN 1937). Aufgrund der geringen Kornanzahl ist diese Komponente jedoch nicht weiter ausgewertet worden. Die Zählergebnisse werden durch Kombination von verschiedenen Kieskomponenten in den Fraktionen 3-5 mm und 5-8 mm gewonnen.

ZANDSTRA (1959, 1971) unterscheidet, ohne weitere Beschreibung, die Kieskomponenten

- a) "Milchquarz",
- b) "Rest (durchscheinend)".

Derselbe Autor (1975) läßt seine Komponenten ohne weitere Beschreibung:

- a) "durchscheinend grauer Quarz",
- b) "klarer Quarz",
- c) "Milchquarz";

desgleichen in seiner Untergliederung von 1976:

- a) "weißer Quarz",
- b) "rötlicher Quarz",
- c) "übriger Quarz".

RUEGG & ZANDSTRA (1977) unterscheiden:

- a) "Gangquarz",
- b) "Restquarz (durchscheinend)".

Diese niederländischen Arbeiten berücksichtigen Liefergebiete (Rhein-Maas-Einzugsgebiet), die ohne Relevanz für den nordeutschen Raum sind.

Im Vergleich dazu sind für Untersuchungen in Norddeutschland folgende Liefergebiete maßgebend:

- a) das Gebiet der skandinavischen Inlandvereisung,
- b) känozoische und mesozoische Gesteine des stellenweise das quartäre Deckgebirge durchragenden Untergrundes Norddeutschlands,
- c) känozoische, mesozoische und paläozoische Gesteine der Mittelgebirge in Einzugsgebieten der norddeutschen Flachlandflüsse.

Für die Kieskomponente "Quarz" gibt es aus Arbeiten in Nordwestdeutschland folgende Beschreibungen:

BÄSEMANN (1979) unterscheidet in der Fraktion 3-5 mm:

- a) "weiße Quarze",
- b) "rote Quarze",
- c) "übrige Quarze".

Daneben wird die Kieskomponente "braune Quarze" ausgewiesen, wobei Oxidationshäutchen auf der Geröllfläche die Braunfärbung hervorrufen.

EHLERS (1978 a, b; 1979) verweist zur Beschreibung seiner Kieskomponente "Quarz" (Fraktion 3 - 5 mm) auf niederländische Autoren (s.o.).

Derselbe Autor unterscheidet 1981 ohne petrographische Beschreibung:

- a) "Gangquarz",
- b) "Quarz".

GROETZNER (1972) gibt, von der Leitgeschiebeanalyse kommend, folgende Beschreibung:

"Quarzgeschiebe" (Fraktion 6,3 - 20 mm) sind fremdeinschlußfreie oder -arme Geschiebe aus intensiv verzahnten Quarzkristallen, die auch vereinzelt Gangquarze und Restquarze umfassen.

Von den Beschreibungen der Ablagerungen mit südlichem Herkunftsgebiet sind diejenigen am wichtigsten, die geographisch am nächsten liegen: Aus der südlich an das Untersuchungsgebiet Gorleben angrenzenden Altmark sind mehrere Vorkommen präglazialer und saalekaltzeitlicher Flußablagerungen bekannt (KLAFS 1963, 1965; GLAPA 1970, 1971, 1972; WEISE 1972, 1973, 1974 a, b).

Die kiespetrographische Unterteilung der Komponenten bei KLAFS (1963) ist:
a) "Quarze: Milchquarz und Restquarz", im Sinne von MAARLEVELD (1954) zusammengefaßt,

Weitere Komponenten sind:

- b) "Kristallin": 1) Porphyre oder Porphyrite, 2) Kristalliner Rest (Granite oder Gneise),
- c) "Feuerstein",
- d) "Kieselschiefer und Lydite",
- e) "Sandsteine", "Grauwacken und Tonschiefer", "Quarzite",
- f) "Kalkstein".

Für Gebiete weiter elbaufwärts ist besonders die Arbeit von EISSMANN (1975) mit umfangreichen Literaturangaben zu erwähnen:

Die wichtigsten Geröllgruppen sind "Quarz, Kristallin, Porphyre, Muschelkalk, Schiefergruppe und Sandstein". Die "Quarz"-Gruppe setzt sich zusammen aus "Milchquarz" (Gangquarz und Phyllitquarz) und "Restquarz" (Zerfallsprodukt kristalliner Gesteine, Fraktion 7-17 mm).

Aus Südmecklenburg liegen Analysenergebnisse aus präglazialen Sanden mit sehr hohen "Quarz"-Anteilen vor (v. BÜLOW 1969). Die untersuchte Fraktion (1-5 mm) läßt aber keinen direkten Vergleich mit den eigenen Ergebnissen zu, denn im Grobsandbereich, der auch untersucht worden ist, steigt der Anteil an Quarzkörnern sprunghaft an.

Bisher liegen nur spärliche Angaben über das Verhalten der Anteile von Kieskomponenten in Kiesspektren in Abhängigkeit von den Einflußfaktoren

Probenart und Korngrößenverteilung vor. EHLERS (1978 a) wählte für Feinkiesanalysen in Hamburg die Fraktion 3-5 mm, weil "Flint in den feineren Korngrößen rasch abnimmt" und "weil Quarz in den größeren Fraktionen fehlt".

Neben der Analyse der kiespetrographischen Zusammensetzung einer Probe kann die Verteilung der einzelnen Geschiebe- und Geröllkomponenten in mehreren Fraktionen wichtige Hinweise geben. Die syndimentäre Korngrößenverteilung geht auf folgende Faktoren zurück:

- Materialmischung aus verschiedenen Liefergebieten
- unterschiedliche Abnutzung der Geschiebe bzw. Gerölle während des Transports
- "Primärkorngröße" bzw. "-verteilung" im Gestein oder Schutt eines Liefergebietes.

Zu den Faktoren sind folgende Anmerkungen zu machen:

- Um die Mischung von Komponenten aus verschiedenen Liefergebieten zu beschreiben, sollten die Liefergebiete bekannt sein (s. 3.2.1).

Das trifft für einen Teil der südlichen Komponenten und für die nordischen Komponenten zu. Die Mischung läßt sich durch Verhältniszahlen zwischen nordischen und südlichen Komponenten beschreiben. Von Süden nach Norden ist eine Abnahme der südlichen Komponenten zu erwarten, unabhängig von der Widerstandsfähigkeit, was auf einer stärkeren Zumischung nordischen Materials beruht. Diese Annahme wird im südlichen Laufabschnitt der Elbe durch Untersuchungen von EISSMANN (1964) bestätigt. Im Flußgebiet der Weser/Leine kamen JORDAN & VOSS (1978) zu analogen Ergebnissen, ebenso HENNINGSEN (1978) bei Untersuchungen in der Sandfraktion im Gebiet um Hannover.

- Die Sortierung ist für Geschiebemergel zu vernachlässigen, ebenso für die Zusammensetzung der wenig umgelagerten Schmelzwassersande. Für fluviatile Sande ist sie zwar von Bedeutung, Messungen der Kornformen sind aber nicht vorgenommen worden.

3.3 Weitere eigene petrographische Untersuchungen

3.3.1 Schwermineralanalyse

Bisheriger Kenntnisstand:

Schwermineralanalysen an Proben aus elster- und saalekaltzeitlichen Grundmoränen ergaben keine ermutigenden Ergebnisse für eine überregionale Korrelation (MEYER & SCHLENKER 1979) gleichalter Schichten. Auch für eine lithostratigraphische Unterscheidung von Grundmoränen sind Schwermineralanalysen wegen ähnlicher Spektren in verschiedenalten Schichten vielfach keine Hilfe. Die Zählergebnisse lassen allerdings erkennen, daß "Faziesunterschiede" (d.h. Unterschiede in den Herkunftsgebieten der Leitgeschiebe) auch Abweichungen in Schwermineralspektren bedingen.

Grundmoränen in "ostbaltischer Fazies" (vorherrschend paläozoische Kalk- und Dolomitsteine im Geschiebespektrum) zeigen im Schwermineralspektrum höheren Granatgehalt als Grundmoränen in "normaler Fazies" (westskandinavische bis ostskandinavische Geschiebe vorherrschend) (MEYER 1981).

Schwermineralanalysen an Sandproben aus dem Raum Gorleben hat KREYSING (1962) vorgelegt. Er unterscheidet drei Schwermineralspektren:

A) charakterisiert durch einen sehr geringen Hornblendegehalt

B) charakterisiert durch Epidotanteil > Hornblendegehalt

C) charakterisiert durch Epidotanteil < Hornblendegehalt

mit folgender stratigraphischer Einstufung:

A: Sande aus aufgeschuppten Tertiärschollen,

B: ältere (drenthestadiale) Sande,

C: jüngere (warthestadiale) Sande.

B und C lassen sich im ternären System Nordische Minerale (Granat + Hornblende + Epidot) / Stabile/Metamorphe nicht unterscheiden. KREYSING schließt daraus, daß das Hornblende/Epidot-Verhältnis in B und C ursprünglich gleich war. Der Hornblendeanteil ist dann durch Verwitterungseinfluß erniedrigt. Allerdings fehlen Hinweise auf Ätzfiguren (GRIMM 1973; Lit. bei Nickel 1973) oder auf Bleichung der Hornblenden.

Neben der Frage nach Eignung der Schwermineralanalyse zur Lösung lithostratigraphischer Probleme in kaltzeitlichen quartären Sedimenten ist immer wieder die Frage nach einem östlichen Liefergebiet für Sedimente in

Nordwestdeutschland oder Holland Anlaß zu Untersuchungen gewesen. Hierfür ist eine Verbindung durch einen durchgehenden Elbelauf anzunehmen. Noch 1978 hat ZANDSTRA die Meinung vertreten, daß auch sehr niedrige Procente bestimmter Leitminerale zur Bestimmung eines östlichen Herkunftsgebietes geeignet sind, z.B. Topas, Chloritoid, massiger Sillimanit.

GENIESER & DIENER (1956/57) ordneten dagegen den faserigen Sillimanit als Leitmineral der Elbe zu, nicht den massigen. In einer Vergleichsprobe aus dem Saale-Mulde-Gebiet konnten MEYER & SCHLENKER (1979) einen Sillimanit-anteil von nur ca. 1 % nachweisen. Auch die Analysen von KREYSING (1962) sprechen gegen die Eignung dieser Minerale als Leitformen, weil dieser durchweg, auch in glazifluviatilen Sanden, Topas fand. Im Gegensatz dazu haben MEYER & SCHLENKER (1.c.) in ihren Analysen von Proben aus Schmelzwassersanden oder Geschiebemergeln in Nordwestdeutschland keinen Topasgehalt nachgewiesen. HENNINGSEN (1983) fand in saalekaltzeitlichen Sedimenten in Niedersachsen ebenfalls keinen Topas.

Zur Unterscheidung weichselkaltzeitlicher Niederterrassensande gegen die älteren Schmelzwassersande ist die Schwermineralanalyse ungeeignet (MEYER 1983); erst der Basisbereich der holozänen Flußsande ist manchmal durch erhöhten Anteil an Augiten vom Liegenden zu unterscheiden.

Methodik und Ergebnisse

Röntgendiffraktometrische Schwermineralanalysen (VORTISCH 1977) kommen nach den vorhandenen polarisationsmikroskopischen Analyseergebnissen aus der Nähe des Untersuchungsgebietes (KREYSING 1962; MEYER & SCHLENKER 1979) nicht als erfolgsversprechend in Betracht, da sich mehrere Hauptreflexe der zur halbquantitativen Auswertung herangezogenen Mineralgruppen überlagern: Amphibole, Granat, Epidot, Pyroxen, Turmalin (VORTISCH 1977).

Die Analyseergebnisse sind, mit bisherigen Untersuchungen vergleichend (KREYSING 1962; MEYER & SCHLENKER 1979), ausgewertet worden. Hierbei lassen sich folgende Resultate feststellen:

Im Raum Gorleben liegt keine der erbohrten Moränen in ostbaltischer Fazies vor, was auch die Kieszählungen bestätigen. Die warthestadiale Grundmoräne

unterscheidet sich durch ihr Schwermineralspektrum nicht wesentlich von den älteren Grundmoränen.

In glazifluviatilen Sanden wurde während der Untersuchungen für die vorliegende Arbeit kein Topas gefunden. Aufgrund zu großer Ähnlichkeit der Schwermineralspektren (Abb. 5) schied die Schwermineralanalyse für lithostratigraphische Unterscheidungszwecke aus.

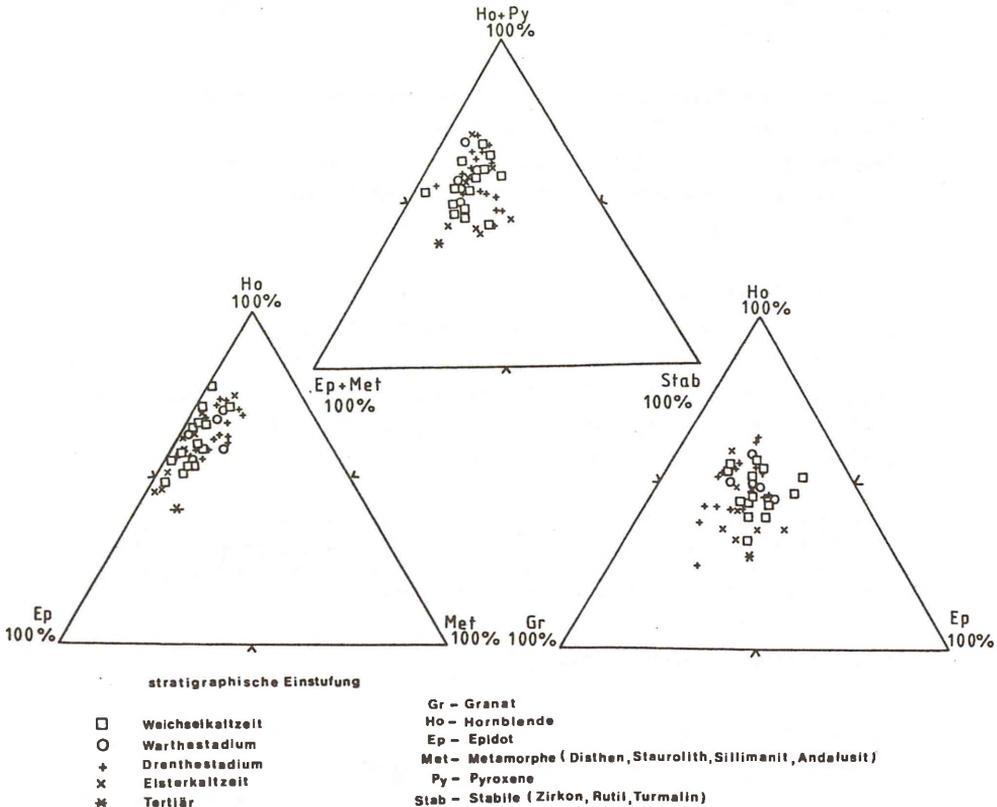


Abb. 5: Dreiecksdarstellung der Schwermineralspektren aus pleistozänen Sedimenten im Raum Gorleben (Fraktion 0,063 - 0,355 mm)
 Stabile : Zirkon, Rutil, Turmalin;
 Metamorphe: Diathen, Staurolith, Sillimanit, Andalusit

3.3.2 Dünnschliffuntersuchungen

Um die Frage nach dem Aussehen der Verwitterungsbildungen in den Sanden sowie weitere Gefügemerkmale und petrographische Parameter im mikroskopischen Bereich beantworten zu können, wurden 8 Sandproben aus Kernstrecken (Leichtmineralfraktion 63 - 355 μm) im Harz eingebettet und Körnerdünnschliffe angefertigt, die polarisationsmikroskopisch untersucht wurden. Weiterhin wurden von einzelnen Kieskomponenten der Fraktion 4,0-6,3 mm mehrere Dünnschliffe untersucht.

Die Dünnschliffuntersuchungen der Kieskomponente "braune Sandsteine und Quarzite" ergeben als gemeinsames Kennzeichen aller Gerölle eine durchgehende Braunfärbung durch Fe-Oxide oder -hydroxide, die nicht als Belag auf der Kornoberfläche auftreten, sondern auf Bruch- oder Kristallgrenzflächen die Körner durchsetzen.

Aus den Untersuchungen ergibt sich folgendes:

In glaziären Sanden der Elster- und der Saale-Kaltzeit liegt der Anteil an braun durchstäubten Quarzkörnern und Gesteinsbruchstücken bei 1 %. In Proben aus der Niederterrasse ist deren Anteil bis zu 5 %. Eisenoxid- bzw. -hydroxidhäute auf den Kornoberflächen stehen in keinem genetischen Zusammenhang mit den Verfärbungen im Inneren der Körner.

Eine elsterkaltzeitliche Probe (GoHy 14, 172 m Tiefe) zeigte auf den Kornoberflächen Fe-Überzüge, die auf Oxidation während der Lagerung des Materials im Kernlager zurückzuführen ist. Der prozentuale Gehalt durchgefärbter Körner an der Gesamtanzahl ist nicht erhöht.

3.3.3 Karbonatgehaltbestimmungen

Der Karbonatgehalt (Gewichtsprozent bezogen auf das Trockengewicht) in Grundmoränen ist auch in der feinen Fraktion (< 2 mm) abhängig vom aufgenommenen Untergrundmaterial. Besonders kalkreiche Moränen werden durch die Aufnahme von Kreidekalk gebildet (KABEL 1982), welcher bei Umlagerung sehr leicht zerbricht.

Aus dem Hamburger Raum liegen Angaben über den Karbonatgehalt von saalekaltzeitlichen Grundmoränen vor (VALETON & KHOO 1981). Hierbei handelt es

sich aber um Calcitzement, was keine Angaben über den ursprünglichen Kalkgehalt des Geschiebemergels zuläßt.

Die Angaben über Gewichtsanteile von Karbonat im Feinanteil von Geschiebemergel beschränken sich bisher ausschließlich auf Kalk oder Gesamtkarbonat. Daten über Dolomitgehalte (z.B. in roten Grundmoränen) liegen bisher nicht vor.

Unverwitterte Elster- und saalekaltzeitliche Geschiebemergel aus dem Elbe-Weser-Dreieck (Hemmoor) sind anhand des Kalkgehaltes nicht zu unterscheiden. Der Kalkgehalt der elster-kaltzeitlichen Grundmoräne schwankt zwischen 2 bis 14 %, bedingt durch unterschiedliche Aufnahme von Untergrundmaterial. Die Drenthe-Hauptmoräne hat nur einen wenig schwankenden, insgesamt niedrigen Kalkgehalt von 4% bis 8 %. Die jüngere Drenthe-Moräne hat einen weit höheren Kalkgehalt von 24% bis 31%, nach HÖFLE (1979) durch warmzeitliche Kalkverlagerung beeinflusst. Die jüngere Drenthe-Moräne weist im Vergleich zur Drenthe-Hauptmoräne keinen erhöhten Gehalt an paläozoischem Kalkstein auf, jedoch einen stark erhöhten Anteil an Kreidekalk. Im Gegensatz zu Untersuchungen in Schleswig-Holstein, die an Profilen mit Kalkverlagerung durchgeführt wurden (FELIX-HENNINGSEN 1979, KABEL 1982), sind im Feinkiespektrum in Hemmoor (EHLERS 1979) keine Kalkkonkretionen vorhanden, die die Interpretation von HÖFLE (s.o.) stützen würden.

In den Schichtenbeschreibungen der Aufschlußbohrungen wurde der Karbonatgehalt in 5 Abstufungen, orientiert am "Symbolschlüssel Geologie" (BARCKHAUSEN et al. 1975), für die einzelnen Schichtglieder angegeben. Aus Kernstrecken aus den Geschiebemergeln und Schmelzwassersanden sowie der fluviatilen Niederterrassensande wurden an insgesamt 69 Proben Karbonatgehaltbestimmungen und 10 C org-Bestimmungen mit verschiedenen Analysegeräten durchgeführt:

LECO CARBON DETERMINATOR (CD); BECKMAN INFRARED ANALYSER (IRA)

Geringe systematische Fehler lassen sich wegen des Dolomitanteils bei der Gesamtkarbonatbestimmung mit diesen Methoden nicht vermeiden (STAY 1979). Der Karbonatgehalt im Feinanteil (Fraktion < 2 mm) und der Anteil von Kalksteingeröllern in der Kiesfraktion (4,0 - 6,3 mm) sind miteinander verglichen worden (Abb. 6).

Für elsterkaltzeitliche Proben ist ein niedriger Karbonatgehalt (2 - 6 %) bei gleichzeitig niedrigem Gehalt an Kalkstein in der Kiesfraktion (11-27 %) typisch. Für Proben aus den saalekaltzeitlichen Ablagerungen gibt es ein differenziertes Bild: im Drenthe(1)-stadialen Geschiebemergel treten hohe Karbonatgehalte (6 - 15 %) gemeinsam mit hohen Kalksteingehalten (27-42 %) auf. Die Karbonatgehalte in Drenthe(2)-stadialen Proben liegen bei ca. 10 - 11 %, die Kalksteinanteile zwischen 17 und 29 %.

Der hohe Karbonatgehalt in diesen Drenthe(2)-stadialen Proben vom Hühbeck ist auf einen faziellen Unterschied im Vergleich zu anderen gleichartigen Proben aus dem Raum Gorleben zurückzuführen. Ähnlich hohe Kalkgehalte sind auch in vereinzelt Proben aus benachbarten Aufschlüssen nachgewiesen (KABEL 1982). Die Proben aus warthestadialen Geschiebemergel sind bei Kalksteingehalten von 13 - 50% durch den Karbonatgehalt in zwei Gruppen zu unterteilen; eine Gruppe hat einen niedrigen Karbonatgehalt (2 - 7%), die andere hat hohe Karbonatwerte (8 - 13%).

Dieser Unterschied läßt sich durch einfache Berechnung der linearen Regressionen für beide Gruppen untermauern:

		Gruppe mit niedrigem Karbonatgehalt (n = 10)	Gruppe mit hohem Karbonatgehalt (n = 11)	Gesamt (n = 21)
Korrelationskoeffizient	r	0,552	0,765	0,500
Schnittpunkt der Regres- sionsgraden mit der Or- dinate	a	-0,443	7,393	1,381
Steilheit der Regres- sionsgraden	b	0,172	0,107	0,225

Tab. 1: Berechnung der linearen Regression für Proben aus dem Warthe-Stadium

Proben aus beiden Gruppen lagen in einem Bohrprofil im Wechsel übereinander, wobei Verwitterungseinfluß auf den Karbonatgehalt auszuschließen ist. Die Aufspaltung im Karbonatgehalt läßt sich als ein fazieller Unter-

schied (Schliere, Scholle) deuten.

Die Karbonatgehaltbestimmungen wurden nicht als lithostratigraphisches Hilfsmittel weiterverwendet.

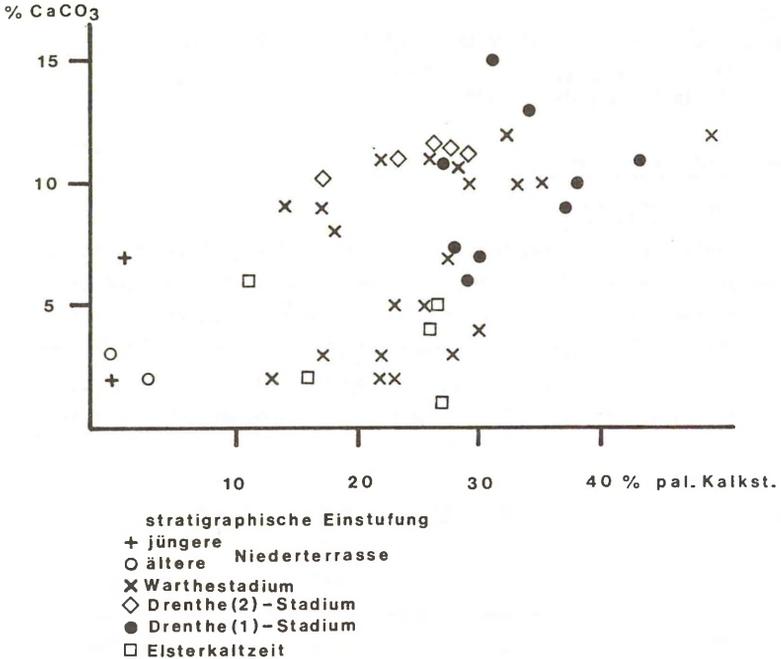


Abb.6: Karbonatgehalt (Gew.-%) in der Fraktion < 2 mm zu Anteil (Stück-%) paläozoischer Kalksteingeschiebe in der Fraktion 4,0 -6,3 mm

3.3.4 Kohlenstoffbestimmungen

Zur lithostratigraphischen Unterscheidung von Geschiebemergeln ist verschiedentlich der Gehalt an organischem Kohlenstoff geprüft worden (VALETON & KHOO 1981; KABEL (1982).

Die Kohlenstoffbestimmungen in der vorliegenden Arbeit wurden an Sandproben aus weichselkaltzeitlichen Niederterrassensanden durchgeführt, die

im Grundwasserbereich dunkelgrau bis grau gefärbt sind. Bei Kernproben aus diesen Sanden, die bei der Lagerung dem Zutritt von Luftsauerstoff ausgesetzt waren, zeigten sich in Randbereichen Verfärbungen zu Brauntönen hin. Um festzustellen, ob diese Farbänderungen auf einen Abbau evtl. vorhandener organischer Substanz zurückzuführen war, wurde der C org-Gehalt geprüft:

Die Bestimmung ergab folgende Werte (GoHy 162, Teufe 1,27 m):

- a) 0.007% im unveränderten Kernbereich
- b) 0.005% im randlichen, veränderten Kernbereich.

3.4 Fremduntersuchungen

3.4.1 Pollenanalyse

Pollenanalytische Untersuchungen ermöglichen eine großflächige biostratigraphische Korrelation der holsteinwarmzeitlichen Tonvorkommen im Gebiet um Gorleben, das zur Zeit der Verbreitung des Holstein-Meeres (Abb. 7) im Küstenbereich lag. Diese biostratigraphisch eingestuften Schichten bilden einen Leithorizont, der von elsterkaltzeitlichen Sedimenten im Liegenden und von saalekaltzeitlichen im Hangenden eingerahmt wird (DUPHORN 1980).

Eemwarmzeitliche Ablagerungen waren bisher nur von Fundpunkten in Seitentälern der Elbe bekannt (Übersicht s. WOLDSTEDT & DUPHORN 1974).

Eine Spülprobe (GoHy 620, 33-36 m Teufe) (Bearbeiter: Dr. H. Müller, BGR) ist in das Klimaoptimum der Eem-Warmzeit einzustufen. Eine weitere Spülprobe (Bohrung GoHy 310, 3-6 m Teufe), die nach Pollenführung (Bearbeiter: Dr. H. Müller, BGR) in die Eem-Warmzeit gehört, ist nach den Ergebnissen der petrographischen Kiesanalyse in die weichselkaltzeitliche Niederterrasse zu stellen, also als allochthon anzusehen.

3.4.2 Korngrößenanalysen

Über die Korngrößenzusammensetzung von Grundmoränen aus dem norddeutschen Raum liegen zahlreiche Angaben vor. (MEYER & SCHNEEKLOTH 1973; HÖFLE 1976; HÖFLE & SCHLENKER 1979; KABEL 1982, Erläuterungen zu vielen Geologischen Karten). VALETON & KHOO (1981) verwendeten Dreiecksabbildungen mit den

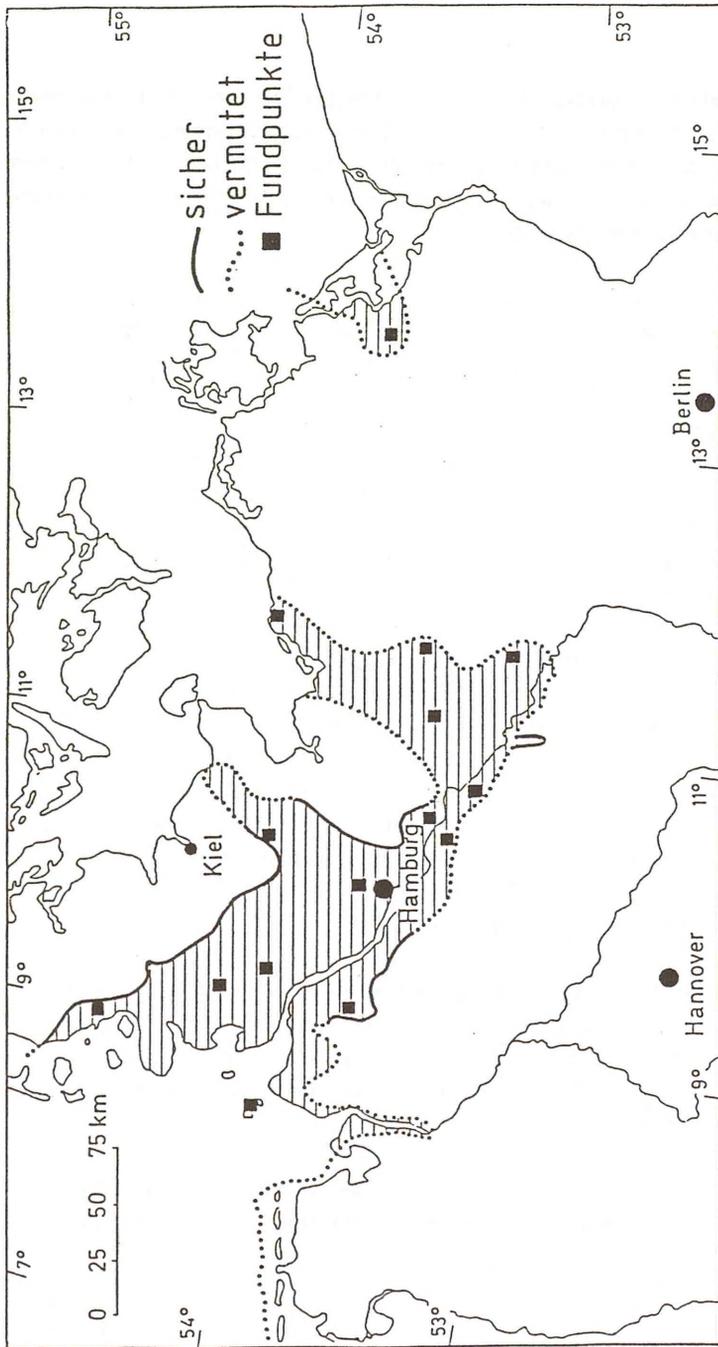


Abb.7: Verbreitung des Holstein-Meeres in den heutigen Festlandsgebieten Nordwestdeutschlands (aus DUPHORN 1980)

Eckpunkten Sand-Silt-Ton zur Darstellung von Analyseergebnissen, zum Zweck einer lithostratigraphischen Unterscheidung von Geschiebemergeln. Die Aussagekraft solcher Dreiecke ist gering, weil die Untergliederung in nur drei Fraktionen (entsprechend 2 Punkten auf einer "normalen" Kornsummenkurve) zu grob ist.

Neben den Korngrößenbeschreibungen der Spül- und Kernproben aus Bohrungen, in Anlehnung an den "Symbolschlüssel Geologie" (BARCKHAUSEN et al. 1975), standen weitere Korngrößenanalysen aus dem Hydrogeologischen Untersuchungsprogramm Gorleben zur Verfügung (Bearbeiter: Büro Dr. Pickel, Fuldata1).

Die Kornsummenkurven aus den unterschiedlichen lithologischen Einheiten lassen eine Zuordnung zu den folgenden sedimentären Faziesbereichen zu:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| a) limnisch-glazilimnisch | (Hauptfraktion Schluff bis Ton) |
| b) fluviatil-glazifluviatil | (Hauptfraktion Sand) |
| c) glazigen | (Hauptfraktion Sand bis Schluff) |

Einzelne Kornsummenkurven lassen sich diesen drei Faziesbereichen zuordnen. Die graphische Zusammenfassung von Kornsummenkurven gleicher stratigraphischer Einstufung und Fazies ergibt die jeweiligen Schwankungsbereiche (Abb. 8,9). Dabei sind für Geschiebemergel aus verschiedenalten Schichteinheiten geringe Unterschiede festzustellen (Abb. 8), jedoch kann man nicht erkennen, daß sich ein Geschiebemergel allein aufgrund seiner Kornzusammensetzung lithostratigraphisch einordnen ließe.

4. AUSWERTUNG DER KIESZÄHLUNGEN

Der erste Auswertungsschritt bestand in der Festlegung der endgültig verwendeten Einteilung der Kieskomponenten und der Grenzziehung zwischen den Komponentengruppen nach morphoskopischen Kriterien (s. 3.2.1).

Dies geschah nach der Analyse von ca. 150 Proben aus der gesamten quartären Schichtfolge im Raum Gorleben.

Danach erfolgte die stratigraphische Zuordnung von lithologischen Einheiten anhand von biostratigraphisch geeichten Profilen und die kiespetrographische Untergliederung der Schichtglieder.

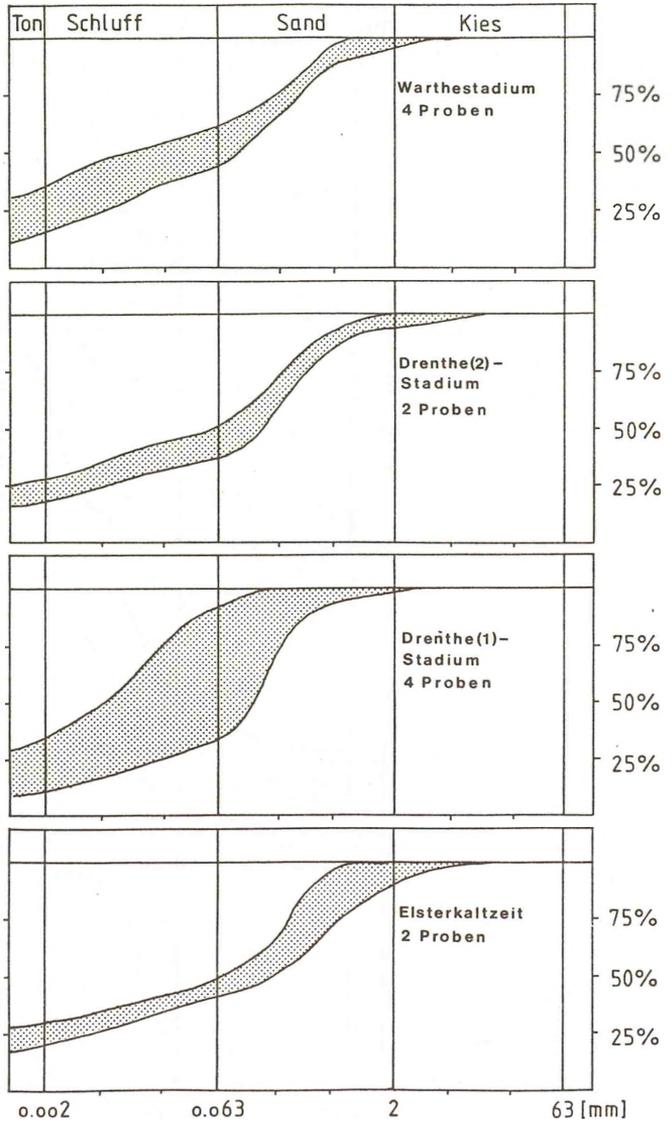


Abb. 8: Streubreite von Korngrößenanalysen verschieden alter Grundmoränen, (Borhproben); Hydrogeologisches Untersuchungsprogramm

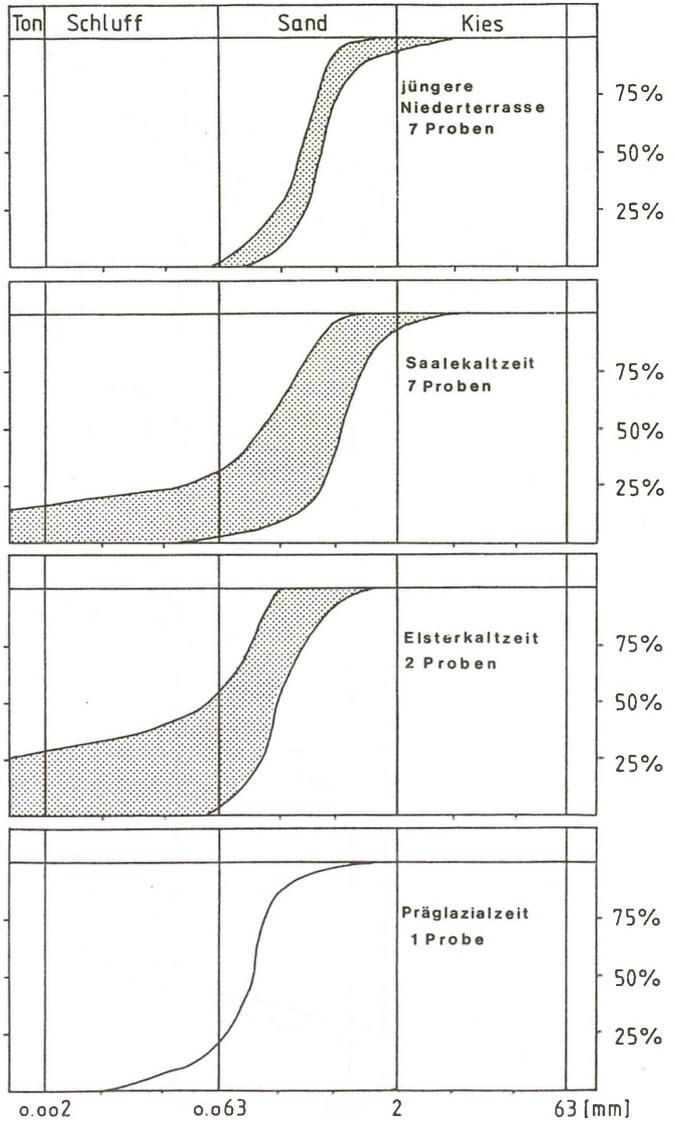


Abb. 9: Streubreite von Korngrößenanalysen verschieden alter fluviatiler und glazifluviatiler Sande (Bohrproben)

Für die Auswertung der Analysen wurden graphische Darstellungen gewählt, die die Mengenanteile der einzelnen Kieskomponenten und Unterschiede in den einzelnen lithostratigraphischen Einheiten aufzeigen. Dazu sind bei großer Probenanzahl Dreiecksdarstellungen besonders geeignet. Die Auswertung in Dreiecken hat gegenüber der Abbildung in isolierten Profilsäulen entscheidende Vorteile: sie läßt die gegenseitige Beeinflussung der Komponentenanteile erkennen.

Im Vergleich zur Auswertung mit der einfachen numerischen Koeffizientenbildung zwischen zwei Komponenten erkennt man in der Dreiecksdarstellung, bei welcher Komponente Veränderungen in den Anteilen auftreten. Daneben sind die Komponentenverhältnisse in Dreiecken übersichtlicher darstellbar als in Rechtecken.

4.1 Einflüsse auf die Verteilung der Kieskomponenten

Für die Untersuchung der Einflußfaktoren Proben-Art und -Fraktion wurden bei der Auswertung der Kieszählungen neben Proben aus der Niederterrasse auch Proben aus älteren Schichten des Pleistozäns aus dem Raum Gorleben einbezogen.

4.1.1 Einfluß der Probenart

Die Zusammenlegung von Teilproben ergab, daß sich das Kiesspektrum ab ca. 100 Körnern je Probe nicht mehr wesentlich änderte, d.h. die Anteile der Kieskomponenten schwankten bei Hinzufügen einer weiteren Teilprobe nur noch um wenige Prozente. Damit konnten Kiesproben mit mehr als 100 Kieskörnern in die Auswertung aufgenommen werden.

4.1.2 Einfluß der untersuchten Fraktion

Den untersuchten glaziären Kiesspektren ist gemeinsam, daß der Flintanteil von der Fraktion 4,0 - 6,3 mm zur Fraktion 6,3 - 12,5 mm zunimmt (Abb. 27-31), wobei die Zunahme in flintbetonten Kiesspektren (Proben aus Elster-Kaltzeit, Drenthe(2)-Stadium, qDs-Sande) stärker ist als in flintarmen Kiesspektren (Proben aus dem Drenthe(1)-Stadium und Warthe-Stadium). Bei den Anteilen nordischer paläozoischer Kalksteine ist keine generelle Tendenz eines Korngrößenabhängigen Verhaltens festzustellen.

In den südlich geprägten (s. 4.2) Niederterrassensedimenten sind die Kiesspektren wahrscheinlich durch den Faktor "Transport" beeinflusst. Aus dem Gebiet des Elbe-Mittellaufs beschrieb EISSMANN (1964) ein Phänomen, auf das das Fehlen südlicher mesozoischer Kalksteingerölle in den Ablagerungen des Untersuchungsgebietes zurückgeführt werden kann: durch mechanischen Abrieb verringert sich der Gehalt an Muschelkalkgeröllen (20-30%) auf einer Laufstrecke von 1 km auf 5-10%; nach weiteren 4-5 km verschwindet der Muschelkalkanteil fast völlig.

Für "Restquarz" sind Unterschiede im Anteil in beiden Fraktionen nachzuweisen, die auf die Primärkorngröße zurückzuführen sind (Abb. 34,35). Dazu sind die Ablagerungen der jüngeren Niederterrasse besonders geeignet, da in ihnen die höchsten Restquarz-Werte auftreten, und Transportsortierung für die südlichen Komponenten zu vernachlässigen ist.

In der feinen Kiesfraktion sind Restquarz und Milchquarz positiv korreliert. Während hier noch relativ hohe Restquarz-Anteile erreicht werden, sind Restquarz-Gerölle in der groben Fraktion 6,3 - 12,5 mm selten (Abb. 34).

Die geringfügige Zunahme des Milchquarz-Anteils im Verhältnis zu braunen Sandsteinen und Quarzen in der groben Kiesfraktion ist möglicherweise auf einen Kornverteilungsunterschied dieser Komponenten im Liefergebiet zurückzuführen (Abb. 36). Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wäre die wenig veränderte Zumischung aus zwei verschiedenen südlichen Liefergebieten.

Die maximale Korngröße der südlichen Komponenten liegt in der Fraktion 12,5 - 20,0 mm. In der Fraktion > 20 mm liegen auch in sehr groben Restschottern der Niederterrasse in Gorleben nur nordische Gerölle vor.

4.2 Ableitung verschiedener Liefergebiete

Im Raum Gorleben treten in den Niederterrassenablagerungen, verglichen mit den älteren glaziären Sedimenten, zwei Kieskomponenten erstmalig auf:

- Thüringer Wald-Porphyre (s'Po)
- braune Sandsteine und Quarzite (bnS)

Da diese Komponenten im nordischen Kiesspektrum fehlen, müssen sie von

einem südlichen Liefergebiet hergeleitet werden.

Die Thüringer Wald-Porphyre sind zuerst bei KURTZ (1915, 1926) dann bei GENIESER (1970) beschrieben worden. Es ist gesichert, daß diese Kieskomponente aus dem Thüringer Wald herzuleiten ist.

Die Kieskomponente "braune Sandsteine und Quarzite" hat in sedimentpetrographischen Untersuchungen bis zu den Kiesanalysen in Gorleben (SCHRÖDER in DUPHORN 1980, 1983) keine Beachtung gefunden. Erwähnt wurde diese Komponente von MEYER (1983), der bei seiner Bearbeitung auf die Schwierigkeit hinwies, diese Kieskomponente von nordischen Sandsteinen und Quarziten zu unterscheiden.

Für braune Sandsteine und Quarzite liegen keine Herkunftsangaben in der Literatur vor. Das Liefergebiet läßt sich anhand von Dreiecksdarstellungen wie folgt herleiten: Als Vergleichskomponenten dienen nordisches Kristallin und die südlichen Porphyre. Zwischen den Anteilen nordischen Kristallins und brauner Sandsteine und Quarzite ergibt sich eine negative Korrelation (Abb. 32,33), bei relativ geringen Anteil der südlichen Porphyre am Gesamtspektrum. Aus dem positiv korrelierten Verhalten von südlichen Porphyren und braunen Sandsteinen und Quarziten (Abb. 32,22) ist für letztere Kieskomponente auf ein Liefergebiet im südlichen Einzugsgebiet der Elbe zu schließen.

Milchquarz (MQ) kommt im Kiesspektrum in den Niederterrassenablagerungen in höheren Anteilen vor als in älteren glaziären Sedimenten (s. 5.1). Milchquarz ist nicht gemeinsam mit den braunen Sandsteinen und Quarziten direkt aus dem Süden, vom Mittelgebirge, herzuleiten. Als Liefersubstrat in Betracht zu ziehen sind die präelster- bis saalekaltzeitlichen Schotter der Altmark (WEISSE 1972), die bis zum Südrand des Untersuchungsgebietes Gorleben verbreitet sind (VOSS 1981).

4.3 Statistische Auswertung

Umfassende Angaben über die Anwendung der Statistik in der Geologie sind bei MARSAL (1979) zu finden. Die statistische Auswertung dient dazu, die hypothetische lithostratigraphische Zuordnung der Kiesproben auf ihre

(wahrscheinliche) Richtigkeit zu überprüfen. Hierzu wurden 611 Feinkiesproben (Fraktion 4,0 - 6,3 mm) aus dem Raum Gorleben mittels zweier Verfahren, der Diskriminanz- und der Faktorenanalyse, untersucht (KABEL & SCHRÖDER 1984).

Faktorenanalyse:

Die Faktorenanalyse (SCHUCHARD-FICHER et al. 1982) ist ein rechnerisches Ordnungsverfahren, das eine Vielzahl von Variablen (hier Kieskomponenten) auf wenige, voneinander unabhängige Faktoren (hier geologisch sinnvoll deutbare Einflüsse) zurückführt. HÖLTING (1980) gab Beispiele für die Verwendung dieses Verfahrens in der Hydrogeologie und betonte, daß es Aufgabe des Bearbeiters sei, die kausale Beziehung zwischen den Faktoren und Einflußgrößen, in jenem Fall geohydrochemischer Art, zu untersuchen. Bei MARSAL (1979) findet sich ein ausführliches Rechenbeispiel für die Anwendung der Faktorenanalyse in der Sedimentologie.

Zunächst werden die linearen Korrelationskoeffizienten der Kieskomponenten zueinander für die einzelnen lithostratigraphischen Einheiten ermittelt (Tab. 2), sowohl für Kern- und Spülproben getrennt als auch für beide Probenarten gemeinsam.

Von dieser Korrelation ausgehend, werden mit Hilfe der Faktorenanalyse die hinter den Variablen stehenden Faktoren ausgewiesen und zu den Variablen (Kieskomponenten) in Beziehung gesetzt. Der lineare Korrelationskoeffizient, die Faktorenladung, liegt zwischen -1 und +1 (Tab. 3).

Faktor 2 hat eine negative Ladung bei nordischem Kristallin und hohe Ladungen bei den Komponenten (Sandsteine und Quarzite, Restquarz), die im Kiesspektrum der präelsterkaltzeitlichen Sande dominieren. Dieser Faktor läßt sich als Einfluß der präelsterkaltzeitlichen Verwitterungs- und Sedimentationsbedingungen deuten.

Faktor 3 zeigt bei den paläozoischen Kalksteinen eine hohe positive Ladung und läßt sich als Einfluß eines ostfennoskandischen Herkunftsgebietes deuten.

KERNPROBEN

	K	S	TU	F	KK	PK	RPK	D	Ly	Po	BnS	RQ	HQ	Lok
qHj		-BnS				+RPK	+PK				-S			
qNa	-S,+KK,-PK,+Po +PK,-HQ,-K				+K	+D,+K,-S	+D	+PK, +RPK		+S			-K	
qHA		-PK				+D,-S		+PK						
qD(2)	-S	+RQ,-K	+PK			+TU						+S		
qDs	-F,+PK	-PK		-K		+K,-S	+D,+HQ	+RPK			+HQ		+RPK, +BnS	
qD(1)							+RQ					+RPK		
qe						+RPK	+PK							
pqe	-TU,+RQ -HQ, -Lok			-RQ,+HQ -K,+Lok									-HQ,+K, +Lok,-K,+TU +TU,-RQ -Lok	-K,+TU -RQ,+HQ
Gesamt	-HQ					-RQ,-HQ				+BnS			+HQ,+Po +BnS, +RQ	

SPÜLPROBEN

	K	S	TU	F	KK	PK	RPK	D	Ly	Po	BnS	RQ	HQ	Lok
qHj		-BnS			+PK	+KK					-S			
qNa		-PK			+Lok	+RPK,-S	+PK					+HQ	+RQ	+KK
qHA														
qD(2)														
qDs	-S	-K												
qD(1)				+Lok		-RQ					+RQ		+BnS, -PK	+F
qe				-PK	+Lok	-F								+KK
pqe	+TU,+PK,-F,-RQ +RPK,-HQ		+F,+PK, +RPK,+K,-RPK,-S	+PK,+TU, +F		+K,+TU, +F	+K,+TU, +F				+Lok	-S	-S	+BnS
Gesamt	-RQ,-HQ					+RPK, -HQ	+PK			+BnS		+HQ,+Po -K	-K,-PK, +BnS	

KERN- und SPÜLPROBEN

	K	S	TU	F	KK	PK	RPK	D	Ly	Po	BnS	RQ	HQ	Lok
qHj		-BnS									-S			
qNa	-S	-K,-PK				-S,-RPK	-PK							
qHA		-PK				-S								
qD(2)														
qDs	-S	-K												
qD(1)				+Lok										+F
qe						+RPK	+PK							
pqe	+PK, +RPK	-PK,-RQ -RPK,-F	+Lok	+PK,-S +RPK		+RPK,+K,-S -S,+F	+F,+PK					-S		+TU
Gesamt	-RQ,-HQ					+RPK, -HQ	+PK			+BnS		+HQ,+Po -K	-K,-PK +BnS	

qHj jüngere Niederterrasse Weichsel-
qNa ältere Niederterrasse Eiszeit
qHA Warthe-Stadium
qD(2) Drenthe(2)-Stadium Saale-
qDs intrasälezeitl. Sande Eiszeit
qD(1) Drenthe(1)-Stadium
qe Elster-Eiszeit
pqe Prägialzeit

K Kristallin
S Sandstein u. Quarzit
TU Ton- u. Schluffstein
F Flint
KK Kreidekalk
PK Paläozoischer Kalk
RPK Roter Paläozoischer Kalk
D Dolomit
Ly Lydit
Po Südlicher Porphyr
BnS Brauner Sandstein u. Quarzit
RQ Restquarz
HQ Milchquarz
Lok Lokalkomponenten

Tab. 2 : Korrelationsziffern der Kieskomponenten aus Kern- und Spülproben unterschiedlicher stratigraphischer Einstufung

Diskriminanzanalyse:

Die Diskriminanzanalyse dient der Untersuchung der Trennschärfe zwischen vorgegebenen Gruppen (hier lithostratigraphische Einheiten), indem Variablen (hier Kieskomponenten) auf grundlegende Trennvariablen, Diskriminanzfunktionen genannt, reduziert werden (SCHUCHARD-FICHER et al. 1982). Anschließend erfolgt die Überprüfung der Zuordnung der Proben zu den Gruppen.

Nach der Untersuchung der Trennschärfe für die einzelnen Variablen werden diejenigen ausgeschieden, die zur Abtrennung zwischen den Gruppen nicht beitragen. Wesentliche Trenninformationen liefern jeweils fünf Variablen:

- | | |
|-----------------------------|---|
| bei Kernproben | - paläozoische Kalksteine
- braune Sandsteine und Quarzite
- Flint
- Kristallin
- Sandsteine und Quarzite |
| bei Spülproben | - paläozoische Kalksteine
- Flint
- braune Sandsteine und Quarzite
- Kristallin
- Milchquarz |
| bei Kern- und
Spülproben | - paläozoische Kalksteine
- Flint
- braune Sandsteine und Quarzite
- Kristallin
- Milchquarz |

Die stärkere Gewichtung des Flintes bei Spülproben ist durch einen höheren prozentualen Anteil von flintbetonten Proben an der Gesamtprobenmenge zu erklären. Das gleiche Erscheinungsbild bei Milchquarz ist durch einen größeren Prozentgehalt von Niederterrassenproben an der Gesamtprobenanzahl begründet.

Die Zusammenfassung der Variablen läßt sich für die zwei wichtigsten Trennvariablen folgendermaßen deuten:

Die Trennvariable Y1 ist positiv korreliert mit paläozoischen Kalksteinen, negativ korreliert mit braunen Sandsteinen und Quarziten, Milchquarz (sowie untergeordnet südliche Porphyre und Lydit) und unterteilt fluviatile und glaziäre Proben, da sich die glaziären Proben im positiven Bereich und die

KERNPROBEN

Variable	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
K	-0,63			
S		0,96		
F				-0,66
KK			0,62	
PK				
RPK				
D				
Ly				
Po	0,70			
BrS	0,89			
RQ				
MO	0,72			
Lok				
eingeflossene Information	63,6	18,9	11,3	6,1

SPÜLPROBEN

Variable	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
K	-0,63	-0,70		
S		0,87		
F				0,70
KK				
PK			0,88	
RPK				
D				
Ly				
Po	0,76			
BrS	0,86			
RQ		0,65		
MO				
Lok	0,70			
eingeflossene Information	59,6	18,5	13,2	8,7

Tab. 3 : Faktorenladungen der Kieskomponenten und Spülproben unterschiedlicher stratigraphischer Einstufung

KERN- und SPÜLPROBEN

Variable	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
K	-0,62	-0,68		
S		0,91		
F				
KK				
PK			0,78	
RPK				
D				
Ly				
Po	0,78			
BrS	0,92			
RQ		0,66		
MO				
Lok	0,78			
eingeflossene Information	59,1	18,9	13,8	8,3

Faktor 1: Einfluß der Komponenten südlicher Herkunft
 2: Einfluß der präelstkalzeitlichen Sedimentationsbedingungen (fehlendes nordisches Kristallin; verwitterungsbeständige Komponenten)
 3: Einfluß der Komponenten ostfennoskandischer Herkunft
 4: Einfluß der Komponenten südwestskandinavischer Herkunft

Legende siehe Tab. 2

KERNPROBEN

strat. Gruppen	Zahl der Kies-analysen	Prognostizierte Gruppenzugehörigkeit (%)							
		qNj	qNa	qWA	qD (2)	qDs	qD (1)	qe	pqe
qNj	67	<u>82,1</u>	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
qNa	45	<u>4,4</u>	<u>68,9</u>	8,9	0,0	15,6	0,0	2,2	0,0
qWA	50	0,0	<u>0,0</u>	<u>54,0</u>	16,0	2,0	24,0	4,0	0,0
Tatsächliche Gruppenzugehörigkeit (%)	23	0,0	4,3	<u>47,3</u>	<u>47,8</u>	8,7	4,3	30,4	0,0
qDs	14	0,0	0,0	0,0	<u>0,0</u>	<u>85,7</u>	0,0	14,3	0,0
qD(1)	22	0,0	0,0	27,3	9,1	<u>0,0</u>	<u>63,6</u>	0,0	0,0
qe	29	0,0	3,4	3,4	27,6	13,8	<u>0,0</u>	<u>51,7</u>	0,0
pqe	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<u>0,0</u>	<u>100,0</u>

Richtige Klassifikation: 66,27 %
max. Zufallswahrscheinlichkeit: 29,59 %

SPÜLPROBEN

strat. Gruppen	Zahl der Kies-analysen	Prognostizierte Gruppenzugehörigkeit (%)							
		qNj	qNa	qWA	qD (2)	qDs	qD (1)	qe	pqe
qNj	105	<u>87,6</u>	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
qNa	46	<u>4,3</u>	<u>63,9</u>	4,3	0,0	10,9	13,0	4,3	0,0
qWA	69	0,0	<u>5,8</u>	<u>49,3</u>	1,4	2,0	40,6	0,0	0,0
Tatsächliche Gruppenzugehörigkeit (%)	44	0,0	0,0	<u>0,0</u>	<u>45,5</u>	13,6	9,1	31,8	0,0
qDs	37	0,0	8,1	0,0	<u>10,8</u>	<u>62,2</u>	5,4	13,5	0,0
qD(1)	11	0,0	0,0	36,4	0,0	<u>0,0</u>	<u>54,5</u>	9,1	0,0
qe	40	0,0	0,0	0,0	37,5	2,5	<u>0,0</u>	<u>60,0</u>	0,0
pqe	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<u>0,0</u>	<u>100,0</u>

Richtige Klassifikation: 65,46 %
max. Zufallswahrscheinlichkeit: 29,25 %

KERN- und SPÜLPROBEN

strat. Gruppen	Zahl der Kies-analysen	Prognostizierte Gruppenzugehörigkeit (%)							
		qNj	qNa	qWA	qD (2)	qDs	qD (1)	qe	pqe
qNj	172	<u>85,5</u>	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
qNa	91	<u>5,5</u>	<u>59,3</u>	13,2	4,4	12,1	3,3	1,1	1,1
qWA	119	0,0	<u>3,5</u>	<u>54,6</u>	6,7	1,7	33,6	0,0	0,0
Tatsächliche Gruppenzugehörigkeit (%)	67	0,0	1,5	<u>10,3</u>	<u>40,3</u>	17,9	1,5	28,4	0,0
qDs	51	0,0	5,9	0,0	<u>13,7</u>	<u>64,7</u>	2,0	13,7	0,0
qD(1)	33	0,0	0,0	33,3	3,0	<u>0,0</u>	<u>66,6</u>	3,0	0,0
qe	69	0,0	1,4	1,4	39,1	11,6	<u>0,0</u>	<u>46,4</u>	0,0
pqe	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<u>0,0</u>	<u>100,0</u>

Richtige Klassifikation: 63,34 %
max. Zufallswahrscheinlichkeit: 28,15 %

Tab. 4: Klassifikationsmatrix der Diskriminanzanalyse.
(Legende s. Tab. 2)

fluviatilen Proben im negativen Bereich konzentrieren (Abb. 10). Von den glaziären Proben liegen die qDs-Sande den Niederterrassen am nächsten. Bei den Kernproben ist die Unterscheidung etwas deutlicher sichtbar als bei den Spülproben.

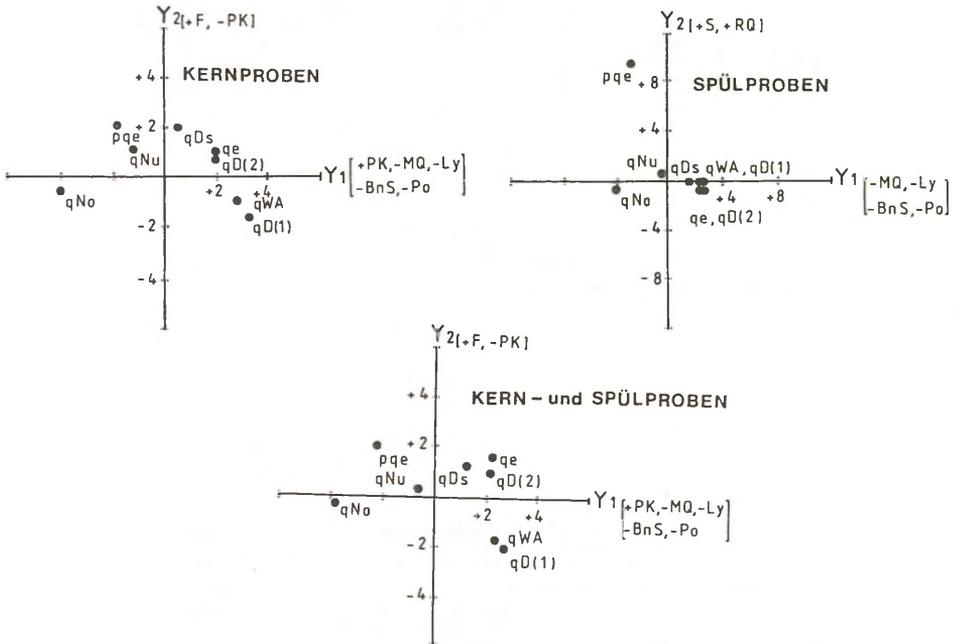


Abb. 10: Unterscheidung von lithostratigraphischen Einheiten mittels zweier Diskriminanzfunktionen Y_1 und Y_2 (aus KABEL & SCHRÖDER 1984)

Die zweite Trennvariable Y_2 ist bei den Kern- und Spülproben mit der Variablen Flint positiv, mit paläozoischem Kalkstein negativ korreliert. Sie läßt sich deuten als die Trennung südwestskandinavischer und ostfennoskandischer Einflüsse.

Der nächste Auswertungsschritt besteht in der Überprüfung der Zuordnung der

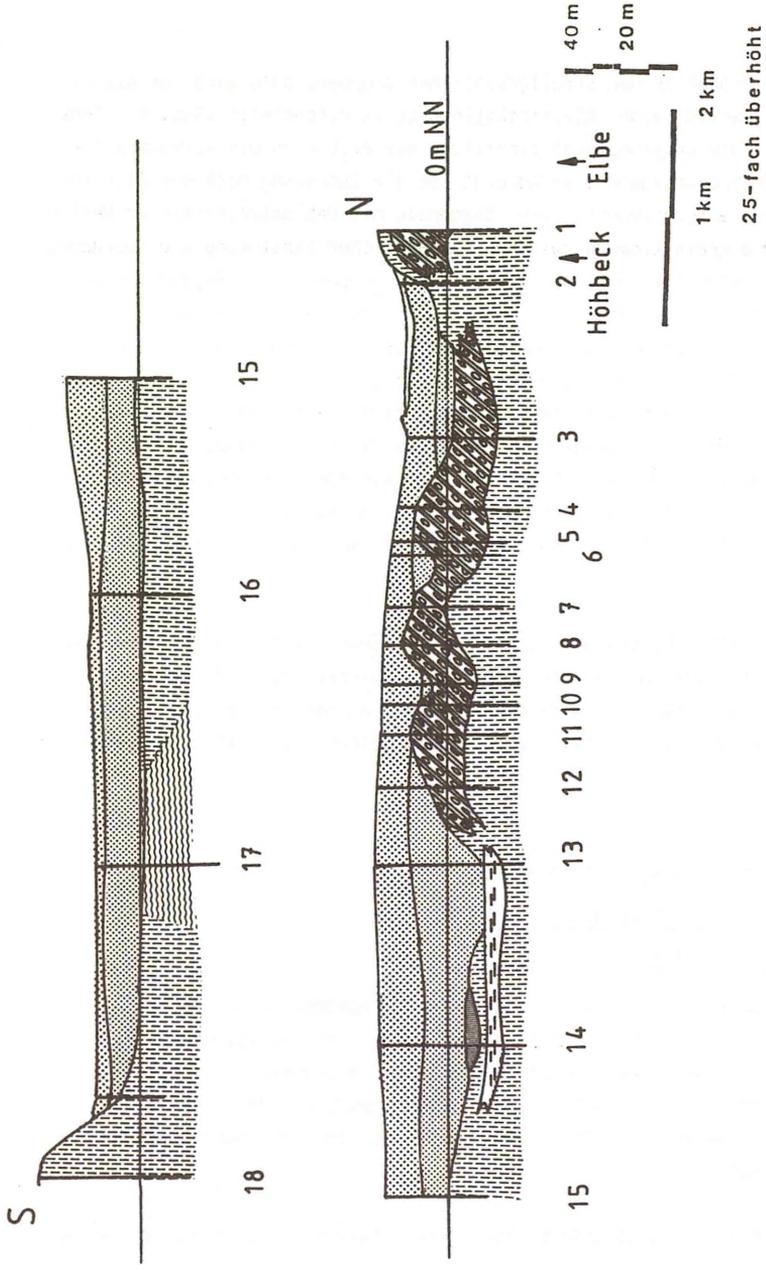


Abb. 11: Profil Gorleben (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12).

einzelnen Proben zu den stratigraphischen Gruppen. Dazu wird für die Probenarten jeweils eine Klassifikationsmatrix aufgestellt (Tab. 4). Senkrecht ist die ursprüngliche Einstufung der Proben in die lithostratigraphische Gruppe angegeben, waagrecht ist die Zuordnung nach der Diskriminanzanalyse aufgegliedert. Die Diagonale mit den unterstrichenen Werten zeigt die Übereinstimmung zwischen tatsächlicher Einstufung und Zuordnung nach der Diskriminanzanalyse. Die beste Zuordnung der Gruppenzugehörigkeit zeigen die präelsterkalt-zeitlichen Sande. Dann folgen die fluviatil beeinflussten Einheiten qDs-Sande und die Niederterrassenablagerungen, wobei für die ältere Niederterrasse wiederum eine Aufnahme glaziärer Sedimente durch Ähnlichkeiten in den Kiesspektren belegt ist. Bei den glaziären Sedimenten zeigen Warthe- und Drenthe(1)-stadiale bzw. Drenthe(2)-stadiale und elsterkaltzeitliche Kiesspektren ähnliche Zusammensetzung, d.h., sie haben hohe Zuordnungszahlen und sind leicht zu verwechseln, wenn nicht andere geologische Informationen die Zuordnung stützen.

Die statistische Auswertung mit Hilfe der beiden multivariablen Verfahren, der Diskriminanz- und der Faktorenanalyse, sichert die Aussagen über geologische Einflüsse auf die Kiesspektren gut ab und belegt die Eignung der petrographischen Kiesanalyse zur Unterscheidung lithostratigraphischer Einheiten.

5. DER AUFBAU DER NIEDERTERRASSE

5.1 Raum Gorleben-Dannenberg

5.1.1 Profil Gorleben

Das Profil Gorleben (Abb. 11) verläuft vom Hühbeck im Norden (s. Abb. 3) bis zum Öring im Süden. Es schneidet damit den südlichen Teil des Elbe-Urstromtales. Das Liegende der Niederterrasse besteht aus saalekaltzeitlichen Schmelzwassersanden und Geschiebemergel sowie Beckenschluffen. Autochthone eemwarmzeitliche Mudde bildet nur in einer Bohrung (GoHy 630) das Unterlager.

Im südlichen Profilabschnitt keilt die ältere Niederterrasse an den Ge-

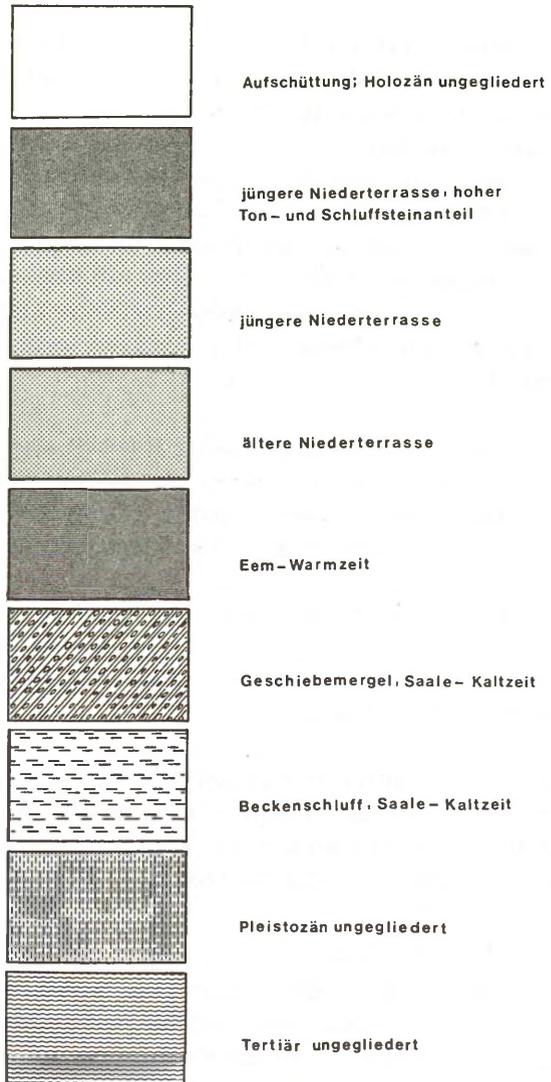


Abb. 12: Legende zu den Abb. 11, 13, 16-24

schiebemergelauftragungen des Öring aus. Im mittleren Profilabschnitt fehlt Geschiebemergel; dort liegen die Sedimente der älteren Niederterrasse eingetieft in Schmelzwassersande.

Im nördlichen Profilteil ist die Geestinsel Hühbeck die höchste Erhebung einer ehemaligen kuppigen Grundmoränenlandschaft. Die ältere Niederterrasse füllt deren tiefere Täler und Becken bis ca. + 10 bis 12 m NN auf. Im Gebiet der Geschiebemergelrücken ist dokumentiert, daß die ältere Niederterrasse keinesfalls tiefgreifende Reliefänderungen bewirkt hat. Sie hat vielmehr die vorhandene saalekaltzeitliche Glaziallandschaft, die in der Eem-Warmzeit offenbar wenig überprägt wurde, mit Sanden und Kiesen aufgefüllt .

Die jüngere Niederterrasse liegt flächenhaft über der älteren und setzt die "Einebnung durch Überschüttung" bis zu einer Höhe von max. + 27 m NN (GoHy 190) fort, so daß der größte Teil der Geschiebemergelauftragungen unter Sand und Kies der jüngeren Niederterrasse begraben ist.

Die oberflächennahen Teile der jüngeren Niederterrasse weisen ein fast ebenes Relief auf. In die Oberfläche zur Zeit der maximalen Überschüttung schneidet sich die Elbe wieder ein, am stärksten im nördlichen Profilabschnitt nahe des Hühbeck.

Hier liegt die Niederterrassenoberfläche bis 11 m tiefer als im mittleren Profilabschnitt (das entspricht einem Gefälle von ca. 0,27%). In diesem Profilteil wird die Niederterrasse von holozänem Auelehm überlagert, der bis zu 6 m mächtig ist (DUPHORN 1980).

5.1.2 Profil Dannenberg

Dieses Profil (Abb. 13) verläuft von Jasebeck im Norden bis Grabow im Süden und quert damit den südlichen Teil des Elbe-Urstromtals bis zur Geestinsel Rüterberg. Nach der Höhenlage der Niederterrassen-Basisfläche ist das Profil in zwei Abschnitte zu untergliedern:

Südteil:

Hier bildet nach den Bohrerergebnissen fast ausschließlich saalekaltzeitlicher Geschiebemergel die Unterlage für die Niederterrasse. Die Basis der

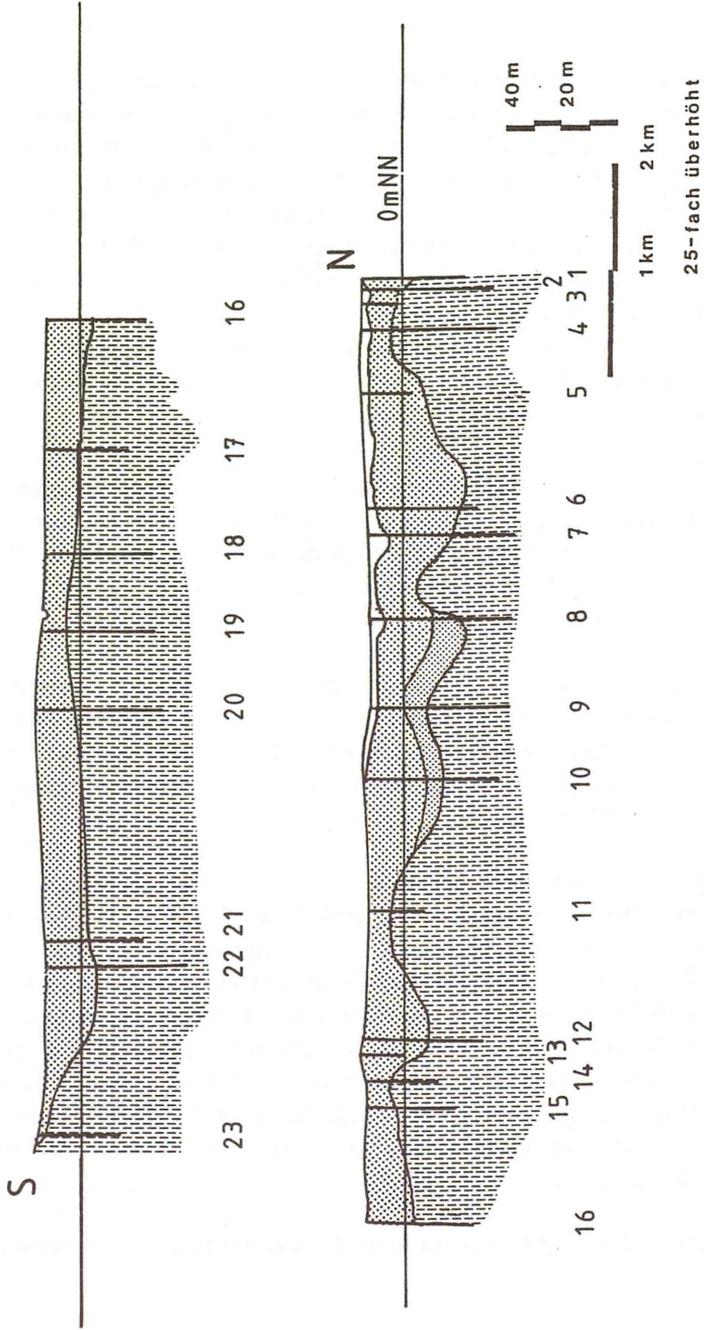


Abb. 13: Profil Dannenberg (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

Niederterrasse liegt einheitlich bei ca. 0 m NN. Die Geschiebemergeloberfläche hat kein ausgeprägtes Relief, was auf eine flache Grundmoränenlandschaft am Ende der Saale-Kaltzeit zurückzuführen ist. Innerhalb einer Kuppe reicht der Geschiebemergel bis + 6 m NN. In diesem Abschnitt fehlt die ältere Niederterrasse, die in den ausgewerteten Bohrchivunterlagen als grauer Mittel- bis Grobsand, an der Basis kiesführend, beschrieben ist. Die jüngere Niederterrasse ist mittel- bis grobsandig, stellenweise mit Kiesanteil, ausgebildet.

Dieser Profilanteil stellt den Übergang dar zur südlich gelegenen Geest mit der periglaziär geprägten Fazies der südlichen Nebenflüsse des Elbe-Urstromtales.

Nordteil:

Hier bildet neben saalekaltzeitlichem Geschiebemergel hauptsächlich Beckenton das Liegende der Niederterrasse. Im Unterschied zum Südteil ist das Basisrelief stärker differenziert. Zwischen Aufragungen aus Geschiebemergel und Ton, die bis +6 m NN reichen, sind Rinnen bis -25 m NN eingeschnitten.

In den tieferen Partien dieses Profilabschnittes sind nach den petrographischen Beschreibungen die Schichten in die ältere Niederterrasse einzustufen. Die Hauptkorngröße ist hauptsächlich Mittel- bis Grobsand, an der Basis mit steinhaltigen Kieslagen. Die maximale Höhe der älteren Niederterrasse liegt bei -1 m NN.

Die Basis der jüngeren Niederterrasse reicht in diesem Profilabschnitt bis -24 m NN. Der Korngrößenzusammensetzung nach ist die jüngere Niederterrasse ein Grobsand bis kiesiger Grobsand, lagenweise grobsandiger Kies, beige-braun. Die Oberfläche der jüngeren Niederterrasse liegt bei +14 m NN +/- 2 m. Im zentralen Bereich des Profils reicht die Oberfläche bis +18 m NN hinauf. Im nördlichen Profilabschnitt schneidet sich die Elbe wieder in die alte Terrassenoberfläche ein. Die Höhe der spätweichselkaltzeitlichen bis frühholozänen Einebnungsfläche liegt bei ca. +10 m NN. Die alten fluviatilen Rinnen reichen bis +6 m NN. Sie sind mit feinklastischen humosen Ablagerungen gefüllt.

Von MEYER (1983) sind Proben aus Kernbohrungen nordöstlich von Dannenberg

feinkiesanalytisch bearbeitet worden. Seine Ergebnisse lassen sich mit den Feinkiesanalysen aus Gorleben nur bedingt vergleichen (MEYER 1983), da in die Kieskomponente "Nordisches Sediment" auch die braunen Sandsteine und Quarzite einbezogen sind. MEYER betont, daß es sich bei den braunen Sandsteinen und Quarziten nicht um nordisches Material handelt. Die Unterteilung der Niederterrasse in eine ältere (qNa) und eine jüngere (qNj) aufgrund unterschiedlicher Anteile südlicher Kieskomponenten läßt sich für Milchquarz und Restquarz (Abb. 41) direkt aus den Gorlebener Analysenergebnissen bestätigen. In den Analysenergebnissen MEYER's bestätigt sich auch, daß die ältere Niederterrasse nicht flächenhaft verbreitet ist.

5.1.3 Regionaler Überblick

Über den Untergrund der Niederterrasse im Raum Gorleben-Dannenberg (Abb. 2) geben die Bohrungen des "Hydrogeologischen Untersuchungsprogrammes Gorleben" hinreichend Auskunft (DUPHORN 1980, 1983).

Die Sedimente im Liegenden der Niederterrasse sind überwiegend saalekaltzeitliche Geschiebemergel, Schmelzwassersand und Beckenschluff. An zwei Fundpunkten wurden eemwarmzeitliche Sedimente nachgewiesen, darunter eine autochthone Mude.

Für die Ablagerungen der Niederterrasse ergibt sich eine geröllpetrographische Zweiteilung in

- jüngere Niederterrasse (qNj)
- ältere Niederterrasse (qNa).

Die ältere Niederterrasse ist im gesamten Urstromtal mit Ausnahme der durchragenden Geestkerne Hühbeck und Langendorfer Geestinsel sowie einiger Geschiebemergelauftragungen (Abb. 14) verbreitet. Die durchschnittliche Höhe der Basisfläche beträgt -6 m NN, die Oberfläche liegt bei +10 m bis +12 m NN (Abb. 11, 14). Im mittleren Laufabschnitt zwischen Hühbeck im Norden und Öring im Süden bedingen Geschiebeauftragungen ein wechselvolles Relief und zwingen den Elbelauf zu abrupten Richtungsänderungen. Das Relief wird durch Abflußrinnen verstärkt, die sich zwischen Geschiebemergelauftragungen in saalekaltzeitliche Schmelzwasserablagerungen bis zu -10 m NN einschneiden.

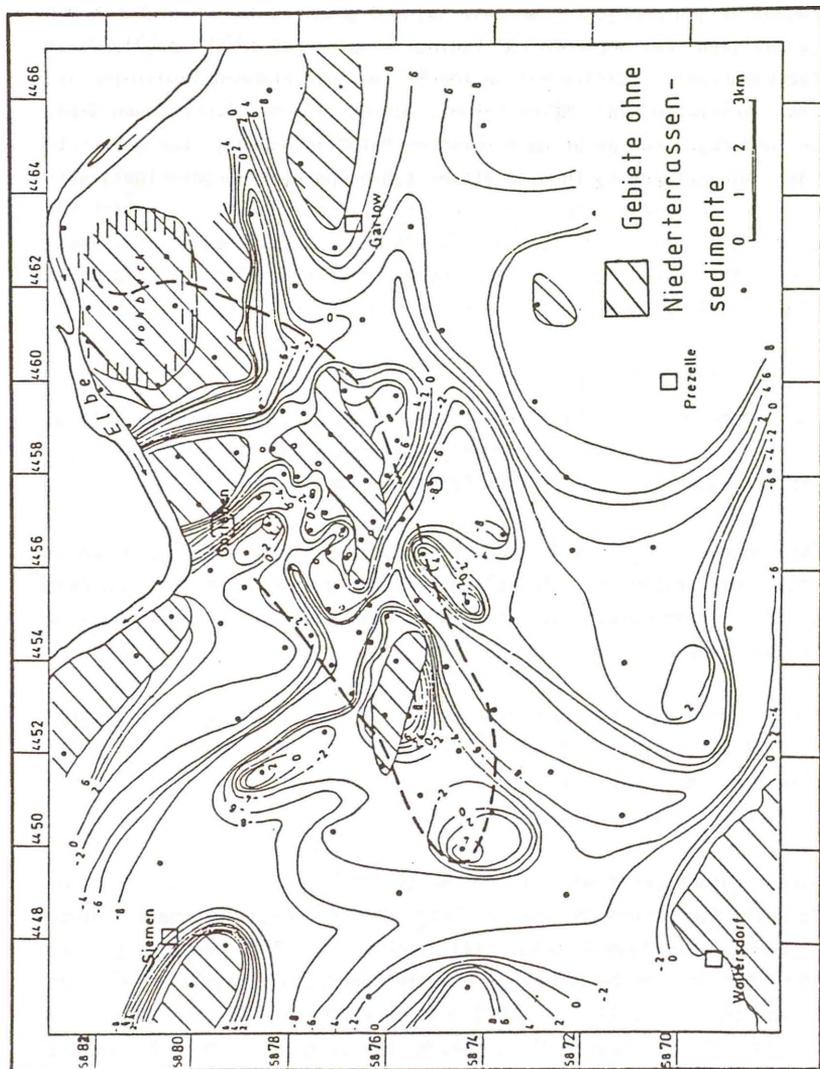


Abb. 14: Basisfläche der älteren Niederterrasse im Raum Gorleben (m NN)

Die ältere Niederterrasse bildet einen Grobsand- bis Kiessandkörper, an dessen Basis sich häufig Schotterlagen einschalten. Nach den Korngrößenanalysen (Abb. 9) sind die Niederterrassensande besser sortiert als die glaziären Schmelzwassersande. In Kernen aus Aufschlußbohrungen sind cm- bis dm-mächtige Wechsellagerungen von verschiedenen gekörnten Sanden zu erkennen. Zum Hangenden hin wird die ältere Niederterrasse feinkörniger, Hauptkomponente ist Mittelsand.

Die petrographische Zusammensetzung der Sandfraktion, die während der Dünnschliffuntersuchungen ebenfalls geprüft worden ist, belegt die sehr geringe kompositionelle Reife des Niederterrassensandes. Der Kalkgehalt der Niederterrasse wechselt je nach Position. In tieferen Lagen und im Stromschatten von Geschiebemergelauftragungen ist sie meist kalkig, in höheren Lagen meist kalkfrei; sie ist durchgehend grau bis graubunt.

Über der älteren Niederterrasse liegt die jüngere Niederterrasse. Sie ist durch Überschüttung eines Teils der Geschiebemergelauftragungen (Abb. 15) noch weiter verbreitet als die ältere Niederterrasse. Eine stärkere Richtungs-Angleichung der Flußrinnen an die Hauptstromrichtung Südosten-Nordwesten ist festzustellen.

Die jüngere Niederterrasse ist in den basalen Partien als kiesiger Grobsand bis grobsandiger Kies anzusprechen, wobei Wechsellagerung mit Fein- bis Mittelkiessandschichten auftritt. Nachweisen läßt sich die lokale Aufarbeitung von älteren glaziären Ablagerungen dort, wo im Abstrombereich einer Geschiebemergelauftragung kalkige Sande der jüngeren Niederterrasse über kalkfreien Sanden der älteren Niederterrasse liegen. Die Aufnahme von Sanden der älteren Niederterrasse durch die jüngere ist durch Kernstrecken belegt, welche die Grenzfläche erfaßt haben und für die petrographische Feinkiesanalyse beprobt worden sind (GoHy 162, 10,0 - 11, 2 m).

Ein erhöhter Anteil an braun durchgefärbten Quarz- und Feldspätkörnern (s. 3.2) erzeugt einen beige-braunen Gesamteindruck in der Färbung.

Das Kiesspektrum der älteren Niederterrasse unterscheidet sich von den Spektren der liegenden glaziären Schichten durch Vorhandensein der folgenden Komponenten, die überwiegend braune Farbtöne haben:

- lederbraune Porphyre
- braune Sandsteine und Quarzite
- vereinzelte braune, kantengerundete, polierte Feldspatbruchstücke.

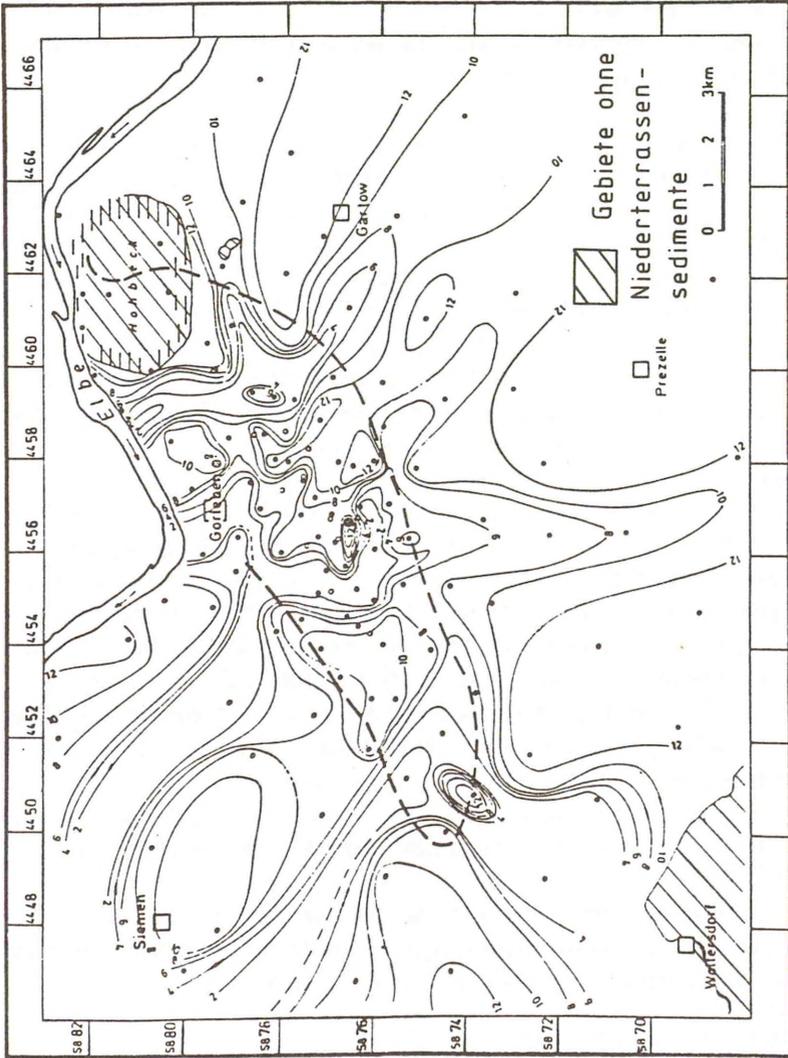


Abb. 15: Basisfläche der jüngeren Niederterrasse im Raum Gorleben (m NN)

Dazu kommen in höheren Anteilen die Komponenten Restquarz und Milchquarz, die in den glaziären Sedimenten durchweg in sehr geringen Mengen vertreten sind; Ausnahmen sind die drethestadial eingestufteten Sande einer fluvia-tilen/glazifluviatilen Mischfazies (KABEL & SCHRÖDER 1984), die im Untersuchungsgebiet erbohrt worden sind.

Die ältere Niederterrasse hat im Vergleich zu den glaziären Kiesspektren ein niedriges Verhältnis von Kristallin zu Sandstein und Quarzit; daneben ist ein meist niedriger Anteil an braunen Sandsteinen und Quarziten charakteristisch (Abb. 39). In der groben Fraktion ist der Anteil an Proben ohne braune Sandsteine und Quarzite größer als in der freien Fraktion. Der z.T. starke Einfluß glaziären Materials kommt in den Proben ohne braune Sandsteine und Quarzite zum Ausdruck und läßt sich auf die Aufarbeitung von lokalem älterem Sediment zurückführen. Die Einstufung dieser Proben ist jeweils in der gleichen Bohrung durch tieferliegende Proben mit eindeutigen Spektren gesichert.

Zur Unterscheidung der Niederterrassenablagerungen anhand der Kiesspektren von den glaziären Sedimenten kann man auch das Komponentenpaar Milchquarz und Restquarz heranziehen, in dem die glaziären Proben durchweg sehr geringe Anteile (< 3%) haben, also im Dreieck Kristallin/Milchquarz/Restquarz in der Kristallinecke liegen. Auf die Korngrößenabhängigkeit des Verhältnisses von Milchquarz und Restquarz ist schon in 4.1.2 hingewiesen worden.

Der fluviatile, südliche Einfluß auf das Kiesspektrum äußert sich auch im Gehalt der südlichen Porphyre (Abb. 33); in der Fraktion 6,3 - 12,5 mm ist eine positive Korrelation zwischen den Anteilen der südlichen Porphyre und brauner Sandsteine und Quarzite zu erkennen, in der Fraktion 4,0 - 6,3 mm ist die Korrelation nicht mehr so gut. Mögliche Ursache ist die stärkere mechanische Abnutzung der südlichen Porphyre während des Transportes (Abb. 33).

Das Kiesspektrum der jüngeren Niederterrasse unterscheidet sich vom Spektrum der älteren durch einen höheren Anteil an braunen Sandsteinen und Quarziten, südlichen Porphyren sowie Milch- und Restquarz.

Der Anteil südlicher Porphyre sowie brauner Sandsteine und Quarzite ist in der jüngeren Niederterrasse beträchtlich höher als in der älteren (Abb. 32, 33). Obwohl ein Bereich der Überlappung in den Spektren auszuweisen ist, kommt in der Belegungsdichte die starke Unterschiedlichkeit der beiden Einheiten zum Ausdruck: nur 10% aller Proben liegen im Überlappungsbereich. Neben den unterschiedlichen Anteilen der Komponenten in der älteren und der jüngeren Niederterrasse läßt sich für die jüngere eine stärkere positive Korrelation zwischen den Anteilen brauner Sandsteine und Quarzite und südlicher Porphyre als in der älteren Niederterrasse belegen (Abb. 32,33). Die Verhältnisse zwischen diesen Kieskomponenten sind in der groben Fraktion ganz ähnlich wie in der feinen Fraktion. Im Vergleich dazu läßt sich das gleichsinnige Verhalten der braunen Sandsteine und Quarzite sowie der südlichen Porphyre im Kiesspektrum der älteren Niederterrasse nur für die Fraktion 6,3 - 12,5 mm gut erkennen.

Der Anstieg des Anteils brauner Sandsteine und Quarzite erfolgt in den Proben aus der Niederterrasse nicht auf Kosten der übrigen Sandsteine und Quarzite, sondern zu Lasten aller nordischen Kieskomponenten, was am insgesamt niedrigeren Kristallinanteil (Abb. 38,39) erkennbar ist. Auffällig ist die gleichmäßige Besetzungsdichte der Proben aus der jüngeren Niederterrasse im Dreieck Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Sandsteine und Quarzite (Abb. 38).

Aus dieser Einheit liegen nur wenige Proben im Wertefeld der älteren Niederterrasse; solche Proben sind in den tieferen Teil der jüngeren Niederterrasse zu stellen (s.o.), wie durch Proben mit eindeutigem Spektrum im Liegenden bewiesen werden kann. Im Übergangsbereich ältere/jüngere Niederterrasse ist die wiederholte Wechsellagerung von sandiger älterer Niederterrasse und kiesiger jüngerer Niederterrasse gekernt und kiesanalytisch überprüft worden. Im Zusammenhang mit dem unter 4.2 beschriebenen Verhalten der braunen Sandsteine und Quarzite zu den südlichen Porphyren ist hierdurch belegt, daß es sich bei den braunen Sandsteinen und Quarziten nicht um eine Verwitterung in situ handelt.

Die Gehalte an Milchquarz und Restquarz tendieren in der jüngeren Niederterrasse zu höheren Werten als in der älteren (Abb. 34,35); aber durch den

großen Überlappungsbereich bei beiden Spektren wird deutlich, daß in der feinen Fraktion (4,0 - 6,3 mm) in beiden Einheiten der gleiche Trend herrscht: ähnliche Verhältnisse zwischen Restquarz und Milchquarz bei wechselnden Anteilen an der Gesamtprobe. In der groben Fraktion 6,3 - 12,5 mm ist der Anteil an Restquarz auch in der jüngeren Niederterrasse trotz stark schwankender Milchquarzanteile sehr gering (s. 4.1.2).

Im Dreieck Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz (Abb. 36, 37) lassen sich ältere und jüngere Niederterrasse gut unterscheiden. Zwischen braunen Sandsteinen und Quarziten und Milchquarz gibt es keine Korrelation im Verhalten, belegt durch die große Streubreite der Proben mit gleichmäßiger Besetzungsdichte.

5.2 Raum Bleckede bis Winsen

5.2.1 Profil Bleckede

Das Profil Bleckede (Abb. 16) verläuft vom Bleckeder Geestrand im Süden bis zum Boizenburger Geestrand im Norden. Dieses Drillbohrprofil quert somit das gesamte Tal. Die Bohrungen des Profils sind durchgehend kiespetrographisch beprobt.

Das Liegende der Niederterrasse läßt sich dreigliedern in:

Tertiärton im nördlichen Profilteil, saalekaltzeitlichen Geschiebemergel und Schmelzwassersand im mittleren Profilteil, und saalekaltzeitlichen Geschiebemergel im südlichen Profilteil. Der saalekaltzeitliche Geschiebemergel reicht bis max. -4 m NN hoch, Schmelzwassersand und Tertiärton bis ca. -7 m NN (+/-1m).

Das Basisrelief der Niederterrasse ist bis auf einige flache, in den saalekaltzeitlichen Schmelzwassersand eingeschnittene Rinnen (max. Tiefe -17 m NN) sehr ausgeglichen (-6 m bis -9 m NN).

Direkt unter dem Schmelzwassersanden liegende spätsaalekaltzeitliche Beckenschluffe deuten daraufhin, daß das spätsaalekaltzeitliche Akkumulationsniveau nicht unterschritten worden ist. Der ältere Niederterrasenkörper besteht im Südteil des Profils aus mittelsandigem Grobsand, der schwach feinkiesig und kalkig ist.

Die maximale Aufschüttungshöhe der älteren Niederterrasse läßt sich wegen

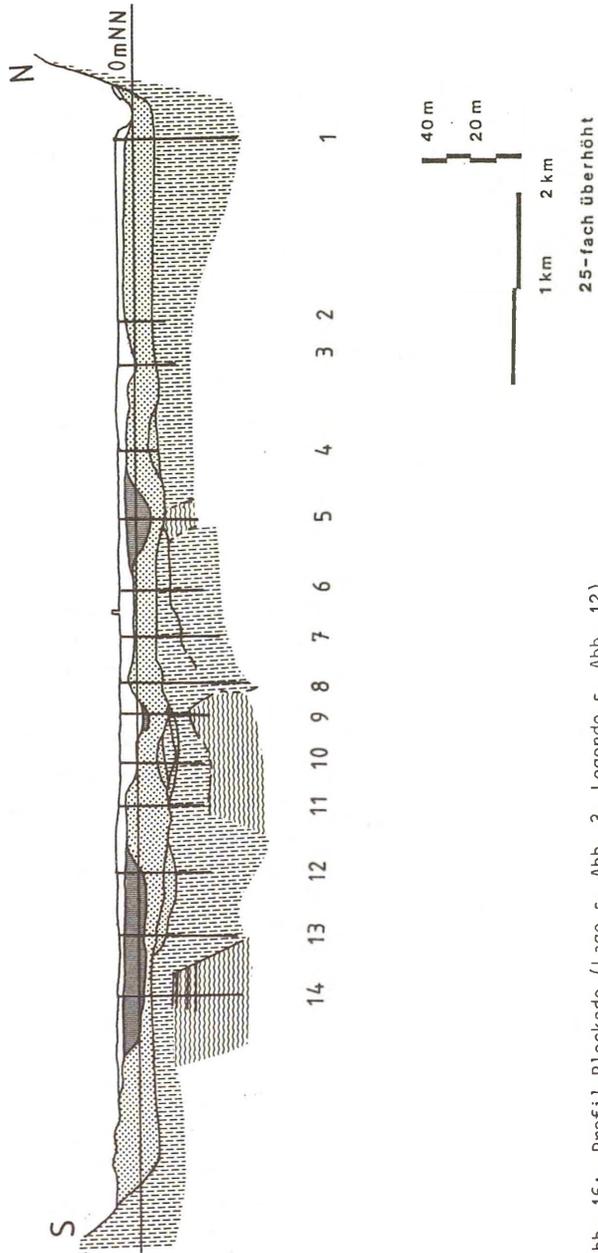


Abb. 16: Profil Bleckede (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

der Aufarbeitung durch die jüngere Niederterrasse nicht festlegen.

Die jüngere Niederterrasse liegt über den älteren Schichten mit einer durchschnittlichen Basisflächenhöhe von -9 m NN +/- 2 m. Die jüngere Niederterrasse bildet einen mittelsandigen, schwach feinkiesigen Grobsandkörper, der im unteren Bereich kalkig ist. Die Korngrößenzusammensetzung nimmt nach oben generell ab. Als maximale Höhe der Niederterrassenoberfläche ist +8 m NN anzusetzen.

An der Grenze Spätglazial/Holozän beginnt die Sedimentation humoser Schluffe und Tone.

5.2.2 Profil Lauenburg

Das Profil Lauenburg (Abb. 17) verläuft von Scharnebeck im Süden bis Lauenburg im Norden. An beiden Talrändern sind Steilufer ausgebildet. Die Basisfläche der Niederterrasse gliedert sich aufgrund der Höhenlage in je einen

- Südteil, im Liegenden glazifluviatiler Sand und Lauenburger Ton; mittlere Höhenlage der Basisfläche bei -15 m NN,
- Mittelteil im Liegenden wieder Geschiebemergel sowie Sande und Schluffe und Lauenburger Ton; mittlere Höhenlage bei -9 m NN, darin eingeschnitten bis zu 6 m tiefe Rinnen.
- Nordteil, die Sedimente im Liegenden sind saalekaltzeitlicher Geschiebemergel und Schmelzwassersand, daneben Lauenburger Ton; die mittlere Höhenlage der Basisfläche beträgt -17 m NN, sie ist flach gewellt.

In diesem Profil, aus Archivbohrungen zusammengestellt, ist die ältere Niederterrasse nicht nachgewiesen worden. Sämtliche Niederterrassensedimente sind nach der petrographischen Ausbildung in die jüngere Niederterrasse einzustufen. Sie ist ein Mittel- und Grobsandkörper, sehr schwach kiesig, schwach kalkig, in den oberen Partien kalkfrei. Die Maximalhöhe der Niederterrasse liegt bei ca. +7 m NN. In die spätweichselkaltzeitliche Niederterrassenoberfläche hat die Elbe sich ca. 5 m eingeschnitten. Diese Flußrinnen sind ebenso mit feinklastischem humosen Sediment gefüllt wie der Rest der Talaue.

5.2.3 Profil Winsen

Das Profil Winsen (Abb. 18) verläuft vom Bahlberg im Süden bis Stove als Drillbohrprofil; der weiter nördlich liegende Abschnitt bis zum Geestufer

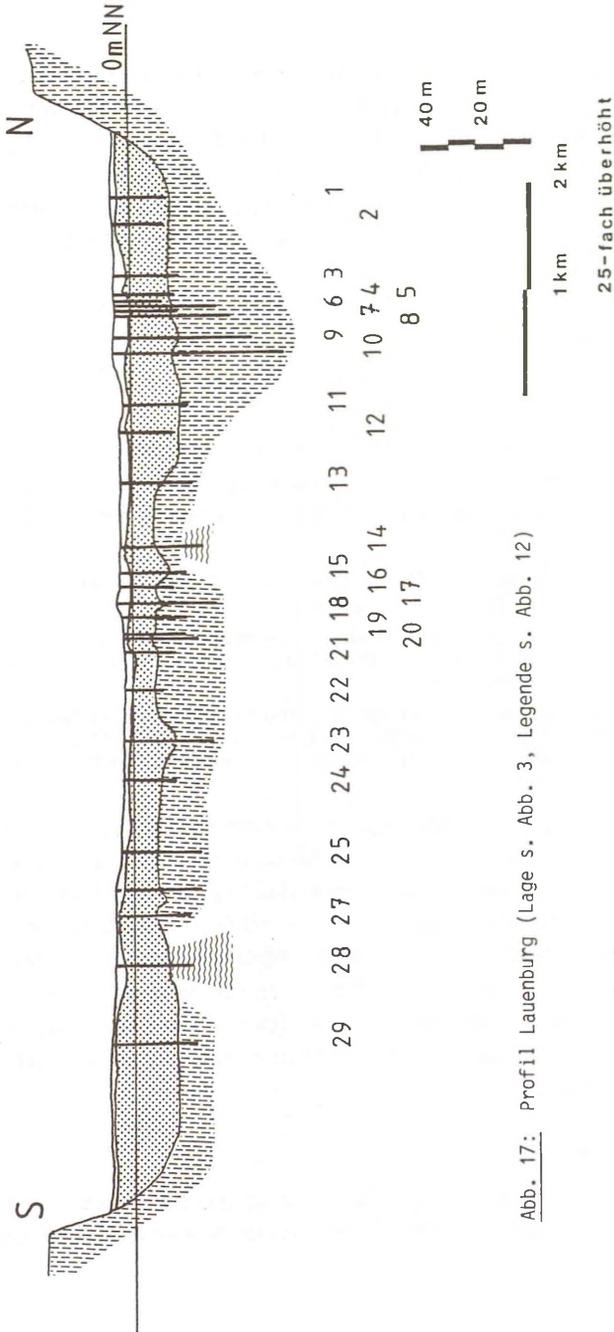


Abb. 17: Profil Lauenburg (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

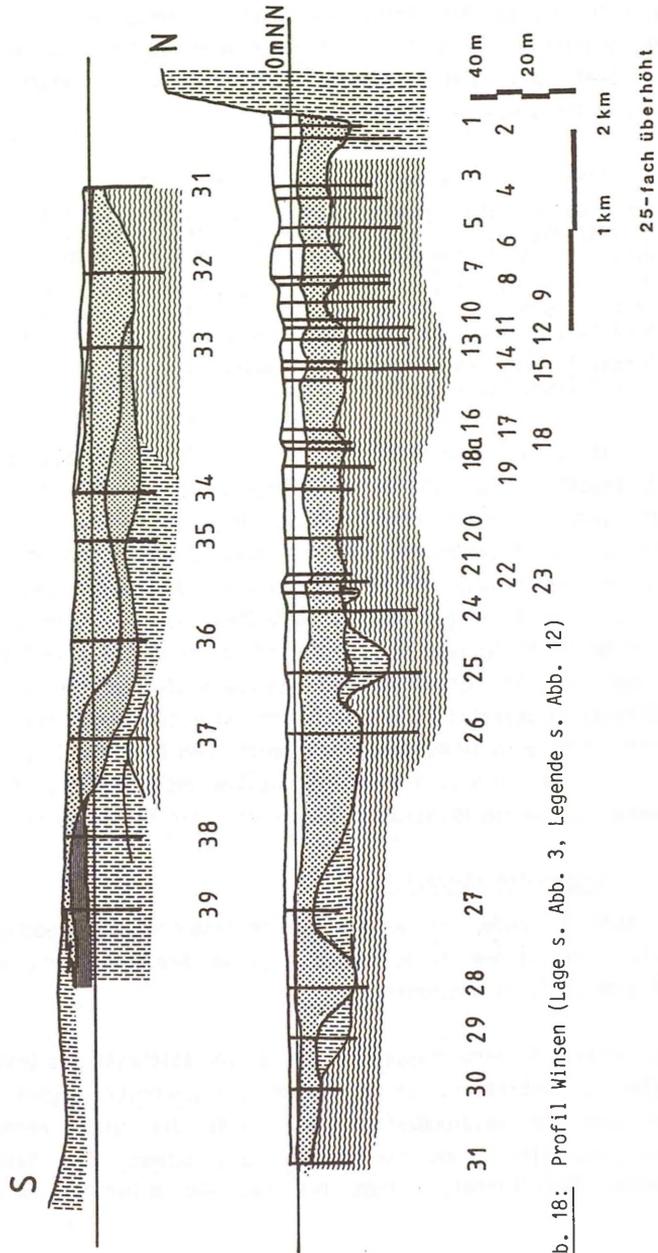


Abb. 18: Profil Winsen (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

bei Escheburg ist nach Archivunterlagen zusammengestellt.

Der südliche Talrand ist als flacher Hang ausgebildet, der nördliche ist ein Steilufer. Hier geht die Niederterrasse über in weichselkaltzeitlich geschüttete Sande der Luhe.

Die Basisfläche der Niederterrasse gliedert sich in je einen

- Südteil, wo im Liegenden neben Tertiärsanden bzw. saalekaltzeitlichen Schmelzwassersanden eine eemwarmzeitliche Mudde erbohrt wurde. Hier steigt die Niederterrassenbasis von -17 m auf -3 m NN an,
- Mittelteil mit saalkaltzeitlichem Geschiebemergel bzw. Tertiärton oder -sand als Auftragungen im Liegenden. Die Auftragungen reichen bis -7 m NN hinauf, die dazwischenliegenden Rinnen erreichen -27 m NN,
- Nordteil, der im Liegenden Tertiärton aufweist; die Höhe der Basisfläche liegt bei -7 m NN +/- 2 m.

Die ältere Niederterrasse ist nur im südlichen Profilteil nachgewiesen. Sie besteht hauptsächlich aus Fein- und Mittelsand, der Kiesanteil ist sehr gering. Die Korngröße nimmt zum Hangenden hin ab. Die ältere Niederterrasse keilt bei ca. +1 m NN am Talrand aus. Die jüngere Niederterrasse ist aus sehr schwach kiesigem Mittel- bis Grobsand aufgebaut. Sie ist in den unteren Bereichen kalkig. Ihre Oberfläche liegt im Nordteil bei ca. -4 m NN, im Mittelteil bei ca. 0 m NN, und sie steigt im Südteil auf +1 m an und keilt am Talrand aus. Die jüngere Niederterrasse verzahnt sich mit solifludial/fluviatil transportiertem kiesigen Sand der Luhe. Die Niederterrasse wird im mittleren und nördlichen Profilteil von spätweichselkaltzeitlichem bis holozänen, fluviatilen und perimarinem Ton und Schluff überlagert, dessen Mächtigkeit nach Norden hin stetig zunimmt.

5.2.4 Regionaler Überblick

Im Raum Bleckede bis Winsen sind im Liegenden der Niederterrasse neben saalekaltzeitlichen Ablagerungen miozäner Braunkohlensand und -ton (KUSTER & MEYER 1979) beschrieben.

Die ältere Niederterrasse ist in diesem Abschnitt des Urstromtales nur teilweise verbreitet; im mittleren Laufabschnitt dieses Gebietes, in Bohrungen für Baugrundaufschlüsse, fällt die Unterscheidung zwischen glazifluviatilen und fluviatilen Sand schwer. Die Basisfläche der älteren Niederterrasse liegt bei ca. -10 m bis 11 m NN und fällt bis

Winsen auf ca. -16 m ab. Bei Bleckede besteht die ältere Niederterrasse aus feinsandigem, sehr schwach kiesigen Mittel- bis Grobsand, in der Regel kalkig, bei Aufarbeitung von viel Tertiärmaterial dagegen kalkfrei und holzkohleführend. Bis nach Winsen tritt eine Verringerung der Hauptkorngröße zu grobsandigem Fein- bis Mittelsand ein.

Kiespetrographisch ergibt die Auswertung von 196 Proben aus zwei Drillbohrprofilen, bei Bleckede (Abb. 16) und bei Winsen (Abb. 18), ebenfalls eine Zweiteilung der Niederterrasse.

Die ältere Niederterrasse unterscheidet sich von den glaziären Schichten durch das Auftreten brauner Sandsteine und Quarzite sowie einen höheren Milchquarzgehalt (Abb. 42 bis 47).

Von Bleckede nach Winsen nimmt der Milchquarzgehalt in der älteren Niederterrasse ab (Abb. 43, 47). Die gleichzeitige (geringe) Verschiebung des Kristallin/Sandstein und Quarzit-Verhältnisses zugunsten des Kristallins ist durch lokale Zumischung von glaziärem Material (Abb. 42, 45) aus dem nördlich gelegenen vergletscherten Gebiet zu erklären.

Die jüngere Niederterrasse ist in der gesamten Breite des Talabschnittes nachweisbar; meist Grobsand, fein- und mittelsandig, sehr schwach kiesig. Die Kalkgrenze liegt innerhalb der jüngeren Niederterrasse, deren unterer Teil kalkfrei ist. Zum oberen Teil der jüngeren Niederterrasse hin tritt allgemein eine Korngrößenverringerng auf.

Die jüngere Niederterrasse hat die ältere Niederterrasse stellenweise aufgearbeitet und ausgeräumt. Eine tiefergehende Erosion ist als sehr gering anzusehen; vielmehr hat sich die Niederterrasse an ein präweichselkaltzeitlich vorgegebenes Relief angepaßt und dieses geringfügig überprägt.

Das Kiesspektrum der jüngeren Niederterrasse unterscheidet sich von dem der älteren durch erhöhten Anteil südlicher Komponenten (Abb. 44, 47). Südliche Porphyre treten nur noch vereinzelt auf, so daß eine graphische Auswertung dieser Komponente nicht mehr sinnvoll ist.

Proben mit hohen Milchquarz-Anteilen wie im Raum Gorleben fehlen; auch für

die braunen Sandsteine und Quarzite ist eine generelle Abnahme der Anteile gegenüber den nordischen Kieskomponenten festzustellen. In den oberen Teilen der jüngeren Niederterrasse im Profil Bleckede steigt der Anteil an Ton- und Schluffstein merklich an; im gleichen Bereich ist eine deutliche Verringerung des Gehaltes an südlichen Komponenten festzustellen (Abb. 16).

Von Bleckede bis nach Winsen zu bleibt das Verhältnis Milchquarz/Restquarz fast gleich (Abb. 43, 46). Der durchschnittliche Gehalt an braunen Sandsteinen geht noch weiter zurück (Abb. 42, 45), wobei das Verhältnis braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz annähernd so bleibt wie in Bleckede (Abb. 44, 47).

Über der jüngeren Niederterrasse liegen großflächig spätglaziale bis holozäne feinkörnige Auesedimente.

Zusammenfassend lassen sich aus den Kiesanalysen im Gebiet Bleckede-Winsen folgende Verhältnisse für die Niederterrasse beschreiben:

- Trotz einer generellen leichten Abnahme der südlichen Kieskomponenten durch Verdünnung läßt sich in den Kiesspektren eine eindeutige Abtrennung vom Unterlager und eine Unterteilung der Niederterrassenablagerungen durchführen.
- Während der Spätphase der Sedimentation der jüngeren Niederterrasse hat es eine lokale Schüttung von glaziärem Material ohne braune Sandsteine und Quarzite, jedoch mit vielen Ton- und Schluffsteinen gegeben.

5.3 Raum Hamburg bis Horneburg

5.3.1 Profil Hamburg

Im Stadtgebiet Hamburg verengt sich das Elbe-Urstromtal auf ca. 8 km Breite, begrenzt durch zwei Steilufer. Die Basisfläche der Niederterrasse läßt sich dreigliedern (Abb. 19) in:

- einen Südteil, im Liegenden Geschiebemergel und Schmelzwassersande sowie tertiäre Sande bis Tone; mittlere Höhenlage der Basisfläche bei -21 m NN; in diesem Profilabschnitt sind auch Rinnen eingeschnitten, die tiefste bis -29 m NN,
- einen Mittelteil; die Sedimente im Liegenden sind die gleichen wie im Südteil; Höhenlage bei ca. -16 m NN mit Rinneneintiefungen bis ca. -25 m NN,

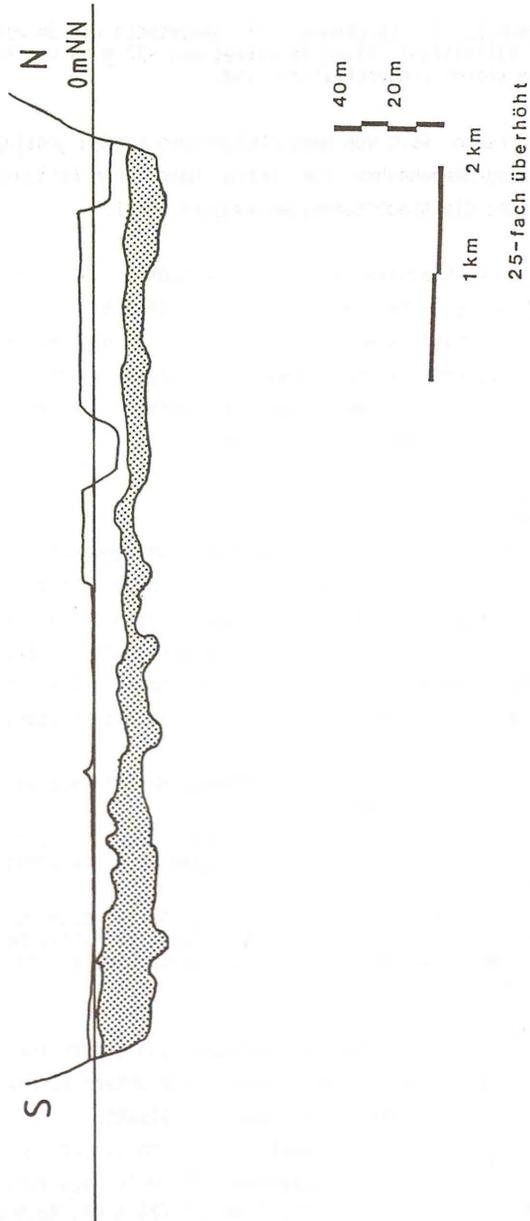


Abb. 19: Profil Hamburg (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

- einen Nordteil, im Liegenden mit Sedimenten wie im Mittelteil; die Höhe der Basisfläche liegt im Mittel bei -22 m NN mit einigen Rinnen, die ca. 7 m tiefer eingeschnitten sind.

Die Niederterrasse wird von gemischtkörnigen Sanden gebildet, wobei eine generelle Korngrößenabnahme von unten nach oben festzustellen ist. Im oberen Teil sind die Niederterrassensande kalkfrei.

Die Oberfläche der Niederterrasse liegt im Südteil bei -5 m NN +/- 2 m, im Mittel- und Nordteil des Profils bei ca. - 11 m NN +/- 2 m, wobei Rinnen bis 10 m NN eingetieft sind. Überlagert wird die Niederterrasse von spätweichselkaltzeitlichen bis holozänen Verlandungssedimenten.

Eine Dreigliederung der weichselkaltzeitlichen Niederterrasse im Sinne PALUSKAs (1976) ist nicht nachvollziehbar.

5.3.2 Profil Horneburg

Das Profil Horneburg (Abb. 20) verläuft vom Geestrand bei Horneburg im Süden bis zur Elbe (Stromkilometer 642,5) als Drillbohrprofil. Der nördlich anschließende Teil bis nach Wedel ist nach Archivunterlagen zusammengestellt. Die Drillbohrungen auf niedersächsischer Seite sind durchgehend kiespetrographisch bearbeitet (Fraktionen 2,0 - 4,0 mm; 4,0 - 6,3 mm). Nach den Bohrergebnissen ist die Niederterrassenbasis zu untergliedern in:

- einen Südteil mit Tertiärton, Geschiebemergel, Schmelzwassersanden und Beckenschluff im Liegenden,
- einen Mittelteil, in dem glazifluviatile Sande, z.T. in Schluff übergehend, das Liegende bilden. In diesem Profilabschnitt verläuft die Basis einheitlich bei -24 m NN;
- einen Nordteil, der im Liegenden der Niederterrasse Beckenton und Geschiebemergel aufweist. Die Basisfläche liegt im Mittel bei -21 m NN. In das Unterlager sind zwei Rinnen eingetieft, eine bis ca. -27 m NN, die andere bis ca. 33 m NN.

Die petrographische Beschreibung der Bohrungen ergibt für die Niederterrasse eine Unterteilung in zwei Körper. Der untere Körper ist aufgebaut aus grobsandigem, sehr schwach kiesigem Mittelsand.

Der obere Körper hat an seiner Basis eine stark kiesige Grobsandlage, die stellenweise in eine Kieslage übergeht. Die Höhenlage dieser geringmächtigen Schicht schwankt zwischen -18 m NN und -24 m NN. Nach oben hin nimmt

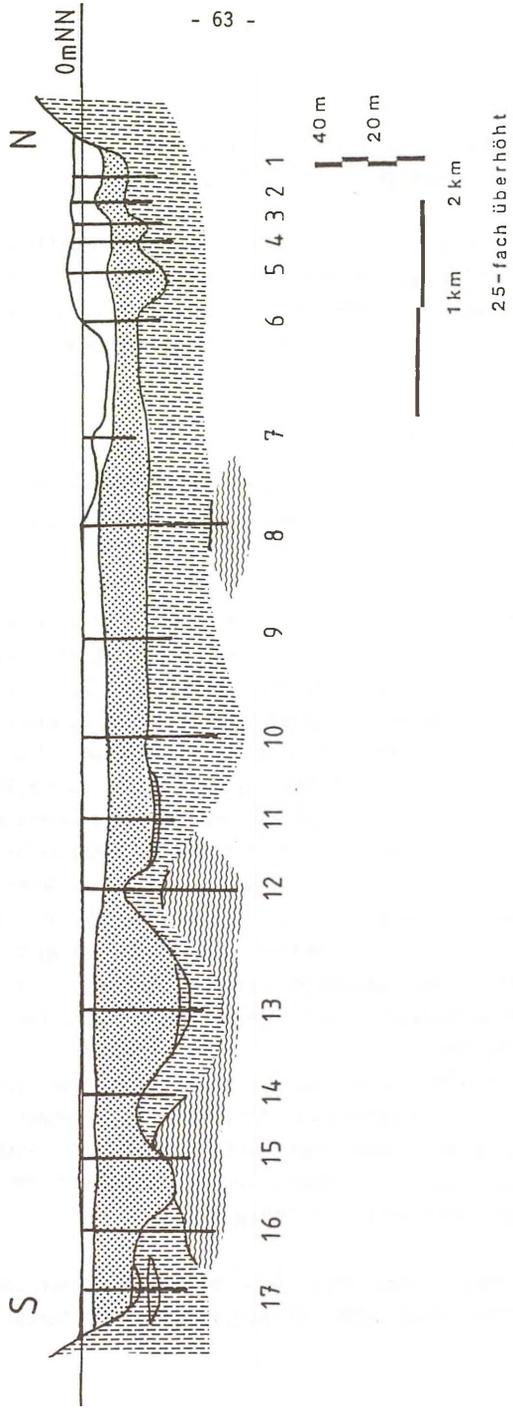


Abb. 20: Profil Hornburg (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

die Korngröße rasch wieder bis zu einem mittelsandigen Feinsand ab. Die Kalkgrenze liegt in diesem oberen Körper.

Die Niederterrassenoberfläche liegt als Verebnungsfläche bei ca. -5 m NN. Im Nordteil sind weitgespannte Eintiefungen bis -13 m NN mit holozänen Ablagerungen gefüllt. Im Mittelteil hängt die Oberfläche weitspannig bis ca. -9 m NN durch. Im Südteil ist die alte Oberfläche bei ca. -5 m NN erhalten.

5.3.3 Regionaler Überblick

Vom Hamburger Staatsgebiet gibt es aus zahlreichen Baugrundaufschlüssen Informationen über die Niederterrasse, ihr Liegendes und die holozäne Überdeckung.

Die ältere Niederterrasse läßt sich im ca. 8 km breiten Urstromtal anhand der untersuchten Proben nur noch bei Horneburg mit Schwierigkeiten gegen die älteren glaziären Schichten abgrenzen. Die jüngere Niederterrasse dagegen ist flächenhaft verbreitet und weist im Kiesspektrum eindeutige Unterschiede zu Spektren aus glaziären Sedimenten auf (s.u.).

Die Basisfläche der Niederterrasse liegt im Durchschnitt bei -22 m NN, wobei in Rinneneinschnitten größere Tiefen erreicht werden. Im basalen Teil der Niederterrasse sind stellenweise Schotterlagen erbohrt worden. Diese sind als Restsedimente saalekaltzeitlicher Schmelzwassersande bzw. Geschiebemergel anzusehen. Die Niederterrasse ist hauptsächlich aus Mittel- und Grobsand aufgebaut, lagenweise ist mittelsandiger Feinsand eingeschaltet. Der Kiesanteil ist so gering, daß es für die petrographische Feinkiesanalyse erforderlich wurde, neben der Fraktion 4,0 - 6,3 mm auch die Fraktion 2,0 - 4,0 mm zu untersuchen. In den obersten Schichten der Niederterrasse, unterhalb der perimarin feinklastischen Sedimente, sind schotterführende Schichten in Bohrungen nachgewiesen, die allerdings kiespetrographisch nicht beprobt werden konnten. Die Herkunft der Gerölle aus der südlich gelegenen "Vorgeest" (GRIPP 1925, 1933) ist durch Kartierungen gesichert (MEYER 1982).

Aus dem Hamburger Raum vorliegende Bearbeitungen von Sedimenten im Elbtal schließen petrographische Feinkiesanalysen an Sandproben verschiedenen

Alters ein (EHLERS 1981); deren Resultate lassen sich aber nicht mit den hier vorgelegten Untersuchungsergebnissen vergleichen, da die Beschreibung und Abgrenzung südlicher Kieskomponenten durch EHLERS abweichen. Die Kieskomponente braune Sandsteine und Quarzite ist in den Kieszählungen von EHLERS nicht erwähnt worden. EHLERS gab an, daß in den von ihm untersuchten Feinkiesproben (Fraktion 3 - 5 mm) kaum jemals ein mit Sicherheit von Süden herzuleitendes Kieskorn (südlicher Porphy, Lydit) identifiziert worden sei.

Nach den kiespetrographischen Analysenergebnissen, basierend auf 71 untersuchten Proben aus 12 Bohrungen, ist im Raum Hamburg-Horneburg nur die jüngere Niederterrasse sicher von den älteren glaziären Ablagerungen zu unterscheiden. Im Kiesspektrum (Fraktion 4,0 - 6,3 mm) ergeben sich folgende Veränderungen gegenüber den Spektren im Raum Winsen-Bleckede: Der Gehalt an braunen Sandsteinen und Quarziten sinkt auf weniger als 10% in Hamburg und weniger als 3% in Horneburg, bezogen auf das Dreieck Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Sandsteine und Quarzite (Abb. 45 oben, 48 unten). In den Anteilen von braunen Sandsteinen und Quarziten sowie Milchquarz setzt sich die kontinuierliche Abnahme im Spektrum über Hamburg nach Horneburg hin fort (Abb. 46, 47, 50). Der Milchquarzanteil nimmt um weniger als 5% ab, bezogen auf Kristallin/Milchquarz/Restquarz (Abb. 49 unten). Das Restquarz/Milchquarz-Verhältnis steigt zugunsten des Restquarzes an.

In der Fraktion 2,0 - 4,0 mm ist der Gehalt an braunen Sandsteinen und Quarziten < 10% (Abb. 48 oben). Das Sandstein- und Quarzit/Kristallin-Verhältnis verschiebt sich zugunsten des Kristallins, im Vergleich mit dem gleichen Komponentenverhältnis in der Fraktion 4,0 - 6,3 mm. Im Dreieck Kristallin/Milchquarz/Restquarz bleibt der Milchquarzanteil stabil, der Restquarzanteil steigt in der feinen Fraktion auf Kosten des Kristallins (Abb. 49). Zu diesem Anstieg ist zu erwähnen, daß ein Teil der Restquarze nicht aus aufgearbeitetem Kristallin, sondern aus kiesigen Braunkohlensanden des Miozäns herzuleiten ist (s. auch 3.2.1).

Im Raum Horneburg ist außer der jüngeren Niederterrasse auch die ältere Niederterrasse ausgegliedert. Hierfür waren allerdings nicht die Kiesana-

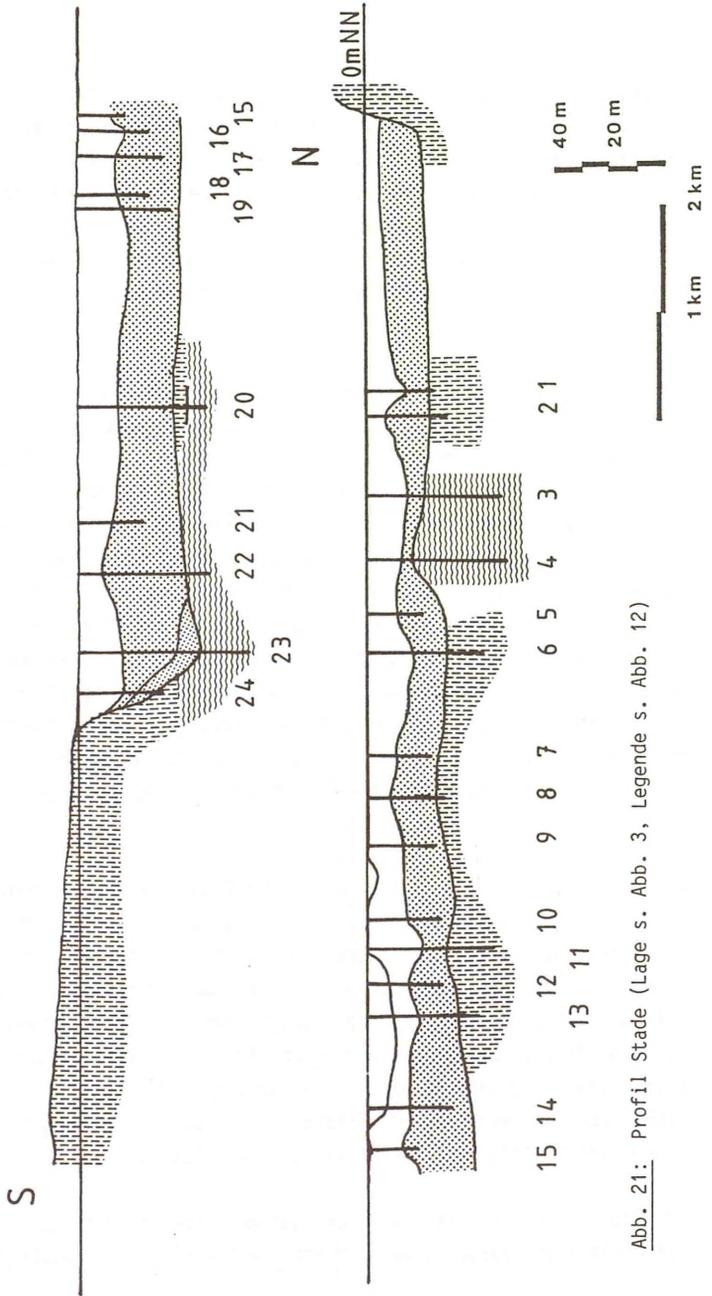


Abb. 21: Profil Stade (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

25-fach überhöht

lysenenergebnisse (Abb. 54 unten, 55 unten) maßgeblich, sondern die Lagerungsverhältnisse. Kiespetrographisch lassen sich die Proben aus der älteren Niederterrasse nicht von Proben aus glaziären Schichten unterscheiden. Eindeutig hiervon abzutrennen sind dagegen die Proben aus der jüngeren Niederterrasse anhand ihrer Kiesspektren (Abb. 54, 55).

5.4 Raum Stade bis Cuxhaven

5.4.1 Profil Stade

Das Profil (Abb. 21) verläuft von Hammah im Westen bis nach Uetersen im Osten. Das Profil läßt sich an der Basisfläche der Niederterrasse in drei Teilabschnitte gliedern:

Im Westteil bildet tertiärer Ton großflächig das Liegende der Niederterrasse. Außerdem ist am Talrand ein Schotterkörper erbohrt worden, der wahrscheinlich spätsaalekaltzeitlich abgelagert worden ist. Die Basisfläche liegt im Mittel bei -40 m NN.

Im Ostteil sind unter der Niederterrasse Geschiebemergel, Beckenschluffe und Tertiärton verbreitet. Die Höhe der reliefarmen Basis liegt bei ca. 22 m NN. Im Mittelteil fällt die Basisfläche auf -40 m NN ab.

Der Niederterrassenkörper besteht aus gemischtkörnigen Sanden, in denen vereinzelte Kieskörner enthalten sind. In den Basispartien sind häufiger kiesige, steinige Lagen erbohrt worden, die als Residualsedimente aufzufassen sind. Zum Hangenden hin ist zwar eine allgemeine Korngrößenabnahme bis zu Feinsand hin festzustellen, jedoch gibt es im obersten Bereich der Niederterrasse in der Nähe des Talrandes stellenweise kiesige Grobsandlagen. Die Oberfläche liegt zwischen -5 m NN in Randnähe und -22 m NN in holozänen Rinnen.

5.4.2 Profil Wischhafen

Das Profil Wischhafen (Abb. 22) verläuft von der Wingst im Süden bis Elmshorn im Norden. Da das Profil schräg zur Hauptstromrichtung der Elbe verläuft, erscheint das Tal im Querprofil breiter als es ist. Beide Talränder sind Steilränder. Die Basisfläche ist relativ eben und fällt von -28 m NN im Osten auf ca. -35 m NN im Westen ab. Unterbrochen wird diese flach geneigte Ebene von mehr oder weniger steil begrenzten Erhebungen aus

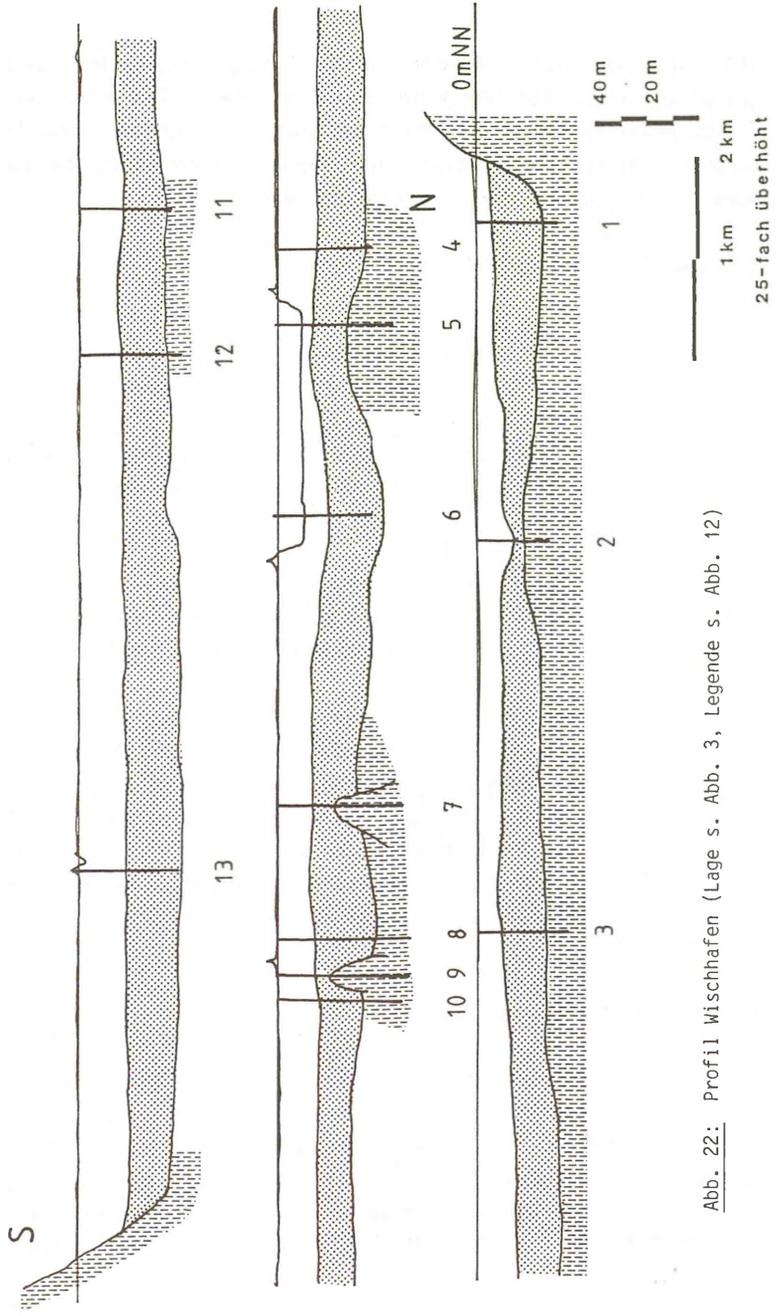


Abb. 22: Profil Wisshafen (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

Geschiebemergel oder Beckenton.

Unter dem heutigen Elbelauf ragt ein Geschiebemergelrücken durch die Niederterrasse hindurch bis in die holozänen Verlandungsablagerungen (Höhe -22 m NN). Die Niederterrasse besteht hauptsächlich aus Fein- bis Mittelsand. Im unteren Teil, bei ca. -30 m NN sind kiesige Lagen angetroffen worden. Die Oberfläche liegt bei -17 m NN (+/- 3 m); am östlichen Talrand steigt sie bis auf -8 m NN an.

5.4.3 Profil Freiburg/Elbe

Das Profil Freiburg (Abb. 23) verläuft von der Wingst im Süden bis Kremperheide im Norden. Der nördliche Talrand ist etwas steiler als der südliche. Die Basisfläche der Niederterrasse liegt bei -40 m NN, im Nordteil gibt es in Randnähe einen flachgeneigten Anstieg auf -30 m NN. Im heutigen Elbelauf ist eine Geschiebemergelauftragung erbohrt worden, die bis -21 m NN in Holozänschichten hinaufreicht.

Der untere Teil der Niederterrasse besteht aus schwach kiesigem Mittel- bis Grobsand. Die Oberkante verläuft bei ca. -30 m NN. Darüber liegen hauptsächlich Fein- und Mittelsande, die kiesfrei sind. Die Niederterrassenoberfläche liegt bei ca. -20 m NN bis -22 m NN; am nördlichen Talrand steigt sie auf -10 m NN an.

5.4.4 Profil Brunsbüttel

Das Profil Brunsbüttel (Abb. 24) verläuft von der Wingst im Süden bis Burg/Schleswig-Holstein im Norden. Der nördliche Talrand ist als Steilufer ausgebildet; der südliche Talrand, der Anstieg zur Geest, ist etwas flacher.

Die Basisfläche der Niederterrasse ist vom Relief her als monoton zu bezeichnen. Sie liegt bei ca. -37 m bis -40 m NN. In diese Fläche sind einige tiefere Rinnen bis ca. -50 m NN eingeschnitten. Ein Anstieg der Basisfläche ist an einer Geschiebemergelauftragung zu bemerken, die bis ca. -18 m NN hinaufreicht. Daneben gibt es im mittleren Profilteil eine Aufwölbung über älterem glazifluviatilen Sand bis -32 m NN.

Aus dem unteren Teil der Niederterrasse sind schwach kiesige Mittel- bis

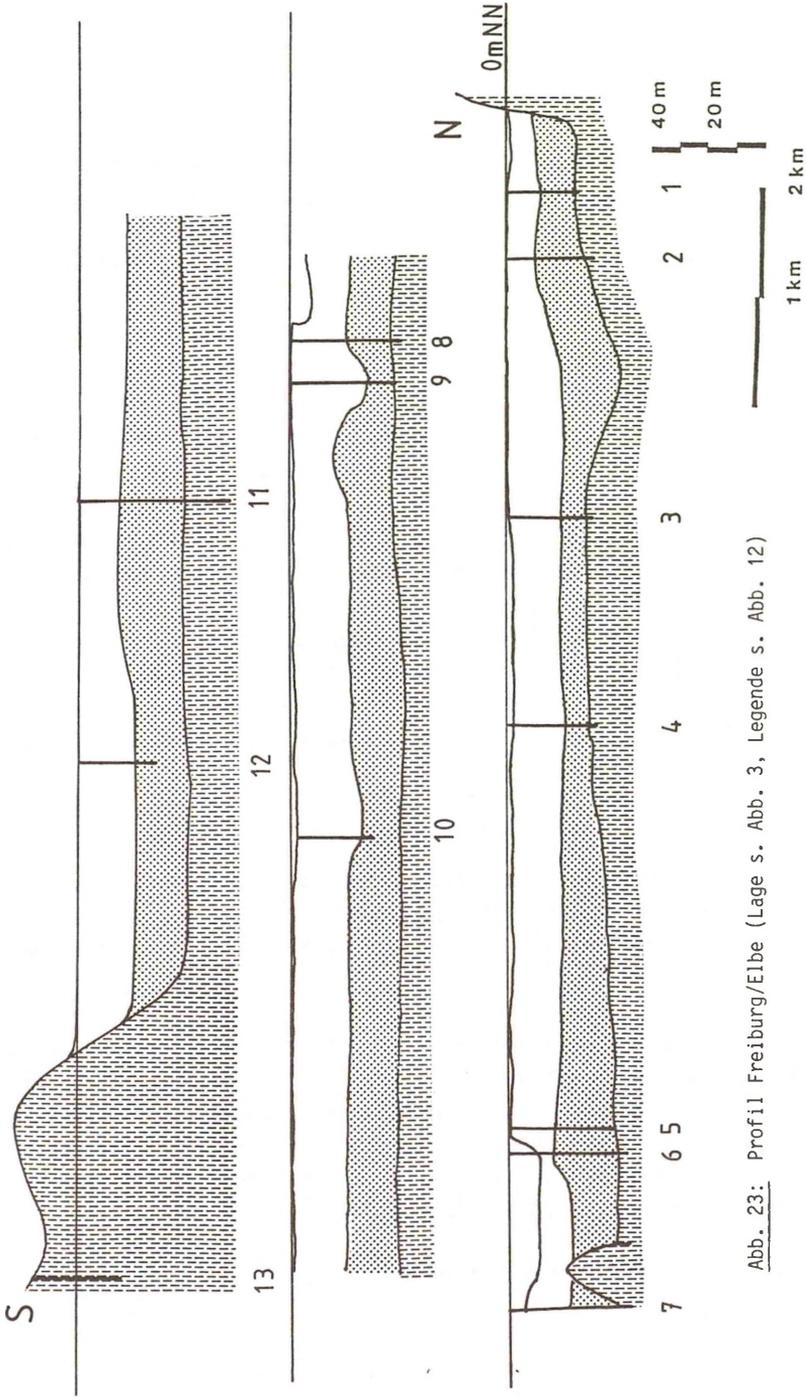


Abb. 23: Profil Freiburg/Elbe (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

25-fach überhöht

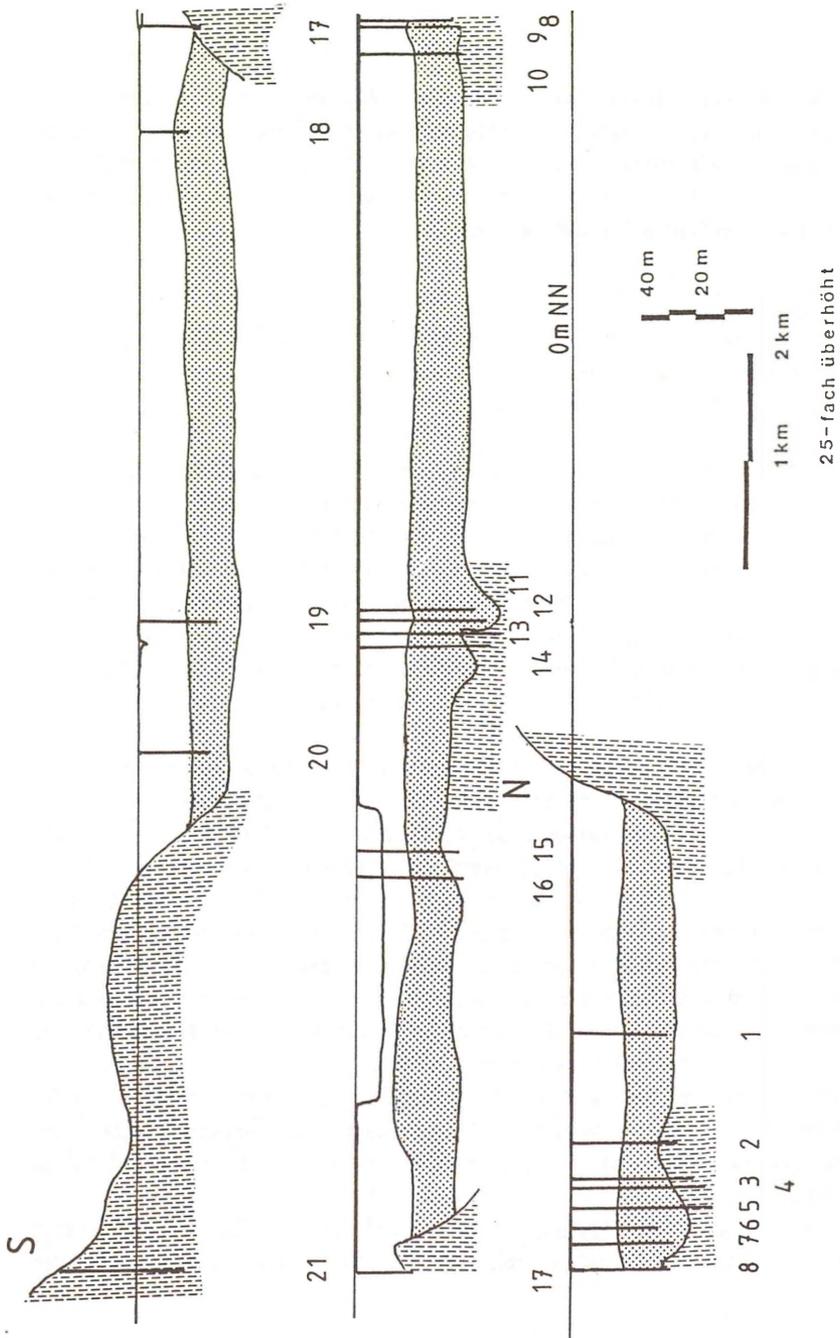


Abb. 24: Brunsbüttel (Lage s. Abb. 3, Legende s. Abb. 12)

Grobsande beschrieben, die bis -33 m NN hinaufreichen. Darüber folgen Fein- bis Mittelsande, die allgemein kiesfrei sind. Die Oberfläche der jüngeren Niederterrasse liegt bei -18 m NN bis -20 m NN; lediglich im mittleren Profilabschnitt tieft sich die holozäne Elbe in die Niederterrassoberfläche bis auf ca. -22 m NN ein.

5.4.5 Regionaler Überblick

Aus dem Raum Stade bis Cuxhaven standen keine Proben zur kiespetrographischen Bearbeitung zur Verfügung, so daß die Ergebnisse auf der Auswertung von Archivmaterial beruhen.

Die Talrandabgrenzung des Elbe-Urstromtales ist auf schleswig-holsteinischer Seite leichter zu bestimmen als auf niedersächsischer Seite. Der Talrand zieht von Westen nach Nordnordwesten westlich an Uetersen und Elmshorn vorbei, und biegt nach Nordwesten in Richtung auf Kremperheide um. Von dort aus verläuft der Talrand an Kleve vorbei Richtung Hochdonn, biegt südlich Hochdonn nach Westen ab auf den Geeststeilhang bei Burg und folgt diesem über Kuden nach St. Michaelisdonn. Von dort aus verläuft der Talrand nach Nordwesten, ist aber nicht mehr exakt festzulegen.

Der Talrand auf niedersächsischer Seite ist durch den Geeststeilhang zwischen Horneburg und Stade noch gut abzugrenzen. Von Stade aus verläuft der Talrand in einem weiten Bogen östlich Himmelpforten und östlich Hornmoor in Richtung Cadenberge. Nördlich Cadenberge biegt der Talrand nach Westen ab und zieht über Neuenkirchen, östlich an Cuxhaven vorbei, nach Nordnordwesten in die Deutsche Bucht. Die beiden Bögen deuten eine Zweiphasigkeit der Talrand-Bildung an, wobei über die Reihenfolge der Erosion aus den Bohrprofilen keine eindeutige Entscheidung getroffen werden kann. Sowohl östlich Cadenberge als auch östlich Cuxhaven ist in Talrandnähe die max. Tiefe mit ca. -40 m NN erbohrt.

Ähnlich wie in den vorher beschriebenen Laufabschnitten läßt sich für diesen Raum ein durchgehendes Gefälle der Basisfläche erkennen, wobei eingeschnittene Rinnen ca. 7 bis 10 m tiefer liegen als die restliche Basisfläche.

Diese Fläche liegt zwischen Horneburg und Stade bei ca. -27 m NN, fällt bis Glückstadt auf -30 m NN, bis Brunsbüttel auf ca. 35 m. Neben den

rinnenförmigen Eintiefungen prägen Aufragungen die Basisfläche. Die bedeutendste Aufragung in der Basisfläche ist die salinar-tektonisch gehobene Oberkreide über der Salzstruktur Krempe-Hamelwörden (JARITZ 1973).

Die Oberkreidekalke reichen bis -14,4 m NN hinauf. Sie werden unmittelbar von holozänen Schichten überlagert. Eine generelle Verstellung der Niederterrassenbasis über dem Salzstock ist nicht nachweisbar. Jedoch gibt es im Niederterrassenbereich viele Geschiebemergelauftragungen.

Die Niederterrasse läßt sich in einen älteren Teil mit kiesigen Grobsanden, z.T. geröllführend, und einen jüngeren Teil mit Fein- bis Mittelsanden unterteilen. Gelegentlich sind im jüngeren Teil sehr schwach kiesige Grobsandlagen anzutreffen. Die Grenzfläche zwischen den Sanden/Kiesen und den gemischtkörnigen Sanden liegt bei Horneburg/Stade im Südwesten des Tales bei ca. -13 m NN, fällt zur Talmitte auf ca. -19 m NN ab und steigt gegen den nordöstlichen Talrand wieder leicht auf -15 m NN an.

Bei Hamnah liegt die Grenze zwischen den Sanden/Kiesen gegen die gemischtkörnigen Sande bei -23 m NN und behält diese Tiefe in Richtung Glückstadt bei; auf schleswig-holsteinischem Gebiet steigt die Grenze auf -17 m NN an.

Bis nach Brunsbüttel fällt die Grenzschicht auf ca. -25 m NN und behält diese Höhe nach Westen bis Cuxhaven bei.

Am Ende der Weichsel-Kaltzeit fand die Sedimentation, wie stromaufwärts, ihr Ende. Die Elbe schnitt sich in die Taloberfläche (Erosionsterrasse) ein, und es kam, beginnend in Altarmen, zur Bildung von terrestrischen Stillwassersedimenten. Bei ansteigendem Meeresspiegel im Holozän folgen marin-brackische Schichten und brackisch-terrestrische Verlandungsablagerungen. Die Basis der Stillwasserablagerungen liegt bei Wedel um -6 m NN und steigt in Richtung Horneburg auf -5 m NN an. Tieferliegende Rinnen in der Niederterrassenoberfläche reichen bis -12 m NN. Bei Stade liegt die Grenzfläche Niederterrasse gegen Holozän bei ca. -8 m NN, die Flußrinnen sind bis -22 m NN eingeschnitten.

Bis nach Wischhafen fällt die Grenzfläche auf -14 m NN, die Basis der nachweisbaren Rinnen bleibt bei -22 m NN. Auf der Höhe von Cadenberge

liegt die Grenzfläche bei -16 m NN; eine Rinne erreicht -28 m NN, ansonsten ist eine weitgehende Verebnung bei -20 m NN zu erkennen. Sie läßt sich bis nach Brunsbüttel verfolgen; dort ist der Rinnenverlauf nicht ganz klar.

Auf niedersächsischem Gebiet zwischen Cadenberge und Cuxhaven liegt die Basis der holozänen Stillwassersedimente zwischen -17 m NN und -23 m NN.

5.5 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse aus 5.1 bis 5.4

Die Auswertung der petrographischen Kiesanalysen und der archivierten Bohrungsunterlagen gestattet für den Untereifelraum zwischen Gorleben und Cuxhaven eine Abgrenzung der weichselkaltzeitlichen Niederterrasse vom Liegenden, das hauptsächlich aus Quartär- und Tertiär-Sedimenten aufgebaut ist. Die petrographische Kiesanalyse ermöglicht eine Untergliederung der Niederterrasse in zwei Einheiten, die als ältere Niederterrasse und jüngere Niederterrasse bezeichnet werden. Die Kiesspektren der Niederterrasse sind gekennzeichnet durch Auftreten von Komponenten südlicher Herkunftsgebiete (wichtigste: Thüringer Wald-Porphyre, Lydit, braune Sandsteine und Quarzite, Milchquarz), wobei das Herkunftsgebiet für die braunen Sandsteine und Quarzite anhand des gegenseitigen Verhaltens der Komponentenanteile am Gesamtspektrum abgeleitet wird. Die Kiesspektren der Niederterrasse verändern sich im Untersuchungsgebiet von Südosten nach Nordwesten: die Komponente nordischer Herkunft (wichtigste: Kristallin, Flint, paläozoische Kalksteine, Sandsteine und Quarzite) erhöhen ihre Anteile am Gesamtspektrum von ca. 50-60% (Gorleben) auf ca. 90-95% (Hornenburg). Dieses ist auf lokale Sedimentschüttung durch Schmelzwasserzuflüsse aus dem Gebiet des Weichselgletschers (im Nordosten) zurückzuführen und auf Schutttzufuhr aus dem Gebiet der Altmoränengeest Niedersachsens im Süden. Im Raum Bleckede-Winsen ist lokal verbreiteter kiesiger Schmelzwassersand im höheren Teil der Niederterrasse durch erhöhte Ton- und Schluffsteinanteile gekennzeichnet.

Die maximale Korngröße der südlichen Komponenten verringert sich von ca. 12 mm (Raum Gorleben) bis auf ca. 4-6 mm (Raum Hornenburg).

Basis- und Oberfläche der Niederterrasse haben durchgehende Gefällekurven,

die jedoch unausgeglichen sind (Abb. 25).

6. DIE ENTWICKLUNG DER ELBE

Die Elbe hat im oberen Laufabschnitt eine andere Entwicklungsgeschichte als im unteren (LÜTTIG & MEYER 1974). Die durch umfangreiche Untersuchungen in Sachsen erarbeitete Elbe-Terrassenstratigraphie (Literaturübersicht bei EISSMANN & MÜLLER 1979) läßt sich nicht in das Norddeutsche Tiefland hinein übertragen, da im Gebiet der "elsterkaltzeitlichen Destruktionszonen" (EISSMANN 1975) (= elsterkaltzeitliche übertiefte Rinnen) ältere fluviatile Sedimente ausgeräumt worden sind.

Über die Verknüpfung der Rinnenverläufe mit dem präquartären Hintergrund gibt es unterschiedliche Auffassungen (JOHANNSEN 1971; ORTLAM & VIERHUFF 1978), ebenso hinsichtlich der Rinnengeneese (siehe KUSTER & MEYER 1979). Eine Bildung der Rinnen durch fluviatile Einschneidung (CEPEK 1967, 1968; GAUGER 1978) einer "Urelbe" ist auszuschließen.

Obere Elbe:

Der älteste nordwärts gerichtete Elbestrom im Quartär ist der Senftenberger Elbelauf (GENIESER 1955, 1957), der vom Durchbruch durch das Elbsandsteingebirge vermutlich nordwärts in das Gebiet des unteren Oderlaufes gerichtet gewesen ist (Abb. 26). Es gibt keine Anzeichen für eine nach Westen gerichtete Verbindung der Elbe an der Grenze Pliozän-Pleistozän (LÜTTIG & MEYER 1974).

Der nächstjüngere Elbelauf, die Bautzener Ebene (GENIESER 1955, 1957, 1962) war im ältesten Pleistozän, vor dem Cromer-Komplex (SCHUBERT 1963; PRÄGER 1966), zur Oder gerichtet; andere Autoren geben für diese Richtung frühelsterkaltzeitliches Alter an (GRAHMANN 1932; GENIESER & DIENER 1956/57; SIBRAVA 1972).

Mit dem Hauptvorstoß der Elster-Kaltzeit wird der Schmiedeberger Elbelauf verknüpft (GENIESER & DIENER 1956/57; GENIESER 1962). Der Berliner Elbelauf; zeitlich mit den holsteinwarmzeitlichen Paludinenschichten parallelisiert, führt südliche Gerölle (GENIESER 1955; 1958) nachweislich bis nach Berlin. Der jüngere Teil dieses Schotterkörpers wurde bis zum

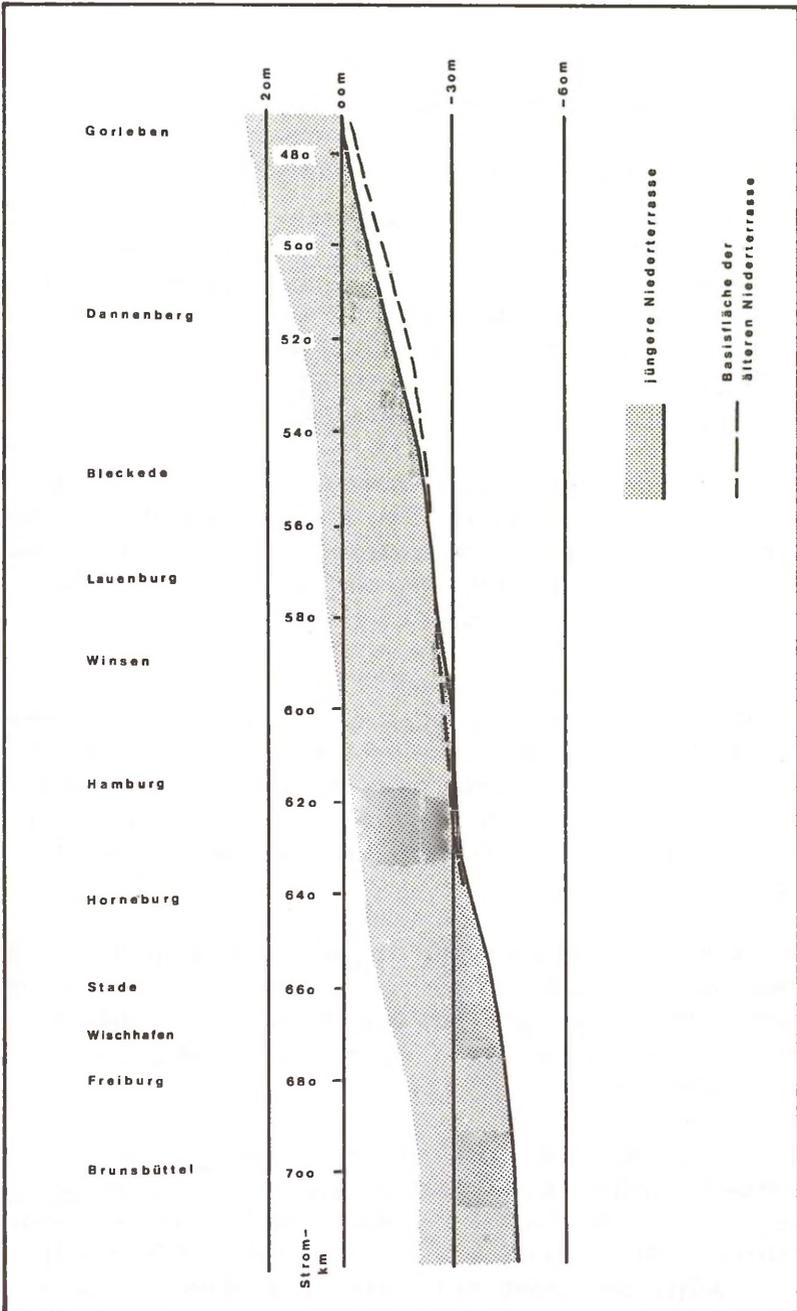


Abb. 25: Die Basis der Weichselkaltzeitlichen Elbe-Niederterrasse im Längsprofil

ältesten drenthestadialen Eisvorstoß der Saale-Kaltzeit (LÜTTIG & MEYER 1974) gebildet. Nördlich von Berlin gibt es keine Fundpunkte von Sedimenten des Berliner Elbelaufes und seines Vorgängers.

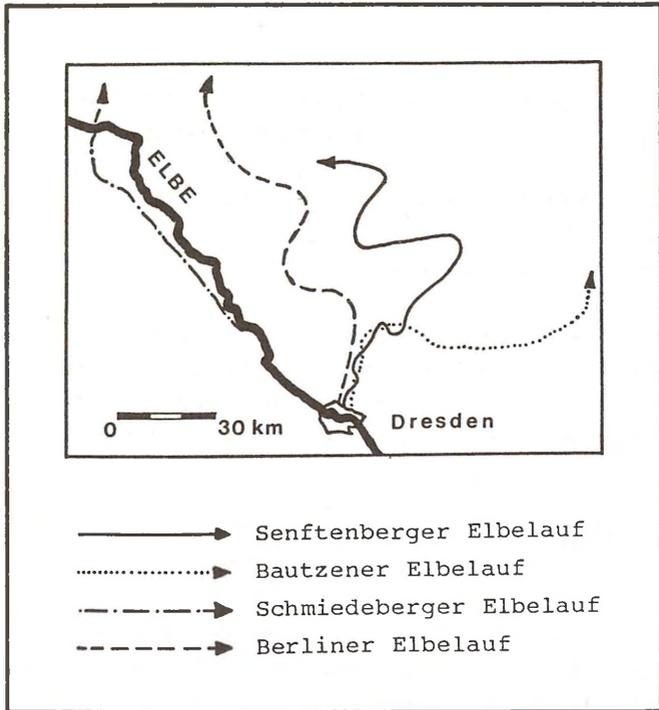


Abb. 26: Die pleistozänen Elbeläufe unterhalb von Dresden (nach WOLDSTEDT & DUPHORN 1974)

Während des Warthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit drängte der Eisrand die Elbe nach Westen ab. Jetzt wurden Saale und Mulde zu Nebenflüssen (WOLDSTEDT 1956). Für verschiedene Modelle, die einen Abfluß aus dem Einzugs-

gebiet der heutigen Oberelbe in das Gebiet der heutigen Elbmündung annehmen, gibt es keine stichhaltigen Belege (LÜTTIG & MEYER 1974).

Aus der Eem-Warmzeit gibt es vereinzelte Hinweise auf sandkiesige Ablagerungen im heutigen Elbtal, z.B. aus dem Magdeburger Raum (STEINER & STEINER 1963). Sie leiten über zu den weichselkaltzeitlichen Niederterrassenablagerungen.

Untereelberaum:

In der PrÄglazialzeit sind im Norddeutsch-Polnischen Tiefland sogenannte Flußschotter des Baltischen Hauptstroms abgelagert worden (v. BÜLOW 1964); diese Ablagerungen sind nach Westen bis in die Niederlande zu verfolgen (WOLDSTEDT & DUPHORN 1974). Im Untereelbegebiet ist deren südlicher Charakter durch Lydite belegt; Thüringerwald-Porphyre sind nicht beschrieben (v. Bülow, l.c) worden.

POBLOZKI (1970) beschrieb 4 Fundpunkte von präglaziären, mehrphasig aufgeschotterten Kiesvorkommen in der nördlichen Altmark. Er ordnete die Vorkommen einer präglaziären Saale zu. In petrographischer Hinsicht ähneln diese Kiese denen auf dem Salzstock Gorleben; sie haben an der Basis einen leicht erhöhten Lyditgehalt.

BIJLSMA (1981) faßte diese Ablagerungen nördlich des Mittelgebirgsrandes zur "Baltic gravel Association" zusammen.

Nach der Anlage der elsterkaltzeitlichen übertieften Rinnen ist der Nachweis eines Elbelaufs von Sachsen durch die Norddeutsche Tiefebene hindurch nur deduktiv möglich, da viele Depressionen als Sedimentfallen die mitgeführte Fracht unterwegs abfingen (Bodensee-Effekt). Sie wurden während der Elster-Kaltzeit nicht aufgefüllt, so daß das Holstein-Meer weit nach Süden transgredierte. Mit dem Ende der Holstein-Warmzeit setzte wieder eine Aufschotterung ein, die weiter nordwärts fortschritt. Bis nach Wittenberg ist eine sogenannte Elbewanne mit ihren Sedimenten belegt (EISSMANN & MÜLLER 1979), die in die Saale-Kaltzeit einzustufen ist.

Die jüngeren saalekaltzeitlichen Grundmoränen fallen von den Geest-Hoch-

flächen in Richtung auf das Elbtal hin ab (MEYER 1983). Die nach Nordwesten fortschreitende fluviatile Sedimentation (drenthestadiale Sande) ist auch im Untersuchungsgebiet Gorleben nachweisbar (DUPHORN 1983; KABEL & SCHRÖDER 1984). Bei Bleckede sind zwischen warthestadialen Geschiebemergel und Holsteinton milchquarzführende Sande nachgewiesen. Ob die Ablagerung dieser fluviatil beeinflussten Sande in eine Zeit der Klimaverbesserung zu stellen sind oder einem drenthestadialen Urstromtal (DUPHORN & SCHNEIDER 1983) zugerechnet werden können, muß in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Im Hamburger Raum gibt es zwischen Drenthe- und Warthestadium fluviatile Sande, die nach Norden geschüttet sind (Grube 1981), ebenso in Hemmoor. EHLERS (1979) betrachtete diese Sande als elsterkaltzeitliche Nachschüttungen. Für die Harburger Berge gab EHLERS (1978 a) an, daß die Abflußrichtung der Schmelzwässer erstmals in der ausgehenden Saalekaltzeit auf das Elbtal ausgerichtet gewesen sei.

Staubckenablagerungen, die vor dem Durchbruch der Elbe durch warthestadiale Moränenriegel (ILLIES 1952) gebildet sein sollen, haben sich als drenthestadiale südwestwärts geschüttete Schmelzwassersande erwiesen (EHLERS 1978 a). Nach Abschmelzen des warthestadialen Inlandeises hat sich ein Entwässerungssystem im niedersächsisch-hamburgischen Raum ausgebildet, das auf das heutige Elbtal ausgerichtet ist. Die Ausbildung eines Tal-systems ist durch viele eemwarmzeitliche Ablagerungen in den Seitentälern belegt.

Frühestens nach Abschmelzen des warthestadialen Inlandeises kann die Verbindung des Oberlaufes der Elbe mit dem Gebiet der heutigen Elbmündung zustande gekommen sein (EHLERS 1978 a).

Allerdings gibt es heute keinen Beleg für spätsaalekaltzeitliche südlich beeinflusste Elbeschotter im Untereibegebiet. Vielmehr haben die quartärgeologischen Untersuchungen im Raum Gorleben (DUPHORN 1983) gezeigt, daß am Ende der Saale-Kaltzeit Beckenschluffe abgelagert worden sind.

Die Entwicklung des Untereibe-Tales während der Eem-Warmzeit läßt sich

durch Ablagerungen im Tal selbst nicht nachvollziehen:

Erst an Proben aus Sanden und Kiesen der älteren Niederterrasse läßt sich die Verbindung zwischen Untereibegebiet und Elbeoberlauf durch die kiespetrographischen Untersuchungsgebiete nachweisen. Die Ablagerungen werden in die frühe Weichsel-Kaltzeit eingestuft (DUPHORN 1980, 1983). Die ältere Niederterrasse ist während des Weichsel-Hochglazials von Sanden und Kiesen der jüngeren Terrasse überdeckt worden. Das durchschnittliche Gefälle der Niederterrassenbasis beträgt ca. 0,25 % (Abb. 25).

Ein Aufstau der Elbe durch das Eis des Weichselgletschers (DUPHORN & SCHNEIDER, 1983 : 10) ist anhand der Aufschlußbohrungen im Untersuchungsgebiet Gorleben nicht nachzuweisen.

Der Elbtalabschnitt, der im Gebiet der heutigen Deutschen Bucht verläuft, ist nach BASEMANN (1979) präsaalekaltzeitlich angelegt. Die direkte Parallelisierung mit dem Festland bleibt vorerst ungeklärt, da in diesem Gebiet durch die holozäne Nordsee teils flächenhafte Überprägung, teils Abtragung stattgefunden hat (FIGGE 1980). Im Gebiet um Helgoland ist die Lage der Oberfläche des Elbe-Urstromtales zu -42 m NN bestimmt worden.

Eine komprimierte Zusammenfassung der Entwicklung dieses Raumes wurde von JANSEN et al. (1979) gegeben.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit ist es, die weichselkaltzeitlichen Ablagerungen im Elbe-Urstromtal sedimentpetrographisch von älteren Quartär-Schichten zu unterscheiden und im Talabschnitt zwischen Gorleben und Cuxhaven zu verfolgen.

Der methodische Schwerpunkt liegt in der Anwendung der petrographischen Fein- und Mittelkiesanalyse. Hierzu wurde der Kiesanteil (Fraktionen 2,0 - 4,0 ; 4,0 - 6,3 ; 6,3 - 12,5 mm) von mehr als 1000 Proben aus mehr als 500 Bohrungen und Aufschlüssen untersucht.

Die polarisationsmikroskopische Schwermineralanalyse wurde auf ihre Eignung für die lithostratigraphische Untergliederung der kaltzeitlichen

Quartär-Schichten im Raum Gorleben geprüft. Weiterhin wurden die Schichtenverzeichnisse von mehr als 1200 Aufschlußbohrungen aus dem Untereifelgebiet ausgewertet.

Folgende Kieskomponenten wurden zur Analyse des Kiesanteils unterschieden:

Kristallin	Dolomitstein
Sandstein und Quarzit	Lydit
Ton- und Schluffstein	Südlicher Porphy
Flint	Brauner Sandstein und Quarzit
Kreidekalk	Restquarz
Paläozoische Kalksteine	Milchquarz
Roter Paläozoischer Kalkstein	Lokalkomponenten

Mittels dieser Kieskomponenten konnten charakteristische Merkmale in der Zusammensetzung der Kiesproben gefunden werden, die eine Einstufung der kaltzeitlichen quartären Ablagerungen in folgende Schichteinheiten ermöglichen(s. Tab. 5).

jüngere Niederterrasse der Weichsel-Kaltzeit
ältere Niederterrasse der Weichsel-Kaltzeit
Warthestadium
Drenthestadium; fluviatiler Einfluß ist nicht erkennbar
Drenthe(2)-Stadium
Drenthe(1)-Stadium
Elster-Kaltzeit
Präglazialzeit

Tab. 5: Lithostratigraphische Einheiten des kaltzeitlichen Quartärs im Untereifelraum

Die statistische Auswertung der Kieszählungen weist als wesentlich aus:

- Komponenten südlicher Herkunft
- Komponenten ostfennoskandischer Herkunft
- Komponenten südwestskandinavischer Herkunft
- Komponenten unbekannter Herkunft, prä-Elsterkaltzeitlich

Die weichselkaltzeitliche Niederterrasse unterscheidet sich von den älteren glaziären Ablagerungen durch Kieskomponenten, die aus dem südlich gelegenen Einzugsgebiet der Elbe herzuleiten sind (Südlicher Porphy aus dem Thüringer Wald, brauner Sandstein und Quarzit). Die Zweiteilung der Niederterrasse äußert sich in den Kiesspektren durch sprunghafte Erhöhung des Anteils südlicher Komponenten in der jüngeren Niederterrasse. Innerhalb der Niederterrassenablagerungen ergibt sich eine kontinuier-

liche Abnahme der Anteile südlicher Kieskomponenten von Südosten nach Nordwesten. Lokale Sedimentschüttungen von Schmelzwassersanden des Weichselgletschers aus Nordosten verändern das Kiesspektrum im Raum Bleckede -Winsen.

Die Ergebnisse der petrographischen Untersuchungen in Verbindung mit der Auswertung der Archivbohrungen ergibt sich folgendes Bild für die Entwicklung des Untereifelgebietes im Mittel- bis Jungpleistozän:

Nach der Holstein-Warmzeit und vor dem warthestadialen Eisvorstoß ist (zumindest zwischen Gorleben und Lauenburg) im heutigen Elbtal ein Fluß mit südlichem Einzugsgebiet als durchgehender Vorfluter in Funktion gewesen, von dem milchquarzführende kiesige Sande abgelagert wurden. Im Kiesspektrum dieser Sande fehlen die hohen Anteile brauner Sandsteine und Quarzite sowie Thüringer-Wald-Porphyre. Den Abschluß der saalekaltzeitlichen Sedimentation im Gebiet des Untereifelgebietes bilden glazilimnische Schluffe und Tone des ausgehenden Warthe-Stadiums.

Eemwarmzeitliche Ablagerungen im Elbe-Urstromtal sind bisher durch einen Fundpunkt bei Gorleben belegt.

Im Weichsel-Früh- bis Hochglazial wurden die Niederterrassensedimente abgelagert. Eine Ausräumung eemwarmzeitlicher Sedimente hat wohl in der frühen Weichsel-Kaltzeit stattgefunden, jedoch wird die Tiefenerosion der Elbe als gering angesehen, da das Niveau der spätsaalekaltzeitlichen Sedimentation nicht wesentlich unterschritten ist.

Vielmehr tritt eine Überschüttung der spätsaalekaltzeitlichen Glaziallandschaft auf, verbunden mit einer Seitenerosion, die zu sehr steilen Talrändern führt. Die Elbe hat offenbar zu Zeiten geringer Wasserführung immer wieder bevorzugte Abflußbahnen benutzt, die sich am Ende der Spätglazialzeit in die Niederterrassenoberfläche eingeschnitten und zur Bildung der Talaue geführt haben.

8. ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN

- ALLEN, J.R.L. (1970): Physical processes of sedimentation. -Earth Sc. Ser., 1: 248 S.; London
- BÄSEMANN, H. (1979): Feinkiesanalytische und morphometrische Untersuchungen an Oberflächensedimenten der Deutschen Bucht. - Diss. Univ. Hamburg, 154 S.; Hamburg
- BARCKHAUSEN, J. et al. (1975): Symbolschlüssel Geologie. - 135 S.; Hannover
- BIJLSMA, S. (1978): Untersuchungen über die Genauigkeit von Feinkiesanalysen in Geschiebelehm. - Geschiebesammler, 12, (2/3): 39-46, Hamburg
- ... (1981): Fluvial Sedimentation from the Fennoscandian Area into the North-West-European Basin during the late Cenozoic. - Geologie en Mijnbouw, 60: 337 - 345; s'Gravenhage
- BIROT, P. (1969); The cycle of erosion in different climates. - 144 S.; London
- BOWEN, D.Q. (1978): Quaternary Geology. - 221 S.; Oxford (Pergamon)
- BÜLOW, W. v. (1964): Oberpliozäne und altpleistozäne Quarzschotter mit nordischen und südlichen Geröllen in SW-Mecklenburg. - Diss. Univ. Rostock, 99 S.; Rostock (unveröff.)
- ... (1969): Altpleistozäne Schotter (Loosener Kiese) in Südwestmecklenburg mit nordischen und südlichen Geröllen. - Geologie, 18, (5): 563 - 589; Berlin
- CEPEK, A.G. (1962): Zur Grundmoränenstratigraphie in Brandenburg. - Ber. geol. Ges., 2: 275 - 278; Berlin
- ... (1967): Stand und Probleme der Quartärstratigraphie im Nordteil der DDR. - Ber. dt. Ges. geol. Wiss., A.: Geol. Paläont., 12, (3/4): 375 - 404; Berlin
- ... (1968): Quartär; in: Grundriß der Geologie der Deutschen Demokratischen Republik: 385 - 425; Berlin
- ... (1969): Zur Bestimmung und stratigraphischen Bedeutung der Dolomitgeschiebe in den Grundmoränen im Nordteil der DDR. - Geologie, 18, (6): 657 - 673; Berlin
- DUPHORN, K. (1980): Kartierbericht Gorleben. - Unveröff. Bericht an die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, 57 S.; Kiel
- ... (1983): Abschlußbericht quartärgeologische Gesamtinterpretation. - Unveröff. Bericht an die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, 256 S.; Kiel

- DUPHORN, K. & SCHNEIDER, U. (1983): Zur Geologie und Geomorphologie des Naturparks Elbufer-Drawehn. - Abh. naturwiss. Ver. Hamburg, (N.F.), 25: 9 - 40; Hamburg
- EHLERS, J. (1978 a): Die quartäre Morphogenese der Harburger Berge und ihrer Umgebung. - Mitt. geogr. Ges. Hamburg, 68: 181 S.; Hamburg
- ... (1978 b): Feinkieszählungen nach der Niederländischen Methode im Hamburger Raum. - Der Geschiebesammler, 12, (2/3): 47 - 64; Hamburg
- ... (1979): Gefügekundliche und sedimentpetrographische Untersuchungen im Pleistozän der Kreidegrube Hemmoor (NW-Niedersachsen). - Geol. Jb., A, 49: 27 - 37; Hannover
- ... (1981): Fine Gravel Analysis of Drilling Samples from the Hamburg Area. - Meded. Rijks geol. Dienst, 34-7: 45 - 50; Roermond
- EISSMANN, L. (1964): Die alt- und frühpleistozänen Schotterterrassen der Leipziger Tieflandsbucht und des angrenzenden Gebietes. - Geologie, 13, Bh. 46: 1 - 93; Berlin
- ... (1975): Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe.- Schriftenr. geol. Wiss., 2: 228 S.; Berlin
- EISSMANN, L. & MÜLLER, A. (1979): Leitlinien der Quartärentwicklung im Norddeutschen Flachland. Ein stratigraphisch-fazieller Schnitt vom Mittelgebirgsrand zur Küste. - Z. geol. Wiss., 7, (4): 451 - 462; Berlin
- FELIX-HENNINGSSEN, P. (1979): Merkmale, Genese und Stratigraphie fossiler und reliktsicher Bodenbildungen in saalekaltzeitlichen Geschiebelehmen Schleswig-Holsteins und Süd-Dänemarks. - 218 S.; Kiel
- FIGGE, K. (1980): Das Elbe-Urstromtal im Bereich der Deutschen Bucht.- Eiszeitalter u. Gegenwart, 30: 203 - 211; Hannover
- FÜCHTBAUER, H. (1977): Sedimente und Sedimentgesteine. (2. Aufl.) - 784 S.; Stuttgart (Schweizerbart)
- GAUGER, W. (1978): Helle Schotter mit südlichen Geröllen in den Kiesgruben bei Lübbow (südlich Lüchow) und ihr Vergleich mit rezenten Elbe-Schottern bei Basförde (östlich Hohnstorf). - Jb. naturw. Ver. Fürstentum Lüneburg, 34: 82-102; Lüneburg
- GENIESER, K. (1955): Ehemalige Elbeläufe in der Lausitz. - Geologie, 4, (3): 223-279; Berlin
- ... (1957): Ehemalige Elbeläufe im Raum zwischen Dresden, Görlitz und Berlin. - Hall. Jb. mitteldt. Erdgesch., 2, (4): 262-266, Halle
- ... (1958): Vom Lauf der Elbe in Vergangenheit und Gegenwart. - Natur

- und Heimat, 8; Dresden-Berlin
- . (1962): Neue Daten zur Flußgeschichte der Elbe.- Eiszeitalter u. Gegenwart, 13: 141-156; Öhringen
- . (1970): Über Quarze, Amethyste und verkieselte Fossilien. - Grondboor en Hammer, 2: 35-64; Oldenzaal
- GENIESER, K. & DIENER, J. (1956/57): Versuch einer Altersdeutung der vor- und frühzeitlichen Elbeläufe auf Grund neuer Forschungsergebnisse - Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, VI, (5): 477-487; Berlin
- GIRARD, H. (1855): Die norddeutsche Ebene insbesondere zwischen Elbe und Weichsel. - 265 S.; Berlin (Reimer)
- GLAPA, H. (1970): Zur Stratigraphie des Pleistozäns im Gebiet der Letzlinger Heide und im Elbtal nördlich Magdeburg. - Geologie, 19, (2): 206-242; Berlin
- . (1971): Warthezeitliche Eisrandlagen im Gebiet der Letzlinger Heide. - Geologie, 20, (10): 1087-1110; Berlin
- . (1972): Die Hundsburger Schotter und ihre Deckschichten. - Hall. Jb. mitteldt. Erdgesch., 13: 79-101, Leipzig
- GRAHMANN, R. (1932): Das Alter der "Hellerterrasse" und der Dünen bei Dresden. - Mitt. Ver. Erdkde. Dresden, 1931/1932, N.F.: 85-97; Dresden
- GRIMM, W.-D. (1973): Stepwise heavy mineral weathering in the Residual Quartz Gravel, Bavarian Molasse (Germany). - Contrib. Sedimentology, 1: 103-125; Stuttgart
- GRIPP, K. (1925): Die Oberflächenformen im Landkreis Harburg. In: Zwischen Elbe, Seeve und Este. Ein Heimatbuch des Landkreises Harburg: 43-60; Harburg
- . (1933): Geologie von Hamburg und seiner näheren und weiteren Umgebung. - 154 S.; Hamburg
- GROETZNER, J.-P. (1972): Geschiebeführung und Stratigraphie saalekaltzeitlicher Ablagerungen im Südwestteil des Uelzener Beckens (NE-Niedersachsen). - Mitt. geol. Inst. techn. Univ. Hannover, 11: 76 S.; Hannover
- GRUBE, E. F. (1981): The subdivision of the Saalian in the Hamburg Region: - Meded. Rijks geol. Dienst, 34-3: 15-15; Roermond
- HENNINGSEN, D. (1978): Schwermineral-Untersuchungen in quartärzeitlichen Sanden nordwestlich von Hannover. - Mitt. geol. Inst. techn. Univ. Hannover, 15: 120-144; Hannover
- . (1983): Der Schwermineralgehalt der Drenthe-zeitlichen Schmelzwassersande in Niedersachsen. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 33:

133-140; Öhringen

- HÖFLE, H.-C. & SCHLENKER, B. (1979): Das Pleistozänprofil der Kreidegrube Hemmoor bei Stade (Elbe-Weser-Dreieck). - Geol. Jb., 66: 525-558; Hannover
- HÖLTING, B. (1980): Hydrogeologie. - 340 S.; Stuttgart (Enke)
- ILLIES, H. (1952): Die eiszeitliche Fluß- und Formengeschichte des Unterelbe-Gebietes. - Geol. Jb., 66: 525-558; Hannover
- JANSEN, J.H.F.; van Weering, Tj. & EISMA, D. (1979): Last Quaternary Sedimentation in the North Sea; in: OELE, E. et al: The Quaternary History of the North Sea: 175-187, Acta Univ. Ups. Symp. Univ. Annum Quingentesium Celebrantis: 2; Uppsala
- JARITZ, W. (1973): Zur Entstehung der Salzstrukturen Nordwestdeutschlands. - Geol. Jb., A 10: 77 S.; Hannover
- JESSEN, K. & MILTHERS, V. (1928): Stratigraphical and Paleontological Studies of Interglacial Fresh-Water Deposits in Jutland and Northwest Germany. - Danm. geol. Undersøg, 2 R., 48: 1-379; København
- JOHANNSEN, A. (1971): Salinartektonische Einflüsse auf Ausbildung und Verbreitung tertiärer und quartärer Sedimente in Ost-Holstein. - Meyniana, 21: 33-39; Kiel
- JORDAN, H. & Voss, H.-H. (1978): Geröllanalytische Gliederung der pleistozänen Kiessande nordwestlich von Hannover. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 28: 10-38; Öhringen
- KABEL, C. (1982): Geschiebestratigraphische Untersuchungen im Pleistozän Schleswig-Holsteins und angrenzender Gebiete. - Diss. Univ. Kiel, 231 S.; Kiel (unveröff.)
- KABEL, C. & SCHRÖDER, P. (1984): Geschiebe- und geröllstratigraphische Untersuchungen im Landkreis Lüchow-Dannenberg (Niedersachsen). - Abh. naturwiss. Ver. Hamburg; (N.F.), 27: 34-74; Hamburg
- KAISER, K. & GOTTSCHALK, G. (1972): Elementare Tests zur Beurteilung von Meßdaten. - 67 S.; Mannheim (B.I. Wissenschaftsverlag)
- KEILHACK, K. (1887): Über alte Elbeläufe zwischen Magdeburg und Havelberg. Jb. kgl. preuß. geol. Landes-Anst.: 236-252; Berlin (für 1886)
- ... (1898): Die Stillstandslagen des letzten Inlandeises und die hydrographische Entwicklung der pommerschen Küste. - Jb. kgl. preuß. geol. Landes-Anst., 19: 90-152; Berlin
- KLAFS, G. (1963): Die Formen der glazialen Akkumulation und Erosion im Ohregebiet und ihre Gliederung. - Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat., XII (4): 337-370; Halle

- .-- (1965): Flußterrassen im Mittelbegebiet. - Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch., 5, (3): 141-156; Berlin
- KREYSING, K. (1962): Die Braunkohlevorkommen von Bültz, Lichtenberg und Trabuhn als Beispiele glazigener Braunkohlenschollen. - 57 S., Wiss. Arb. 2. Staatsexamen f. Geologen; Archiv nieders. Landesamt Bodenforsch.; Hannover (unveröff.)
- KURTZ, E. (1915): Die Wanderungen der mittleren Elbe bis zum Harz vor dem Rande des Inlandeises, nachgewiesen an Flußgeröllen. - Z. dt. geol. Ges., 67: 231-274; Berlin
- .-- (1926): Die Leitgesteine des Wesermaterials im Norddeutschen Glazialdiluvium. - Z. Geschiebeforsch., 2: 155-172; Leipzig
- KUSTER, H. & MEYER, K.-D. (1979): Glaziäre Rinnen im mittleren und nord-östlichen Niedersachsen. Eiszeitalter u. Gegenwart, 29: 135-156; Hannover
- LÜTTIG, G. (1958): Methodische Fragen der Geschiebeforschung. - Geol. Jb., 75: 419-430; Hannover
- LÜTTIG, G. & MEYER, K.-D. (1974): Geological History of the River Elbe, mainly of its Lower Course. - Centenaire de la Société Géologique de Belgique: L'Evolution Quaternaire des Bassins Fluviaux de la Mer du Nord Méridionale, Liège. 1975: 1-19
- MAARLEVELD, G. C. (1954): Über fluviatile Kiese in Nordwestdeutschland. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 4-5: 10-17; Öhringen
- .-- (1956): Grind houdende midden - pleistocene sedimenten. - Meded. geol. Stichting, Ser. C-VI, 6: 105; Maastricht
- MARSAL; D. (1979): Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. - 192 S.; Stuttgart (Schweizerbart)
- MENKE, B. (1968): Das Spätglazial von Glüsing. Eiszeitalter u. Gegenwart, 19: 73-84; Öhringen
- MEYER, K.-D. (1980): Quartäre Tektonik im Unterelbegebiet? - Z. dt. geol. Ges., 131: 530-546, Hannover
- .-- (1981): Die rote Gesteinsscholle von Schobüll bei Husum (Schleswig-Holstein) - Rotliegendes oder Old red? - Meyniana, 33; 1-7; Kiel
- .-- (1982): Geol. Karte Niedersachsen 1:25000, Erl. Bl. Buxtehude, Nr. 2524. - 120 S.; Hannover
- .-- (1983): Zur Anlage der Urstromtäler in Niedersachsen. - Z. Geomorph., N. F., 27, (2): 147-160; Berlin
- MEYER, K.-D. & SCHLENKER, B. (1979): Abschlußbericht zum DFG-Projekt

"Plio-Pleistozän Nordwestdeutschlands (Me 433/2-3)": 39 S.;
Hannover

- MEYER, K.-D. & SCHNEEKLOTH, H. (1973): Geol. Karte Niedersachsen,
1:25000, Erl. Bl. Neuenwalde, Nr. 2318. - 126 S.; Hannover
- MEYER, K.-J. (1986): Pollenanalytischer Bericht.- Niedersächs. Landesamt
Bodenforsch: 1 S.; Hannover (unveröff.)
- MIELECKE, W. (1965): Über die Silizifikate in den pliozänen/pleistozänen
Kiesen der Lausitz. - Geologie, 14, (5/6): 677-685; Berlin
- MÖRNER, N.-A. (1970): Comparison between late Weichselian and late
Wisconsin ice marginal changes. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 21;
173-176, Öhringen
- MÜLLER, H. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichten-
zählungen an der holsteinzeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh.
- Geol. Jb., A, 21: 107-140; Hannover
- NICKEL, E. (1973): Experimental dissolution of light and heavy minerals
in comparison with weathering and intrastratal solution.
- Contrib. Sedimentology, 1: 1-68; Stuttgart
- ORTLAM, D. & Vierhuff, H. (1978): Aspekte zur Geologie des höheren Käno-
zoikums zwischen Elbe und Weser-Aller. - N. Jb. Geol. Paläont.,
Mh., 1978: 408-425; Stuttgart
- PALUSKA, A. (1976): Mittel- und jungpleistozäne Sedimente der Alster und
ihre Bedeutung für die Genese und Stratigraphie des Elbtals.
- Mitt. geol. paläont. Inst. Univ. Hamburg, 46: 57-80; Hamburg
- POBLOZKI, B. v. (1970): Abriß der Stratigraphie des Quartärs und die
quartären Bewegungen an Salzstrukturen in der nördlichen Altmark.
Diss. Univ. Greifswald, 99 S. ; Greifswald (unveröff.)
- POSTELMANN, A. (1937): Die "Blauquarze" der norddeutschen kristallinen
Geschiebe. - Z. Geschiebeforsch., 13, (3): 13-42; Berlin
- PRÄGER, F. (1966): Zur Kenntnis der rezenten Tektonik im Gebiet östlich
von Pirna auf der Grundlage pleistozängeologischer Untersuchun-
gen.- Geologie, 15, (1): 13-42; Berlin
- RUEGG, G.H.J. & ZANDSTRA, J.G. (1977): Plioäne und pleistozäne gestauchte
Ablagerungen bei Emmerschans (Drenthe, Niederlande). - Meded.
Rijks geol. Dienst, 28, (4): 66-99; Haarlem
- SCHUBERT, G. (1963): Zur Altersfrage des "Bautzener Elbelaufes". - Geolo-
gie, 12, (7): 858-859; Berlin
- SCHUCHARD-FICHER, C.; BACKHAUS, K.; HUMME, U.; LOHRBERG, W.; PLINKE, W.; &
SCHREINER, W. (1982): Multivariate Analysemethoden. Eine an-
wendungsorientierte Einführung. - 346 S.; Berlin, Heidelberg, New

York (Springer)

- SELLE, W. (1941): Beiträge zur Mikrostratigraphie und Paläontologie der nordwestdeutschen Interglaziale. - Jb. Reichsst. Bodenforsch., 60: 197-231; Berlin
- . (1957): Das letzte Interglazial in Niedersachsen. - Ber. naturhist. Ges. Hann., 103: 77-79; Hannover
- . (1962): Geologische und vegetationskundliche Untersuchungen an einigen wichtigen Vorkommen des letzten Interglazials in Nordwestdeutschland. - Geol. Jb., 79: 295-352; Hannover
- SIBRAVA, V. (1972): Zur Stellung der Tschechoslowakei im Korrelierungssystem des Pleistozäns in Europa. - Sbornik geol. VED, Antropozoikum (A), 8: 1-218; Prag
- STAY, B. (1979): Warvenstratigraphische Untersuchungen an Bändertonen des Bornholm-Beckens und des pleistozänen Eisstausee-Beckens von Bara (bei Malmö).- Diss. Univ. Kiel, 92 S.; Kiel
- STEINER, W. & STEINER, U. (1963): Zur Stratigraphie der quartären Elbeschotter nördlich von Magdeburg. - Geologie, 12, (3): 316-327; Berlin
- TGL 25232 (1971): Analyse des Geschiebebestandes quartärer Grundmoränen. - Fachbereichsstandard, Bl. 1-6; Zentr. geol. Inst.; Berlin
- VALENTIN, H. (1957): Die Grenze der letzten Vereisung im Nordseeraum. - Abh. 30. Geographentag Hamburg 1955: 359-366; Hamburg
- VALETON, J. & KHOO, F. (1981): Petrography and geochemistry of the basal tills of the Saale glaciation in northwestern Germany. - Meded. Rijks geol. Dienst, N. S. 34-6: 30-44, Roermond
- VIERHUFF, H. (1967): Untersuchungen zur Stratigraphie und Genese der Sandlößvorkommen in Niedersachsen. - Mitt. geol. Inst. techn. Univ. Hannover, 100 S.; Hannover
- VORTISCH, W. (1977): Halbquantitative, röntgendiffraktometrische Schwermineralanalyse glazialer Ablagerungen SO-Schonens (Schweden). - Boreas, 6: 285-301; Oslo
- VOSS, H.-H. (1981): Zur Geologie des öhring. In: DÜRRE, W.: Alt- und mittelpaläolithische Funde in Norddeutschland. - Veröff. urgeschichtl. Sammlg. Landesmus. Hannover, 26: 9-28; Hildesheim
- WEISSE, R. (1972): Untersuchungen zur glazialen und periglazialen Morphogenese der nördlichen Altmark.- Diss., 237 S.; Potsdam (unveröff.)
- . (1973): Zur periglaziären Überprägung der nördlichen Altmark. - Z. geol. Wiss., 1, (9): 1123-1129; Berlin

- (1974 a): Die warthezeitlichen Oberflächenformen und ihre Genese in der mittleren und nördlichen Altmark. - Geogr. Ber., 71, (2): 109-120; Berlin
- (1974 b): Warthezeitliche Eisrandlagen und Schmelzwasserbahnen in der Altmark nördlich Gardelegen-Tangerhütte. - Wiss. Z. pädagog. Hochschule K. Liebknecht, 18; (3): 403-414; Potsdam
- WOLDSTEDT, P. (1956): Die Geschichte des Flußwassers in Norddeutschland und angrenzenden Gebieten. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 7: 5-12; Öhringen
- WOLDSTEDT, P. & DUPHORN, K. (1974): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. - 3. Aufl., 500 S.; Stuttgart (Koehler)
- ZANDSTRA, J.G. (1959): Grindassociaties in het Pleistocen van Nord-Nederland: een Samenvatting van de vorlopige Resultaten van Grindonderzoek, in het bijzonder van het Onder- en Midden-Pleistocen. - Geol. en Mijnbouw, Nw. Ser., 21 e Jaarg.: 259-272; s'Gravenhage
- (1971): Geologisch onderzoek in de Stuwval van de oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. - Meded. Rijks geol. Dienst, N.W. 26, no 1: 1-15; Maastricht
- (1976): Sedimentpetrographische Untersuchungen des Geschiebelehms von Emmenschans (Drenthe, Niederlande) mit Bemerkungen über eine Typenteilung der Saale-Moräne. Eiszeitalter u. Gegenwart, 27: 30-52; Öhringen
- (1978): Einführung in die Feinkiesanalyse. - Der Geschiebesammler, 12, (2/3): 21-38; Hamburg

9. ANHANG

9.1 <u>Dreiecksdarstellungen von Kieskomponenten</u>	Seite
Abb. 27: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/ Flint; Geschiebemergel und glazifluviatile Sande des Warthe-Stadiums	98
Abb. 28: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/ Flint; saalekaltzeitliche fluviatil beeinflusste Sande	98
Abb. 29: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/ Flint; Geschiebemergel und Schmelzwassersande des Drenthe(2)-Stadiums	99
Abb. 30: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/ Flint; Geschiebemergel und Schmelzwassersande des Drenthe(1)-Stadiums	99
Abb. 31: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/ Flint; Geschiebemergel und Schmelzwassersande der Elsterkaltzeit	100
Abb. 32: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/südliche Porphyre; jüngere Niederterrasse	101
Abb. 33: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/südliche Porphyre; ältere Niederterrasse	101
Abb. 34: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/Milchquarz/Restquarz; jüngere Niederter- rasse	102
Abb. 35: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/Milchquarz/Restquarz; ältere Niederter- rasse	102
Abb. 36: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milch- quarz; jüngere Niederterrasse	103
Abb. 37: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milch- quarz; ältere Niederterrasse	103
Abb. 38: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten	104

- Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; jüngere Niederterrasse
- Abb. 39: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 104
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; ältere Niederterrasse
- Abb. 40: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 105
Kristallin/Milchquarz/Restquarz;
Aufschlußproben: Liepe (Sande der jüngeren Nieder-
terrasse)
Lübbow, Woltersdorf, Brünkendorf
(Sande der Saale-Kaltzeit)
- Abb. 41: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 106
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; ältere und jüngere
Niederterrasse, Raum Dannenberg
+ jüngere Niederterrasse
o ältere Niederterrasse
- Abb. 42: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 107
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; Profil Bleckede;
oben : o jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein
unten: ● ältere Niederterrasse
o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich
- Abb. 43: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 108
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Profil Bleckede;
oben : o jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein
unten: ● ältere Niederterrasse
o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich
- Abb. 44: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 109
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milch-
quarz; Profil Bleckede
oben: o jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein
unten: ● ältere Niederterrasse
o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich
- Abb. 45: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 110
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; Profil Winsen
oben : o jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse
unten: ● ältere Niederterrasse
o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

- Abb. 46: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 111
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Profil Winsen
oben : o jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein
unten: ● ältere Niederterrasse
o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich
- Abb. 47: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 112
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz;
Profil Winsen
oben : o jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse
unten: ● ältere Niederterrasse
o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich
- Abb. 48: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 113
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Sandsteine
und Quarzite; Raum Hamburg; jüngere Niederterrasse
oben : Fraktion 2,0 - 4,0 mm
unten: Fraktion 4,0 - 6,3 mm
- Abb. 49: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 114
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Raum Hamburg;
jüngere Niederterrasse
oben : Fraktion 2,0 - 4,0 mm
unten: Fraktion 4,0 - 6,3 mm
- Abb. 50: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 115
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz;
Raum Hamburg; jüngere Niederterrasse
oben : Fraktion 2,0 - 4,0 mm
unten: Fraktion 4,0 - 6,3 mm
- Abb. 51: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 116
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; Profil Horneburg
Fraktion 4,0 - 6,3 mm
- Abb. 52: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 117
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milch-
quarz; Profil Horneburg
Fraktion 4,0 - 6,3 mm
- Abb. 53: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 117
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Profil Horneburg
Fraktion 4,0 - 6,3 mm
- Abb. 54: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten 118
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; Profil Horneburg
Fraktion 2,0 - 4,0 mm

- + jüngere Niederterrasse
- ältere Niederterrasse
- o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

Abb. 55: Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Profil Horneburg
Fraktion 2,0 - 4,0

119

- + jüngere Niederterrasse
- ältere Niederterrasse
- o glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

9.2 Bohrnummernverzeichnis der in den Profilen (Abb. 11,13 - 24) einge-
tragenen Bohrungen (Alle TK-Angaben beziehen sich auf die TK 25)

Profil Gorleben

1	GoHy	650	11	GoHy	553
2	GoHy	1080	12	GoHy	50
3	GoHy	1150	13	GoHy	190
4	GoHy	3030	14	GoHy	620
5	GoHy	1130	15	GoHy	180
6	GoHy	2127	16	GoHy	820
7	GoHy	1120	17	GoHy	390
8	GoHy	3140	18	SE	35
9	GoHy	1110	19	HWW	122
10	GoHy	550			

Profil Bleckede

1	B	14	8	B	7
2	B	13	9	B	6
3	B	12	10	B	5
4	B	11	11	B	4
5	B	10	12	B	3
6	B	9	13	B	2
7	B	8	14	B	1

Profil Lauenburg

	<u>lfd. Bohrungsnummer</u>	<u>Archiv-Bohrungsbezeichnungen</u>
		TK 2628
1		TK 2629
2		2629(86)*
3		IG 279
4		IG 306
5		IG 352
6		HY 133
7		HY 122
8		HY 134
9		HY 121
10		HY 132
11		HY 356
		HY 133

12								IG 294
13								IG 299
14								
15						HY 196		
16						HY 200		
17								IG 310
18								HY 354
19								IG 318
20						IG 149		
21						IG 193		
22						IG 216		
23						IG 154		
24								HY 118
25						IG 160		
26						HY 203		
27						IG 355		
28						HY 145		
29						IG 186		
						HY 218		

* GLA Schleswig-Holstein

Profil Dannenberg

1	IG	159	TK 2832	13	HY	10	TK 2932
2	IG	158		14	HY	121	
3	HY	14		15	HY	120	
4	IG	157		16	HW	180	
5	HY	17		17	HY	143	
6	HW	189		18	HY	131	
7	HY	63		19	HY	144	
8	HY	62		20	HY	124	
9	HY	66		21	HY	165	
10	HY	65		22	HY	175	
11	HY	34		23	HY	116	
12	HY	35					

Profil Hamburg - (BAB - westl. Umgehung HH)

C 56	C 161	C 167	A 214	A 223	B 248	C 93	A 153
C 61	C 162	A 202	A 217	D 305	B 248	D 55	
C 157	C 163	A 212	A 219	B 246	B 258	D 53	
C 159	C 164	A 213	A 222	B 247	B 250	C 89	

Profil Winsen

1	2527/ (56)*	2527/28	11	2527/ (25)*
2	2527/ (55)*		12	2527/ (64)*
3	2528/ (44)*		13	2527/13(13)*
4	2527/15(5)*		14	2527/20(4)*
5	2527/15(1)*		15	2527/15(19)*
6	2528/13(8)*		16	IG 102
7	2527/15(8)*		17	2527/20(1)*
8	2527/15(7)*		18	IG 104
9	2527/15(9)*		18a	HY 137
10	2527/20(3)*		19	HY 138

20	2527/ (35)*		30	D 4
21	"Stove 2"		31	D 5
22	IG 126		32	D 6
23	IG 139		33	D 7
24	2527/ (35)*		34	D 8
25	IG 5		35	D 9
26	"Drenhausen 1"		36	D 10
27	D 1	TK 2627	37	D 11
28	D 2		38	D 12
29	D 3		39	D 13

* GLA Schleswig-Holstein

Profil Wischhafen

1	2223/ 9(2)*	TK 25/2223	8	UE 122	TK 2221
2	2223/23(2)*		9	PA 1	
3	2223/16(21)*		10	HY 4	
4	2222/ 4(8)*	TK 25/2222	11	UE 122	
5	IG 88		12	UE 120	
6	IG 87		13	IG 69	TK 2220
7	2122/23(B1)*	TK 2122			

* GLA Schleswig-Holstein

Profil Brunsbüttel

1	BafW	TK 2021	12	2120/ 3(1)*	TK 2120
2	BafW		13	2120/ 6(3)*	
3	BafW		14	2120/ 6(4)*	
4	BafW		15	2120/ 4(3)*	
5	2021/27(1)*		16	2120/ 4(69)*	
6	BafW		17	BafW	
7	2021/26(10)		18	IG 4	
8	2021/26(17)*		19	IG 3	
9	2021/26(9)*		20	IG 69	TK 2220
10	2021/26(3)*		21	IG 14	
11	2120/ 5(1)*	TK 2120			

* GLA Schleswig-Holstein

Profil Freiburg/Elbe

1	2122/ 9(4)*	TK 2122	8	2122/11(13)*	TK 2121
2	2122/ 9(3)*		9	IG 6	
3	2122/ 8(1)*		10	IG 3	
4	2122/ 7(1)*		11	UE 119	
5	IG 10	TK 2121	12	IG 69	TK 2220
6	IG 9		13	IG 14	
7	IG 7				

* GLA Schleswig-Holstein

Profil Horneburg

1	2323/15(1)*	TK 2323	2	2323/ (25)*	TK 2323
---	--------------	---------	---	-------------	---------

3	2323/ 3(1)*	TK 2323	11	H 5
4	2323/ (36)*		12	UE 131
5	2323/ 4(2)*		13	H 4
6	BafW		14	H 3
7	2323/ (41)*		15	H 2
8	H 8		16	UE 163
9	H 7		17	H 1
10	H 6			

* GLA Schleswig-Holstein

Profil Stade

1	2323/11(1)*	TK 2323	13	IG 114	TK 2323
2	2323/17(2)*		14	2323/ (23)*	
3	2323/ 4(2)*		15	IG 48	
4	2323/16(1)*		16	IG 418	
5	2323/ 3(1)*		17	HY 1	
6	2323/22(3)*		18	IG 446	TK 2322
7	projektgeb. Bohrungen		19	IG 3	
8	2323/21(20)*		20	UE 123	
9	2323/15(3)*		21	HY 64	
10	2323/27(1)*		22	HY 2	
11	2323/ 2(1)*		23	UE 27	
12	projektgeb. Bohrungen		24	HY 30	

* GLA Schleswig-Holstein

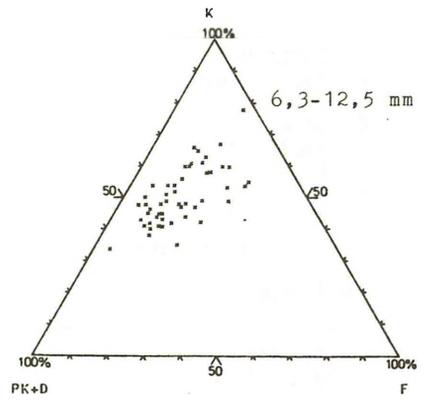
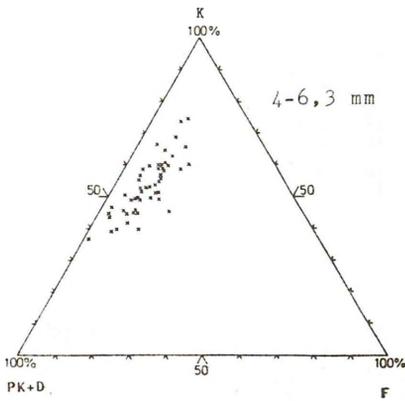


Abb. 27 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/Flint;
Geschiebemergel und glazifluviatile Sande des
Warthe-Stadiums

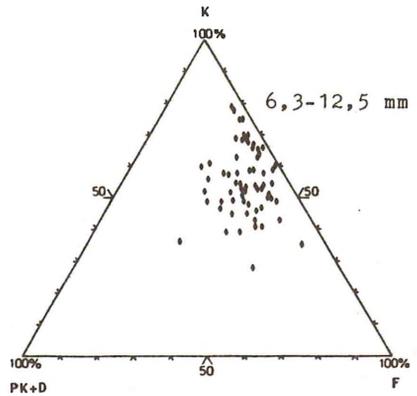
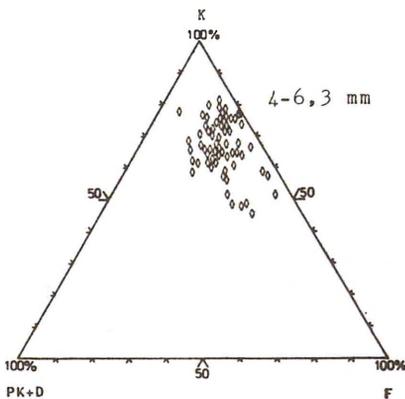


Abb. 28 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/Flint;
saalekaltzeitliche fluviatil beeinflusste Sande

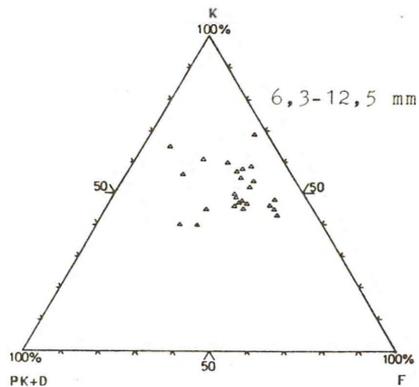
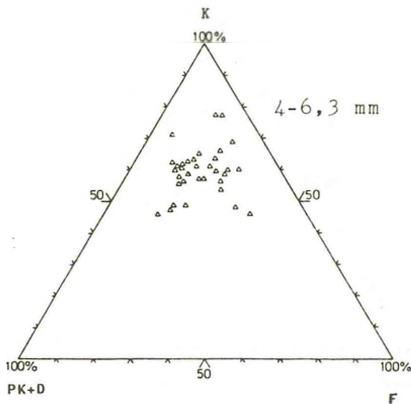


Abb. 29 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/Flint;
Geschiebemergel und Schmelzwassersande des
Drenthe(2)-Stadiums

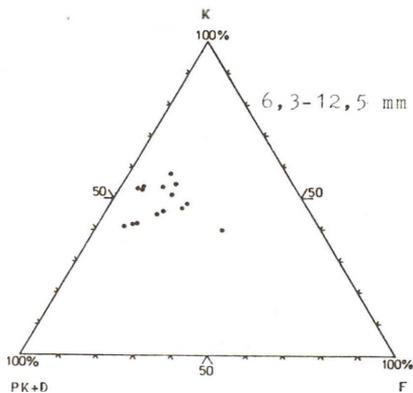
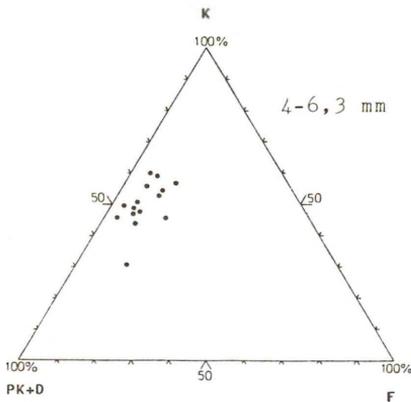


Abb. 30 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/Flint;
Geschiebemergel und Schmelzwassersande des
Drenthe(1)-Stadiums

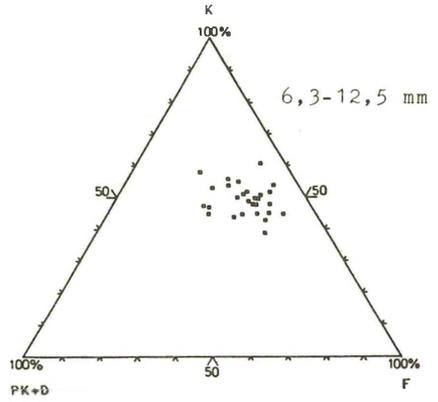
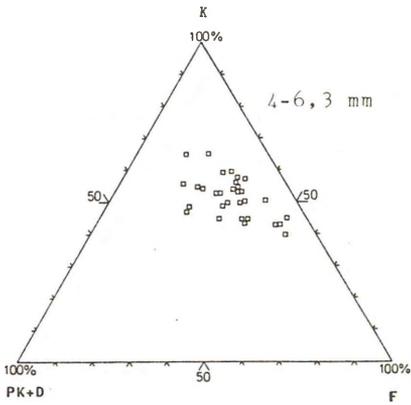


Abb. 31 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/paläozoische Kalksteine + Dolomitsteine/Flint;
Geschiebemergel und Schmelzwassersande der
Elsterkaltzeit

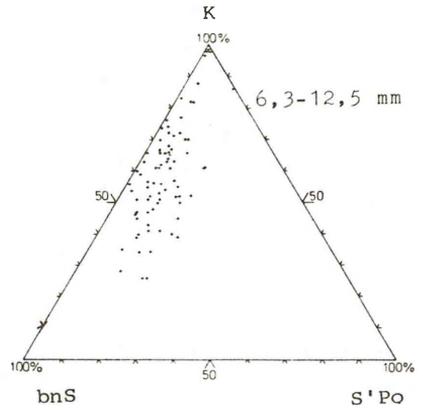
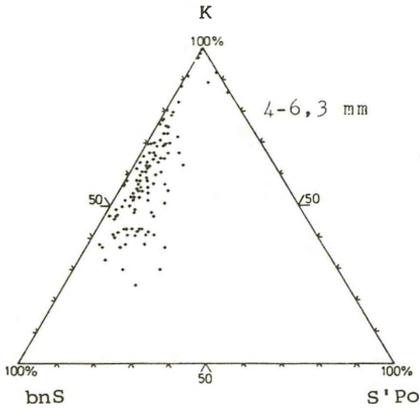


Abb. 32 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/
südliche Porphyre; jüngere Niederterrasse

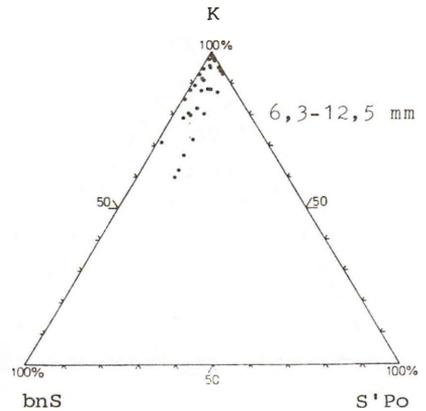
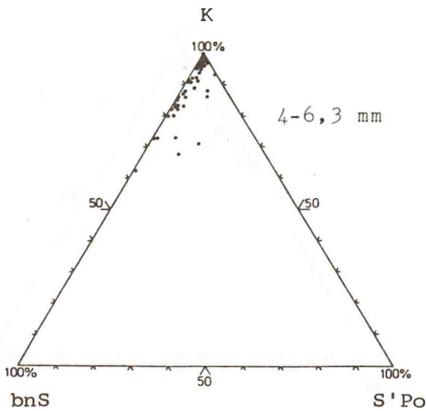


Abb. 33 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/
südliche Porphyre; ältere Niederterrasse

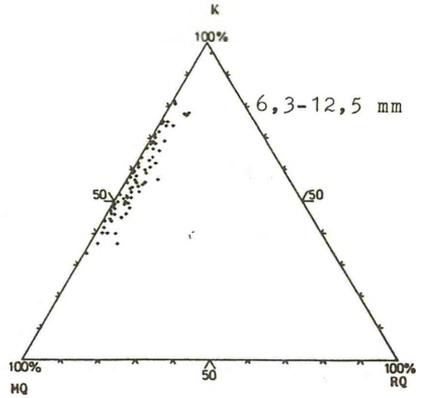
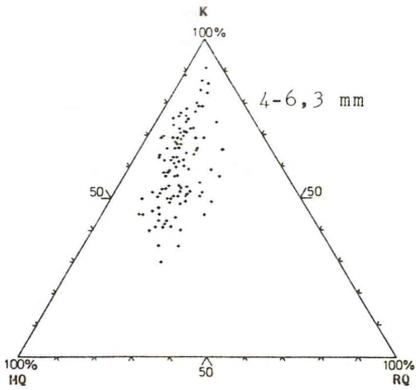


Abb. 34 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz;
jüngere Niederterrasse

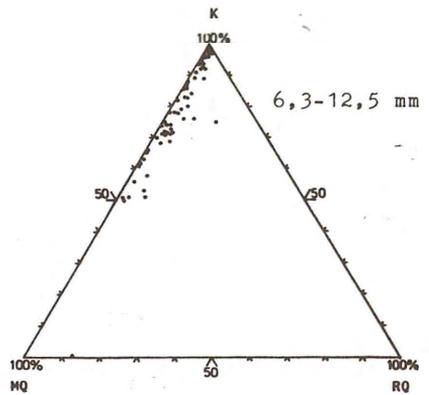
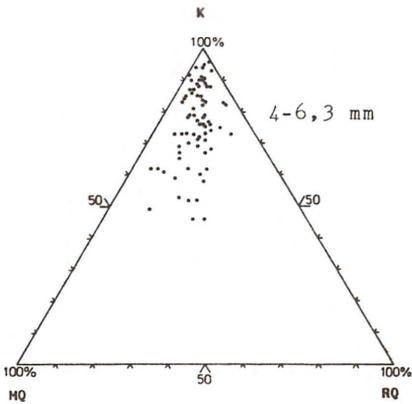


Abb. 35 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz;
ältere Niederterrasse

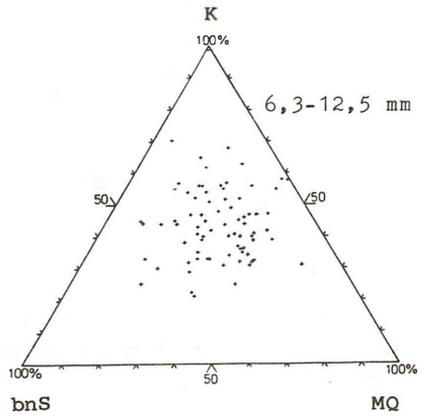
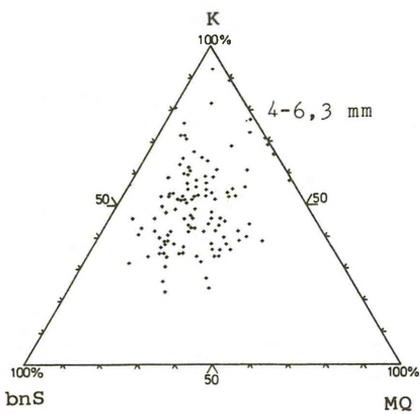


Abb. 36 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz
jüngere Niederterrasse

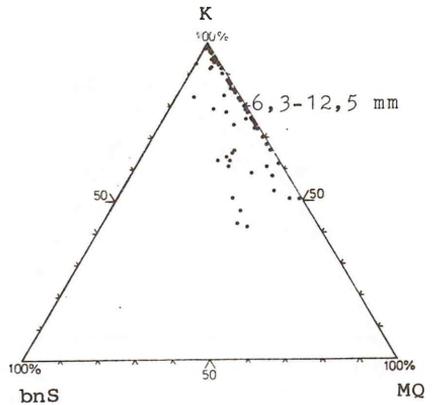
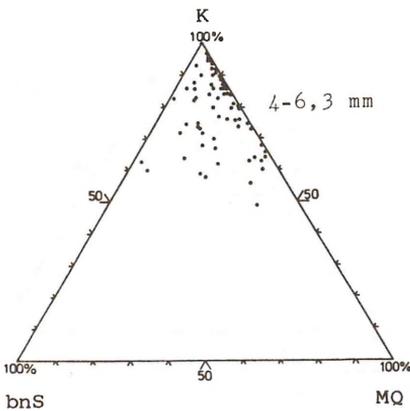


Abb. 37 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz
ältere Niederterrasse

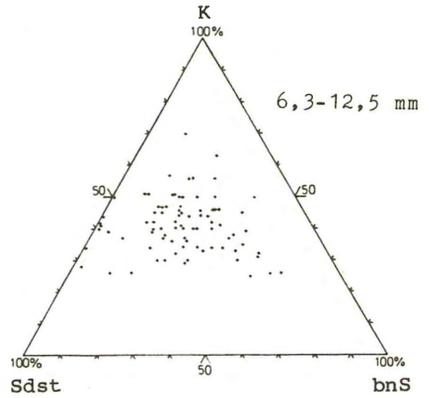
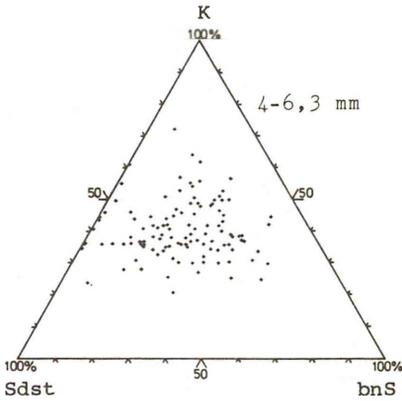


Abb. 38 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine und
Quarzite;
jüngere Niederterrasse

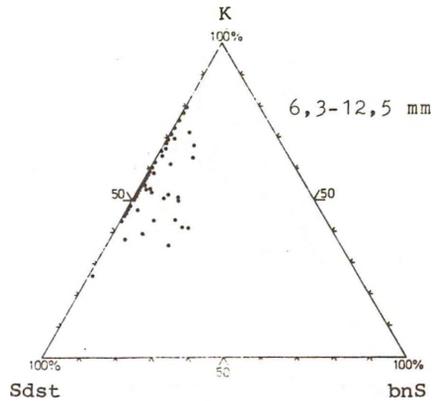
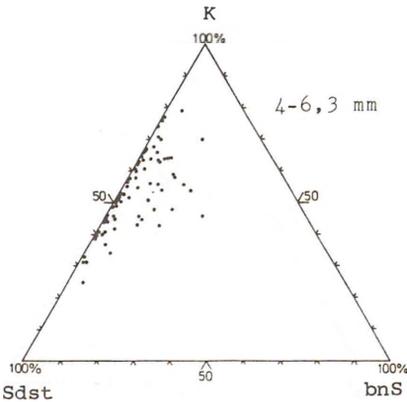


Abb. 39 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine und
Quarzite;
ältere Niederterrasse

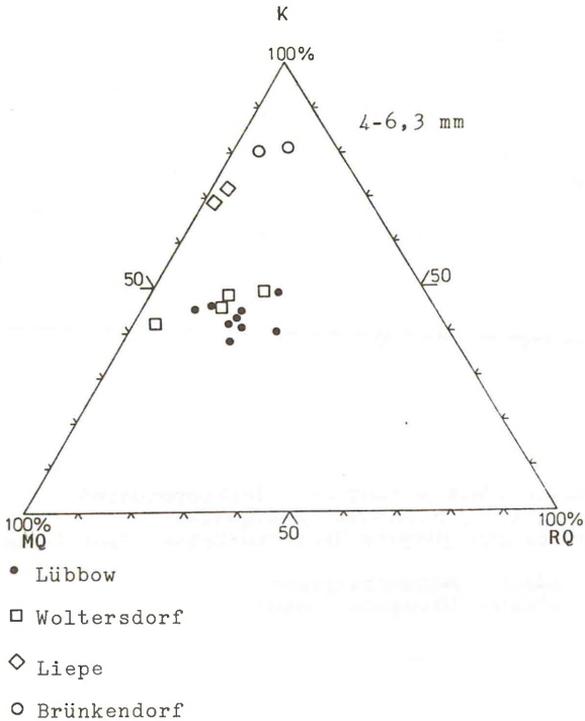


Abb. 40 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz;
Aufschlußproben: Liepe (Sande der jüngeren Nieder-
terrasse)
Lübbow, Woltersdorf, Brünkendorf
(Sande der Saale-Kaltzeit)

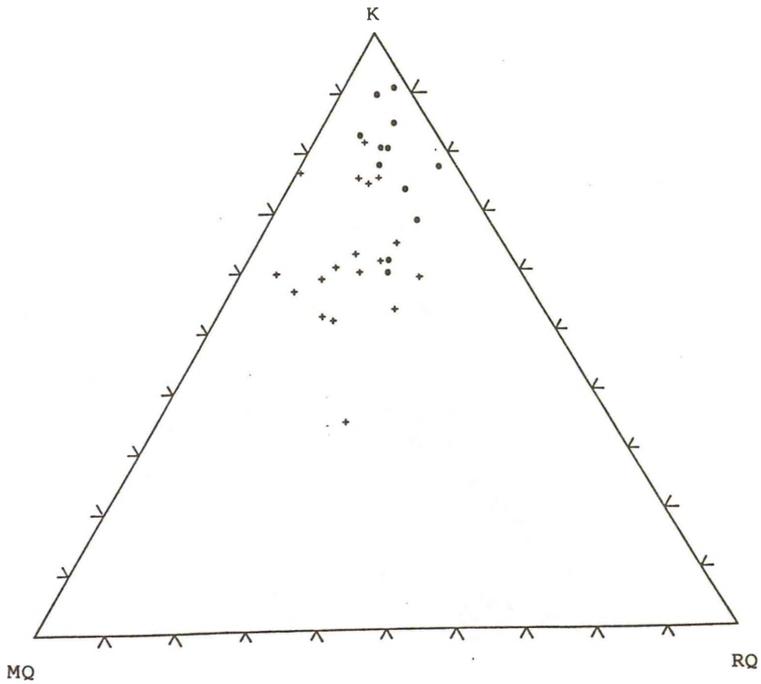


Abb. 41 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz;
ältere und jüngere Niederterrasse, Raum Dannenberg

+ jüngere Niederterrasse
o ältere Niederterrasse

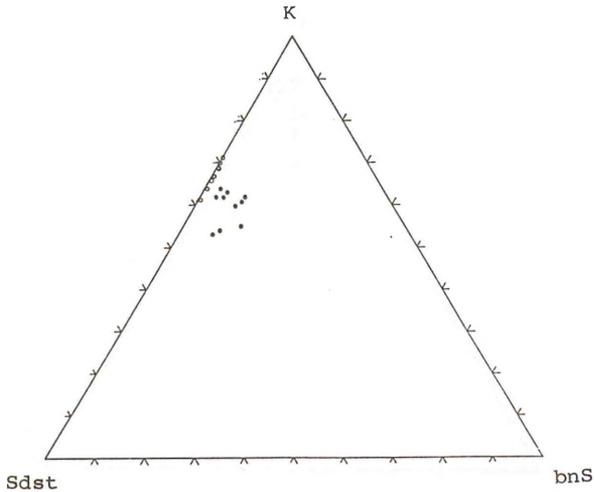
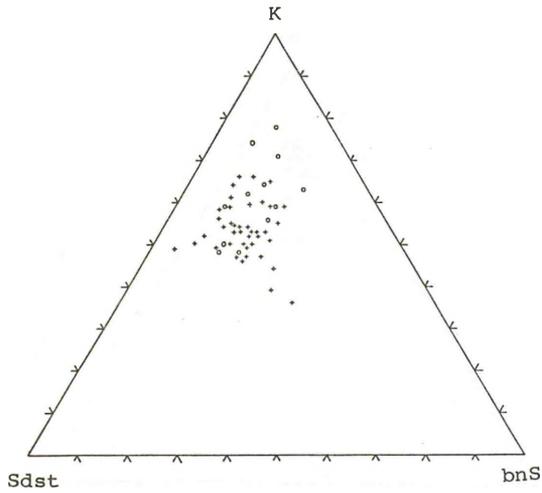


Abb. 42 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine und Quarzite; Profil Bleckede;

oben : ○ jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein

unten: ● ältere Niederterrasse
○ glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

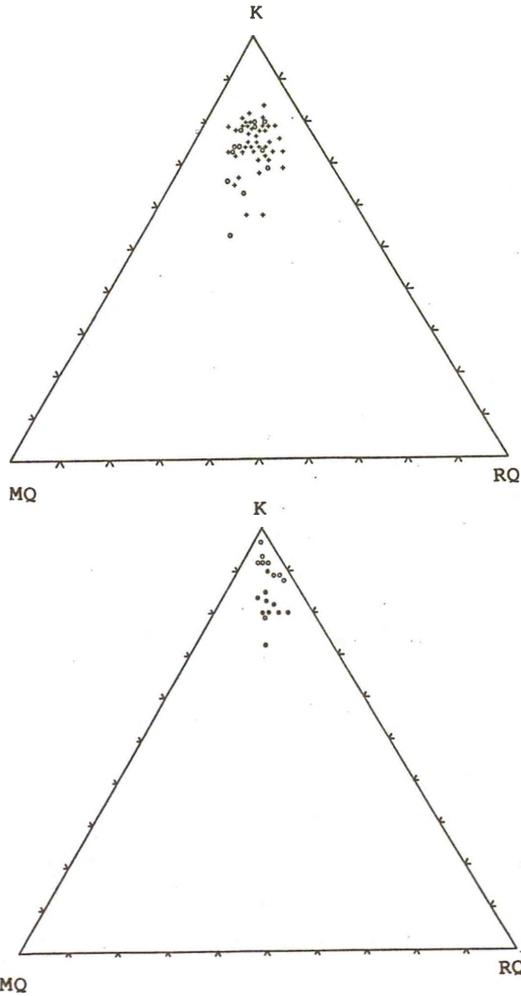


Abb. 43 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Profil Bleckede;

- oben : ○ jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein
- unten: ● ältere Niederterrasse
○ glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

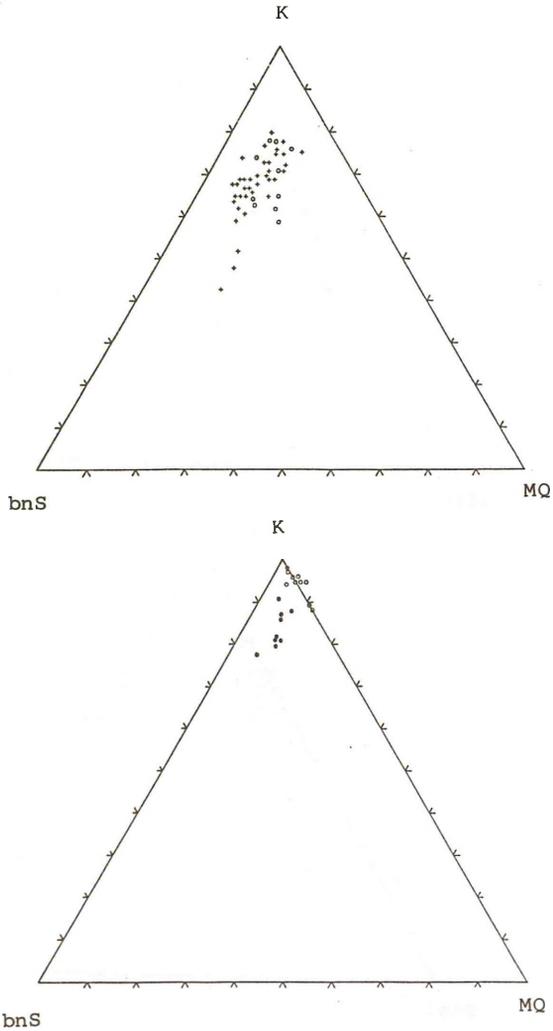


Abb. 44 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz;
Profil Bleckede

- oben : ○ jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein
- unten: ● ältere Niederterrasse
○ glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

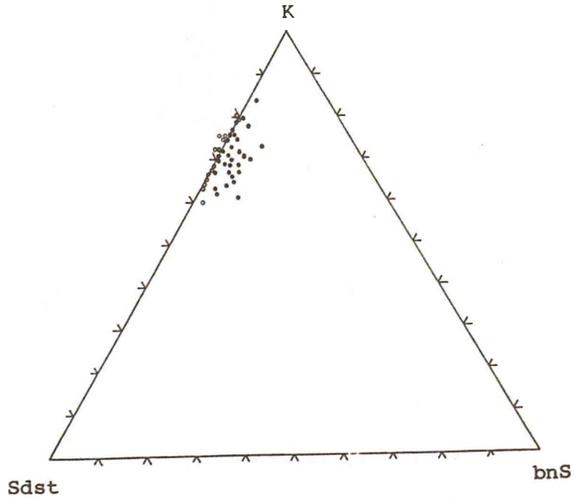
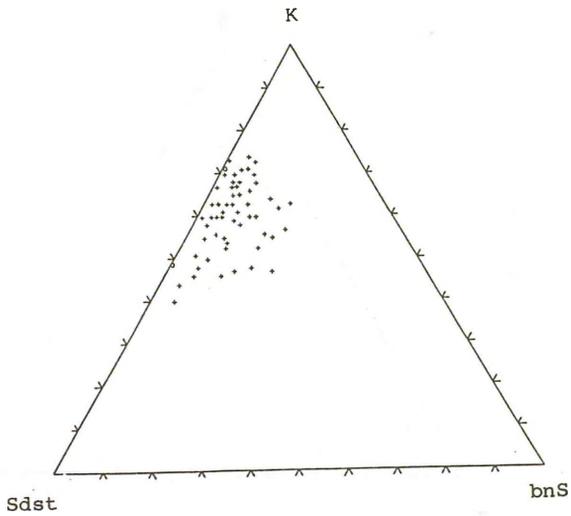


Abb. 45 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; Profil Winsen

- oben : ○ jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
- + jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein

- unten: ● ältere Niederterrasse
- glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

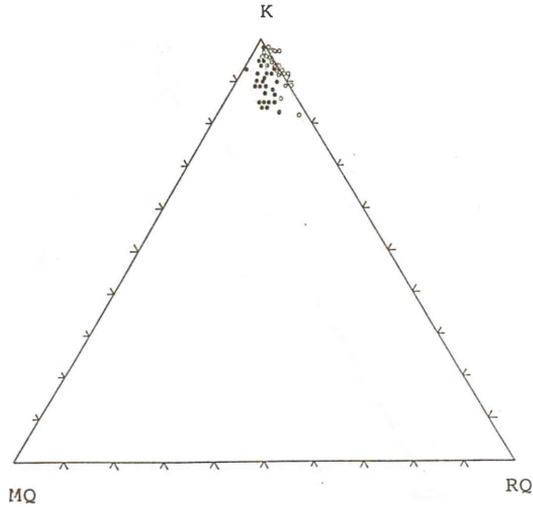
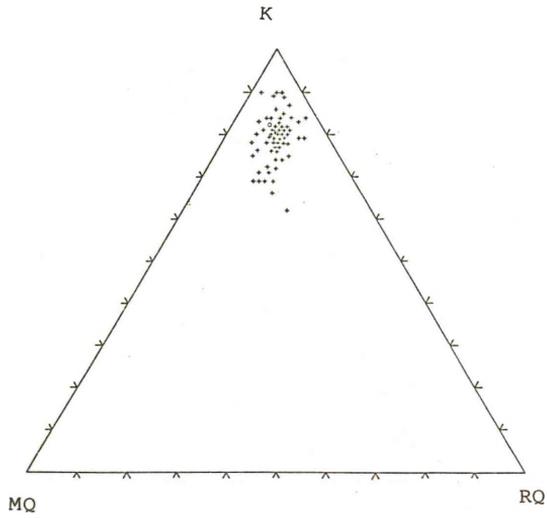


Abb. 46 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Profil Winsen

- oben : ○ jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
- + jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein

- unten: ● ältere Niederterrasse
- glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

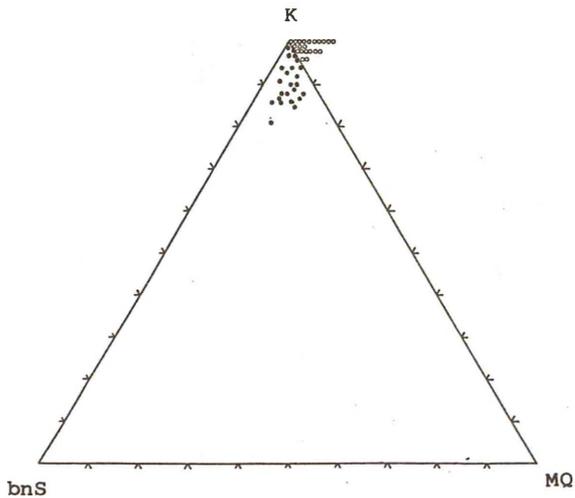
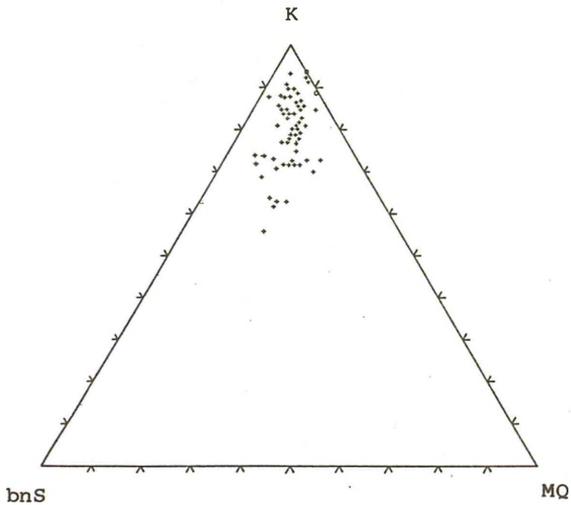


Abb. 47 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz;
Profil Winsen

oben : o jüngere Niederterrasse, mit viel Tonstein
+ jüngere Niederterrasse, wenig Tonstein

unten: ● ältere Niederterrasse
○ glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

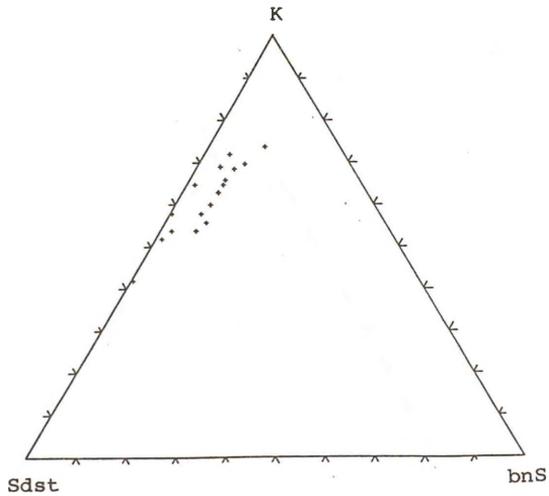
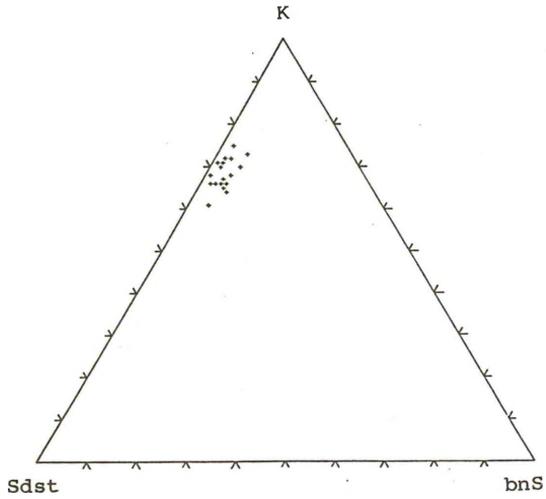


Abb. 48 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Sandsteine
und Quarzite; Raum Hamburg; jüngere Niederterrasse

oben : Fraktion 2,0 - 4,0 mm
unten: Fraktion 4,0 - 6,3 mm

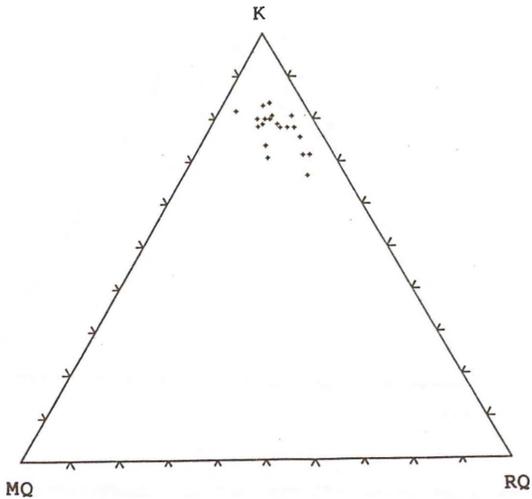
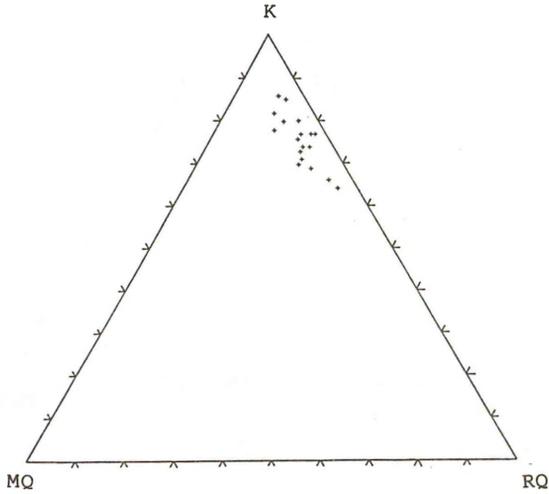


Abb. 49 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz;
Raum Hamburg; jüngere Niederterrasse

oben : Fraktion 2,0 - 4,0 mm
unten: Fraktion 4,0 - 6,3 mm

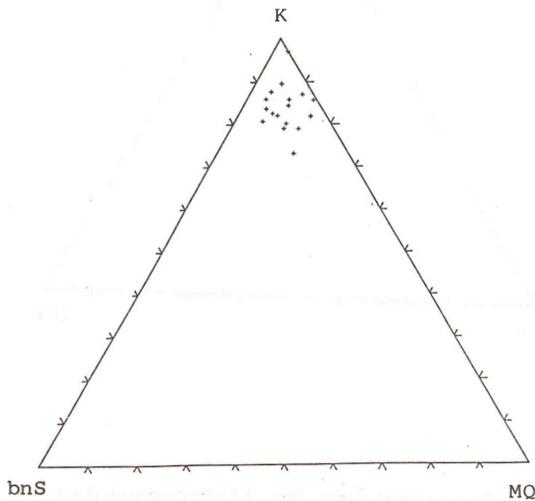
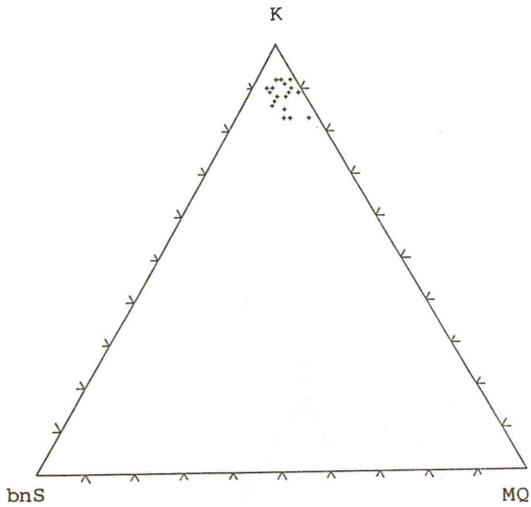


Abb. 50 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz;
Raum Hamburg; jüngere Niederterrasse

oben : Fraktion 2,0 - 4,0 mm

unten: Fraktion 4,0 - 6,3 mm

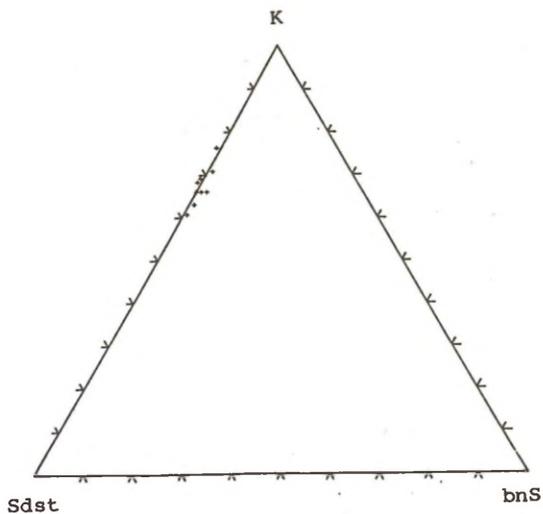


Abb. 51 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Sandsteine und Quarzite/braune Sandsteine
und Quarzite; Profil Horneburg
Fraktion 4,0 - 6,3 mm

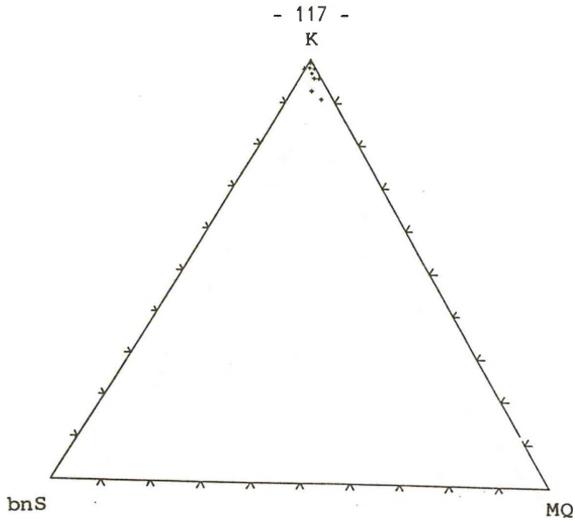


Abb. 52 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
 Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Milchquarz;
 Profil Horneburg
 Fraktion 4,0 - 6,3 mm

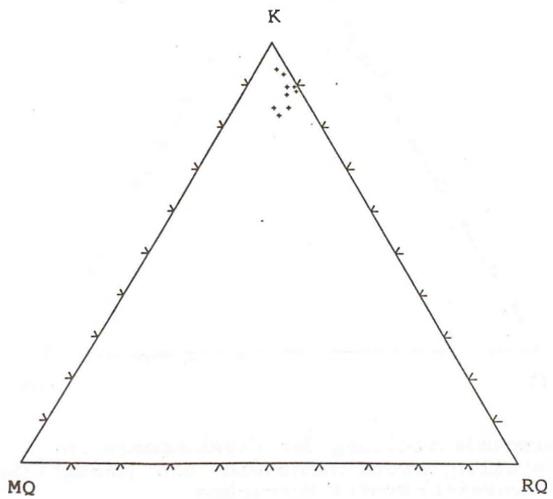


Abb. 53 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
 Kristallin/Milchquarz/Restquarz
 Profil Horneburg
 Fraktion 4,0 - 6,3 mm

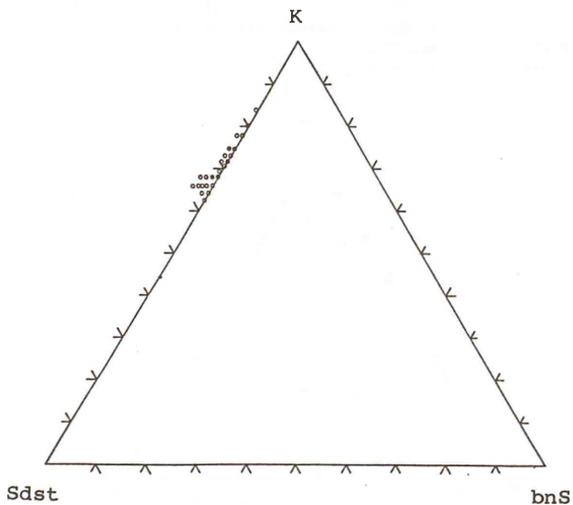
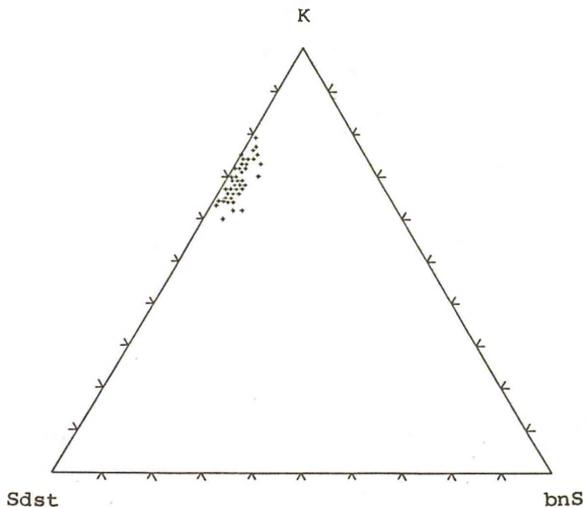


Abb. 54 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/braune Sandsteine und Quarzite/Sandsteine
und Quarzite; Profil Horneburg
Fraktion 2,0 - 4,0 mm

- + jüngere Niederterrasse
- ältere Niederterrasse
- glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich





Abb. 55 Dreiecksdarstellung der Kieskomponenten
Kristallin/Milchquarz/Restquarz; Profil Horneburg
Fraktion 2,0 - 4,0 mm

- + jüngere Niederterrasse
- ältere Niederterrasse
- glazifluviatile Sande, saalekaltzeitlich

L E B E N S L A U F

Persönliche Daten

Name : Schröder, Peter Johannes
Geburtstag : 24. März 1954
Geburtsort : Marl/Westfalen
Familienstand : ledig
Name der Eltern: Hans Schröder, Johanna Schröder

Schulbildung

Volksschule 1960 - 1965
Gymnasium 1965 - 1973, Abschluß Abitur

Studiengänge

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM 1973 - 1978
Geologiestudium
Abschluß mit dem Grad Diplom-Geologe

FACHHOCHSCHULE HANNOVER 1983 - 1985
Studium des Bauingenieurwesens
Abschluß mit dem Grad Diplom-Ingenieur

Zivildienst 1974

Berufsweg

Wissenschaftlicher Angestellter 1978 - 1982
Angestellter seit 1985

MITTEILUNGEN AUS DEM GEOLOGISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT HANNOVER

Noch lieferbar :

- Heft 1: BERNHARD, H.: Der Drucksetzungsversuch als Hilfsmittel zur Ermittlung der Mächtigkeit des pleistozänen Inlandeises in NW-Niedersachsen.- 108 S., 5 Taf., 1963. DM 5,--
- Heft 2: RICHTER, K.: Beziehungen zwischen lokalem Grundwasserstand und Kryoturbationen auf Bornholm.- SICKENBERG, O.: Neue Säugetierfunde aus dem Gipskarst von Osterode/Harz.- MICHAEL, E.: Mikroplankton und Sporomorphe aus dem NW-deutschen Barrême.- 48 S., 7 Taf., 1964. DM 3,--
- Heft 3: RICHTER, K.: Der Salzstock von Lüneburg im Quartär.- BENDA, L. & MICHAEL, E.: Ein neues Vorkommen von marinem Holstein-Interglazial bei Lüneburg.- RICHTER, K.: Konnektionierungsmöglichkeiten niedersächsischer Flugsandrhythmen.- 50 S., 10 Taf. 1966. DM 2,50
- Heft 4: SCHRAPS, A.: Schwermineraluntersuchungen an quartären Sanden im Bereich der ostfriesischen Inseln Baltrum, Langeoog und Spiekeroog.- 149 S., 17 Taf., 1966. DM 5,50
- Heft 8: Sonderheft zum 65. Geburtstag von K. RICHTER mit Beiträgen von J.-D. BECKER-PLATEN, H. BERNHARD, J.-P. GROETZNER, H.-U. HARK, H. HILTMANN, E.-R. LOOK, G. LÜTTIG, E. MALZAHN, R. MARCZINSKI, H. PUTZER, W.G. SCHRAPS, G. SCHÜTT, E.-G. SCHULZE, O. SICKENBERG H. VIERHUFF.- 190 S., 1968. DM 8,--
- Heft 10: Sonderheft zum 70. Geburtstag von O. SICKENBERG mit Beiträgen von C. BRAUCKMANN, G. HILLMER, U. LEHMANN, E. MICHAEL, Hg. PAPE, K. RICHTER, G. SCHÜTT, H. TOBIEN.- 162 S., 1971. DM 8,50
- Heft 11: GROETZNER, J.-P.: Geschiebeführung und Stratigraphie saale-eiszeitlicher Ablagerungen (Pleistozän) im Südwestteil des Uelzener Beckens (Nordost-Niedersachsen).- 76 S., 20 Abb., 7 Tab., 2 Taf., 1972. DM 5,--
- Heft 12: PREUSS, H.: Gliederung und Zusammensetzung der Weserterrassenkörper bei Bodenfelde (mit einer geologischen Kartierung). RAUSCH, M.: Der "Dropstein-Laminat" von Bögerhof und seine Zuordnung zu den Drenthezeitlichen Ablagerungen des Wesertales bei Rinteln.- 86 S., 6 Tab., 4 Taf., 1975. DM 9,90
- Heft 13: (Unterkreideheft).- GEORGI, K.-H.: Mikrofaunistische Untersuchungen der Hilssandstein-Region (Apt/Alb) im Raum Salzgitter-Goslar.- SEILER, W.C.: Mikropaläont. Untersuchungen z. stratigraphischen Einstufung des Hilssandsteins (Unterkreide) in der Hilsmulde (Süd-niedersachsen).- HEINEMANN, B.: Lateritische Verwitterungsböden aus Hils-Sandstein (Unterkreide) und Dogger-tonen im Harzvorland bei Goslar.- 152 S., 7 Taf., 24 Abb., 2 Tab., 1976. DM 11,--
- Heft 15: KRÜGER, S.: Zur Taxonomie und Systematik isolierter Schwamm-skleren mit Beispielen aus der Unter-Kreide Ostniedersachsens.- DENEKE, E.: Ein Profil von den Ornaten-Schichten (Callovium-Dogger) bis zum unteren Korallenoolith (Oxfordium-Malm) im Grubenfeld "Konrad", Salzgitter Bleckenstedt (Ostniedersachsen).- HENNINGSEN, D.: Schwermineral-Untersuchungen in quartär-zeit-

lichen Sanden nordwestlich von Hannover.- 146 S.; 3 Taf., 1978.
DM 11,50

- Heft 16: FISCHER, U.: Der Schichtaufbau der tieferen Lias am EGGE-Osthang zwischen Horn und Langeland (Westfalen).- MUTTERLOSE, J.: Ontogenie und Phylogenie der Belemnitenart *Hibolites jaculoides* SWINNERTON, 1937 aus dem Hauterivium (Unterkreide) von NW-Deutschland (Sarstedt) und NE-England (Speeton).- 120 S., 7 Taf., 1978 DM 12,--
- Heft 17: SNIEHOTTA, M.: Bodenbewegungen von 1945-1974 im Subrosionsbereich des Salzstocks von Benthe (SW Hannover).- HOHM, D.: Über Erdfälle am nordwestlichen Harzrand zwischen Hahausen und Osterode am Harz (Niedersachsen).- NEUSS, P.: Zur Biostratigraphie und Fazies der Unterkreide-Serien (Hauterivium-Aptium) im Eisenerz-Tagebau "Morgenstern" N Goslar (SE Niedersachsen).- 222 S., 11 Taf., 1979. DM 25,--
- Heft 18: MAUTHE, F.: Probleme und Risiken bei der geplanten Einlagerung radioaktiver Abfälle in einem nordwestdeutschen Salzstock.- 60 S., 5 Abb., 1979. DM 4,--
- Heft 19: JÄGER, M.: Die Crinoiden der nordwestdeutschen Unterkreide.- 136 S., 12 Abb., 1 Tab., 16 Taf., 1981. DM 20,--
- Heft 21: KÖTHE, A.: Kalkiges Nannoplankton aus dem Unter-Hauterivium bis Unter-Barrême der Tongrube Moorberg/Sarstedt (Unter-Kreide NW-Deutschland).- 95 S., 56 Abb., 7 Tab., 10 Taf., 1981. DM 14,--
- Heft 22: HÜSER, M.: Die Feldspatgehalte quartärzeitlicher Sande Niedersachsens.- 81 S., 19 Abb., 6 Tab., 1 Taf., 1982. DM 7,--
- Heft 23: KREUSCH, J.: Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen an Dogger- und Malm-zeitlichen Ablagerungen im Raum Wolfsburg (Ost-Niedersachsen.- MEYER, Th.: Schichtaufbau und Biostratigraphie der Cenoman-Turon-Vorkommen in der Hilsmulde bei Kaierde (Niedersächsisches Bergland).- 91 S., 24 Abb., 3 Tab., 3 Taf. (in Tasche), 1983. DM 10,--
- Heft 24: MUTTERLOSE, J.: Die Unterkreide-Aufschlüsse (Valangin-Alb) im Raum Hannover-Braunschweig.- 61 S., 25 Abb., 1 Tab., 1 Taf., 1984. DM 9,50
- Heft 25: CHITSAZIAN, A.: Beziehungen zwischen Mineralbestand, Gefüge und technologischen Eigenschaften niedersächsisches Wealden. Sandsteine (Unterkreide.- 103 S., 12 Abb., 16 Tab., 3 Taf., 1985. DM 9,50
- Heft 26: BOMBIEN, H.: Geologisch-petrographische Untersuchungen zur quartären (früh-Saale-zeitlichen) Flußgeschichte im nördlichen Harzvorland.- 131 S., 32 Abb., 4 Tab., 1987. DM 18,50

In Vorbereitung

- Heft 28: MEYER, H.-H.: Paläowind-Indikatoren des Weichsel-Hochglazials-Möglichkeiten, Grenzen und Probleme ihrer Anwendung.- ca. 80 S., 2 Abb., 1989.

Die angegebenen Preise sind Selbstkostenpreise, daher Rabattgewährung nicht möglich.

Bezug über: Institut für Geologie der Paläontologie
Universität Hannover
Callinstr. 30, D - 3000 Hannover 1