

Mitteilungen aus dem Geologischen Institut
der Technischen Hochschule Hannover
Herausgeber: Prof. Dr. Konrad Richter

Heft 4

Schwermineraluntersuchungen an quartären Sanden
im Bereich der Ostfriesischen Inseln
Baltrum, Langeoog und Spiekeroog

von

Annemarie Schraps

Hannover 1966

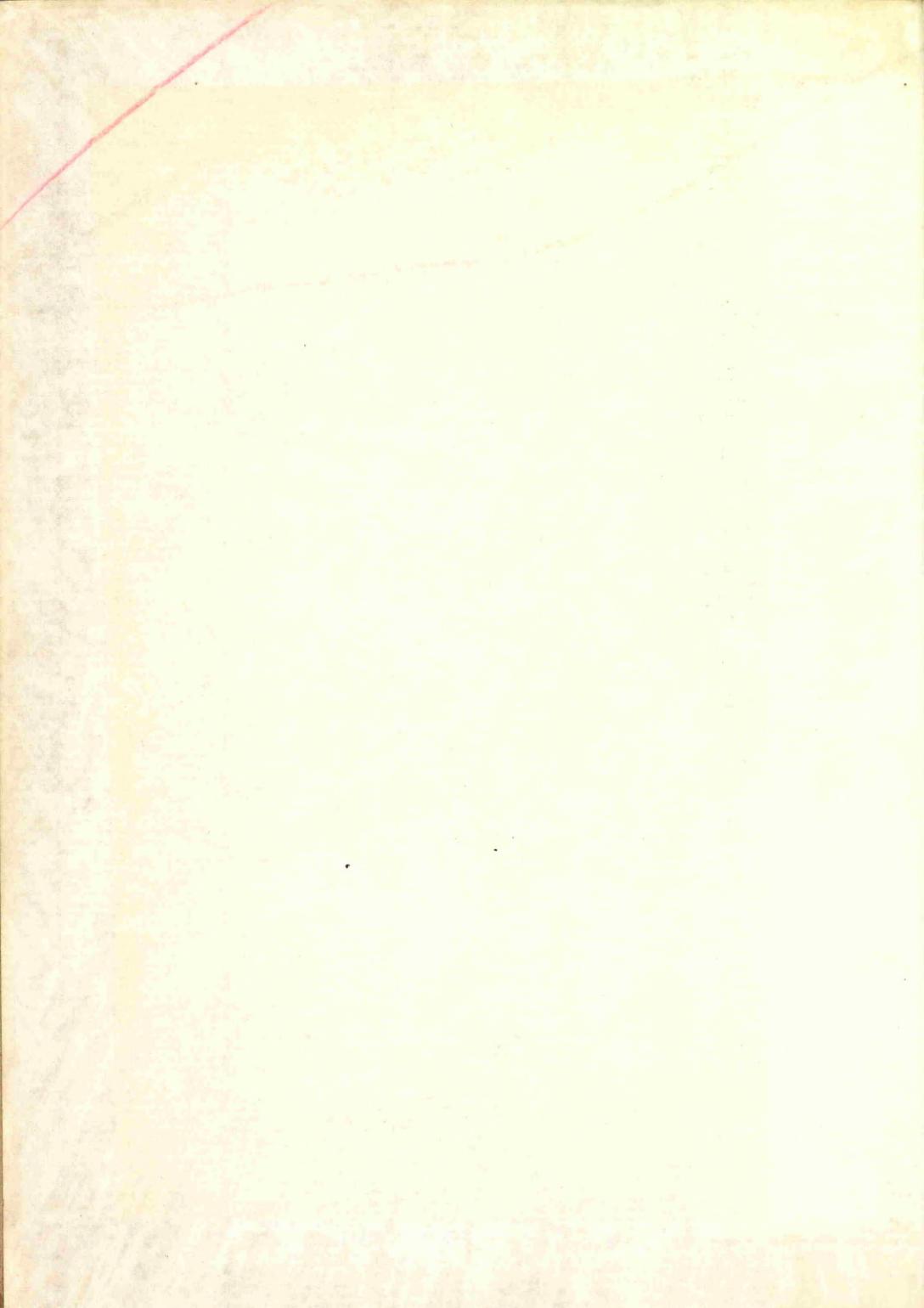
RA
356
(4)

Geol. Inst.
H. Hannover

Heft 4

149 Seiten 17 Tafeln

Hannover
Dezember 1966



UB/TIB Hannover

89

113 814 267



**Mitteilungen aus dem Geologischen Institut
der Technischen Hochschule Hannover**
Herausgeber: Prof. Dr. Konrad Richter

Heft 4

**Schwermineraluntersuchungen an quartären Sanden
im Bereich der Ostfriesischen Inseln
Baltrum, Langeoog und Spiekeroog**

von

Annemarie Schrapf

Hannover 1966

Mitt. Geol. Inst. T. H. Hannover	Heft 4	149 Seiten 17 Tafeln	Hannover Dezember 1966
-------------------------------------	--------	----------------------	---------------------------

RA 356 (4)

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
DER
TECHNISCHEN UNIVERSITÄT
HANNOVER

I n h a l t

A.	Einführung	6
B.	Methodik und Grundsätzliches	7
C.	Versuch einer Schwermineralauswertung mit Hilfe der Röntgenanalyse	15
D.	Die Bearbeitung der pleistozänen Sedimente	19
I.	Elstereiszeitliche Sedimente	19
a.	Allgemeines	19
b.	Besprechung der Bohrungen	19
c.	Auszählergebnisse	26
d.	Zusammenfassung	24
II.	Lauenburger Ton	28
a.	Allgemeines	28
b.	Besprechung der Bohrungen	28
c.	Auszählergebnisse	34
d.	Zusammenfassung	32
III.	Saaleeiszeitliche Sedimente	37
a.	Allgemeines	37
b.	Besprechung der Bohrungen	39
c.	Auszählergebnisse	51
d.	Zusammenfassung	50
IV.	Zusammenfassung und Deutung	61
a.	Die Unterscheidung von alt- und mittel- pleistozänen Sedimenten mit Hilfe der nordischen Minerale	61
b.	Die Unterscheidung von alt- und mittelpleistozänen Sedimenten mit Hilfe der stabilen Minerale	64

c.	Die Unterscheidung von Alt- und Mittelpleistozän mit Hilfe der metamorphen Minerale	67
d.	Die Restminerale im Pleistozän	68
e.	Die Zirkonzahl im Pleistozän	71
f.	Der Turmalin im Pleistozän	73
g.	Die opaken Minerale im Pleistozän	75
h.	Die Hornblendezahl im Pleistozän	77
i.	Die Augitzahl im Pleistozän	77
E.	Bearbeitung des Holozänsandes	78
a.	Allgemeines	78
b.	Die Bohrungen	81
c.	Auszählergebnisse	98
d.	Zusammenfassung	116
I.	Vergleich der Schwermineraluntersuchungen aus Holozän und Pleistozän	118
a.	Die Unterschiede der nordischen Minerale im Holozän und Pleistozän	119
b.	Unterscheidung des Holozäns vom Pleistozän mit Hilfe der stabilen Minerale	122
c.	Unterscheidung der quartären Ablagerungen mit Hilfe der metamorphen Minerale	123
d.	Die Restminerale	124
e.	Vergleich der Turmalinvarietäten im quartären Sand	126
f.	Die opaken Minerale im Quartär	127
g.	Die Zirkonzahl im Quartär	128
h.	Die Hornblendezahl im Quartär	129
i.	Die Augitzahl im Quartär	130
F.	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	131
G.	Literaturverzeichnis	134

H.	Anhang	139
a.	Auszählergebnisse	139
b.	Profilzeichnungen der einzelnen Bohrungen	149
1.	Korngrößen-Mittelwert-Kurven	
2.	Zeichnung des Granat-Hornblende- Verhältnisses	
3.	Summenkurven der Schwerminerale	

A. Einführung

=====

Nachdem es in den letzten Jahrzehnten gelang, Unterschiede in den Schwermineralassoziationen der Geschiebemergel festzustellen, erschien es notwendig, auch die quartären Sande auf stratigraphisch verwertbare Schwermineralvergesellschaftungen zu untersuchen.

Als Ausgangsmaterial dienten Proben, die bei Bohrungen der Forschungsstelle Norderney, im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, entnommen wurden.

Der Untersuchungsraum der vorliegenden Arbeit erstreckt sich auf das Wattengebiet südlich der Inseln Baltrum, Langeoog und Spieckeroog. Von den abgeteuften Bohrungen wurden 22 schwermineralanalytisch untersucht. An Hand dieser Proben wird das im Arbeitsgebiet vorliegende Sediment auf stratigraphisch verwertbare Schwermineralassoziationen untersucht, werden Leitminerale und ihre Mengenverhältnisse analysiert. Weiterhin soll der Einfluß von Umlagerungsvorgängen auf Schwermineralassoziationen geklärt werden.

Die Anregung für die vorliegende Dissertation erhielt ich von meinem verehrten akademischen Lehrer, Herrn Professor Dr. K. RICHTER, Ordinarius des Geologischen Institutes der Technischen Hochschule Hannover. Ihm gilt mein besonderer Dank für die Vielzahl der Anregungen und für die Unterstützung, die er meiner Arbeit angedeihen ließ.

Herr Dr. K.-H. SINDOWSKI, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, stellte mir freundlicherweise die von ihm entnommenen Proben, sowie deren Korngrößenanalysen, zur Verfügung und ermöglichte durch seine Hilfe und Kritik die Fertigstellung dieser Arbeit. Ich danke ihm dafür.

Den Herren Professoren G. KELLER, Geologisches Institut der Technischen Hochschule Braunschweig, und A. KUMM, Braunschweig, danke ich für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse. Die lebenswürdigerweise von Herrn Dr. ECKHARDT, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, durchgeführten Röntgenanalysen waren mir eine große Hilfe. Nicht zuletzt gilt mein Dank meinem Manne, der mir bei der Durchführung meiner wissenschaftlichen Arbeiten durch seinen Rat geholfen hat.

Die vorliegende Dissertation wurde in den Räumen des Geologischen Institutes der Technischen Hochschule Braunschweig begonnen und im Geologischen Institut der Technischen Hochschule Hannover fertiggestellt.

B. Methodik und Grundsätzliches

Durch die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Minerale, kann es in bestimmten Kornfraktionen zu Anreicherungen derselben kommen. Um einen Vergleich des Untersuchungsmaterials zu ermöglichen, ist es erforderlich, die Schwerminerale immer aus den gleichen Fraktionen abzutrennen.

Die Proben des Arbeitsgebietes wurden in folgendem Siebsatz bearbeitet (Sedimentpetrographisches Labor Dr. SINDOWSKI, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover):

2,0	-	1,0	mm	6	DIN	Grobsand
1,0	-	0,6	mm	10	DIN	
0,6	-	0,3	mm	20	DIN	Mittelsand
0,3	-	0,2	mm	30	DIN	
0,2	-	0,12	mm	50	DIN	Feinsand
0,12	-	0,06	mm	100	DIN	
0,06			mm			Schluff + Ton

Für die Schwermineralanalyse wurden die Fraktionen 0,3 - 0,06 mm gewählt. Dieser Bereich bezieht einen Teil der Mittelsandfraktionen und den gesamten Feinsand in die Untersuchungen ein.

Sind magmatische und metamorphe Gesteine Ausgangspunkte für das Sediment, befinden sich z. B. Granat, Augit, Turmalin hauptsächlich in der Mittelsandfraktion, während Zirkon und Rutil im Fein- und Feinstsand angereichert werden. Bei Sedimentgesteinen als Ursprung sind die Schwerminerale, bedingt durch Verwitterung und Aufarbeitung, meist in feineren Fraktionen zu finden (SINDOWSKI 1949).

Nach der KorngröBenauswahl wurden die Fraktionen 0,3 - 0,06 mm in 10 % - Salzsäure ausgekocht, um eventuelle Oxydhäutchen zu lösen und damit eine bessere Bestimmung der Minerale zu ermöglichen. Bei diesem Auskochen werden allerdings auch einige Minerale aufgelöst.

Löslich in Salzsäure (BROZ 1943):

Opake Minerale	Durchscheinende bis durchsichtige Minerale
Antimonblende	Apatit
Antimonit	Azurit
Berthierit	Braunspat
Boulangerit	Breunerit
Braunit	Dolomit
Bismutit	Kalkspat
Bornit	Olivin
Cuprit	Siderit
Franklinit	Zinkspat
Greenockit	
Hausmannit	
Hämatit	
Kobaltin	
Limonit	
Manganit	
Psilomelan	
Wolframit	

15 g der ausgekochten und getrockneten Substanz kamen in den Scheidetrichter zur Abtrennung der Schwerminerale. Als Schwere-
lösung fand technisches Acetylentetrabromid (CHBr_2 CHBr_2)
Verwendung. Die abgetrennten Schwerminerale wurden getrocknet,
ausgewogen und als Streupräparate in Canadabalsam eingebettet.

Bei der Gesichtsfeldmäßigen Auszählung unter dem Polarisationsmikroskop fand eine Trennung der Schwerminerale in die beiden Gruppen "opak" und "durchscheinend" statt. Letztere setzen sich folgendermaßen zusammen:

Stabile Minerale	Turmalin	Metamorphe Minerale	Disthen
	Zirkon		Staurolith
	Rutil		Sillimanit
			Andalusit
Nordische Minerale	Granat	Rest-Minerale	Augit
	Hornblende		Topas
	Epidot		

Bei der Prozentausrechnung wird die Gesamtheit der durchscheinenden Schwerminerale als 100 % gewertet, bei dem Vergleich opak : durchscheinend bilden beide Gruppen 100 %.

Über die Anzahl der auszuzählenden Mineralkörner herrscht noch eine weitgehende Meinungsverschiedenheit unter den Autoren. Eine gewisse Fehlerspanne, die schon durch die Probenentnahme, das Kochen und Sieben des Materials vorhanden sein kann, erfährt möglicherweise noch eine Erhöhung durch eine falsche Wahl der Summe der auszuzählenden Körner. Bei zu geringer Auszählung besteht die Gefahr, daß verschiedene Minerale unberücksichtigt bleiben, während zu hohe Auszählungen gegebenenfalls zu einer erhöhten Zahl von Fehlbestimmungen führen können. Es scheint, daß 200 - 250 ausgewertete Körner ein vertretbares Mittelmaß darstellen. Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedliche Wahl der Kornzahl bei verschiedenen Autoren (SINDOWSKI 1949):

Autoren		Zahl der Körner
KAHMANN	1936	100
ERBERICH	1937	150 - 200
W. RICHTER	1937	250
FIEDLER	1937	200 - 400
CLAUS	1936	200 - 300
ZÖBELEIN	1939	300
SINDOWSKI	1938	300 - 400
ANDREÉ	1936	300 - 500

Ein Vergleich von Schwermineraluntersuchungen verschiedener Wissenschaftler ist also häufig unmöglich, da die Schwerminerale aus unterschiedlichen Kornfraktionen abgetrennt und außerdem verschiedene Auszählmethoden angewandt wurden. Die Auswahl der Korngrößen durch verschiedene Autoren zeigt die Tabelle (SINDOWSKI 1949):

1. Weder gesiebt noch geschlämmt:

ENGELHARDT, v.	1938	Mittelsand
ZÖBELEIN	1939	Ton und Mergel
NEUMAIER	1940	Ton und Mergel

2. Korngrößen 0,4 - 0,2 mm

KAHMANN	1946	Grobsand
ERBERICH	1937	Grobsand

3. Korngrößen 0,25 mm oder 0,2 - 0,1 mm

CLAUS	1936	für Detritus magmatischer Herkunft
DECHEND	1937	für Mittelsand
ROHLING	1940	für Feinsand und Schluff
SINDOWSKI	1937/38	für Mittel- und Feinsande, Tuffe
WEYL	1938-1948	für Feinsande, Mergel und Tone
STEINERT	1948	für Geschiebemergel

4. Korngrößen 0,2 - 0,05 mm oder 0,2 - 0,02 mm

ANDRÉ	1936	für Feinsand, Mergel, Tone
DEECKE	1935	" " " "
W.RICHTER	1937	" " " "

5. Korngrößen 0,1 - 0,05 mm

FIEDLER	1936	Geschiebemergel
W.RICHTER	1938	Geschiebemergel
SCHEIDHAUER	1939	Feinstsandstein

6. Andere Korngrößen

W.RICHTER	1939	für Sand 0,5 - 0,2 mm und 0,2 - 0,05 mm
KLEINSORGE	1937	für Sand 0,5 - 0,2 mm und 0,2 - 0,02 mm
SINDOWSKI	1938-1948	für Sand 0,3 - 0,2 mm und 0,2 - 0,1 mm und 0,1 - 0,05 mm

Am Beispiel einer Holozänprobe aus dem Bereich der Ostfriesischen Insel Baltrum läßt sich zeigen, wie sich die Schwermineralzusammensetzung mit der Änderung der Korngrößen wandelt.

	0,31 mm	0,2 mm	0,12 mm	0,063 mm	<0,063 mm
Turmalin	-	11,8	10,5	3,8	2,1
Zirkon	17,7	4,7	1,3	15,0	22,9
Rutil	-	1,7	2,6	3,8	14,6
Stabile Min.	17,7	18,2	14,4	22,6	39,6
Disthen	-	15,3	7,9	6,2	2,1
Staurolith	11,8	11,7	21,0	10,0	6,2
Sillimanit	-	5,5	5,3	-	-
Andalusit	-	-	-	-	-
Metam. Min.	11,8	32,5	34,2	16,2	8,3
Granat	35,3	14,1	10,5	25,0	14,6
Hornblende	17,6	17,6	13,2	23,7	18,7
Epidot	5,8	10,6	13,2	8,8	16,7
Nord. Min.	58,7	42,3	36,9	57,5	50,0
Augit	5,9	7,0	11,8	2,5	2,1
Topas	5,9	-	2,7	1,3	-
Rest	11,8	7,0	14,5	3,7	2,1

Die Zahlen in der Tabelle geben die Prozente an. Die Auszähl-
ergebnisse der Tabelle wurden für die Zeichnung der drei
nachfolgenden Kurven (Abb. 1, 2, 3) verwandt.

Zum Schluß noch die Erklärung für die in der Arbeit vorkommen-
den Begriffe:

Hornblendezahl (STEINERT 1948)	Der Prozentsatz der Hornblende in der Summe Hornblende - Epidot.
Augitzahl (STEINERT 1948)	Der Prozentsatz des Augites in der Summe Augit - metamorphe Minerale
Zirkonzahl	Das Verhältnis der Summe der stabilen Minerale : Zirkon.
Turmalinindex	Das Verhältnis zwischen Länge und Breite des Turmalinkristalls.

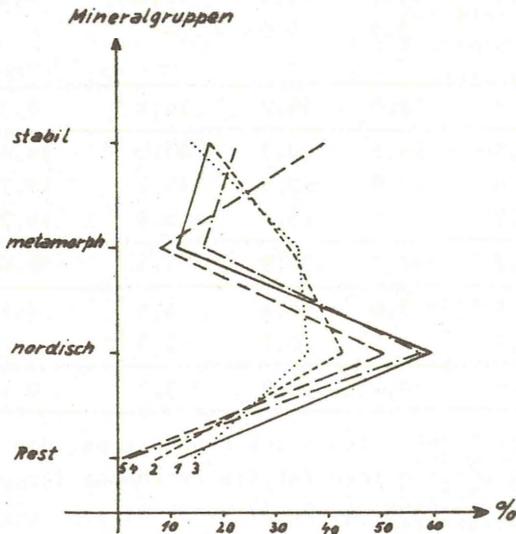


Abb. 1

Veränderung des stabilen, metamorphen, nordischen und restlichen Schwermineralgehaltes durch Auszählen aus verschiedenen Korngrößen.

Kurve 1	0,315 mm
" 2	0,2 mm
" 3	0,125 mm
" 4	0,063 mm
" 5	> 0,063 mm

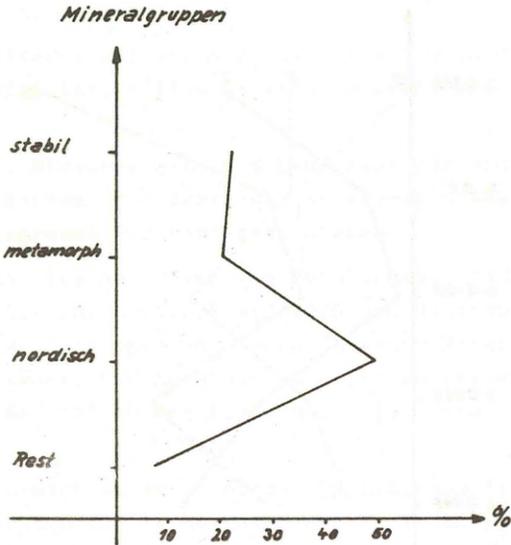


Abb. 2

Summenkurve, entstanden durch das Auszählen der Schwerminerale aus den zusammengefaßten Korngrößen 0,315 mm - 0,063 mm.

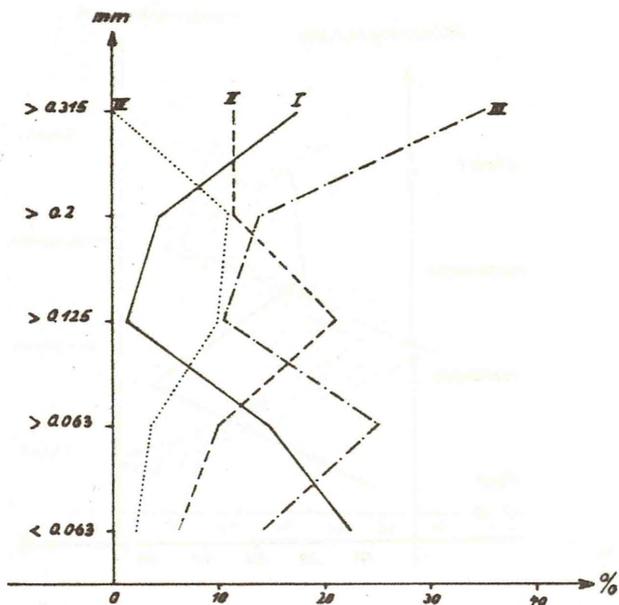


Abb. 3

Darstellung der Veränderung des Anteils einzelner Schwerminerale in einer Probe durch Auszählen in verschiedenen Korngrößen

Kurve I	Zirkon
" II	Staurolith
" III	Granat
" IV	Turmalin

C. Versuch einer Schwermineralauswertung mit Hilfe der Röntgenanalyse

Um für die durchgeführten prozentualen Auszählerarbeiten der Schwerminerale im Arbeitsbereich eine Vergleichsmöglichkeit und Kontrolle zu erhalten, wurden von Schwermineralproben Röntgenanalysen gemacht. Diese Arbeit war mit Schwierigkeiten verbunden. Es konnten für die Analysen nur sehr geringe Substanzmengen geliefert werden.

Sobald ein Schwermineral mit weniger als 4 % - 5 % an der Assoziation beteiligt ist, bildet es keine auswertbaren Kurven mehr.

Herrn Dr. ECKHARDT, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, ist es zu danken, daß trotz der schwierigen Ausgangsposition Röntgendiagramme zur Verfügung stehen.

Die Diagramme zeigen das Auftreten von Hornblende, Granat, Epidot, Turmalin, Zirkon, Rutil, Staurolith und Disthen. Die bei den optischen Bestimmungen noch vorgefundenen Minerale Topas, Augit, Sillimanit und Andalusit sind in so geringen Mengen vorhanden, daß sie in den Diagrammen nicht mehr hervortreten.

Den Hauptteil der opaken Minerale bildet im Diagramm Ilmenit (FeTiO_3). Die optisch noch als Magnetit und Pyrit ausgeschiedenen Erze liegen unter der 5 %-Grenze und besitzen keine auswertbaren Kurven.

In den Proben sind zum Teil starke Verunreinigungen von Quarz und Glimmer festzustellen. Beide Minerale stören aber bei einer Auswertung nicht. Die Verunreinigungen sind auf die Verwendung technischen Acetylentetrabromids bei der Abtrennung der Schwerminerale zurückzuführen, dessen spezifisches Gewicht zwischen 2,6 und 2,9 schwankt.

Für die Analysen wurden verwendet: elstereiszeitl. Sand
eemzeitl. Sand
Holozänsand

Alle drei Proben stammen aus der Bohrung 110/57.

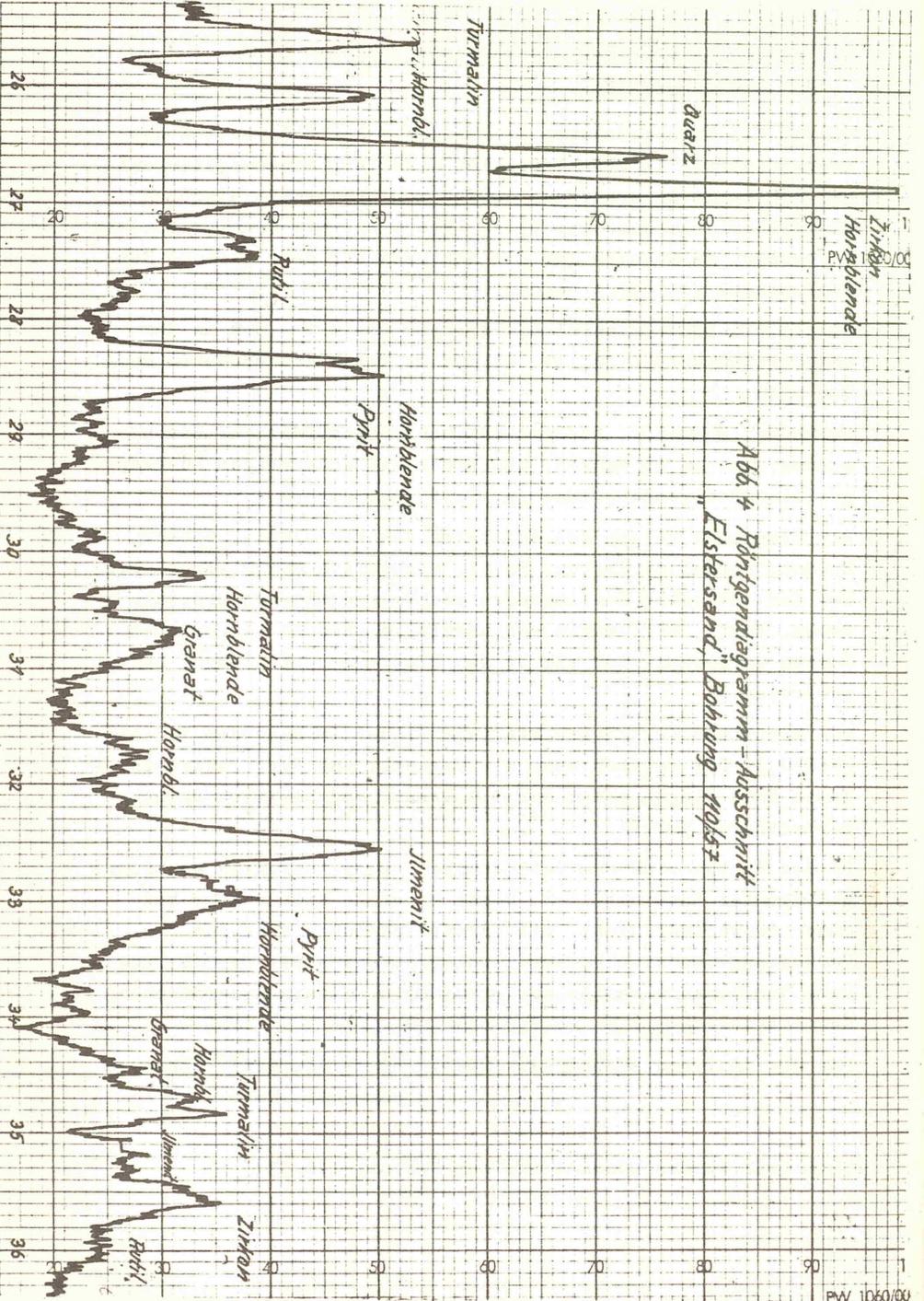


Abb. 4 Röntgenogramm - Ausschnitt
"Elstersand", Bohrung 10652

Abb. 5 Röntgendiagramm - Ausschnitt
"Eemsand", Bohrung 110/57

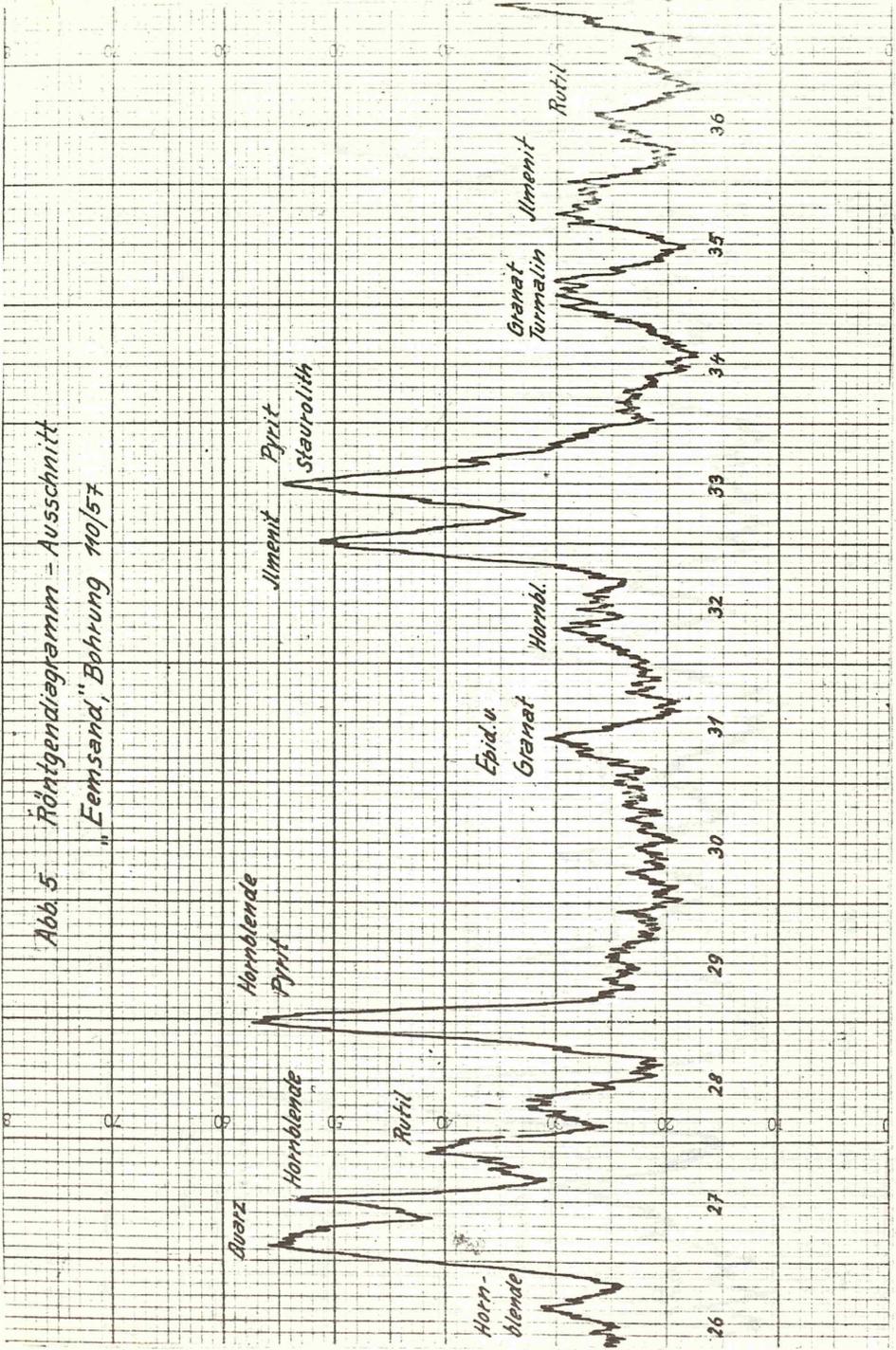
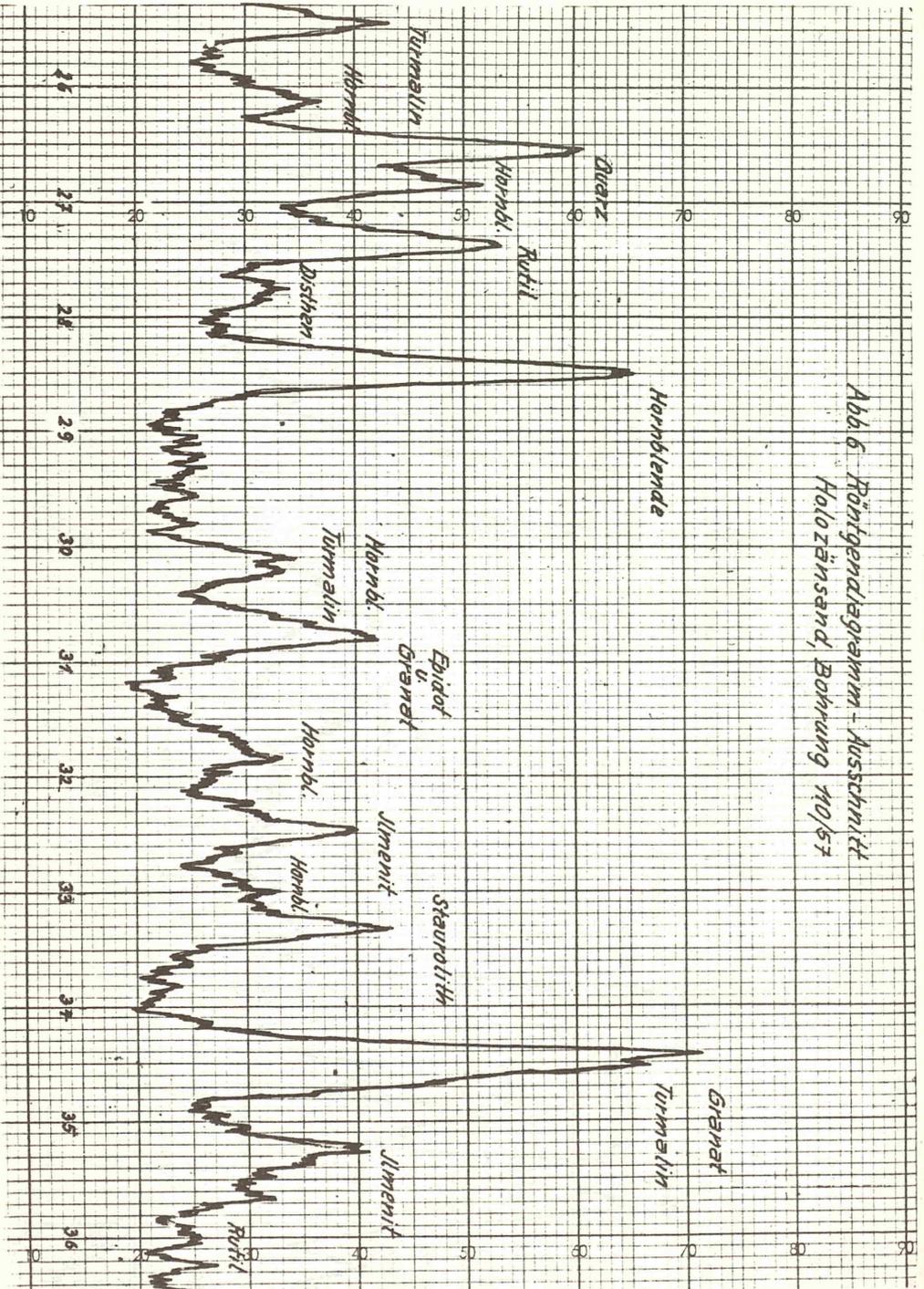


Abb. 6 Röntgendiagramm - Ausschnitt
Holzänsand, Bohrung 110/57



Aufgrund der beiliegenden Röntgendiagramm-Ausschnitte (Abb. 4-6) kann nur festgestellt werden, welche Minerale in einem Präparat vertreten sind. Es ist aber unmöglich, daraus auf ihren prozentualen Anteil zu schließen. Es ist also nur ein qualitativer Vergleich von Diagrammen und Auszählergebnissen möglich. Eine quantitative Auswertung wäre nur dann durchführbar, wenn reine Schwermineralproben vorliegen würden.

Zusammenfassend wäre zu sagen, daß in den Röntgendiagrammen die gleichen Schwerminerale nachgewiesen werden konnten, die auch in den gleichen Proben optisch bestimmt wurden. Eine quantitative Aussage ist ohne eine Diskussion von Aufnahmen reiner Schwermineral-Präparate unmöglich.

D. Die Bearbeitung der pleistozänen Sedimente

I. Elstereiszeitliche Sedimente

a. Allgemeines:

Proben aus den stratigraphisch bestimmten Bohrungen 90/57, 106/57, 110/57 und 112/57 wurden schwermineralanalytisch untersucht (Abb. 7).

Tiefenangaben der elstereiszeitl. Proben:

Bohrung 90/57 :	-	4,50 m NN	bis	-	6,20 m NN
Bohrung 106/57 :	-	15,40 m NN			
Bohrung 110/57 :	-	21,10 m NN	bis	-	21,80 m NN
Bohrung 112/57 :	-	17,05 m NN			

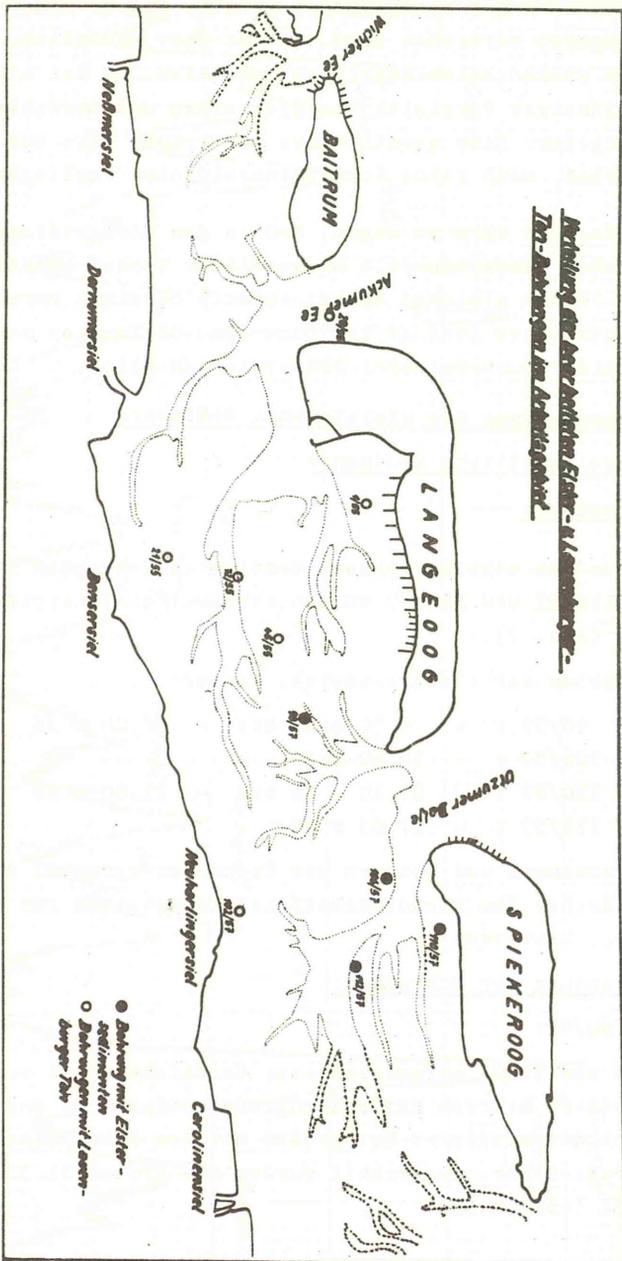
(Bohrungsnummern und Nummern der Proben entsprechen den Nummern im Archiv des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, Hannover)

b. Besprechung der Bohrungen:

Bohrung 90/57:

Es liegt ein z. T. aufgearbeiteter Geschiebemergel vor. Leider existiert hiervon keine Korngrößenanalyse, so daß ein Vergleich der mittleren Korngrößen mit dem Schwermineralgehalt nicht möglich war. Ausgezählt wurden die Proben 11032 (-4,5 m NN) und 11037 (-6,2 m NN).

Verteilung der Auerhähnen Elster- u. Langseegebiet
Die Böhrgen im Auerhähngebiet



Bei beiden Proben überwiegt der Hornblendeanteil bei weitem den des Granats (11032 12 % mehr Hornblende, 11037 32,5 % mehr). Auffallend ist bei 11032 das starke Ansteigen des Epidots auf 25 %, der dann bei 11037 zu Gunsten der Hornblende auf 15 % zurückfällt. Die Mittelwerte der nordischen Minerale ergeben also einen geringen Granatprozentsatz, sehr großen Hornblendeanteil und einen mittleren Epidotgehalt. Über der 5 %-Grenze liegen noch Zirkon und Rutil mit den Mittelwerten 8,7 % und 6,7 %, sowie der den metamorphen Mineralen angehörende Disthen (Mittelwert 8,1 %) und Staurolith (Mittelwert 8,1 %).

Turmalin:

Längen- und Breitenindex bei beiden Proben: 1,66.

Farbverhältnis des Turmalins:

Probe 11032 : grün : braun = 1 : 5
Probe 11037 : " : " = 1 : 3
Mittelwert : " : " = 1 : 4

opake und durchscheinende Minerale:

Probe 11032 : opake : durchscheinende = 45 % : 55 %
Probe 11037 : " : " = 35 % : 65 %
Mittelwert : " : " = 40 % : 60 %

Hornblendezahl:

Probe 11032 : 48
Probe 11037 : 70

Augitzahl:

Probe 11032 : 24
Probe 11037 : 16

Zirkonzahl:

Probe 11032 : 2,0
Probe 11037 : 2,3

Bohrung 106/57:

Die altpleistozäne Probe 11343 wurde einer Tiefe von - 15,4 m NN entnommen. Der mittlere Korngrößenwert beträgt 243 Mikron.

Hornblende (23 %) überwiegt wiederum über den Granatgehalt (20 %). Dieser geringe Prozentunterschied ist bedingt durch die Grobkörnigkeit des Sediments, denn wie schon erwähnt, spielt die Korngröße bei der Zusammensetzung der Schwermineralassoziation eine gewisse Rolle.

Der Epidotgehalt liegt mit 16 % in den Grenzen der übrigen bearbeiteten elstereiszeitlichen Proben.

Sehr auffällig ist in dieser Probe wiederum der hohe Gehalt an Staurolith (13 %). Letzterer gehört in die Gruppe der metamorphen Minerale, die schon von STEINERT (1948) als prägnant für elstereiszeitl. Sedimente angesehen wurden. Disthen mit knapp 7 % ist noch beachtenswert, während Turmalin und Zirkon geringfügig zurückgehen.

Turmalin:

Längen- und Breitenindex: 1,30.

Farbverhältnis des Turmalins:

Probe 11343 : grün : braun = 1 : 7

opake und durchscheinende Minerale:

Probe 11343 : opak : durchscheinend = 47 % : 53 %

Hornblendezahl: 59

Augitzahl: 10

Zirkonzahl: 2,3

Bohrung 110/57:

Dieser elstereiszeitl. Sand zeichnet sich petrographisch durch verhältnismäßig hohe Korngrößenmittelwerte aus. Die ausgewerteten Proben 11433 und 11434 haben beide einen Korngrößenmittelwert von 392 Mikron: Probe 11433 wurde aus einer Tiefe von - 21,5 m NN und Probe 11434 bei - 21,8 m NN entnommen.

Trotz des groben Sedimentes ist in beiden Fällen ein klares Überwiegen der Hornblende (11433 = 24,7 %, 11434 = 22,7 %) gegenüber dem Granat festgestellt worden. Der Epidotgehalt ist in beiden Proben bis auf 11,3 % (11433) und 12,2 % (11434) zurückgegangen. Der Staurolithanteil (12,8 % und 11,7 %) hält sich im Rahmen der elstereiszeitl. Proben. Der Zirkon hat einen mittleren Wert von 10,5 %.

Turmalin:

Längen- und Breitenindex: Probe 11433: 1,4
Probe 11434: 1,3
Mittelwert: 1,35

Farbverhältnis des Turmalins:

Probe 11433 : grün : braun = 1 : 10

Probe 11434 : " : " = 1 : 8

Mittelwert : " : " = 1 : 9

opake und durchscheinende Minerale:

Probe 11433 : opak : durchscheinend = 48 % : 52 %

Probe 11434 : " : " = 46 % : 54 %

Mittelwert : " : " = 47 % : 53 %

Hornblendezahl:

Probe 11433: 68

Probe 11434: 64

Augitzahl:

Probe 11433: 7

Probe 11434: 10

Zirkonzahl:

Probe 11433: 2,6

Probe 11434: 1,6

Die Probe 11431 (- 21,1 m NN) wurde, zur Unterstützung der Schwermineralanalyse, auf das Quarzverhältnis hin untersucht.

Nach G. SCHRAPS (1962) setzt man ins Verhältnis:

Blauquarze (BQ) : glasig durchscheinenden Quarzen (GDQ) :
milchig nichtdurchscheinenden Quarzen (MNQ)

Für die Saaleeiszeit gilt im Küstengebiet der Nordsee:
Das Auftreten einer verhältnismäßig großen Zahl von Blauquarzen, sowie ein Überwiegen der nicht durchscheinenden Quarze. Dagegen ist für elstereiszeitl. Sediment eine geringe Anzahl von Blauquarzen (BQ : Restquarz = 1 : 11) und ein Überwiegen der glasig durchscheinenden gültig. Diese Zusammensetzung entspricht der Herkunft des Eises, bzw. der Berührung desselben mit den Blauquarzgraniten.

Nach der vorangegangenen Methode wurde das Quarzverhältnis der Probe 11431 ausgezählt. Es ergab sich BQ : GDQ : MNQ = 1 : 7 : 4, also eine geringe Anzahl von Blauquarzen und ein Überwiegen der glasig durchscheinenden Quarze. Danach handelt es sich bei dem vorliegenden Sediment um elstereiszeitl. Sand. Mit der Bestimmung der Quarzverhältnisse läßt sich eine pleistozäne Schwermineralstratigraphie ausgezeichnet ergänzen.

Bohrung 112/57:

Die Probe 11539, der Tiefe - 17,05 m NN entnommen, hat einen Korngrößenmittelwert von 150 Mikron. Sie zeigt wiederum Hornblendeüberschuß (26,9 %), darunterliegenden Granatgehalt (20,9 %) und geringen Epidotanteil (9,7 %). Staurolith mit 11,6 % liegt etwa im gleichen Bereich wie bei den vorangegangenen Proben. Der Zirkonprozentsatz beträgt 8,3 % und der von Rutil 9,7 %.

Turmalin:

Längen- und Breitenindex: 1,4

Farbverhältnis des Turmalins:

Probe 11539: grün : braun = 1 : 6

opake und durchscheinende Minerale:

Probe 11539: opak : durchscheinend = 45 % : 55 %

Hornblendezahl: 73

Augitzahl: 7

Zirkonzahl: 2,5

d. Zusammenfassung:

1. Elstereiszeitlicher Sand zeichnet sich hauptsächlich durch die nordischen Minerale Granat, Hornblende und Epidot aus.
2. Im elstereiszeitlichen Sand sind folgende Durchschnittswerte der nordischen Minerale charakteristisch:
 - a. Hornblendeüberschuß (Mittelwert = 26,2 %)
 - b. Geringerer Granatgehalt (Mittelwert = 14,9 %)
 - c. Dem Granat gleicher Mittelwert des Epidots (14,8 %).
3. Der Mittelwert der nordischen Minerale beträgt 55,9 %.
4. In der Gruppe der metamorphen Minerale tritt hauptsächlich Staurolith hervor, gefolgt von Disthen. Sillimanit und Andalusit bleiben wegen ihres geringen Prozentsatzes ohne Bedeutung.
5. Der Durchschnittswert der metamorphen Minerale beträgt 20,6 %.

c. Auszählgergebnisse
elstereiszeitlicher Sedimente

Bohrung	90/57	106/57	110/57	112/57			
Probennummer	11032	11037	Mittelwert	11433	11434	Mittelwert	11539
Turmalin	2,7	4,5	3,6	5,6	1,9	3,8	4,0
Zirkon	9,0	8,5	8,7	8,2	12,7	10,5	8,3
Rutil	6,4	7,0	6,7	7,7	6,3	7,0	9,7
stabile Miner.	18,1	20,0	19,0	21,5	20,9	21,3	22,0
Disthen	7,1	9,0	8,1	6,8	2,2	3,8	4,1
Staurolith	7,1	9,0	8,1	13,0	12,8	12,2	11,6
Sillimanit	1,7	1,0	1,3	2,3	1,6	3,3	1,5
Andalusit	0,6	2,0	1,3	1,4	2,1	2,3	1,3
metam. Miner.	16,5	21,0	18,8	23,5	18,7	21,6	18,5
Granat	11,5	3,5	7,5	20,0	20,6	16,7	20,9
Hornblende	23,5	36,0	29,8	23,0	24,7	23,7	26,9
Epidot	25,0	15,0	20,0	16,0	11,3	11,7	9,7
nord. Miner.	60,0	54,5	57,3	59,0	56,6	52,1	57,5
Augit	5,4	4,0	4,7	2,7	1,6	2,3	1,5
Topas	-	0,5	0,2	0,9	1,6	2,7	0,5
Rest	5,4	4,5	4,9	3,6	3,2	5,0	2,0

6. In der Gruppe der stabilen Minerale herrscht Zirkon vor, gefolgt von Rutil. Turmalin ist in seinem Anteil unbedeutend.
7. Der Mittelwert der stabilen Minerale liegt bei 19,5 %.
8. Die durchscheinenden Minerale überwiegen im altpleistozänen Sediment in allen Fällen über die opaken. In der Hauptsache liegt der Anteil der opaken bei 45 % - 48 %. In einem Fall erfolgt ein Abfall auf 35 % (Abb. 8).
9. Der Längen - Breitenindex des Turmalins schwankt zwischen 1,3 - 1,6. Vier der Proben haben einen Index um 1,3 - 1,4. Nur die beiden Proben der Bohrung 90/57 zeigen einen erhöhten Index von 1,66.
10. Das Verhältnis des grünen Turmalins zu braunem zeigt ein Überwiegen des letzteren in allen Fällen in den Verhältnissen 1 : 3 bis 1 : 10.
11. Die Hornblendezahl liegt im Bereich 48 - 73 %. Ihre Verteilung ist folgendermaßen:

%	Probenzahl
40 - 50	1
50 - 60	1
60 - 70	2
70 - 75	2

12. Die Augitzahlen sind in die Grenzwerte 7 % und 24 % eingeschlossen. Die folgende Tabelle zeigt ihre Verteilung auf einzelne Bereiche.

%	Probenzahl
1 - 10	2
10 - 20	3
20 - 30	1

13. Die Zirkonzahlen liegen in der Hauptsache bei 2,3.

II. Lauenburger Ton

a. Allgemeines:

Vor dem zurückweichenden Eis des Elsterglazials entstand als Absatz eines großen Eisstausees der schwarzgraue, fossilfreie Lauenburger Ton. Er ist ein Ausschlammungsprodukt elstereiszeitlicher Sedimente. Daraus ergibt sich, daß der prozentuale Anteil der Schwerminerale im Lauenburger Ton dem elstereiszeitlichen Sediment weitgehend gleicht.

Die Proben des Lauenburger Tons stammen aus den Bohrungen 1/55, 21/55, 45/56, 72/56 und 102/57.

Tiefenangaben der elstereiszeitlichen Proben:

1/55:	- 18,70 m NN bis - 18,85 m NN
21/55:	- 16,40 m NN bis - 17,10 m NN
28/55:	- 8,45 m NN bis - 8,60 m NN
45/56:	- 10,40 m NN bis - 10,90 m NN
72/56:	- 11,50 m NN
102/57:	- 15,00 m NN

b. Besprechung der Bohrungen:

Bohrung 1/55:

Die schwermineralanalytisch ausgewertete Probe 7228 wurde einer Tiefe von - 18,71 m NN bis - 18,81 m NN entnommen und als Lauenburger Ton bestimmt. Der Korngrößenmittelwert von 245 Mikron zeigt eine für Lauenburger Ton verhältnismäßig grobe Zusammensetzung.

Der Hornblendeanteil (36,5 %) überwiegt erheblich gegenüber dem Granatprozentatz (20,1 %). Der Epidotgehalt mit 12,1 % liegt im Bereich des auch im elstereiszeitlichen Sediment vorgefundenen. Beachtenswert wären noch der zur stabilen Mineralgruppe gehörende Zirkon mit 7,5 % und der Staurolith mit 8,4 % aus dem Bereich der metamorphen Minerale.

Turmalin:

Längen- und Breitenindex (Probe 7228): 1,51.

Farbverhältnis des Turmalins:

Probe 7228: grün : braun = 1 : 4

opake und durchscheinende Minerale:

opak : durchscheinend = 26 % : 74 %

Hornblendezahl: 75

Augitzahl: 11

Zirkonzahl: 2,0

Bohrung 21/55:

Die bearbeitete Probe 6174 stammt aus der Tiefe - 17,0 m NN bis - 17,1 m NN. Leider stand zu dieser, petrographisch als Lauenburger Ton bestimmten Probe, keine Korngrößenanalyse zur Verfügung, so daß ein Vergleich zwischen Korngröße und Schwermineralgehalt nicht möglich war.

Die Hornblende nimmt mit 40,9 % fast die Hälfte der gesamten Schwerminerale ein und zwar auf Kosten des bis auf 7,8 % zurückgehenden Granats. Epidot steigt auf 17,3 % an. Erwähnenswert wären noch Rutil mit 6,8 % und die 9 % des Stauroliths.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,32

Farbverhältnis des Turmalins:

grün : braun = 1 : 2

opake und durchscheinende Minerale:

opak : durchscheinend = 42 % : 58 %

Hornblendezahl: 70

Augitzahl: 11

Zirkonzahl: 3,9

Bohrung 28/55:

Die Lauenburger Ton-Probe Nr. 6309 aus der Tiefe - 8,50 m NN gleicht weitgehend der der vorangegangenen Bohrung mit 42 % Hornblendeanteil, 8,6 % Granatbestand und 14,5 % Epidot.

Außer Rutil (8,6 %) und Staurolith (6,8 %) ist in dieser Probe Zirkon in einer Höhe von 9,4 % festgestellt worden.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,27.

Der vorhandene Turmalin zeigt nur braune Farbe.

durchscheinende und opake Minerale:

opak : durchscheinend = 31 % : 69 %

Hornblendezahl: 90

Augitzahl: 29

Zirkonzahl: 2,0

Bohrung 45/56:

Entnahmetiefen der Proben:	Korngrößenmittelwerte:
8812 - 9,40 m NN	192 Mikron
8816 - 10,40 m NN	95 Mikron
8817 a+c - 10,45 m NN bis -10,9 m NN	2,5 Mikron

Bei allen vier Proben ist der Hornblendegehalt nicht so hoch wie in den beiden vorausgegangenen Bohrungen, überragt aber trotzdem deutlich den Granatgehalt. Die Mittelwerte aus allen vier Proben ergeben einen Hornblendeanteil von 26,9 %, einen Granatwert 15,2 % und einen Epidotgehalt von 17,6 %. Die Reihenfolge ist also: Hornblende mit dem größten Anteil, gefolgt von Epidot. Den Schluß bildet mit dem niedrigsten Anteil der Granat.

Konstant bleibt wie bisher der Gehalt an Staurolith mit einem Durchschnittswert von 8,8 %, während der Zirkon bei den Proben 8816 und 8817c nicht die 5 %-Grenze erreicht. Der Mittelwert des Zirkons aus allen vier Proben beträgt 7,6 %. Rutil hat einen Durchschnittswert von 5,0 %. Disthen steigt auf 5,2 % (Mittelwert) an.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: Probe 8812	1,54
Probe 8816	1,41
Probe 8817a	1,41
Probe 8817c	1,35
Mittelwert	1,43

Farbverhältnis des Turmalins:

Probe 8812 : grün : braun = 1 : 8
Probe 8816 : " : " = 1 : 7
Probe 8817a: " : " = 1 : 4
Probe 8817c: nur braune Turmaline

opake und durchscheinende Minerale:

Probe 8812 : opak : durchscheinend = 42 % : 58 %
Probe 8816 : " : " = 40 % : 60 %
Probe 8817a: " : " = 49 % : 51 %
Probe 8817c: " : " = 49 % : 51 %
Mittelwert: " : " = 45 % : 55 %

Hornblendezahl:

Probe 8812 : 60
Probe 8816 : 52
Probe 8817a: 64
Probe 8817c: 63

Augitzahl:

Probe 8812 : 15
Probe 8816 : 18
Probe 8817a: 20
Probe 8817c: 5

Zirkonzahl:

Probe 8812 : 2,1
Probe 8816 : 3,9
Probe 8817a: 1,5
Probe 8817c: 3,2

Bohrung 72/56:

Die Probe 7961 stammt aus einer Tiefe von - 11,5 m NN und hat einen mittleren Korngrößenwert von 122 Mikron. 27,5 % Hornblende, 20,2 % Granat und 14,5 % Epidot bilden den Anteil der nordischen Minerale. Die stabile Gruppe ist hauptsächlich mit 6,2 % Zirkon vertreten, die metamorphe mit 6,8 % Disthen und 11,5 % Staurolith.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,34.

Farbverhältnis des Turmalins:

grün : braun = 1 : 5

opake und durchscheinende Minerale

opak : durchscheinend = 31 % : 69 %

Hornblendezahl: 65

Augitzahl: 16

Zirkonzahl: 2,1

Bohrung 102/57:

Die Probe 11277 aus der Tiefe von - 15,0 m NN hat einen Korngrößenmittelwert von 3 Mikron. Sie gleicht den Proben vorhergegangener Bohrungen mit Hornblendeüberschuß (27,6 %). Der Granatgehalt beträgt 14,9 %. Allerdings sinkt hier der Epidotprozentsatz auf 7,8 % ab.

Erstmals tritt ein bemerkenswerter Turmalingehalt von 9,5 % auf. Zusammen mit 9,5 % Zirkon und 10,3 % Rutil ergibt sich im Gegensatz zu den anderen Lauenburger Ton-Proben ein extrem hoher Gehalt an stabilen Mineralen (29,3 %).

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,35.

Farbverhältnis des Turmalins:

grün : braun = 1 : 5

opake und durchscheinende Minerale:

opak : durchscheinend = 45 % : 55 %

Hornblendezahl: 77

Augitzahl: 35

Zirkonzahl: 3

d. Zusammenfassung:

1. Die nordischen Minerale bilden den größten Prozentsatz der ausgezählten Schwerminerale in den Lauenburger-Ton-Proben.
2. Folgende Verhältnisse sind für die nordischen Minerale im Lauenburger Ton typisch:
 - a. Hornblendeüberschuß
 - b. geringerer Granatgehalt
 - c. schwankender Epidotanteil, teils über, teils unter dem Granatgehalt.

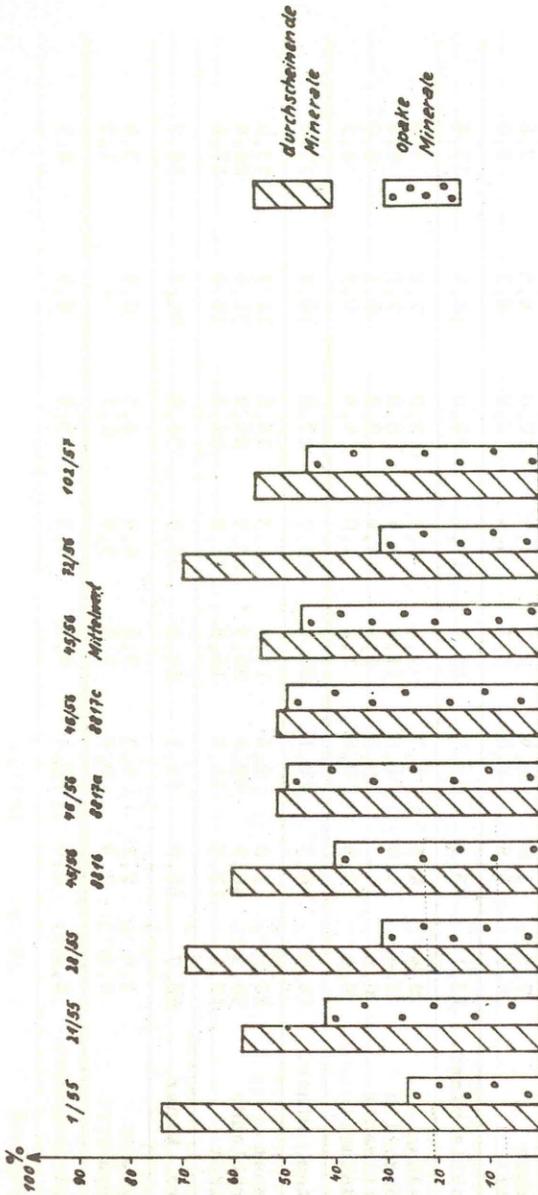


Abb. 9: Das Verhältnis opake Minerale: durchscheinenden Mineralen im Lauenburger Ton

c. Auszählergebnisse
Lauenburger Ton

Bohrung	1/55	21/55	28/55	45/56					Mittelwert
Probennummer	7228	6174	6309	8812	8816	8817a	8817c		
Turmalin	2,4	4,7	1,7	5,3	8,4	3,8	1,8		4,9
Zirkon	7,5	3,8	9,4	9,3	4,4	12,0	4,5		7,6
Rutil	5,2	6,8	8,6	5,3	4,4	2,2	8,1		5,0
stabile Miner.	15,1	15,1	19,7	19,9	17,2	18,0	14,4		17,5
Disthen	2,4	4,5	1,7	4,6	5,9	3,0	7,2		5,2
Staurolith	8,4	9,0	6,8	12,2	7,4	8,2	7,2		8,8
Sillimanit	0,8	-	0,8	2,4	4,4	2,2	0,9		2,0
Andalusit	2,4	2,8	0,8	1,2	1,0	4,4	0,9		1,9
metam. Miner.	14,0	16,3	10,1	20,4	18,7	17,8	16,2		17,9
Granat	20,1	7,8	8,6	11,7	11,3	18,6	18,9		15,2
Hornblende	36,5	40,9	42,0	26,3	23,3	26,2	31,6		26,9
Epidot	12,1	17,3	14,5	16,9	21,2	14,2	18,0		17,6
nord. Miner.	68,7	66,0	65,1	54,9	55,8	59,0	68,5		59,7
Augit	1,8	2,1	4,3	3,6	4,4	4,5	0,9		3,4
Topas	0,4	0,5	0,8	1,2	3,9	0,7	-		1,5
Rest	2,2	2,6	5,1	4,8	8,3	5,2	0,9		4,9

Bohrung	72/56	102/57
Probennummer	7961	11277
Turmalin	4,3	9,5
Zirkon	6,2	9,5
Rutil	2,9	10,3
stabile Miner.	13,4	29,3
Disthen	6,8	7,0
Staurolith	11,5	3,9
Sillimanit	0,9	-
Andalusit	0,9	0,8
metam. Miner.	20,1	11,7
Granat	20,2	14,9
Hornblende	27,5	27,6
Epidot	14,5	7,8
nord. Miner.	62,2	50,3
Augit	3,9	6,3
Topas	0,4	2,4
Rest	4,3	8,7

3. Der Mittelwert der nordischen Minerale beträgt 60,9 %.
4. Aus Punkt 1 und 2 geht hervor, daß die Schwermineral-assozi-ation des Lauenburger Tons, bezogen auf die nordischen Minerale, der des elstereiszeitlichen Sediments stark gleicht.
5. Bei den stabilen Mineralen tritt Zirkon in den Vordergrund, gefolgt vom Rutil, während Turmalin nur in einer Bohrung die 5 %-Grenze überschreitet.
6. Der Zirkongehalt liegt in seinem Durchschnittswert von 9,8 % gering über dem Mittelwert für elstereiszeitliche Sedimente (8,4 %).
7. Die stabilen Minerale haben einen Mittelwert von 20,1 %.
8. In der Gruppe der metamorphen Minerale fällt nur der Staurolith auf. Disthen überschreitet nur in einer Bohrung 5 %. Sillimanit und Andalusit haben auch hier nur qualitativen Wert.
9. Der Mittelwert der metamorphen Minerale beträgt 14,9 %.
10. Die durchscheinenden Minerale überwiegen im Lauenburger Ton immer gegenüber den opaken. Letztere schwanken zwischen 26 und 49 %. (Abb. 9)
11. Der Längen-Breitenindex des Turmalins liegt zwischen 1,2 und 1,5, hauptsächlich aber zwischen 1,32 und 1,41.
12. Der braune Turmalin überwiegt gegenüber dem grünen in einem Verhältnis 1 : 2 bis 1 : 7. In zwei Proben ist nur brauner Turmalin vorhanden.
13. Die Hornblendezahlen liegen zwischen 52 und 90. Ihre Werte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

%	Probenzahl
50 - 60	1
60 - 70	4
70 - 80	3
80 - 90	1

14. Die Augitzahl schwankt im Bereich 5 - 35. Ihre Verteilung auf alle Proben ist folgende:

%	Probenzahl
0 - 10	1
10 - 20	5
20 - 30	2
30 - 40	1

III. Saaleeiszeitliche Sedimente

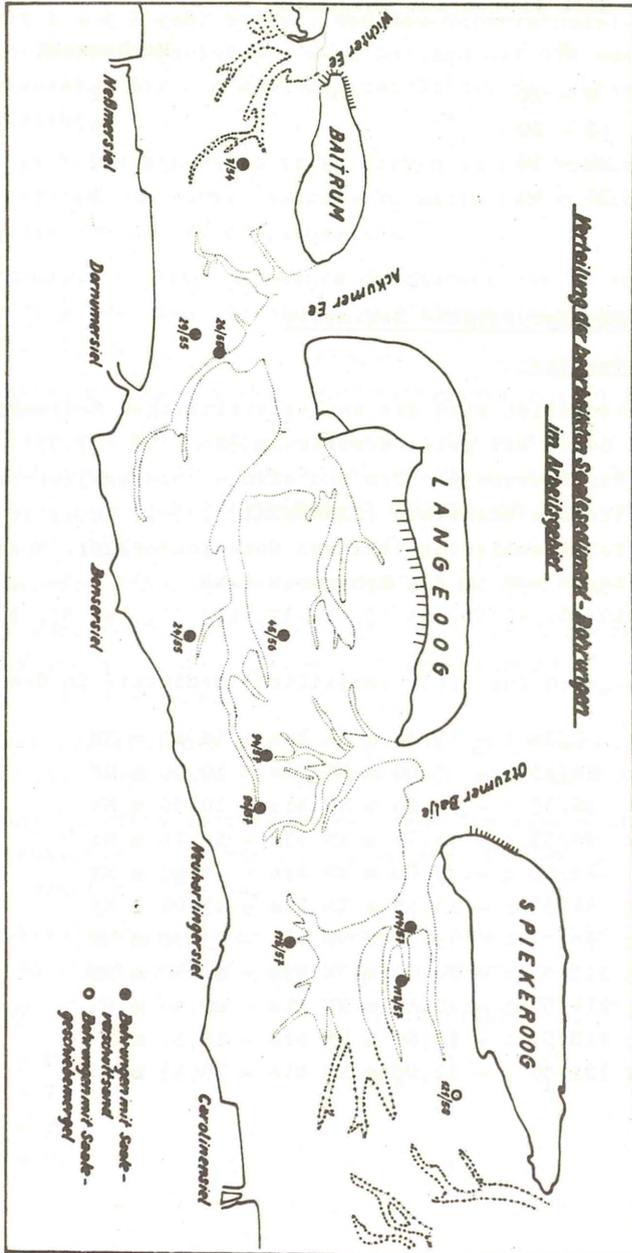
a. Allgemeines:

Im Arbeitsgebiet sind die saaleeiszeitlichen Sedimente vorwiegend Sande mit guter Sortierung (So 1,25 - 1,35). Sie überlagern den Lauenburger Ton und sind so als saaleeiszeitliche Vorschüttsande anzusehen (SINDOWSKI, 1956). Außer in Bohrung 121/58 fehlt saaleeiszeitlicher Geschiebemergel. Saalevorschüttsande liegen vor in den Bohrungen (Abb. 10): 7/54, 24/55, 26/55, 29/55, 45/56, 94/57, 96/57, 113/57, 114/57, 115/57.

Tiefenangaben für saaleeiszeitliche Sedimente in den Bohrungen:

Bohrung	7/54	: - 17,30 m NN bis - 18,20 m NN
Bohrung	24/55	: - 3,00 m NN bis - 10,70 m NN
Bohrung	26/55	: - 8,70 m NN bis - 16,50 m NN
Bohrung	29/55	: - 12,75 m NN bis - 14,70 m NN
Bohrung	45/56	: - 9,00 m NN bis - 9,40 m NN
Bohrung	94/57	: - 13,55 m NN bis - 15,00 m NN
Bohrung	96/57	: - 11,30 m NN bis - 15,50 m NN
Bohrung	113/57	: - 20,50 m NN bis - 22,40 m NN
Bohrung	114/57	: - 17,50 m NN bis - 20,40 m NN
Bohrung	115/57	: - 15,80 m NN bis - 18,50 m NN
Bohrung	121/58	: - 12,20 m NN bis - 13,45 m NN

Verteilung der beschrifteten Seealgenart - Bohrungen
im Abteiggelände



b. Besprechung der Bohrungen:

Bohrung 7/54:

Der Saalevorschütttsand liegt hier als grauer Mittelsand vor. Die ausgewertete Probe 7249 ist einer Tiefe von - 18,0 m NN bis - 18,2 m NN entnommen.

Die nordischen Minerale bilden auch im Saalevorschütttsand den Hauptteil an der Schwermineralassoziation, besonders Granat mit 27 % vor Epidot (19 %) und Hornblende mit 9 % Anteil. Die stabilen Minerale werden vertreten durch Zirkon (9 %) und Rutil (6 %). Der Turmalin erreicht die 5 %-Grenze nicht (4,5 %). Der Staurolith, im Bereich der metamorphen Minerale, nimmt mit 11 % einen relativ hohen Wert ein, den in dieser Gruppe nur noch Disthen (8 %) annähernd erreicht.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,22.

Farbverhältnis des Turmalins:

grün : braun = 1 : 8

opake und durchscheinende Minerale:

opak : durchscheinend = 55 % : 45 %

Hornblendezahl: 32

Augitzahl: 11

Zirkonzahl: 2,1

Bohrung 24/55:

Diese Bohrung zeigt hellen Feinsand. Es wurden 11 Proben bearbeitet.

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
6203	- 3,00 m NN	228 Mikron
6204	- 3,40 m NN	239 "
6205	- 4,00 m NN	228 "
6206	- 4,20 m NN	248 "
6207	- 4,40 m NN	248 "
6208	- 4,70 m NN	385 "

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
6209	- 4,80 m NN	276 Mikron
6212	- 7,20 m NN	247 "
6213	- 9,10 m NN	228 "
6215	- 10,00 m NN	-
6216	- 10,70 m NN	-

Innerhalb dieser Proben wechseln in der Gruppe der nordischen Minerale Granat und Hornblende in ihrer Vormacht: In 6 Proben (6204, 6207, 6208, 6209, 6213, 6215) überwiegt Granat über Hornblende. In den restlichen Proben tritt der umgekehrte Fall ein. Allen Proben gemeinsam ist ein relativ hoher Epidotgehalt. Er reicht von 15,8 % - 23,5 %. Die Mittelwerte ergeben ein Vorherrschen des Epidots mit 19,3 % und annähernd gleiche Anteile von Granat und Hornblende (14,7 % und 14,9 %).

Zirkon (Durchschnittswert 10,8 %) und Rutil (Mittelwert 6,3 %) bilden die Hauptbestandteile der stabilen Minerale. Turmalin erreicht einen Durchschnittswert von 5,3 %. Die Gruppe der metamorphen Minerale wird hauptsächlich von Staurolith (Mittelwert 12,2 %) und Disthen (7,4 %) gebildet.

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breitenindex	Farbverhältnis grün : braun
6203	1,27	1 : 3
6204	1,35	1 : 4
6205	1,38	1 : 3
6206	1,39	1 : 5
6207	1,29	1 : 3
6208	1,46	1 : 2
6209	1,14	1 : 6
6212	1,46	1 : 3
6213	1,41	1 : 1
6215	1,68	1 : 2
6216	1,66	1 : 1
Mittelwert	1,40	1 : 3

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
6203	47 % : 53 %	46	18	2,6
6204	41 % : 59 %	39	13	1,9
6205	36 % : 64 %	40	16	2,2
6206	37 % : 63 %	42	20	1,9
6207	47 % : 53 %	50	13	1,9
6208	40 % : 60 %	39	11	1,5
6209	40 % : 60 %	35	14	2,7
6212	33 % : 67 %	45	13	4,3
6213	50 % : 50 %	39	7	1,9
6215	53 % : 47 %	50	9	1,9
6216	48 % : 52 %	51	13	1,6
Mittelwert	43 % : 57 %			

Bohrung 26/55:

Bei den 6 bearbeiteten Proben handelt es sich um helles, mittelsandiges Sediment.

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
6265	- 8,70 m NN	263 Mikron
6266	- 9,70 m NN	244 Mikron
6267	-10,10 m NN	228 Mikron
6268	-12,20 m NN	234 Mikron
6270	-14,20 m NN	164 Mikron
6271	-14,60 m NN	157 Mikron

In den Proben 6265, 6266 und 6271 übertrifft im nordischen Schwermineralanteil der Granatgehalt den der Hornblende - im Gegensatz zu den Proben 6267, 6268 und 6270. Die Mittelwerte zeigen aber trotzdem ein Vorherrschen des Granats (Granat 19,7 %, Hornblende 16,6 % und Epidot 18,1 %).

Zirkon ist in allen Proben verhältnismäßig stark vertreten (Mittelwert 10,9 %), während Rutil mit Ausnahme der Proben 6270 (8 %) und 6271 (7,2 %) zurückgeht. Der Mittelwert ergibt nur 4,5 %. Staurolith erreicht durchschnittlich einen Anteil von 10,8 % und Disthen einen Wert von 5,6 %.

Erwähnenswert wäre noch Augit, der in dieser Bohrung mit einem Mittelwert von 5,3 % die 5 %-Grenze überschreitet.

Turmalin:

Probennummer	Längen-Breitenindex	Farbverhältnis grün : braun
6265	1,34	1 : 2
6266	1,39	1 : 1
6267	1,32	1 : 4
6268	1,30	1 : 2
6270	1,43	1 : 8
6271	1,46	1 : 1
Mittelwert	1,38	1 : 3

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
6265	37 % : 63 %	41	21	1,4
6266	36 % : 64 %	52	20	1,8
6267	32 % : 68 %	55	30	1,6
6268	34 % : 66 %	57	30	2,3
6270	39 % : 61 %	48	13	2,3
6271	40 % : 60 %	47	18	1,8
Mittelwert	36 % : 64 %			

Bohrung 29/55:

Die Saalevorschüttsand-Probe Nr. 6327 wurde aus einer Tiefe von - 13,50 m NN entnommen. Es handelt sich um grauen Feinsand mit einem Korngrößenmittelwert von 250 Mikron.

Mit 24,2 % Granat und 21,5 % Hornblende weicht sie nicht entscheidend von den bisher beschriebenen saaleeiszeitlichen Sedimenten ab. Allerdings ist im Gegensatz zu den vorhergehenden Bohrungen der Epidotgehalt mit 10,2 % verhältnismäßig niedrig. Mit 9,3 % Zirkon, 6,2 % Disthen und 9,5 % Staurolith bleibt sie im Rahmen der vorangegangenen Bohrungen. Rutil ist unter die 5 %-Grenze zurückgegangen.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,46.

Farbverhältnis des Turmalins: grün : braun = 1 : 6

opake und durchscheinende Minerale:

opak : durchscheinend = 52 % : 48 %

Hornblendezahl: 65

Augitzahl: 10

Zirkonzahl: 1,7

Bohrung 45/56:

In dieser Bohrung wird das saaleeiszeitliche Sediment von grauem Mittelsand gebildet. Die Probe 8811 wurde bearbeitet. Sie hat einen Korngrößenmittelwert von 331 Mikron und stammt aus der Tiefe - 9,40 m NN.

Mit 22,2 % Granat, 13,3 % Hornblende und 15,1 % Epidot bildet die Probe in ihrer Schwermineralassoziation keine Ausnahme im Bereich der bisher bearbeiteten saaleeiszeitlichen Sedimente. Turmalin überschreitet gering die 5 %-Grenze. Rutil tritt zurück, während Zirkon mit 9,1 % vertreten ist. Die metamorphen Minerale sind wiederum hauptsächlich durch Disthen (7,1 %) und Staurolith (12,4 %) vertreten.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,4

Das Farbverhältnis im Turmalin: grün : braun = 1 : 5

opake und durchscheinende Minerale:

opak : durchscheinend = 39 % : 61 %

Hornblendezahl: 46

Augitzahl: 12

Zirkonzahl: 2,1

Bohrung 94/57:

Zwei Proben wurden dem saaleeiszeitlichen Sediment dieser Bohrung entnommen: Probe 11054 aus - 13,55 m NN mit einem Korngrößenmittelwert von 250 und aus - 14,80 m NN die Probe 11055 (Korngrößenmittelwert 539 Mikron).

In beiden Proben herrscht von den nordischen Mineralen wiederum Granat (11054 = 27,6 %, 11055 = 31 %). Durch recht hohe Horn-

blende- und Epidotwerte (11054 = 21,3 % und 18,2 %, 11055 = 13,5 und 13,5 %) tritt ein erhöhter Gesamtanteil an nordischen Mineralen auf. Ihr Mittelwert ergibt 65,1 %, zusammengesetzt aus 29,3 % Granat, 19,8 % Hornblende und 16,0 % Epidot.

Bemerkenswert ist, daß im Gegensatz zu den oben beschriebenen Bohrungen der Anteil der stabilen und metamorphen Minerale verhältnismäßig gering ist. Die Mittelwerte ergeben für "stabil" 15,2 % und für "metamorph" 14,8 %. Die Gründe hierfür liegen in dem Absinken des Zirkon- und Rutilgehaltes auf 7,5 % und 4,5 % (Mittelwerte) im stabilen Bereich, sowie in dem geringeren Staurolithprozentsatz (Mittelwert 8,7) innerhalb der metamorphen Minerale. Turmalin steigt nur in Probe 11055 mit 6,8 % über die 5 %-Grenze.

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breitenindex	Farbverhältnis grün : braun
11054	1,37	1 : 1
11055	1,38	1 : 3
Mittelwerte	1,375	1 : 2

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
11054	34 % : 66 %	53	25	1,6
11055	32 % : 68 %	57	22	2,3
Mittelwerte	33 % : 67 %			

Bohrung 96/57:

Aus dieser Bohrung wurde nur eine Probe (Nr. 11066, Tiefe - 15,5 m NN) mit einem Korngrößenwert von 315 Mikron bearbeitet. Es handelt sich um grauen Mittelsand.

Dem als normal anzusehenden Gehalt an nordischen Mineralen (51,4 %, aufgeteilt in 26,4 % Granat, 44,4 % Hornblende, 10,6 % Epidot) steht ein niedriger Prozentsatz von 12,2 % an stabilen Mineralen gegenüber, als Folge eines sehr geringen Zirkonanteils (2,2 %). Turmalin und Rutil mit je 5 % erreichen einen etwas höheren Wert.

Der Anteil der metamorphen Minerale ist im Gegensatz zu den stabilen mit 32,2 % sehr hoch, bedingt durch Anstieg des Disthens auf 11,4 %, des Stauroliths auf 14,4 % und den erstmalig in dieser Häufigkeit auftretenden Sillimanit mit 5 %.

Turmalin:

Längen - Breitenindex: 1,21.

Farbverhältnis des Turmalins: grün : braun = 1 : 3

opake und durchscheinende Minerale:

opak : durchscheinend = 51 % : 49 %

Hornblendezahl: 56

Augitzahl: 8

Zirkonzahl: 5,5

Bohrung 113/57:

Die drei ausgewerteten Proben aus hellgrauem Mittel- bis Grobsand entstammen folgender Tiefe:

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
12000	- 20,0 m NN	239 Mikron
12001	- 21,0 m NN	314 "
12002	- 21,3 m NN	810 "

Die Proben stimmen im Bereich der nordischen Minerale im Hinblick auf die Reihenfolge der prozentualen Anteile (Mittelwerte: Granat 21,5 %, Hornblende 16,9 % und Epidot 12,4 %) überein.

Die stabilen Minerale werden hauptsächlich durch Zirkon (Mittelwert 13,4 %) vertreten, während Rutil nur in Probe 12000 mit einem geringen, unauswertbaren Prozentsatz von 3,9 % vorhanden ist. Dagegen hat der Turmalinanteil zugenommen. Der Durchschnittswert für alle drei Proben ergibt 7 %. Die stabilen Minerale sind mit 12,3 % (Mittelwert) Staurolith und 6,4 % (Mittelwert) Disthen vertreten. Der Mittelwert des Disthens bietet jedoch ein falsches Bild, da seine Höhe durch die Probe 12001 beeinflusst wird. Sie liefert mit 13,2 % den höchsten Disthenanteil. In den beiden anderen Proben liegen die Disthenwerte unter 5 %.

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breitenindex	Farbverhältnis grün : braun
12000	1,32	1 : 5
12001	1,27	1 : 7
12002	1,40	1 : 4
Mittelwerte	1,33	1 : 5

Hornblendenzahl:

12000:	48
12001:	63
12002:	59

Augitzahl:

12
10
20

Zirkonzahl:

12000:	1,8
12001:	2,1
12002:	1,2

Bohrung 114/57:

Aus Mittel- bis Grobsand des saaleeiszeitlichen Sediments dieser Bohrung wurden 5 Proben ausgewertet.

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
12041	- 17,50 m NN	153 Mikron
12042	- 18,20 m NN	200 "
12043	- 18,50 m NN	202 "
12044	- 19,40 m NN	433 "
12045	- 20,20 m NN	565 "

Die Proben 12042 und 12045 weichen von der üblichen Zusammensetzung der nordischen Minerale im saaleeiszeitlichen Sediment ab. Es ist ein Hornblendeüberschuß vorhanden. Alle anderen Proben haben die für Saalevorschüttsand übliche Zusammensetzung an nordischen Mineralen. Trotz des Abweichens der beiden Proben ergibt der Mittelwert aus allen 5 Proben ein Überwiegen des Granatanteils: 24,1 % Granat, 20,9 % Hornblende und 9,2 % Epidot.

In der stabilen Gruppe tritt neben Zirkon (Mittelwert 8,0 %) Turmalin (Mittelwert 5,6 %) auf. Rutil liegt unter der ausgewerteten Grenze. In der Reihe der metamorphen Minerale ist wieder Disthen (Mittelwert 6,2 %) und Staurolith (Mittelwert 12,2 %) erwähnenswert. In dieser Bohrung erreicht auch der Durchschnittswert des Augits 5 %.

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breitenindex	Farbverhältnis grün : braun
12041	1,37	1 : 5
12042	1,42	1 : 3
12043	1,40	1 : 4
12044	1,50	1 : 4
12045	1,35	1 : 3
Mittelwert	1,40	1 : 4

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
12041	27 % : 73 %	76	34	1,5
12042	41 % : 59 %	71	15	4,7
12043	33 % : 67 %	58	23	2,1
12044	48 % : 52 %	44	12	2,1
12045	53 % : 47 %	75	18	2,5
Mittelwert	41 % : 59 %			

Bohrung 115/57:

Den als saaleeiszeitliches Sediment bestimmten Proben 12066, 12067 und 12068 mußten nach schwermineralanalytischen Untersuchungen noch die Proben 12063 und 12064 hinzugefügt werden, die ursprünglich dem überlagernden Sediment zugeteilt worden waren. Die beiden letztgenannten Proben gleichen in ihrer Schwermineralassoziation eindeutig dem Liegenden.

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
12063	- 15,80 m NN	192 Mikron
12064	- 16,40 m NN	176 "
12066	- 17,00 m NN	200 "
12067	- 17,50 m NN	308 "
12068	- 18,50 m NN	147 "

Alle Proben, bis auf Nr. 12068, haben einen Granatüberschuß (Mittelwert 15 %), darunterliegenden Hornblendewert (Mittelwert 10,8 %) und Epidot mit einem Durchschnitt von 9,8 %. Die Probe 12068 ist auf Grund ihres sehr hohen Gehaltes an metamorphen und stabilen Mineralien durchaus dem Saalevorschüttsand zuzurechnen.

Alle fünf Proben zeichnen sich durch hohen Gehalt an stabilen Mineralen (Durchschnitt 26,8 %) aus, bedingt durch Zirkon (Mittelwert 14,1 %), Turmalin (Durchschnittswert 6,6 %) und Rutil (6,1 %). Weiterhin tritt ein hoher Gehalt an metamorphen Mineralen auf, bedingt durch Disthen (Mittelwert 9 %) und Staurolith (Mittelwert 14,5 %). Augit erreicht einen Durchschnittswert von 7,6 %.

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breitenindex	Farbverhältnis grün : braun
12063	1,42	1 : 3
12064	1,37	1 : 4
12066	1,62	1 : 4
12067	1,21	1 : 3
12068	1,52	1 : 2
Mittelwerte	1,42	1 : 3

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
12063	49 % : 51 %	70	19	1,8
12064	52 % : 48 %	59	17	1,6
12066	50 % : 50 %	58	22	1,5
12067	53 % : 47 %	33	26	2,3
12068	57 % : 43 %	42	20	2,3
Mittelwert	52 % : 48 %			

Bohrung 121/58:

In dieser Bohrung wurde saaleeiszeitlicher Geschiebemergel erbohrt. Aus ihm sind drei Proben bearbeitet worden.

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
14590	- 12,20 m NN	180 Mikron
14591	- 12,60 m NN	53 "
14592	- 13,45 m NN	128 "

Die Schwermineralassoziation des Geschiebemergels weicht kaum von der des Saalevorschüttsandes ab. Granat (Mittelwert 18,8 %) überwiegt. Der Hornblendeanteil beträgt 11,8 % (Mittelwert). Epidot zeigt einen mittleren Prozentsatz von 15,3 %. Der Mittelwert für stabile Minerale (29,5 %) und der für metamorphe Minerale (21,8 %) weicht nicht von denen der bisher bearbeiteten saaleeiszeitlichen Sedimente ab.

Turmalin:

Probennummer	Index	Farbverhältnis grün : braun
14590	1,38	1 : 5
14591	1,26	1 : 2
14592	1,48	1 : 12
Mittelwerte	1,38	1 : 9

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
14590	56 % : 44 %	58	6	1,8
14591	55 % : 45 %	24	18	2,0
14592	52 % : 48 %	39	10	2,4
Mittelwerte	54 % : 46 %			

d. Zusammenfassung:

1. Den Schwermineral-Hauptanteil bilden in den saaleeiszeitlichen Sedimenten die nordischen Minerale.
2. Sie gliedern sich im Vorschütt sand wie im Geschiebemergel folgendermaßen:
 - a. Granat (Hauptanteil, mit einigen Ausnahmen)
 - b. Hornblende, (in einigen Fällen mit geringerem Anteil als Epidot)
 - c. Epidot
3. Der Mittelwert der nordischen Schwerminerale beträgt 48,5 %.
4. Eine charakteristische Mineralgruppe der saaleeiszeitlichen Sedimente bilden die stabilen Minerale. An ihrer Spitze steht Zirkon, gefolgt vom Rutil. In einigen Fällen tritt ein erhöhter Turmalin Gehalt auf.
5. Der Durchschnittswert für die stabilen Minerale liegt bei 21,6 %.
6. In der Gruppe der metamorphen Minerale tritt hauptsächlich Staurolith und Disthen in den Vordergrund, während Andalusit und Sillimanit nur qualitative Bedeutung erlangen.
7. Die metamorphen Minerale haben einen Durchschnittswert von 22,5 %.
8. In einigen wenigen Fällen erreicht in der Gruppe der Restminerale der Augit die 5 %-Grenze.
9. Das Überwiegen des Granats in der Assoziation der nordischen Minerale ist trotz wechselnder Korngrößenfraktionen klar ersichtlich.

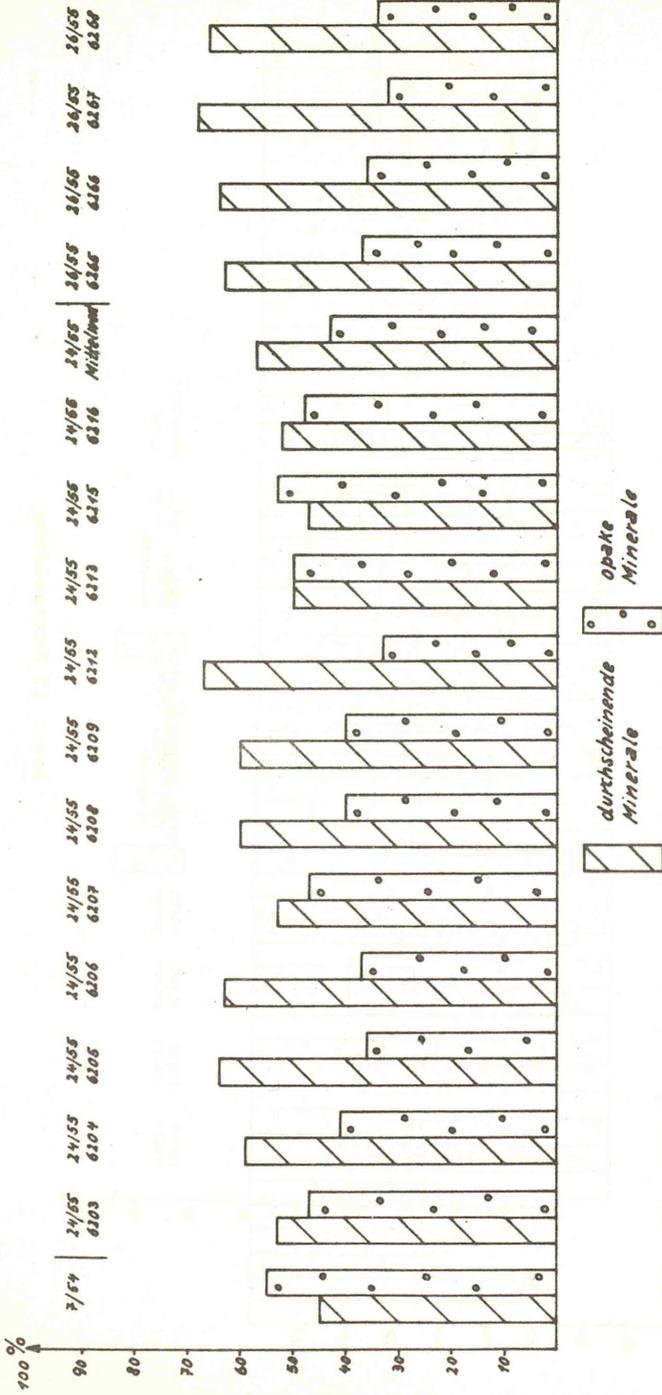


Abb.11: Das Verhältnis opake Minerale: durchscheinenden Mineralen im saalezeitlichen Sediment.

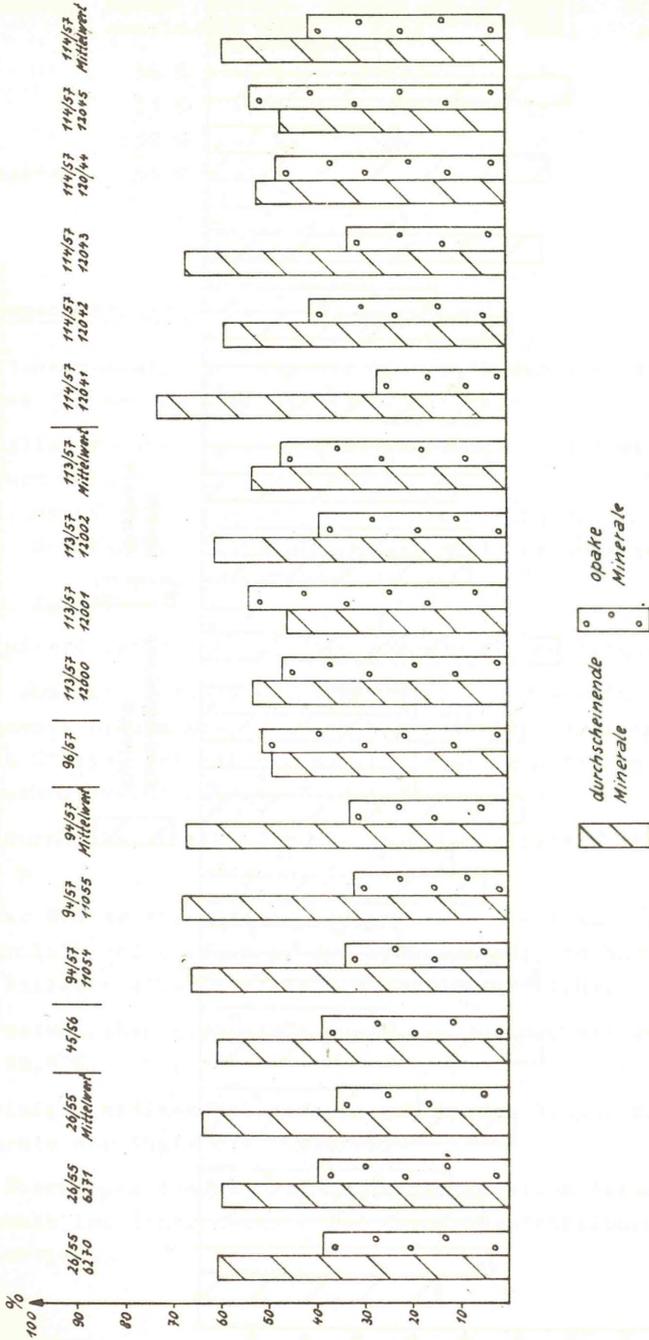


Abb.: 11 Fortsetzung

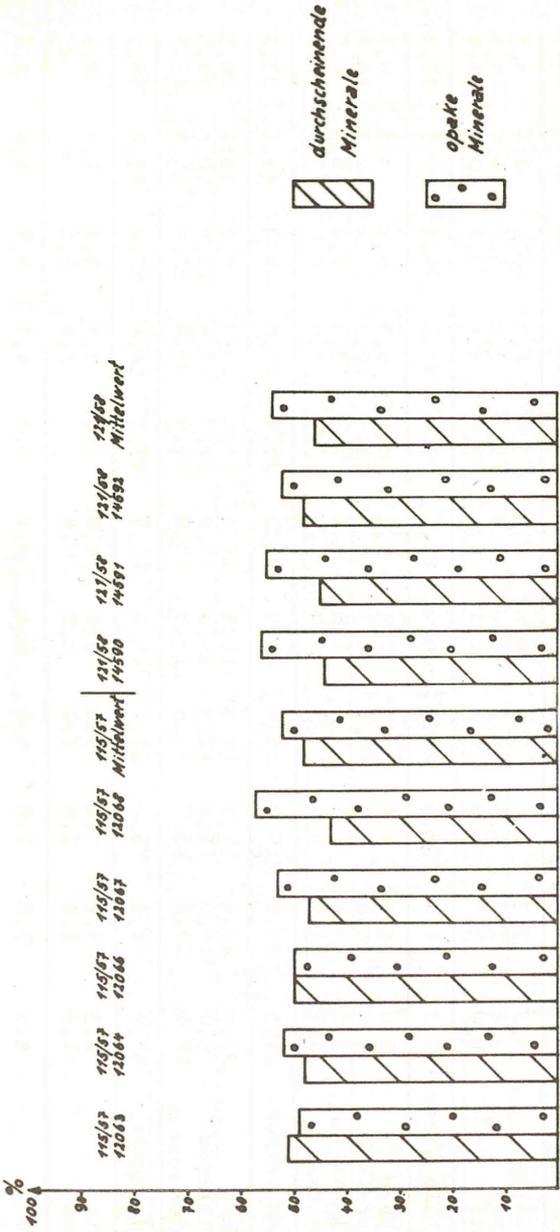


Abb.: 11 Fortsetzung

c. Auszählergebnisse
saaleiszeitlicher Sedimente

Bohrung 7/54

Probennummer	7249	6203	6204	6205	6206	6207	6208	6209	6212	6213	6215
Turmalin	4,5	7,3	2,6	5,6	6,8	4,6	3,9	6,7	10,0	4,4	3,3
Zirkon	9,0	7,3	9,4	10,7	13,6	11,8	15,2	7,2	5,6	16,0	9,2
Rutil	6,0	4,5	6,3	8,2	6,2	6,1	3,9	5,8	8,7	10,1	5,0
stabile Miner.	19,5	19,1	18,3	24,5	26,6	22,7	23,0	19,7	24,3	50,5	17,5
Disthen	8,0	9,5	7,9	6,5	7,9	9,2	6,4	6,3	6,2	5,5	8,7
Staurolith	11,0	10,8	7,9	16,5	11,3	9,6	12,8	12,0	16,2	12,7	10,4
Sillimanit	1,5	1,8	1,5	1,5	1,8	4,8	2,8	3,9	1,2	2,7	2,5
Andalusit	1,0	1,4	2,6	1,5	0,6	1,4	3,9	1,4	0,6	3,2	1,7
metam. Miner.	21,5	23,5	19,9	25,9	21,6	25,0	25,9	23,6	24,2	24,1	23,3
Granat	27,0	11,4	17,3	11,8	12,4	16,3	15,2	15,0	8,7	16,4	20,3
Hornblende	9,0	18,0	15,2	12,8	14,0	15,8	12,7	12,4	17,4	10,8	18,5
Epidot	19,0	20,8	23,5	18,8	18,6	15,8	19,8	23,0	21,0	16,4	17,9
nord. Miner.	55,0	50,2	56,0	43,4	45,0	47,9	47,7	50,4	47,1	43,6	56,7
Augit	2,5	5,4	3,2	5,2	5,6	4,0	3,4	3,9	3,8	1,8	2,5
Topas	1,5	1,8	2,6	1,0	1,2	0,4	-	2,4	0,6	-	-
Rest	4,0	7,2	5,8	6,2	6,8	4,4	3,4	6,3	4,4	1,8	2,5

Saaleeiszeitliche Sedimente
(Fortsetzung)

Bohrung 26/55

Probennummer	6216	Mittelwert	6265	6266	6267	6268	6270	6271	Mittelwert
Turmalin	3,2	5,3	3,3	5,7	5,4	8,5	4,8	1,1	4,8
Zirkon	12,7	10,8	14,4	9,7	12,5	10,0	9,6	9,3	10,9
Rutil	4,8	6,3	1,9	2,6	2,4	4,5	8,0	7,2	4,5
stabile Miner.	20,7	22,4	19,6	18,0	20,3	23,0	22,4	17,6	20,2
Disthen	8,4	7,4	5,3	6,6	4,2	4,5	6,4	6,7	5,6
Staurolith	13,6	12,2	9,6	12,2	8,9	11,0	12,2	11,2	10,8
Sillimanit	0,4	2,3	2,9	1,4	0,6	-	2,7	0,5	1,4
Andalusit	1,2	1,8	1,9	1,8	-	2,0	1,0	1,6	1,4
metam. Miner.	23,6	23,7	19,7	21,8	13,7	17,5	22,3	20,0	19,2
Granat	16,7	14,7	23,5	28,0	20,2	16,0	14,5	16,2	19,7
Hornblende	17,1	14,9	12,8	13,7	22,0	20,0	17,0	14,5	16,6
Epidot	16,3	19,3	18,2	12,4	17,8	15,0	19,8	25,0	18,1
nord. Miner.	50,1	48,9	54,5	54,1	60,0	51,0	51,3	55,7	54,4
Augit	4,4	3,9	5,3	5,7	6,0	7,5	3,0	4,5	5,3
Topas	1,2	1,1	0,9	0,4	-	1,0	1,0	2,2	0,9
Rest	5,6	5,0	6,2	6,1	6,0	8,5	4,0	6,7	6,2

Saaleiszeitliche Sedimente
(Fortsetzung)

Bohrung	29/55	45/56	94/57	96/57	113/57
Probennummer	6327	8811	11054	11066	12000
			Mittelwert		12001
Turmalin	3,1	6,3	3,4	5,1	7,8
Zirkon	9,3	9,1	7,8	7,5	14,5
Rutil	4,1	3,8	1,9	2,6	3,9
stabile Miner.	16,5	19,2	13,1	15,2	26,2
Düsten	6,2	7,1	4,9	4,5	11,4
Staurolith	9,5	12,4	8,3	8,7	14,4
Sillimanit	4,6	1,8	-	0,5	5,0
Andalusit	2,1	4,5	0,9	1,1	1,4
metam. Miner.	22,4	25,8	14,1	14,8	32,2
Granat	24,2	22,2	27,6	29,3	26,4
Hornblende	21,5	13,3	21,3	19,8	14,4
Epidot	10,2	15,1	18,5	16,0	10,6
nord. Miner.	55,9	50,6	67,4	65,1	51,4
Augit	2,6	3,8	4,9	4,7	2,8
Topas	2,6	0,6	0,5	0,2	1,4
Rest	5,2	4,4	5,4	4,9	4,2
					5,8
					7,5
					16,0
					13,2
					9,5
					0,9
					0,9
					24,5
					20,7
					19,8
					11,5
					52,0
					2,8
					4,7

Saaleiszeitliche Sedimente
(Fortsetzung)

Bohrung 114/57

Probennummer	12002	Mittelwert	12041	12042	12043	12044	12045	Mittelwert
Turmalin	4,7	7,0	2,1	5,4	4,9	8,9	6,6	5,6
Zirkon	18,2	13,4	9,7	2,7	7,6	12,2	7,9	8,0
Rutil	-	1,3	3,1	4,8	3,5	5,4	5,3	4,4
stabile Miner.	22,9	21,7	14,9	12,9	16,0	26,5	19,8	18,0
Disthen	4,1	6,4	4,8	9,5	5,7	6,1	4,7	6,2
Staurolith	10,1	12,3	7,3	10,9	9,8	13,6	19,2	12,2
Sillimanit	1,4	1,4	-	2,0	2,8	3,4	2,7	2,2
Andalusit	-	0,3	-	0,7	-	0,8	-	0,3
metam. Miner.	15,6	20,7	12,1	23,1	18,3	23,9	26,6	20,9
Granat	24,3	21,5	32,6	21,1	30,5	18,4	17,9	24,1
Hornblende	18,2	16,9	24,1	27,9	16,1	16,3	19,9	20,9
Epidot	12,2	12,4	7,3	10,9	11,3	10,2	6,6	9,2
nord. Miner.	54,7	50,8	64,0	59,9	57,9	44,9	44,4	56,2
Augit	4,1	3,3	6,3	4,1	5,7	3,4	5,9	5,0
Topas	2,7	3,5	2,7	-	2,1	1,3	3,3	1,9
Rest	6,8	6,8	9,0	4,1	7,8	4,7	9,2	6,9

Saaleeiszeitliche Sedimente
(Fortsetzung)

Bohrung	115/57	12063	12064	12066	12067	12068	Mittel- wert	14590	14591	14592
Probennummer		12063	12064	12066	12067	12068	Mittel- wert	14590	14591	14592
Turmalin		5,5	2,9	4,0	12,3	8,2	6,6	6,5	10,6	7,4
Zirkon		12,9	15,5	16,0	12,3	13,6	14,1	15,5	18,6	9,6
Rutil		4,9	7,8	4,0	4,1	10,0	6,1	5,9	8,0	6,2
stabile Miner.		23,3	26,2	24,0	28,7	31,8	26,8	27,9	37,2	23,2
Disthen		7,0	8,7	10,4	5,4	13,6	9,0	10,5	7,1	5,1
Staurolith		12,9	14,6	12,0	16,5	13,3	14,5	13,4	11,5	8,0
Sillimanit		2,4	-	4,8	4,2	0,9	2,3	1,9	2,6	1,7
Andalusit		5,0	3,9	-	3,2	-	2,0	0,5	1,8	1,2
metam. Miner.		25,3	27,2	27,2	29,3	31,8	27,8	26,3	23,0	16,0
Granat		22,2	18,5	16,8	12,3	5,4	15,0	16,7	8,1	31,8
Hornblende		14,8	12,7	13,6	5,2	8,2	10,8	15,3	6,1	10,8
Epidot		6,3	8,8	9,6	10,3	11,0	9,8	10,9	18,6	16,5
nord. Miner.		43,3	40,0	40,0	27,8	24,6	35,6	42,9	32,8	59,1
Augit		6,3	5,7	8,0	10,0	8,2	7,6	1,9	5,2	1,7
Topas		1,8	0,9	0,8	4,2	3,6	2,2	1,0	1,8	-
Rest		8,1	6,6	8,8	14,2	11,8	9,8	2,9	7,0	1,7

Saaleeiszeitliche Sedimente
(Fortsetzung)

Bohrung	Probennummer	Mittelwert
	Turmalin	8,2
	Zirkon	14,6
	Rutil	6,7
	stabile Miner.	29,5
	Disthen	7,6
	Staurolith	10,9
	Sillimanit	2,1
	Andalusit	1,2
	metam. Miner.	21,8
	Granat	18,8
	Hornblende	11,8
	Epidot	15,3
	nord. Miner.	44,9
	Augit	2,9
	Topas	0,9
	Rest	3,8

10. Es tritt keine ausschließliche Vormacht durchscheinender Minerale auf. (Abb. 11)
11. Der Index des Turmalins schwankt zwischen 1,14 und 1,68. Die angegebenen Zahlen sind Extremwerte. Der größere Teil der Werte liegt zwischen 1,3 und 1,4.
12. Das Farbverhältnis zeigt ein Überwiegen des braunen Turmalins in den Verhältnissen 1 : 1 bis 1 : 12. Der Hauptbereich liegt in den Grenzen 1 : 1 bis 1 : 5.
13. Die Hornblendezahlen streuen zwischen den Grenzwerten 24 % und 75 % wie folgt:

Probenzahl	Prozentbereich
1	20 - 30
7	30 - 40
11	40 - 50
14	50 - 60
2	60 - 70
4	70 - 80

Es erfolgt also eine Konzentration zwischen 40 % und 60 %.

14. Die Werte der Augitzahlen liegen zwischen 6 % und 34 %.

Probenzahl	Prozentbereich
4	0 - 10
22	10 - 20
10	20 - 30
3	30 - 40

Es ist eine Häufung im Bereich 10 % bis 20 % zu verzeichnen.

15. Die Zirkonzahlen schwanken beträchtlich. Ihr Hauptbereich liegt aber zwischen 1,1 und 2,0.

IV. Zusammenfassung und Deutung

Die Bearbeitung der Schwermineralfraktionen 0,3 mm - 0,06 mm alt- und mittelpleistozäner Sedimente im Arbeitsgebiet ergab die Schlußfolgerung, daß es möglich ist, pleistozänen Sand mit Hilfe der Schwerminerale zu gliedern.

a. Die Unterscheidung von alt- und mittelpleistozänen Sedimenten mit Hilfe der nordischen Minerale:

Unter dem Begriff "nordische Minerale" ist der Anteil von Granat, Hornblende und Epidot in der Schwermineralassoziation zu verstehen.

Elstereiszeitliche Sedimente, einschließlich des Lauenburger Tons, zeichnen sich in der Gruppe der nordischen Minerale durch sehr hohen Gehalt an Hornblende aus: In allen bearbeiteten Proben altpleistozänen Alters nimmt Hornblende den Hauptanteil in der Gruppe Granat - Hornblende - Epidot ein.

Lauenburger Ton wird in dieser Zusammenfassung zusammen mit den elstereiszeitlichen Sanden behandelt, da er als Ausschlämungsprodukt der Elstermoränen in seiner Schwermineralassoziation im großen gesehen identisch sein muß. Der einzige beachtenswerte Unterschied zwischen beiden Ablagerungen ist die Korngröße. Lauenburger Ton besteht im allgemeinen aus feineren Fraktionen als die elstereiszeitlichen Sande. Trotz dieses Korngrößenunterschiedes konnte kein Unterschied in der anteilmäßigen Vormacht der Hornblende festgestellt werden. Beide Ablagerungen werden also durch hohen Hornblendegehalt charakterisiert.

Beispiele: Elstereiszeitliche Sedimente:

Bohrung	Probe	mittlere Korngr.	Hornblende
106/57	11343	243 Mikron	23,0 %
110/57	11433	392 "	24,7 %
110/57	11434	392 "	22,7 %
112/57	11539	150 "	26,9 %

Beispiele: Lauenburger Ton:

Bohrung	Probe	mittlere Korngr.	Hornblende
1/55	7228	245 Mikron	36,5 %
45/56	8816	95 "	23,3 %
45/56	8817a	2,5 "	26,2 %
72/56	7961	122 "	27,5 %

Obige Beispiele zeigen also, daß der Hornblendegehalt trotz der wechselnden Korngrößen relativ konstant bleibt. Wichtig ist noch, daß Hornblende trotz der Korngrößenwechsel innerhalb der nordischen Minerale niemals die Vormacht an Granat oder Epidot abgibt. Setzt man nun voraus, daß Hornblende als instabiles, in chemischer und mechanischer Hinsicht leicht verwitterbares Mineral normalerweise nur in feinen Kornfraktionen eine Anreicherung erfährt, so ist erstaunlich, daß Hornblende auch im größeren Korngrößenbereich in ziemlich konstantem Verhältnis gefunden wurde.

Es kann behauptet werden, daß das Dominieren der Hornblende eine stratigraphische Eigenschaft der elstereiszeitlichen Sande und des Lauenburger Tons ist und nicht eine sekundäre Anreicherung in bestimmten Fraktionen, bedingt durch chemische oder mechanische Verwitterung. Treten also Abweichungen im Abhängigkeitsverhältnis Schwermineralassoziation - Kornfraktion auf, so ist das als stratigraphisches Merkmal zu erklären.

Ein weiteres charakteristisches Mineral des Altpleistozäns ist Epidot, der im elstereiszeitlichen Sand einen Mittelwert von 14,9 % und im Lauenburger Ton von 15,1 % erreicht. Der Epidotgehalt ist im Verhältnis zu den restlichen ausgezählten Schwermineralen relativ hoch. Nur Granat liegt in seinem Mengenverhältnis noch mit ihm auf etwa gleicher Stufe.

Mittelwerte: Elstereiszeitliches Sediment:	14,9 % Granat
Lauenburger Ton:	14,7 % Granat

Die saaleeiszeitlichen Sedimente im Arbeitsgebiet, hier Saale-vorschüttsand und Geschiebemergel, zeichnen sich, ebenso wie die elstereiszeitlichen Sande, durch hohen Anteil an nordischen Mineralen aus. Aber im Gegensatz zum Altpleistozän

herrscht im Mittelpleistozän unter den nordischen Mineralen der Granat vor. Dieses Hervortreten des Granats ist unabhängig von der Zunahme der Korngröße. Da Granat nur gegen chemische Verwitterung anfällig ist, einer mechanischen Zerstörung aber seiner Unspaltbarkeit wegen, nur im geringen Maße unterliegt, müßte er seinem Hauptanteil nach in den gröberen Fraktionen zu finden sein. Folgende Beispiele zeigen aber, daß sich der Anteil des Granats ziemlich konstant durch die verschiedensten Korngrößen zieht und daß Granat auch bei Abnahme der Korngrößenmittelwerte nicht seine Vormacht vor Epidot und Hornblende verliert.

Beispiele:

Bohrung	Probe	Korngrößen- mittelwert	Granat
26/55	6271	157 Mikron	16,2 %
29/55	6527	250 "	24,2 %
45/56	8811	331 "	22,2 %
115/57	12002	810 "	24,3 %
114/57	12041	155 "	32,6 %
121/58	14592	128 "	31,8 %

Wie Hornblende im Altpleistozän, ist im Saaleverschüttungs- und -geschiebemergel Granatvormacht als stratigraphisches Merkmal der mittelpleistozänen Sedimente anzusehen, mit dessen Hilfe eine altersmäßige Fixierung möglich ist.

In Abb. 12 wurden die Granat- und Hornblendeprozentanteile der alt- und mittelpleistozänen Sedimente auf ein Koordinatensystem aufgetragen. Die Gegenüberstellung Granat-Hornblende zeigt eine eindeutige Abgrenzung der stratigraphischen Einheiten. Das beweist die Behauptung, daß beide Minerale für eine stratigraphische Gliederung verwendet werden können.

Der Epidotanteil ist im Alt- und Mittelpleistozän in seinen Durchschnittswerten gleich. Er beträgt im saaleeiszeitlichen Sediment 14,9 % und liegt mit diesem Wert wenig unter dem Durchschnittswert der Hornblende (15,2 %) im Mittelpleistozän.

Zusammenfassung:

Elstereiszeitliche Sedimente und Lauenburger Ton:

1. Es herrscht Hornblendeüberschuß, auch bei unterschiedlicher Korngrößenzusammensetzung.
2. Im elstereiszeitlichen Sediment besitzen Granat und Epidot den gleichen durchschnittlichen Prozentanteil.
3. Im Lauenburger Ton steigt der Epidotgehalt um ein geringes, während Granat um den gleichen geringen Betrag abfällt.

Saaleeiszeitlicher Vorschüttsand und Geschiebemergel:

1. Der Granatprozentanteil steigt über den der Hornblende und des Epidots.
2. Korngrößenunterschiede haben keinen Einfluß auf die Granatvormacht.
3. Der durchschnittliche Epidotgehalt gleicht im saaleeiszeitlichen Sand und Geschiebemergel dem des Altpleistozäns.
4. Hornblende nimmt die Stellung des Granats im Altpleistozän ein.
5. Als Kriterium zur Unterscheidung von Alt- und Mittelpleistozän ist das Verhältnis Hornblende - Granat verwendbar.

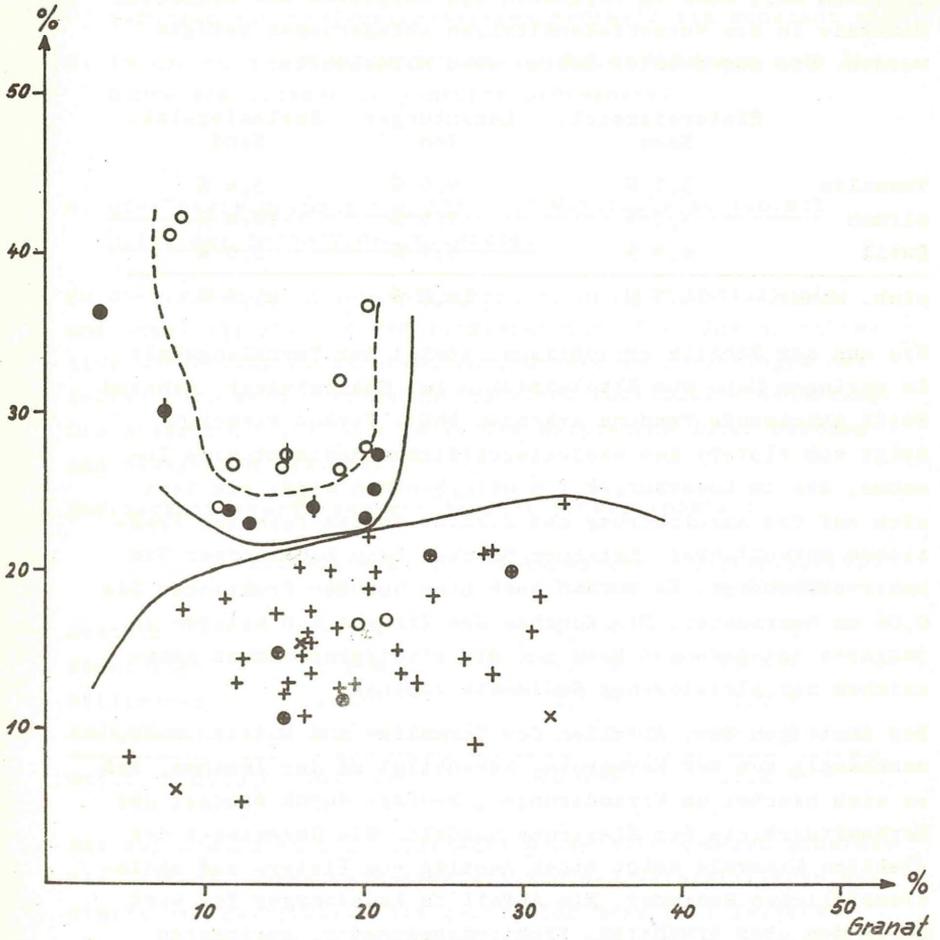
Die nordischen Minerale besitzen im elstereiszeitlichen Sediment (55,9 %) und im Lauenburger Ton (60,9 %) im Gegensatz zum saaleeiszeitlichen Sediment (48,5 %) einen höheren Anteil. Dieses Zurücktreten der nordischen Minerale geht parallel einer geringfügigen Zunahme an metamorphen und stabilen Mineralen innerhalb der Schwermineralassoziation.

b. Die Unterscheidung von alt- und mittelpleistozänen Sedimenten mit Hilfe der stabilen Minerale:

In der Gruppe "stabile Minerale" wurden Turmalin, Zirkon und Rutil zusammengefaßt.

In dieser Gruppe spielt hauptsächlich Zirkon eine Rolle, während Turmalin und Rutil selten mehr als qualitativen Wert haben.

Hornblende



- Elstersediment
- ⊕ Mittelwert des Elstersedimentes
- Lauenburger Ton
- ⊕ Mittelwert - Lauenburger Ton
- + Saalevorschüttsand
- × Saalegeschiebemergel

- ⊕ Mittelwert - Saalevorschüttsand
- Trennungslinie Altpleistozän - mittleres Pleistozän
- Trennungslinie Elstersediment - Lauenburger Ton

Abb. 12: Gliederung des Pleistozäns nach dem Granat - Hornblende Verhältnis

Trotzdem soll aber im folgenden ein Vergleich der einzelnen Minerale in den verschiedenartigen Ablagerungen gezogen werden. Die angeführten Zahlen sind Mittelwerte:

	Elstereiszeitl. Sand	Lauenburger Ton	Saaleeiszeitl. Sand
Turmalin	3,7 %	4,6 %	5,4 %
Zirkon	8,7 %	7,5 %	10,8 %
Rutil	6,9 %	5,9 %	5,0 %
stab. Miner.	19,3 %	18,0 %	21,2 %

Wie aus der Tabelle ersichtlich, steigt der Turmalingehalt im geringen Maße vom Altpleistozän zur Saaleeiszeit, während Rutil abnehmende Tendenz erkennen läßt. Zirkon wiederum zeigt vom elster- zum saaleeiszeitlichen Sediment eine Zunahme, die im Lauenburger Ton unterbrochen wird; sie läßt sich auf die Anreicherung des Zirkons in den feinsten Fraktionen zurückführen. Letztere bleiben beim Lauenburger Ton unberücksichtigt. Es wurden auch hier nur die Fraktionen bis 0,06 mm bearbeitet. Die Zunahme des Zirkons von älteren zu jüngeren Ablagerungen kann man als stratigraphisches Kennzeichen der pleistozänen Sedimente ansehen.

Das Ansteigen bzw. Abfallen des Turmalin- und Rutilanteils, unabhängig von der Korngröße, berechtigt zu der Annahme, daß es sich hierbei um Veränderungen, bedingt durch Wechsel des Herkunftsgebiets der Eisströme handelt. Die Gesamtheit der stabilen Minerale zeigt einen Anstieg vom elster- zum saaleeiszeitlichen Sediment. Ein Abfall im Lauenburger Ton wird durch den oben erwähnten, fraktionsbedingten, geringeren Zirkonanteil hervorgerufen.

Zusammenfassung:

1. Der Turmalinanteil wächst vom elstereiszeitlichen Sediment zum saaleeiszeitlichen Vorschüttsand.
2. Ebenfalls steigt der Zirkonanteil vom Alt- zum Mittelpleistozän. (Eine Ausnahme bildet die korngroßenmäßig bedingte Abnahme im Lauenburger Ton).

3. Der Rutilanteil nimmt von den elstereiszeitlichen Ablagerungen zum saaleeiszeitlichen Sediment hin konstant ab.
4. Im ganzen gesehen, zeigen die stabilen Minerale eine Zunahme von älteren zu jüngeren Sedimenten.

c. Die Unterscheidung von Alt- und Mittelpleistozän mit Hilfe der metamorphen Minerale:

Zu dieser Gruppe gehören Disthen, Staurolith, Sillimanit und Andalusit. Die beiden letzteren sind für eine quantitative Auswertung nicht brauchbar, da sie in zu geringen Anteilen vorliegen. Sie haben lediglich qualitative Bedeutung. Die metamorphe Gruppe wird in der Hauptsache durch Disthen und Staurolith gebildet.

Durchschnittswerte der metamorphen Schwerminerale:

	Elstereiszeitl. Sand	Lauenburger Ton	Saaleeiszeitl. Sediment
Disthen	5,7 %	4,8 %	7,0 %
Staurolith	10,8 %	8,3 %	11,8 %
Sillimanit	2,1 %	1,4 %	2,0 %
Andalusit	1,6 %	1,6 %	1,4 %
metam. Minerale	20,2 %	16,1 %	22,2 %

Bis auf Andalusit und Sillimanit haben alle anderen Minerale die Tendenz, ihren Prozentanteil zum saaleeiszeitlichen Sediment hin zu erhöhen. Als genereller Gegensatz zwischen Alt- und Mittel-Pleistozän wäre also der erhöhte Anteil der metamorphen Minerale im Mittel-Pleistozän zu verzeichnen.

Zusammenfassung:

1. Der Disthengehalt nimmt vom elstereiszeitlichen zum saaleeiszeitlichen Sediment hin im Durchschnitt um 1,3 % zu.

2. Es erfolgt ein 1%iger Anstieg des Staurolithanteils vom Alt- zum Mittelpleistozän.
3. Die beiden Minerale Sillimanit und Andalusit haben nur qualitativen Wert und keinen Einfluß auf die quantitative Auswertung.
4. Es ist ein Anstieg der Gesamtgruppe der metamorphen Schwerminerale vom elster- zum saaleeiszeitlichen Sediment hin um durchschnittlich 2 % zu verzeichnen.
5. Die Abweichungen in den Schwermineralanalysen des Lauenburger Tons sind durch Korngrößenunterschiede bedingt.

d. Die Restminerale im Pleistozän

In dieser Gruppe wurden die Schwerminerale Augit und Topas zusammengefaßt. Beide liegen mit ihren Durchschnittswerten unter 5 % und haben so ebenfalls nur eine qualitative Bedeutung. Der Vollständigkeit halber sollen ihre Mittelwerte aufgeführt werden:

	Elstereiszeitl. Sand	Lauenburger Ton	Saaleeiszeitl. Sediment
Augit	3,0 %	3,5 %	4,5 %
Topas	1,2 %	1,2 %	1,4 %
Restminerale	4,2 %	4,7 %	5,9 %

Beide Minerale lassen eine leicht steigende Tendenz ihrer Anteile vom Alt- zum Mittelpleistozän erkennen.

In Abb. 13 wurden in ein Dreiecksdiagramm die Gruppen metamorphe, stabile, nordische und Rest-Minerale eingezeichnet. Dabei erfolgt eine Zusammenfassung der beiden letzteren. Die Zeichnung gibt kein so klares Trennungsbild des Alt- und Mittelpleistozän wie beim Vergleich der Hornblende - Granatverhältnisse. Trotzdem ist ersichtlich, daß sich die Sedimente des elstereiszeitlichen Sandes und Lauenburger Tons auf ein kleines Feld beschränken, das eingefaßt wird vom saaleeiszeitlichen Sediment.

Geht man vom elstereiszeitlichen Sediment als einem "reinen", d. h. noch weitgehend unverfälschtem Material aus, so wird ein Teil des saaleeiszeitlichen Sandes starke Vermischungserscheinungen durch Aufarbeitung der elsterzeitlichen Ablagerungen zeigen. Diese Erscheinung wird aus Abb. 13 in Form der linearen Anordnung der Werte ersichtlich.

Die in den pleistozänen Sedimenten festgestellten Schwermineralassoziationen erlauben es, sie der A-Provinz EDELMAN's (1938) einzugliedern, die sich durch Anreicherung von Granat, Hornblende und Epidot auszeichnet.

Bei der ursprünglichen EDELMAN'schen A-Provinz handelt es sich um Jungtertiär-Sedimente. Das Herkunftsgebiet dieses Tertiärsandes, wie auch der Quartär-Sedimente, ist in Fennoskandien zu suchen, das im Jungtertiär starker Erosion ausgesetzt war. Die jungtertiäre Nordsee diente dem detritischen Material als Sedimentationsbecken.

Man kann den Begriff der A-Provinz in das Quartär übernehmen, da Sedimentations- und Abtragungsraum die gleichen blieben. Es ändern sich nur die Transportbedingungen (glazialer bzw. fluvioglazialer Transport).

Nach EDELMAN handelt es sich hierbei um die Fortsetzung einer Sedimentationstradition, bei der sich zwar die geologische Fazies verändert hat, nicht aber die petrologische.

Im Gegensatz zu den homogenen tertiärzeitlichen Mineralassoziationen treten in denen des Quartärs stärkere Differenzierungen auf, bedingt durch die verschiedenen Herkunftsgebiete der einzelnen Eisströme. Die ursprünglich scharfe Trennung wird durch die glaziale Erosion der jeweils liegenden Sedimente etwas verwischt, läßt sich jedoch an einzelnen Leitminerale deutlich erkennen. Eine weitere Durchmischung der Schwermineralassoziationen tritt später durch die Abrasion des Holozänmeeres auf.

Die elstereiszeitlichen Sedimente und der Lauenburger Ton können auf Grund ihres hohen Hornblendegehalts zu der A-Hornblende-Provinz BÖHMER's (1937) gerechnet werden. Damit könnte eine gewisse Unterteilung der A-Provinz im Pleistozän des Arbeitsgebietes geschaffen werden.

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ● <i>Elstersediment</i> | + <i>Saalesediment</i> |
| ◆ <i>Mittelwert-Elstersediment</i> | ⊕ <i>Mittelwert-Saalesediment</i> |
| ○ <i>Lauenburger Ton</i> | × <i>Saalegeschiebemergel</i> |
| ⊕ <i>Mittelwert-Lauenburger Ton</i> | ⊗ <i>Mittelwert-Saalegeschiebemergel</i> |

Stabile Mineralien

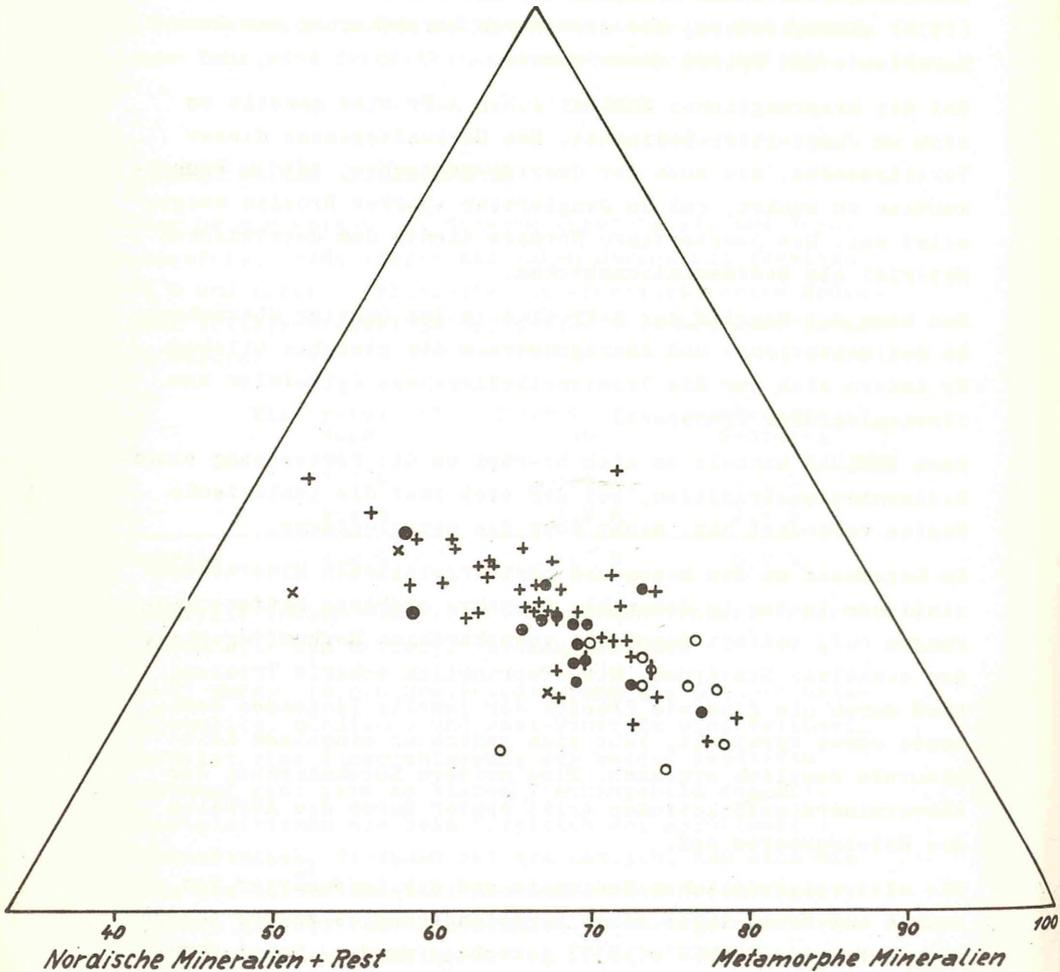


Abb. 13: Die Verteilung der stabilen, metamorphen, nordischen u. Rest-Mineralie in den verschiedenen Pleistozän-Ablagerungen

Im Gebiet der Ostfriesischen Inseln kann nach den vorliegenden Untersuchungen die Grenze der A - Provinz zumindest bis zur östlichen Grenze des Arbeitsgebietes verlagert werden.

Der hohe Gehalt an Hornblende, einem umlagerungsempfindlichen Mineral, deutet auf ein relativ nahe gelegenes kristallines Abtragungsgebiet (BRINKMANN 1938). Hierbei muß allerdings beachtet werden, daß der glaziale Transport andere Anforderungen an die Mineralen stellt als z. B. Wasser- oder Windtransport.

In der Schwermineralassoziation des saaleeiszeitlichen Materials sind z. T. Anklänge an elstereiszeitlicher Zusammensetzung zu beobachten. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um Schollen älteren Materials, die jeweils verstreut im Verband der jüngeren Sedimente liegen. Dafür spricht die stark gestörte und gefaltete Lage der einzelnen Sedimente, sowie die fast restlose Aufarbeitung des altpleistozänen Materials im Arbeitsgebiet, denn nur in den seltensten Fällen trafen die abgeteuften Bohrungen elstereiszeitliches Sediment an. Letzteres wurde wohl durch den Saalevorstoß aufgearbeitet, gestaucht und gefaltet und ist dadurch z. T. in unvermischem Verhältnis in den Verband des Saalematerials eingelagert.

e. Die Zirkonzahl im Pleistozän

Die Zirkonzahl wurde erstmalig im Arbeitsgebiet angewandt. Unter ihr versteht man das Verhältnis stabile Minerale: Zirkon.

Die elstereiszeitlichen Sedimente zeigen eine Zirkonzahl, die, bis auf eine Ausnahme (Probe 6), immer bei zwei und darüber liegt. Der höchste Wert steigt bis auf 2,6 an. Das gleiche gilt für den Lauenburger Ton. Auch hier wurde nur eine Ausnahme festgestellt (Probe 14). Alle anderen Proben zeigen einen Wert von 2 und darüber. Das Maximum liegt bei 3,9. Diesen altpleistozänen Sedimenten wird die Zirkonzahl des saaleeiszeitlichen Materials gegenübergestellt.

Von 46 Proben des saaleeiszeitlichen Sandes bleiben zunächst die 12 Proben unberücksichtigt, deren Schwermineralassoziation

einen Anklang an elstereiszeitliche Sedimente hat. Von den 34 restlichen Proben zeigen 20 eine Zirkonzahl unter 2. Es scheint also, daß das saaleeiszeitliche Sediment durch eine niedrige Zirkonzahl gekennzeichnet wird. Zu diesen Proben kommen weitere 11 mit einem Zirkonwert von 2 bis 2,3 und 3 Proben mit einem Wert über 2,3.

Es ist möglich, daß die verschiedene Höhe der Zirkonzahl ein Maßstab für den Aufarbeitungsgrad altpleistozäner Sedimente ist. Das trifft besonders für die Zirkonzahlen über 2 zu.

Die restlichen 12 Proben, bei denen wahrscheinlich elstereiszeitliches Material vorliegt (siehe Abschnitt d, Schollentheorie), ergaben bei der Untersuchung ihrer Zirkonzahl weitere Anhaltspunkte für ihr Alter. Von 12 Proben liegt der Zirkonwert 9mal über 2, also im Bereich der typischen elstereiszeitlichen Sedimente. Nur in drei Fällen liegen die Zahlen unter 2. Weiterhin wäre bemerkenswert, daß in zehn von zwölf Fällen eine höhere Zirkonzahl als in den hangenden und liegenden saaleeiszeitlichen Sedimenten vorliegt. Nur in zwei Fällen ist die Zirkonzahl niedriger als die der umgebenden saaleiszeitlichen Sande. Es scheint dort ein höherer Vermischungsgrad der altpleistozänen Scholle mit dem Mittelpleistozän vorzuliegen.

Zusammenfassung der typischen Merkmale:

1. Die Zirkonzahl der elstereiszeitlichen Sande liegt bei 2 und darüber.
2. Für den Lauenburger Ton gilt Punkt 1, nur liegt der Maximalwert etwas höher.
3. Die saaleeiszeitlichen Sedimente zeichnen sich durch Zirkonzahlen unter 2 aus.
4. Saaleeiszeitliche Sande mit Zirkonwerten über 2 zeigen den Vermischungsgrad mit altpleistozänen Sedimenten an.
5. Die als "Elsterschollen" angesprochenen Sedimente im Verband der saaleeiszeitlichen Sande haben die für das Altpleistozän charakteristischen Zirkonzahlen von 2 und mehr.

6. In Verbindung mit den vorausgegangenen Untersuchungen ist die Zirkonzahl als stratigraphisches Kriterium zu verwenden.

f. Der Turmalin im Pleistozän

Turmalin gehört zu den widerstandsfähigsten Schwermineralen und reichert sich deshalb bei Umlagerungen an. Es gibt eine Vielzahl von Varietäten. Turmalin hat eine relativ große Verbreitung. Deshalb wurde bisher nie der Versuch unternommen, dieses Mineral in bestimmten Ablagerungen auf seine Farbe und Größe hin zu untersuchen.

In den bearbeiteten Proben wurden die Turmalinkristalle gemessen und farbmäßig ausgezählt. Es ergaben sich zwei Gruppen:

1. Brauner Turmalin
2. Grüner Turmalin

Andere Farbkomponenten fehlen. Jedoch gibt es innerhalb der beiden Gruppen verschiedene Farbschwankungen, die nicht berücksichtigt wurden.

Bei dem vorgefundenen Turmalin handelt es sich um prismatische Formen oder eckige Fragmente. Gerundete Körner sind selten.

In ausgewertetem Pleistozän-Sand überwiegt stets brauner Turmalin. Allerdings nimmt von älteren zu jüngeren Ablagerungen seine Menge zugunsten grünen Turmalins geringfügig ab. Es ergeben sich folgende Durchschnittswerte:

Elstereiszeitl. Sand	grün : braun = 1 : 8
Lauenburger Ton	grün : braun = 1 : 6
Saaleeiszeitl. Sediment	grün : braun = 1 : 4

Außer diesen Farbunterscheidungen wurden an den Turmalinkristallen Längen- und Breitenmessungen durchgeführt und in einem Index (Länge : Breite) ausgedrückt. Die Durchschnittswerte erbrachten folgende Zahlen:

Elstereiszeitl. Sand:	1,47
Saaleeiszeitl. Sand:	1,38

Die Zahlen zeigen eine Abnahme des Turmalin-Indexes vom elstereiszeitlichen Sand zu den saaleeiszeitlichen Sedimenten. Es tritt also vom Alt- zum Mittelpleistozän eine Verbreiterung der Turmalinkristalle auf. Die Zunahme des grünen Turmalins läuft demnach parallel mit dem Auftreten von gedrungenen Kristallformen.

Turmalin kann seiner Entstehung und Gestalt nach in fünf Gruppen unterteilt werden (KRYNINE 1946):

1. Granitischer Turmalin: Schmale idiomorphe Kristalle, z. T. mit Blasen und Hohlräumen. Typische Farben: dunkelbraun, grün oder rosa.
2. Pegmatischer Turmalin: Breite Kristalle, selten Einschlüsse. Typische Farbe: blau.
3. Turmalin pegmatitischer Injektionen und metamorpher Gesteine: Breite Kristalle, Form und Farbe variabel. Manchmal Vorkommen der Farben und Typen wie im Granat. Typische Farben: braun, rötlich, grün. Verschiedene Einschlüsse.
4. Sedimentärer autigener Turmalin: Riesenwuchs mit polarer Entwicklung an einem Ende. Farblos bis blaßblau. Schmale Formen.
5. Wiederaufgearbeiteter Turmalin aus älteren Sedimenten: Nachdem Turmalin aus einem der vier Gruppen in ein Sediment verfrachtet worden ist, überdauert er, bedingt durch seine höhere Widerstandsfähigkeit, die Zerstörung des Sediments während des nächsten Erosionszyklus.

Der in den bearbeiteten Sedimenten vorkommende Turmalin kann auf Grund seiner Form und Farbe herkunftsmäßig von den Gruppen 1 und 5 abgeleitet werden.

Der granitische Turmalin wurde während der Endphase in Plutonkörpern gebildet. Aus dieser Gruppe könnte der Turmalin des bearbeiteten Elstersedimentes stammen. Es sind schmale, idiomorphe Kristalle mit grünen und braunen Farben.

Im Mittelpleistozän treten Turmalinformen mit grünen und braunen Farben auf, wobei in der Gruppe der braunen Kristalle rötliche Turmalinvarietäten vorkommen. Außerdem tritt eine Verbreiterung der Turmalingestalt ein. Diese Merkmale gestatten eine Zuordnung der beschriebenen Minerale zu Gruppe 3. Sie können also von pegmatitischen und metamorphen Gesteinen stammen.

Zusammenfassung der typischen Merkmale:

1. In den bearbeiteten alt- und mittelpleistozänen Sedimenten überwiegt brauner Turmalin.
2. Auf Kosten des braunen nimmt im Mittelpleistozän der grüne Turmalin gering zu (Elster: grün : braun = 1 : 8, Saale: grün : braun = 1 : 4).
3. Brauner Turmalin zeigt im saaleeiszeitlichen Sediment häufig einen rötlichen Einschlag.
4. Der Längen - Breiten - Index nimmt vom Alt- zum Mittelpleistozän hin gering ab, d. h., die Turmalinformen werden gedrungener.
5. Der Turmalin im Arbeitsgebiet kann seiner Herkunft nach zu den Gruppen 1 und 3 gezählt werden.
6. Aus der Variabilität der Form und Farbe kann auf verschiedenes Liefergebiet und verschiedene Erosionszeit geschlossen werden.

g. Die opaken Minerale im Pleistozän

Mit Sicherheit konnte an Erzen Magnetit, Pyrit und Ilmenit festgestellt werden. Allerdings wurden sie nicht im einzelnen

bestimmt und quantitativ ausgewertet, da ihre Bestimmung nach der Kornform unter dem Mikroskop zu großen Fehlern führen kann. Durch Verwitterung verändert sich die äußere Kornform und erschwert eine genaue Deutung.

Im elstereiszeitlichen Sand des Arbeitsgebietes erreichten die opaken Minerale einen Anteil von 35 % - 50 % an den Gesamtschwermineralen. Der Hauptteil der Proben zeigt Werte bei 45 % - 50 %.

Lauenburger Ton besitzt eine etwas größere Streuung. Hier reicht der Anteil der opaken Minerale von 25 % - 49 %. Die meisten Lauenburger Ton-Proben enthalten aber 40 % - 50 %. In beiden Ablagerungen übertrifft also der Anteil der durchscheinenden Minerale immer den der opaken (Abb. 8 und 9).

Ein etwas anderes Bild zeigen die saaleeiszeitlichen Sedimente. In allen drei Geschiebemergelproben nehmen die opaken Minerale den Hauptteil ein. Im Saalevorschüttsand zeigt der größte Teil der Proben jedoch ein Überwiegen des durchscheinenden Anteils; innerhalb der Probenfolge kann sich dieses Verhältnis aber auch hin und wieder umkehren. Eine Probe besitzt den extrem niedrigen Opakwert von 27 %, dreizehn Proben 32 % - 39 %. Elf Proben haben einen Opakgehalt von 40 % - 48 %. Der Rest von vierzehn Proben liegt mit seinem Anteil an opaken Mineralen zwischen 50 % und 56 % (Abb. 11).

Zusammenfassung:

1. Im elstereiszeitlichen Sand überwiegen die durchscheinenden immer gegenüber den opaken Mineralen. Der Hauptteil der Proben hat 45 % - 48 % opake Minerale.
2. Im Lauenburger Ton liegt der Opakgehalt bei 40 % - 49 %.
3. Im saaleeiszeitlichen Sediment herrscht keine ausschließliche Vormacht der durchscheinenden Minerale: Bei etwa einem Drittel der Proben übersteigt der Anteil der opaken Minerale den der durchscheinenden.
4. Im saalezeitlichen Sediment schwankt der Opakgehalt zwischen 27 % und 56 %.

h. Die Hornblendezahl im Pleistozän

Der Prozentsatz von Hornblende in der Summe Hornblende und Epidot wird von STEINERT (1948) als Hornblendezahl bezeichnet. Es handelt sich hierbei um Werte, die bessere Vergleiche ermöglichen als die unverrechneten Prozentsätze.

Die folgende Tabelle zeigt die Hornblendezahlen der untersuchten Pleistozän-Proben. Die obere Zeile gibt die Extremwerte. Bei der unteren handelt es sich um den Hauptbereich, der den größten Anteil der Hornblendezahlen umfaßt.

	elstereiszeitl. Sand	Lauenburger Ton	saaleeiszeitl. Sediment
Extremwerte	48 % - 73 %	52 % - 90 %	24 % - 75 %
Hauptgruppen	60 % - 73 %	60 % - 80 %	40 % - 60 %

Es zeigt sich eine Abnahme der Hornblendezahl vom Alt- zum Mittelpleistozän, entgegen den von STEINERT (1948) im schleswig-holsteinischen Geschiebemergel beobachteten Daten. Dort war eine Zunahme der Hornblendezahl vom Älteren zum Jüngeren zu verzeichnen. STEINERT fand Werte von 55 - 70 für die Saalevereisung, die etwa auch den im Arbeitsgebiet festgestellten entsprechen, und geringere, nicht genau umrissene Zahlen für das Elsterglazial.

Diese z. T. gegensätzlichen Untersuchungsergebnisse lassen sich durch die verschiedenen Ursprungsgebiete des glazialen Sedimentes im Arbeitsgebiet und in Schleswig-Holstein erklären. Natürlich darf dabei auch nicht außer acht gelassen werden, daß es sich bei dem STEINERT'schen Untersuchungsmaterial um reinen Geschiebemergel handelt, während die vorliegenden Untersuchungen nur an Sandproben durchgeführt wurden.

i. Die Augitzahl im Pleistozän

Der Begriff der Augitzahl stammt ebenfalls von STEINERT (1948). Sie drückt den Prozentgehalt von Augit in der Summe Augit + metamorphe Minerale (Disthen, Staurolith, Sillimanit und Andalusit) aus.

In der nachstehenden Tabelle sind die Augitzahlen für Pleistozän wiederum in ihren Extrem- und Hauptwerten angegeben.

	elstereiszeitl. Sand	Lauenburger Ton	saaleeiszeitl. Sediment
Extremwerte	7 % - 24 %	5 % - 35 %	6 % - 36 %
Hauptwerte	7 % - 20 %	10 % - 20 %	10 % - 30 %

Die Augitzahlen zeigen im Saaleglazial eine Verbreiterung ihres Hauptbereiches. Das stimmt mit den Ergebnissen STEINERT's insoweit überein, als er für die Augitzahlen im schleswig-holsteinischen Geschiebemergel eine Abnahme zum Altpleistozän hin verzeichnet. Allerdings zeigen seine Untersuchungsergebnisse höhere Augitzahlen. So gibt er für die Saalevereisung 30 - 55 an. Grund für die Unterschiede können auch hier die schon in Abschn. h erwähnten verschiedenen Herkunftsgebiete der Sedimente sein.

Zusammenfassung (Abschn. h und i).

1. Die Hornblendezahl nimmt vom Elsterglazial zur Saaleeiszeit hin ab.
2. Die Augitzahl erhöht sich in der Saaleschwermineralassoziation.
3. Beide Zahlen zeigen z. T. andere Ergebnisse als die von STEINERT (1948) in den Geschiebemergeln Schleswig-Holsteins gefundenen.
4. Die Unterschiede sind wahrscheinlich durch verschiedene Herkunftsgebiete der pleistozänen Sedimente bedingt.

E. Die Bearbeitung des Holozänsandes

a. Allgemeines:

Der Wattkörper des Arbeitsgebietes gliedert sich in zwei Teile:

1. den älteren Teil, bestehend aus den vorjungholozänen, meist feinkörnigen Sedimenten,
2. den jungholozänen sandigen Hauptteil mit seinen tief eingeschnittenen Rinnen.

Holozän wurde in folgenden Bohrungen schwermineralanalytisch bearbeitet (Abb. 14):

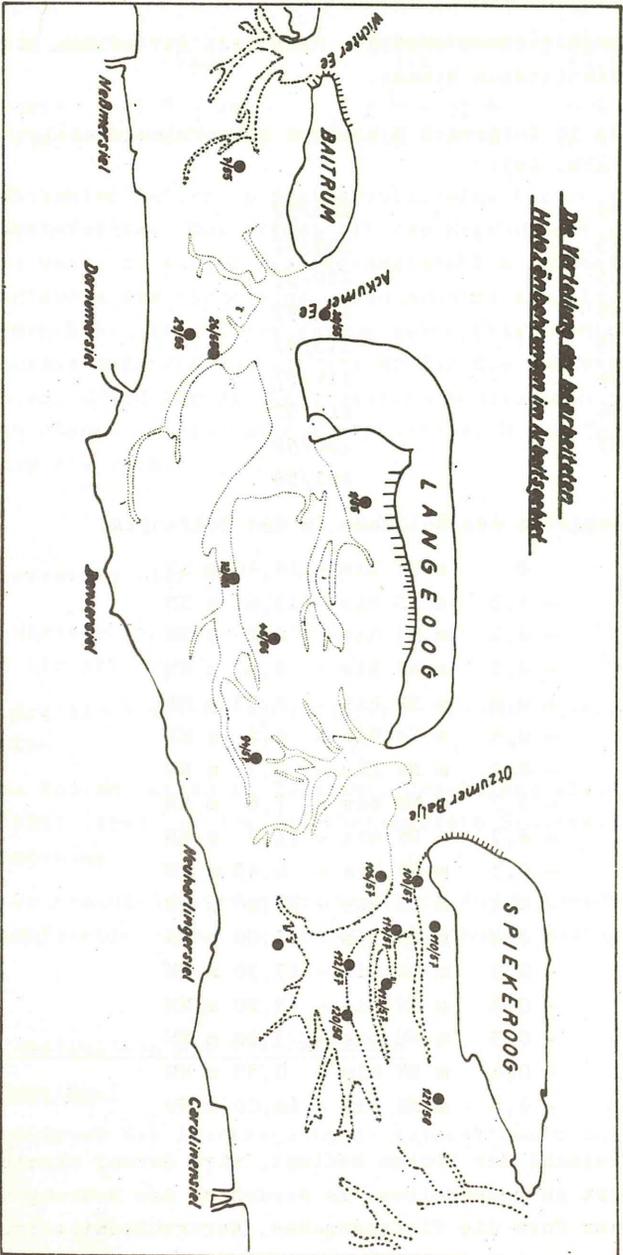
1/55	106/57
7/55	109/57
26/55	110/57
28/55	112/57
29/55	113/57
45/56	114/57
72/56	115/57
94/57	120/58
	121/58

Mächtigkeitenangaben des Holozäns in den Bohrungen:

1/55:	0	m NN bis - 18,40 m NN
7/55:	- 4,3	m NN bis - 13,65 m NN
26/55:	- 0,2	m NN bis - 6,2 m NN
28/55:	- 0,5	m NN bis - 8,4 m NN
29/55:	- 0,8	m NN bis - 8,33 m NN
45/56:	- 0,4	m NN bis - 8,2 m NN
72/56:	- 2,9	m NN bis - 7,5 m NN
94/57:	- 5,7	m NN bis - 7,6 m NN
106/57:	- 8,7	m NN bis - 11,9 m NN
109/57:	- 0,3	m NN bis - 6,45 m NN
110/57:	- 0,4	m NN bis - 14,20 m NN
112/57:	- 0,4	m NN bis - 3,80 m NN
113/57:	- 2,3	m NN bis - 17,50 m NN
114/57:	- 0,4	m NN bis - 12,20 m NN
115/57:	- 0,5	m NN bis - 5,20 m NN
120/58:	- 0,4	m NN bis - 0,55 m NN
121/58:	- 0,5	m NN bis - 12,00 m NN

Durch die Vielzahl der Proben bedingt, wird darauf verzichtet, jede gesondert zu beschreiben. Es werden zu den Bohrungen in tabellarischer Form die Tiefenangaben, Korngrößenmittelwerte,

Die Verteilung der beschrifteten
Holozänbelemniten im Archipel



Augit-, Hornblende- und Zirkonzahlen, sowie die Verhältnisse opake : durchscheinende Minerale und spezielle Turmalinwerte gegeben.

b. Die Bohrungen:

Bohrung 1/55:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
7219	- 5,3 m NN bis - 5,5 m NN	176 Mikron
7220	- 7,3 m NN bis - 7,4 m NN	217 "
7221	-10,5 m NN bis -10,6 m NN	168 "
7222	-15,6 m NN bis -15,7 m NN	172 "
7223	-17,6 m NN bis -17,7 m NN	222 "
7225	-18,2 m NN bis -18,4 m NN	139 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
7219	1,2	3 : 1
7220	1,3	1 : 8
7221	1,6	1 : 2
7222	1,2	2 : 1
7223	2,0	1 : 4
7225	1,0	1 : 5

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
7219	34 % : 66 %	59	34	1,6
7220	32 % : 68 %	68	27	1,8
7221	32 % : 68 %	59	29	1,3
7222	38 % : 62 %	59	15	1,3
7223	32 % : 68 %	62	19	1,4
7225	25 % : 75 %	66	34	1,9

Bohrung 7/55:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
7243	- 4,3 m NN bis - 4,6 m NN	--
7245	-12,2 m NN bis -12,3 m NN	--

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
7243	1,3	1 : 4
7245	1,5	1 : 1

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
7243	27 % : 73 %	70	27	1,8
7245	45 % : 55 %	51	14	1,4

Bohrung 26/55:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
6245	- 0,20 m NN	175 Mikron
6249	- 2,00 m NN	141 "
6250	- 2,30 m NN	141 "
6251	- 2,70 m NN	135 "
6252	- 3,00 m NN	138 "
6253	- 3,30 m NN	138 "
6254	- 3,50 m NN	96 "
6255	- 4,20 m NN	124 "
6256	- 4,30 m NN	152 "
6257	- 4,60 m NN	152 "
6258	- 4,80 m NN	147 "
6259	- 5,10 m NN	150 "
6260	- 5,40 m NN	138 "
6262	- 6,20 m NN	91 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
6245	1,2	1 : 4
6249	1,3	1 : 3
6250	1,5	1 : 4
6251	1,1	1 : 5
6252	1,5	1 : 3
6253	1,3	1 : 4
6254	1,2	1 : 3
6255	2,0	2 : 1
6256	1,4	1 : 6
6257	1,2	1 : 4
6258	1,6	1 : 1
6259	1,3	2 : 1
6260	1,3	1 : 2
6262	1,2	1 : 4

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
6245	29 % : 71 %	58	31	1,6
6249	26 % : 74 %	53	15	1,3
6250	30 % : 70 %	61	23	1,3
6251	38 % : 62 %	55	26	1,4
6252	33 % : 67 %	61	34	1,6
6253	27 % : 73 %	73	34	1,8
6254	37 % : 63 %	46	25	1,4
6255	36 % : 64 %	55	22	1,5
6256	33 % : 67 %	63	31	1,4
6257	39 % : 61 %	64	41	1,5
6258	27 % : 73 %	67	20	1,4
6259	26 % : 74 %	63	31	1,7
6260	29 % : 71 %	66	26	2,2
6262	64 % : 37 %	74	14	2,0

Böhrung 28/55:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
6291	- 0,5 m NN	302 Mikron.
6292	- 1,0 m NN	295 "
6293	- 1,4 m NN	289 "
6294	- 1,8 m NN	273 "
6295	- 1,8 m NN bis - 2,2 m NN	331 "
6296	- 2,2 m NN bis - 2,7 m NN	335 "
6297	- 2,7 m NN bis - 3,0 m NN	256 "
6298	- 3,0 m NN bis - 3,4 m NN	283 "
6299	- 3,4 m NN bis - 3,8 m NN	276 "
6301	- 4,4 m NN bis - 4,6 m NN	250 "
6302	- 4,6 m NN bis - 4,8 m NN	233 "
6303	- 4,8 m NN bis - 5,2 m NN	184 "
6305	- 5,8 m NN bis - 6,2 m NN	196 "
6306	- 7,0 m NN bis - 7,4 m NN	119 "
6307	- 7,7 m NN bis - 7,9 m NN	136 "
6308	- 8,2 m NN bis - 8,4 m NN	125 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
6291		-
6292	1,3	1 : 8
6293	1,2	1 : 2
6294	1,0	1 : 2
6295	1,3	1 : 1
6296	1,3	1 : 8
6297	1,3	1 : 4
6298	1,7	1 : 2
6299	1,1	1 : 2
6301	1,2	2 : 1
6302	1,3	1 : 3
6303	1,3	2 : 1
6305	1,2	1 : 2
6306	1,0	2 : 1
6307	1,3	1 : 2
6308	1,7	1 : 1

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
6291	44 % : 56 %	50	38	1,2
6292	42 % : 58 %	51	17	1,9
6293	32 % : 68 %	66	15	1,9
6294	42 % : 58 %	36	20	1,5
6295	36 % : 64 %	49	17	1,7
6296	34 % : 66 %	64	17	1,7
6297	35 % : 65 %	45	23	1,5
6298	42 % : 58 %	56	22	1,3
6299	43 % : 57 %	59	15	3,2
6301	37 % : 63 %	57	27	1,5
6302	41 % : 59 %	52	15	1,7
6303	44 % : 56 %	59	16	1,8
6305	45 % : 55 %	50	4	1,7
6306	34 % : 66 %	44	29	1,7
6307	47 % : 53 %	58	22	3,2
6308	44 % : 56 %	59	14	1,5

Bohrung 29/55:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen-mittelwert
6313	- 1,2 m NN bis - 1,5 m NN	135 Mikron
6314	- 1,6 m NN bis - 1,8 m NN	131 "
6315	- 2,0 m NN bis - 2,2 m NN	130 "
6316	- 2,4 m NN bis - 2,6 m NN	123 "
6317	- 2,8 m NN bis - 3,0 m NN	132 "
6318	- 3,2 m NN bis - 3,4 m NN	117 "
6319	- 3,6 m NN bis - 3,8 m NN	96 "
6321	- 6,5 m NN bis - 6,6 m NN	84 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
6313	1,8	1 : 1
6314	1,5	1 : 7
6315	1,4	1 : 1
6316	1,2	1 : 1
6317	1,5	1 : 2
6318	1,8	1 : 10

6319	1,1	1 : 3
6321	1,2	1 : 2

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
6313	39 % : 61 %	47	33	1,5
6314	26 % : 74 %	67	15	2,0
6315	24 % : 76 %	67	19	1,6
6316	33 % : 67 %	61	27	1,6
6317	21 % : 79 %	82	32	1,9
6318	24 % : 76 %	65	21	2,5
6319	43 % : 57 %	66	19	1,5
6321	30 % : 70 %	78	37	2,9

Bohrung 45/56:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen-mittelwert
8807	- 0,40 m NN	156 Mikron
8808	- 1,60 m NN	136 "
8809	- 3,80 m NN	150 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
8807	1,5	1 : 5
8808	1,6	1 : 1
8809	2,0	1 : 2

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
8807	23 % : 77 %	65	46	1,6
8808	36 % : 64 %	72	36	2,0
8809	27 % : 73 %	74	30	1,3

Bohrung 72/56:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen-mittelwert
7954	- 5,20 m NN	79 Mikron

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index		Farbverhältnis grün : braun	
7954	1,5		1 : 1	
Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
7954	62 % : 38 %	79	30	1,8

Bohrung 94/57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
11042	- 5,70 m NN	-
11043	- 6,75 m NN	-

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index		Farbverhältnis grün : braun	
11042	1,5		1 : 1	
11043	1,7		1 : 2	
Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
11042	33 % : 67 %	71	16	4,0
11043	26 % : 74 %	64	33	1,8

Bohrung 106 /57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
11340	- 8,7 m NN	-
11341	-11,3 m NN	-
11342	-11,9 m NN	-

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
11340	1,6	1 : 1
11341	1,2	1 : 3
11342	1,3	1 : 2

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
11340	53 % : 47 %	28	23	2,1
11341	45 % : 55 %	66	21	1,5
11342	55 % : 45 %	36	21	1,7

Bohrung 109/57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
11354	- 0,30 m NN	200 Mikron
11355	- 0,70 m NN	200 "
11356	- 1,25 m NN	200 "
11357	- 1,80 m NN	176 "
11360	- 3,50 m NN	135 "
11366	- 5,50 m NN	132 "
11367	- 5,70 m NN	135 "
11369	- 6,20 m NN	141 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
11354	-	1 : 11
11355	-	1 : 7
11356	-	1 : 15
11357	-	1 : 3
11360	-	1 : 5
11366	-	1 : 3
11367	-	1 : 5
11369	-	1 : 3

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
11354	30 % : 70 %	46	21	2,5
11355	31 % : 69 %	41	31	1,8
11356	27 % : 73 %	64	25	2,2
11357	26 % : 74 %	63	15	2,4
11360	26 % : 74 %	72	24	1,9
11366	22 % : 78 %	71	33	2,5
11367	22 % : 78 %	76	26	2,4
11369	20 % : 80 %	75	30	2,1

Bohrung 110/57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen-mittelwerte
11379	- 0,50 m NN	216 Mikron
11400	- 8,20 m NN	384 "
11401	- 8,60 m NN	250 "
11402	- 9,00 m NN	184 "
11409	- 11,20 m NN	231 "
11410	- 11,60 m NN	228 "
11411	- 11,90 m NN	188 "
11415	- 13,20 m NN	150 "
11417	- 13,95 m NN	138 "
11418	- 14,20 m NN	142 "
11420	- 15,10 m NN	46 "
11421	- 15,30 m NN	26 "
11422	- 15,60 m NN	23 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
11379	-	1 : 3
11400	-	1 : 1
11401	-	1 : 5
11402	-	1 : 3
11409	-	1 : 5

11410	-	1 : 11
11411	-	1 : 4
11415	-	1 : 12
11417	-	1 : 5
11418	-	1 : 8
11420	-	1 : 5
11421	-	1 : 4
11422	-	1 : 3

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
11379	35 % : 65 %	55	10	4,0
11400	27 % : 73 %	66	32	3,8
11401	20 % : 80 %	68	33	2,0
11402	33 % : 67 %	60	21	4,8
11409	22 % : 78 %	69	19	4,7
11410	30 % : 70 %	72	34	8,7
11411	27 % : 73 %	61	15	2,4
11415	25 % : 75 %	81	16	3,0
11417	33 % : 67 %	82	36	2,0
11418	32 % : 68 %	77	25	4,2
11420	33 % : 67 %	48	20	2,0
11421	37 % : 63 %	65	19	3,0
11422	41 % : 59 %	61	19	2,5

Bohrung 112/57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößenmittelwert
11504	- 0,40 m NN	150 Mikron
11505	- 1,00 m NN	160 "
11506	- 1,50 m NN	176 "
11508	- 2,10 m NN	138 "
11509	- 2,25 m NN	125 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
11504	1,6	1 : 1
11505	1,5	1 : 3
11506	1,5	1 : 8
11508	1,4	1 : 4
11509	1,3	1 : 6

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
11504	24 % : 76 %	71	21	1,9
11505	26 % : 74 %	79	25	2,8
11506	30 % : 70 %	70	39	1,5
11508	28 % : 72 %	86	27	2,1
11509	28 % : 72 %	65	33	2,1

Bohrung 113/57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
11951	- 2,50 m NN	
11952	- 2,50 m NN	
11955	- 3,70 m NN	170 Mikron
11957	- 4,50 m NN	185 "
11958	- 4,75 m NN	163 "
11959	- 5,30 m NN	169 "
11961	- 6,10 m NN	187 "
11963	- 6,65 m NN	100 "
11965	- 7,50 m NN	76 "
11968	- 8,80 m NN	200 "
11970	- 9,30 m NN	162 "
11972	-10,00 m NN	168 "
11973	-10,30 m NN	205 "
11976	-11,55 m NN	117 "
11978	-12,10 m NN	154 "
11980	-13,00 m NN	180 "

11982	-13,50 m NN	630 Mikron
11983	-13,60 m NN	477 "
11984	-14,00 m NN	470 "
11987	-15,40 m NN	206 "
11989	-16,20 m NN	210 "
11990	-16,50 m NN	354 "
11991	-16,80 m NN	395 "
11992	-17,30 m NN	385 "
11993	-17,50 m NN	233 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
11951	1,3	1 : 5
11952	1,4	1 : 3
11955	1,3	1 : 1
11957	1,1	1 : 2
11958	1,5	1 : 1
11959	1,2	2 : 1
11961	1,4	1 : 2
11963	1,3	1 : 1
11965	1,5	1 : 2
11968	1,1	1 : 1
11970	1,1	1 : 1
11972	1,5	1 : 3
11973	1,3	1 : 2
11976	1,1	3 : 1
11978	1,3	1 : 2
11980	1,4	1 : 3
11982	1,5	1 : 3
11983	1,4	1 : 2
11984	1,2	1 : 3
11987	1,5	1 : 1
11989	1,5	1 : 2
11990	1,5	1 : 2
11991	1,2	1 : 2
11992	1,4	1 : 3
11993	1,3	1 : 3

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
11951	30 % : 70 %	78	22	2,1
11952	24 % : 76 %	86	32	1,4
11955	28 % : 72 %	67	34	2,0
11957	52 % : 68 %	72	33	2,0
11958	26 % : 74 %	71	20	2,7
11959	29 % : 71 %	68	19	1,4
11961	24 % : 76 %	68	19	1,7
11963	23 % : 77 %	66	34	1,8
11965	29 % : 71 %	61	38	1,5
11968	25 % : 75 %	72	14	1,8
11970	30 % : 70 %	60	32	1,6
11972	35 % : 65 %	64	21	1,7
11973	31 % : 69 %	60	28	1,9
11976	30 % : 70 %	67	22	1,6
11978	36 % : 64 %	69	29	2,7
11980	37 % : 63 %	69	44	1,6
11982	39 % : 61 %	80	16	1,6
11983	31 % : 69 %	71	25	3,2
11984	32 % : 68 %	81	29	1,5
11987	25 % : 75 %	68	21	1,7
11989	33 % : 67 %	63	14	1,7
11990	34 % : 66 %	69	28	2,5
11991	40 % : 60 %	75	21	2,1
11992	49 % : 51 %	50	48	-
11993	51 % : 49 %	50	41	2,5

Bohrung 114/57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen-mittelwert
12007	- 0,40 m NN	160 Mikron
12009	- 1,40 m NN	164 "
12029	- 10,50 m NN	109 "
12030	- 10,90 m NN	151 "
12031	- 11,20 m NN	138 "
12032	- 11,40 m NN	128 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
12007	-	1 : 3
12009	-	1 : 9
12029	-	1 : 4
12030	-	1 : 2
12031	-	1 : 7
12032	-	1 : 6

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
12007	31 % : 69 %	74	43	2,2
12009	28 % : 72 %	70	39	1,9
12029	37 % : 63 %	83	37	2,6
12030	34 % : 66 %	72	41	1,7
12031	33 % : 67 %	70	22	2,0
12032	36 % : 64 %	76	17	1,9

Bohrung 115/57:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
12048	- 1,10 m NN	2 Mikron
12051	- 4,60 m NN	62 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
12048	1,2	1 : 3
12051	1,2	2 : 1

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
12048	60 % : 40 %	70	41	1,5
12051	24 % : 76 %	77	47	2,4

Bohrung 120/58:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
14541	- 0,55 m NN	96 Mikron

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
14541	1,7	3 : 1

Probennummer	opake : durch- scheinende Min.	Hornblende- zahl	Augit- zahl	Zirkon- zahl
14541	25 % : 75 %	71	21	1,6

Bohrung 121/58:

Probennummer	Tiefe	Korngrößen- mittelwert
14564	- 0,50 m NN	224 Mikron
14565	- 0,70 m NN	192 "
14566	- 1,50 m NN	155 "
14567	- 2,20 m NN	211 "
14568	- 2,55 m NN	198 "
14569	- 2,90 m NN	200 "
14570	- 3,45 m NN	206 "
14571	- 4,00 m NN	239 "
14572	- 4,40 m NN	219 "
14573	- 4,60 m NN	228 "
14574	- 5,10 m NN	222 "
14575	- 5,75 m NN	222 "
14576	- 5,90 m NN	200 "
14577	- 6,40 m NN	227 "
14578	- 6,75 m NN	295 "
14579	- 7,15 m NN	339 "
14580	- 7,75 m NN	354 "
14581	- 8,40 m NN	233 "

14582	- 8,75 m NN	295 Mikron
14583	- 9,25 m NN	289 "
14584	- 9,85 m NN	222 "
14585	- 10,00 m NN	235 "
14586	- 10,90 m NN	227 "
14587	- 11,25 m NN	224 "
14588	- 11,80 m NN	314 "
14589	- 12,00 m NN	339 "

Turmalin:

Probennummer	Längen - Breiten - Index	Farbverhältnis grün : braun
14564	1,2	1 : 5
14565	1,2	1 : 3
14566	1,3	1 : 2
14567	1,0	1 : 1
14568	1,3	1 : 1
14569	1,5	2 : 1
14570	1,3	1 : 1
14571	1,5	1 : 6
14572	1,4	1 : 8
14573	1,4	1 : 4
14574	1,4	1 : 2
14575	1,3	1 : 5
14576	1,2	1 : 5
14577	1,5	1 : 2
14578	1,5	1 : 4
14579	1,5	1 : 1
14580	1,2	1 : 1
14581	1,6	1 : 2
14582	1,7	1 : 1
14583	1,7	2 : 1
14584	1,3	1 : 3
14585	1,3	1 : 4
14586	1,2	1 : 1
14587	1,3	1 : 1
14588	1,1	1 : 4
14589	1,3	1 : 2

Probennummer	opake : durchscheinende Min.	Hornblende-zahl	Augit-zahl	Zirkon-zahl
14564	31 % : 69 %	48	36	1,3
14565	31 % : 69 %	57	17	1,3
14566	23 % : 77 %	60	33	2,0
14567	25 % : 75 %	54	25	1,3
14568	32 % : 68 %	58	31	1,7
14569	36 % : 64 %	48	17	1,5
14570	38 % : 62 %	53	27	1,6
14571	36 % : 64 %	64	23	1,6
14572	41 % : 59 %	56	25	1,5
14573	29 % : 71 %	61	24	1,5
14574	25 % : 75 %	52	25	1,5
14575	35 % : 65 %	50	31	1,4
14576	30 % : 70 %	57	18	1,8
14577	24 % : 76 %	69	21	1,4
14578	29 % : 71 %	53	30	1,4
14579	64 % : 36 %	55	20	1,6
14580	36 % : 64 %	66	16	2,6
14581	31 % : 69 %	63	40	1,3
14582	31 % : 69 %	58	27	1,5
14583	38 % : 62 %	61	23	1,2
14584	40 % : 60 %	69	36	1,5
14585	41 % : 59 %	56	15	1,5
14586	36 % : 64 %	55	17	1,8
14587	31 % : 69 %	56	19	2,1
14588	39 % : 61 %	53	15	1,3
14589	41 % : 59 %	48	9	5,9

c. Auszählergebnisse Holozän

Bohrung	1/55	7219	7220	7221	7222	7223	7225	Mittelwert	7243	7245
Turmalin	3,3	4,5	1,4	2,4	4,2	3,5	3,2	4,0	1,8	
Zirkon	15,8	9,0	10,5	15,6	14,8	9,4	12,5	10,6	15,2	
Rutil	7,0	3,5	2,3	3,3	2,8	5,3	4,1	5,3	4,4	
stabile Miner.	26,1	17,0	14,2	21,3	21,8	18,2	19,8	19,9	19,4	
Disthen	2,4	6,0	4,5	3,8	2,3	1,7	3,5	2,2	5,7	
Staurolith	6,1	6,5	5,0	9,0	8,3	5,3	6,7	7,6	8,8	
Sillimanit	0,5	1,0	1,8	-	0,9	-	0,7	-	2,2	
Andalusit	0,5	1,0	1,4	2,8	1,4	0,6	1,3	0,4	0,9	
metam. Miner.	9,5	14,5	12,7	15,6	12,9	7,6	12,2	10,2	17,6	
Granat	26,0	22,0	24,1	21,2	28,2	13,4	22,5	20,8	20,7	
Hornblende	19,5	28,0	26,0	23,1	21,3	36,9	25,8	31,9	20,2	
Epidot	13,4	13,0	17,7	16,0	12,6	18,7	15,2	13,2	19,0	
nord. Miner.	58,9	63,0	67,8	60,3	62,1	69,0	63,5	65,9	59,9	
Augit	5,0	5,5	5,3	2,8	3,2	4,1	4,3	4,0	5,1	
Topas	0,5	-	-	-	-	1,1	0,2	-	-	
Rest	5,5	5,5	5,3	2,8	3,2	5,2	4,5	4,0	3,1	

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung 26/55

Probennummer	Mittelwert	6245	6249	6250	6251	6252	6253	6254	6255
Turmalin	2,9	2,0	2,4	2,2	3,0	2,0	2,6	1,7	1,7
Zirkon	11,9	12,1	16,0	17,1	16,6	11,9	8,7	15,4	14,1
Rutil	4,8	5,5	3,5	3,6	5,0	5,9	4,6	5,5	5,6
stabile Miner.	19,6	19,6	21,9	22,9	24,6	19,8	15,9	22,6	21,4
Disthen	3,9	2,0	0,6	3,2	2,5	1,0	4,6	3,3	1,7
Staurolith	8,2	5,9	7,2	6,8	5,0	5,4	4,1	7,7	7,4
Sillimanit	1,1	0,8	-	0,9	0,5	-	-	0,6	-
Andalusit	0,7	1,2	2,4	0,9	-	-	-	1,1	0,6
metam. Miner.	13,9	9,9	10,2	11,8	8,0	6,4	8,7	12,7	9,7
Granat	20,8	26,6	29,0	27,0	29,2	27,2	23,1	26,3	31,6
Hornblende	26,0	22,3	20,0	21,2	19,6	26,7	34,9	15,9	19,2
Epidot	16,1	16,5	17,1	13,5	15,6	16,4	12,8	18,1	15,3
nord. Miner.	62,9	65,4	66,1	61,7	64,4	70,3	70,8	60,3	66,1
Augit	3,6	4,7	1,8	3,6	3,0	3,5	4,6	4,4	2,8
Topas	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-
Rest	3,6	5,1	1,8	3,6	3,0	3,5	4,6	4,4	2,8

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

28/55

Bohrung	6256	6257	6258	6259	6260	6262	Mittelwert	6291	6292	6293
Probennummer										
Turmalin	2,6	2,3	0,9	3,6	5,5	3,8	2,6	-	6,4	9,0
Zirkon	12,6	12,9	12,2	10,9	6,2	6,8	12,4	18,4	11,5	12,1
Rutil	3,0	4,6	4,2	4,1	2,5	3,0	4,3	4,2	4,2	2,7
stabile Miner.	18,2	19,8	17,3	18,6	14,2	13,6	19,3	22,6	21,9	23,8
Disthen	2,6	1,8	0,5	2,3	1,8	2,3	2,2	1,4	4,9	7,2
Staurolith	6,1	5,5	11,2	6,8	8,6	12,0	7,1	5,5	6,4	3,2
Sillimanit	0,4	-	-	-	-	-	0,2	-	1,4	1,4
Andalusit	0,4	0,5	1,4	0,9	-	-	0,6	-	0,7	1,4
metam. Miner.	9,5	7,8	13,1	10,0	10,4	14,3	10,1	6,9	13,4	13,2
Granat	24,7	26,5	29,4	27,6	14,1	21,8	26,0	29,5	35,9	24,5
Hornblende	27,5	25,3	24,5	24,4	38,0	35,2	25,3	18,4	13,4	23,4
Epidot	16,0	14,6	11,7	14,4	19,0	12,0	15,2	18,4	12,6	12,1
nord. Miner.	68,0	66,4	65,4	66,4	71,1	69,0	66,5	66,3	61,9	59,8
Augit	4,3	5,5	3,3	4,5	3,7	2,3	3,8	4,2	2,8	2,3
Topas	-	0,5	0,9	0,5	0,6	0,8	0,3	-	-	0,9
Rest	4,3	6,0	4,2	5,0	4,3	3,1	4,1	4,2	2,8	3,2

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	Probennummer	6294	6295	6296	6297	6298	6299	6301	6302	6303	6305
	Turmalin	2,7	4,8	4,5	2,0	3,1	6,6	2,8	4,5	2,3	4,0
	Zirkon	11,8	11,1	7,4	11,9	18,1	4,1	14,6	16,2	13,6	14,1
	Rutil	3,2	3,7	2,0	4,0	3,1	2,5	5,6	7,2	9,8	6,8
	stabile Miner.	17,7	19,6	13,9	17,9	24,2	13,2	23,0	27,9	25,7	24,9
	Disthen	3,2	3,2	4,9	3,0	3,1	8,4	0,9	3,9	3,0	6,8
	Staurolith	7,3	11,1	9,4	9,9	5,2	9,1	8,0	6,5	13,6	10,1
	Sillimanit	0,9	0,5	2,0	1,5	1,6	0,8	-	2,6	0,8	-
	Andalusit	1,8	1,1	0,5	2,0	1,0	0,8	2,4	2,0	3,0	2,0
	metam. Miner.	13,2	15,9	16,8	16,4	10,9	19,1	11,3	15,0	20,4	18,9
	Granat	38,2	34,3	29,6	26,4	33,8	29,7	29,8	18,2	11,5	16,7
	Hornblende	13,6	12,7	22,3	15,5	15,5	19,9	18,0	18,2	18,9	19,4
	Epidot	13,6	13,2	12,9	18,9	12,4	14,0	13,7	16,8	18,9	19,4
	nord. Miner.	65,4	60,2	64,8	60,8	61,7	63,6	61,5	53,2	49,3	55,5
	Augit	3,2	3,2	3,5	4,9	3,1	3,3	4,2	2,6	3,8	0,7
	Topas	0,5	1,1	1,0	-	-	0,8	-	1,3	0,8	-
	Rest	3,7	4,3	4,5	4,9	3,1	4,1	4,2	3,9	4,6	0,7

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

29/55

Bohrung

Probennummer	6306	6307	6308	Mittelwert	6313	6314	6315	6316	6317	6318
Turmalin	1,4	9,0	4,6	4,3	1,2	2,3	2,9	4,2	3,8	4,9
Zirkon	7,2	9,0	12,4	12,0	11,2	9,0	9,8	12,6	7,7	5,3
Rutil	4,3	11,3	2,3	4,8	4,7	4,5	3,4	4,2	3,8	3,2
stabile Miner.	12,9	29,3	19,3	21,1	17,1	18,0	16,6	21,0	15,3	13,4
Disthen	6,5	5,3	4,6	4,4	2,4	2,3	2,9	4,9	3,4	5,4
Staurolith	5,8	9,8	11,6	8,3	6,5	11,8	12,8	6,4	9,3	9,0
Sillimanit	-	0,8	0,8	0,9	0,6	-	-	1,2	0,9	-
Andalusit	-	1,5	1,6	1,3	1,2	1,8	1,5	0,6	1,7	0,9
metam. Miner.	12,3	17,4	18,6	14,9	10,7	15,9	17,2	13,1	15,3	15,3
Granat	27,4	16,5	21,0	26,4	33,2	23,1	26,0	22,9	23,7	21,5
Hornblende	18,0	18,8	22,5	18,1	15,9	27,2	24,0	22,9	31,6	30,0
Epidot	23,0	13,5	15,5	15,6	17,8	13,0	11,8	14,6	6,9	15,7
nord. Miner.	68,4	48,8	59,0	60,1	66,9	63,3	61,8	60,4	62,2	67,2
Augit	5,0	4,5	3,1	3,4	5,3	2,8	3,9	4,9	7,2	4,1
Topas	1,4	-	-	0,5	-	-	0,5	0,6	-	-
Rest	6,4	4,5	3,1	3,9	5,3	2,8	4,4	5,5	7,2	4,1

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	45/56				72/56		94/57	
	Probennummer	6319	6321	Mittelwert	8807	8808	Mittelwert	7954
Turmalin	3,8	7,7	3,9	2,3	4,2	3,2	4,2	2,8
Zirkon	8,6	5,6	8,8	8,2	5,3	9,9	6,7	2,1
Rutil	0,8	3,2	3,5	2,8	1,3	2,3	1,7	3,5
stabile Miner.	13,2	16,5	16,2	13,3	10,8	15,4	12,6	8,4
Disthen	1,9	3,2	3,4	3,2	0,8	2,2	4,2	2,1
Staurolith	11,6	7,7	9,3	6,7	7,6	7,6	5,7	11,0
Sillimanit	0,9	1,4	0,7	0,4	1,9	1,2	-	0,7
Andalusit	1,9	2,3	1,5	0,9	1,9	0,9	1,5	0,7
metam. Miner.	16,3	14,6	14,9	11,2	12,2	11,9	11,4	14,5
Granat	30,1	10,1	23,9	21,7	16,3	19,0	5,7	9,6
Hornblende	24,1	38,9	26,9	28,9	38,2	31,9	51,0	46,1
Epidot	12,4	10,8	12,9	15,4	14,8	13,2	14,1	18,6
nord. Miner.	66,6	59,8	63,7	66,0	69,3	64,1	70,8	74,3
Augit	3,8	8,4	5,1	9,5	6,9	7,2	5,0	2,8
Topas	0,1	0,7	0,1	-	0,8	0,4	0,2	-
Rest	3,9	9,1	5,2	9,5	7,7	7,6	5,2	2,8

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	106/57				109/57			
	Probennummer	11043	Mittelwert	11340	11341	11342	Mittelwert	11354
Turmalin	2,0	2,4	6,7	4,6	3,8	5,0	8,5	6,1
Zirkon	8,9	5,5	14,8	16,4	12,4	14,5	9,3	8,1
Rutil	5,9	4,7	10,4	5,1	7,1	7,5	5,7	0,9
stabile Miner.	16,8	12,6	31,9	26,1	23,3	27,0	23,5	15,1
Disthen	2,0	2,1	5,9	3,4	6,5	5,3	4,8	4,5
Staurolith	2,0	6,5	8,2	9,1	3,7	7,0	4,3	12,5
Sillimanit	-	0,3	-	-	1,1	0,4	2,9	0,4
Andalusit	-	0,3	0,7	0,6	0,5	0,5	0,7	0,4
metam. Miner.	4,0	9,2	14,8	13,1	11,8	13,2	12,7	17,8
Granat	16,8	13,2	24,5	18,2	34,1	25,7	27,7	33,3
Hornblende	38,6	42,4	6,7	25,0	0,7	13,8	14,9	10,4
Epidot	21,8	20,2	17,0	23,1	17,4	15,8	17,0	12,1
nord. Miner.	77,2	75,8	48,2	56,3	61,2	55,3	59,6	55,8
Augit	2,0	2,4	4,4	3,4	3,2	3,7	3,5	8,1
Topas	-	-	0,7	1,1	0,5	0,8	0,7	3,2
Rest	2,0	2,4	5,1	4,5	3,7	4,5	4,2	11,3

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	11356	11357	11360	11366	11367	11369	Mittelwert	110/57
Probennummer	11356	11357	11360	11366	11367	11369	Mittelwert	11379
Turnalin	5,3	7,5	3,0	6,3	5,4	3,9	5,8	7,2
Zirkon	6,3	7,5	9,3	7,2	6,9	5,9	7,6	3,5
Rutil	2,7	3,6	6,1	4,5	4,6	3,0	3,9	3,5
stabile Miner.	14,3	18,6	18,4	18,0	16,9	12,8	17,3	14,2
Disthen	2,3	3,6	0,5	1,7	2,7	1,9	2,8	5,1
Staurolith	13,3	12,8	10,7	6,8	8,2	8,4	9,6	11,4
Sillimanit	1,7	1,8	1,6	1,7	0,9	0,9	1,5	3,8
Andalusit	-	1,1	1,1	1,4	1,8	2,4	1,1	0,3
metam. Miner.	17,3	19,3	13,9	11,6	13,6	13,6	15,0	20,6
Granat	36,3	25,9	31,4	28,9	24,5	26,9	29,4	30,2
Hornblende	15,0	19,2	21,3	24,0	29,1	29,5	20,4	16,5
Epidot	8,4	11,0	8,0	9,4	9,0	9,4	10,4	13,2
nord. Miner.	59,7	56,1	60,7	62,3	62,6	65,8	60,2	59,9
Augit	6,0	3,6	4,5	5,8	5,0	5,9	5,3	2,4
Topas	2,7	2,4	2,5	2,3	1,9	1,9	2,2	2,9
Rest	8,7	6,0	7,0	8,1	6,9	7,8	7,5	5,3

Anszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	11400	11401	11402	11409	11410	11411	11415	11417	11418
Probennummer	11400	11401	11402	11409	11410	11411	11415	11417	11418
Turmalin	7,3	2,2	6,8	4,3	5,8	4,9	5,4	2,9	7,8
Zirkon	4,1	6,6	2,9	2,2	1,5	6,5	4,1	6,2	3,2
Rutil	4,5	4,7	4,5	4,0	5,8	4,2	3,1	3,8	2,7
stabile Miner.	15,9	13,5	14,2	10,5	13,1	15,2	12,6	12,9	13,7
Disthen	2,0	2,2	9,3	5,4	5,8	7,7	2,8	2,4	3,4
Staurolith	6,1	7,9	8,8	8,0	8,4	8,8	12,8	8,8	8,4
Sillimanit	2,0	-	2,5	1,8	2,9	3,3	1,0	1,4	3,9
Andalusit	1,2	0,7	0,9	1,1	-	1,1	2,8	0,9	-
metam. Miner.	11,3	10,8	21,5	16,3	17,1	20,9	19,4	13,5	15,7
Granat	20,9	25,9	33,4	23,4	26,4	31,5	23,3	26,2	27,0
Hornblende	29,5	28,8	15,2	29,8	24,6	17,2	31,8	32,8	28,3
Epidot	15,5	13,7	8,4	13,4	9,4	10,9	7,4	6,8	8,3
nord. Miner.	65,9	68,4	57,0	66,6	60,4	59,6	62,5	65,8	63,6
Augit	5,3	5,5	5,8	4,0	8,9	3,7	3,6	7,8	5,3
Topas	1,6	1,8	1,5	2,6	0,5	0,6	1,9	-	1,7
Rest	6,9	7,3	7,3	6,6	9,4	4,3	5,5	7,8	7,0

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	112/57							
	11420	11421	11422	Mittelwert	11504	11505	11506	11508
Turmalin	5,4	3,2	5,8	5,2	6,6	4,5	3,8	6,2
Zirkon	11,7	5,0	7,2	4,8	8,9	4,0	13,1	7,6
Rutil	6,3	6,9	5,2	4,5	2,2	2,8	3,3	2,8
stabile Miner.	23,4	15,1	18,2	14,5	17,7	11,3	20,2	16,6
Bisthen	2,7	6,4	4,2	4,5	4,4	2,3	2,2	1,4
Staureolith	13,5	7,6	13,6	9,7	15,6	8,4	4,9	8,4
Sillimanit	1,8	1,9	2,9	2,1	0,8	2,8	1,2	-
Andalusit	-	-	1,3	0,7	1,5	1,2	1,7	1,4
metam. Miner.	18,0	15,9	22,0	17,0	22,3	14,7	10,0	11,2
Granat	14,4	15,8	15,2	24,0	25,2	22,5	36,0	29,2
Hornblende	18,1	29,8	21,0	24,8	20,0	36,8	19,1	32,5
Epidot	19,8	17,0	13,6	12,1	8,2	9,6	8,2	4,9
nord. Miner.	52,3	62,6	49,8	60,9	53,4	68,9	63,3	66,6
Augit	4,5	3,8	5,3	5,0	5,8	4,5	6,5	4,2
Topas	1,8	2,6	4,7	2,6	0,8	0,6	-	1,4
Rest	6,3	6,4	10,0	7,6	6,6	5,1	6,5	5,6

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

113/57

Bohrung	11509	Mittelwert	11951	11952	11955	11957	11958	11959
Turmalin	4,3	5,1	3,2	4,3	3,2	5,6	3,8	2,5
Zirkon	7,0	8,1	6,5	14,7	7,2	9,0	5,4	10,2
Rutil	3,5	2,9	4,2	2,3	4,1	3,4	5,9	1,9
stabile Miner.	14,8	16,1	13,9	21,4	14,5	18,0	15,1	14,6
Disthen	4,9	3,0	5,3	2,4	3,2	6,8	2,7	1,9
Staurolith	4,9	8,4	9,1	8,2	4,9	3,9	10,3	9,7
Sillimanit	0,8	1,3	1,0	-	1,8	0,5	1,6	-
Andalusit	2,2	1,6	1,0	2,0	1,3	0,5	0,5	2,5
metam. Miner.	12,8	14,3	16,4	12,6	11,2	11,7	15,1	14,1
Granat	30,4	28,6	32,9	31,2	26,4	18,6	22,0	25,5
Hornblende	22,3	26,1	21,9	24,6	27,8	32,8	31,0	29,0
Epidot	12,6	8,7	10,2	4,3	14,0	12,8	13,0	13,5
nord. Miner.	65,3	63,4	65,0	60,1	68,2	64,2	66,0	68,0
Augit	6,3	5,5	4,7	5,9	5,7	5,6	3,8	3,3
Topas	0,8	0,7	-	-	0,4	0,5	-	-
Rest	7,1	6,2	4,7	5,9	6,1	6,1	3,8	3,3

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	11961	11963	11965	11968	11970	11972	11973	11976	11978
Probennummer									
Tourmalin	3,6	5,0	2,9	4,1	1,7	2,9	3,9	2,6	7,2
Zirkon	12,7	10,0	9,8	9,3	9,9	6,5	6,9	12,4	7,6
Rutil	5,4	3,3	2,3	3,5	4,8	2,2	2,9	5,7	5,8
stabile Miner.	21,7	18,3	15,0	16,9	16,4	11,6	13,7	20,7	20,6
Disthen	4,2	1,8	3,5	4,6	3,4	6,5	4,4	3,1	1,6
Staurolith	9,7	5,5	5,8	8,1	8,2	7,2	4,9	6,7	13,5
Sillimanit	0,6	1,2	-	1,1	0,4	2,2	-	2,1	1,4
Andalusit	1,8	-	-	0,5	-	0,7	0,5	1,1	0,4
metam. Miner.	16,3	8,5	9,3	14,3	12,0	16,6	9,8	13,0	16,9
Granat	16,9	26,5	17,4	23,6	22,9	22,2	32,9	24,9	28,4
Hornblende	28,3	27,9	31,1	30,8	25,5	28,3	24,0	25,4	18,5
Epidot	13,2	14,4	20,2	12,1	16,8	16,3	15,7	12,4	8,4
nord. Miner.	58,4	68,8	68,7	66,5	65,2	66,8	72,6	62,7	55,3
Augit	3,6	4,4	5,8	2,3	5,6	4,3	3,9	3,6	6,8
Topas	-	-	1,2	-	0,8	0,7	-	-	0,4
Rest	3,6	4,4	7,0	2,3	6,4	5,0	3,9	3,6	7,2

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	11980	11982	11983	11984	11987	11989	11990	11991	11992
Probennummer	11980	11982	11983	11984	11987	11989	11990	11991	11992
Turmalin	2,6	9,6	5,5	4,0	4,5	4,7	10,5	8,0	9,2
Zirkon	10,5	15,4	3,9	14,2	10,8	9,4	8,8	8,0	-
Rutil	3,9	9,7	5,0	4,0	3,8	2,3	2,7	1,4	6,1
stabile Miner.	17,0	25,7	14,4	22,2	19,1	16,4	22,0	17,4	15,3
Disthen	5,9	3,5	5,5	3,4	4,5	3,5	4,4	8,0	9,2
Staurolith	4,6	19,2	8,8	8,0	5,8	7,0	14,0	5,8	10,1
Sillimanit	0,7	1,5	1,1	1,8	1,9	1,9	0,9	-	3,1
Andalusit	-	0,8	1,1	0,6	1,3	1,9	0,9	1,4	-
metam. Miner.	11,2	25,0	16,5	13,8	13,5	14,3	20,2	15,2	22,4
Granat	18,5	17,5	25,0	17,6	19,1	17,8	21,0	21,6	21,6
Hornblende	31,8	19,0	26,5	32,8	30,0	31,1	17,5	31,1	8,1
Epidot	14,5	4,9	11,0	7,4	14,1	18,1	8,8	10,7	8,1
nord. Miner.	64,8	41,4	62,5	57,8	63,2	67,0	47,3	63,4	37,8
Augit	7,0	4,9	5,5	5,6	3,6	2,3	7,8	4,0	20,3
Topas	-	3,0	1,1	0,6	0,6	-	2,7	-	4,2
Rest	7,0	7,9	6,6	6,2	4,2	2,3	10,5	4,0	24,5

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung 114/57

Probennummer	11993	Mittelwert	12007	12009	12029	12030	12031	12032	Mittelwert
Turmalin	12,4	5,1	6,5	4,9	4,3	5,6	4,6	3,8	4,9
Zirkon	10,1	9,1	7,5	10,4	4,9	11,1	5,8	8,3	8,0
Rutil	3,1	3,9	3,2	4,9	3,6	2,8	1,7	3,8	3,5
stabile Miner.	25,6	18,1	17,2	20,2	12,8	19,5	12,1	15,9	16,2
Disthen	3,8	4,3	4,3	2,8	4,3	3,9	4,6	3,2	3,8
Staurolith	12,4	8,4	8,5	8,2	6,8	6,7	11,7	10,2	8,7
Sillimanit	1,4	1,1	0,5	-	-	0,5	-	1,3	0,3
Andalusit	0,8	0,8	-	-	-	1,1	-	0,6	0,3
metam. Miner.	18,4	14,6	13,3	11,0	11,1	12,2	16,3	15,3	13,1
Granat	18,2	22,8	30,5	27,2	26,9	27,8	25,6	25,5	27,5
Hornblende	10,8	25,8	21,4	22,3	34,4	22,8	27,4	28,7	26,2
Epidot	10,8	12,2	7,5	9,3	7,4	8,9	11,7	8,9	8,9
nord. Miner.	39,8	60,8	59,4	58,8	68,7	59,5	64,7	63,1	62,4
Augit	12,4	5,7	10,1	7,2	6,2	8,3	4,6	3,2	6,6
Topas	3,8	0,8	-	2,8	1,2	0,5	2,3	2,5	1,7
Rest	16,2	6,5	10,1	10,0	7,4	8,8	6,9	5,7	8,3

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	115/57	120/58	121/58	Mittelwert	14541	14564	14565	14566	14567
Probennummer	12048	12051	14541	14564	14565	14566	14567	14568	14569
Turmalin	5,8	6,4	6,1	1,9	2,3	4,5	5,2	0,4	
Zirkon	13,2	7,0	10,1	12,1	17,3	12,2	6,7	11,6	
Rutil	1,4	2,1	1,7	6,3	3,3	3,8	2,0	3,7	
stabile Miner.	20,4	15,5	17,9	20,3	22,9	20,5	13,9	15,7	
Disthen	4,4	5,3	4,9	2,9	1,8	3,2	2,0	0,8	
Staurolith	10,5	3,9	7,2	7,3	7,1	8,2	9,2	7,9	
Sillimanit	-	-	-	1,0	-	-	-	0,5	
Andalusit	-	-	-	1,5	1,4	1,3	0,8	1,9	
metam. Miner.	14,9	9,2	12,1	12,7	10,3	12,7	12,0	11,1	
Granat	17,6	20,4	19,0	27,2	30,8	25,0	26,0	31,5	
Hornblende	23,5	34,3	28,9	25,7	14,4	22,5	25,3	20,4	
Epidot	10,3	10,3	10,3	10,7	15,4	16,8	16,8	17,1	
nord. Miner.	51,4	65,0	58,2	63,6	60,6	64,3	68,1	69,0	
Augit	10,3	8,9	9,6	3,4	5,7	2,5	6,0	3,7	
Topas	3,0	1,4	2,2	-	0,5	-	-	0,5	
Rest	13,3	10,3	11,8	3,4	6,2	2,5	6,0	4,2	

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	14568	14569	14570	14571	14572	14573	14574	14575	14576
Probennummer									
Turmalin	2,2	3,4	2,8	3,6	4,3	2,1	1,6	2,7	5,2
Zirkon	12,7	15,0	15,6	9,5	14,1	15,5	8,9	14,2	10,4
Rutil	6,7	5,5	6,1	2,6	6,0	4,6	3,2	3,1	3,7
stabile Miner.	21,6	23,9	22,5	15,7	24,4	20,0	13,7	20,0	19,3
Disthen	4,3	2,2	0,9	4,3	3,4	2,8	5,3	4,0	2,8
Staurolith	6,4	7,3	12,8	11,1	9,4	6,2	7,9	5,8	10,4
Sillimanit	-	1,3	0,9	1,1	-	2,4	1,5	0,4	-
Andalusit	0,9	0,9	0,9	1,6	1,3	1,7	1,0	0,8	0,9
metam. Miner.	11,6	11,7	15,5	18,1	14,1	13,1	15,7	11,0	14,1
Granat	25,4	23,0	21,6	25,0	23,0	26,4	29,0	31,6	26,1
Hornblende	20,6	18,6	18,3	22,7	18,4	22,1	18,9	16,3	21,2
Epidot	15,2	20,0	16,5	13,2	14,6	14,2	17,4	16,3	15,9
nord. Miner.	61,2	61,6	56,4	60,9	56,0	62,7	65,3	64,2	63,4
Augit	5,1	2,4	5,6	5,3	4,7	4,2	5,3	4,8	3,2
Topas	0,5	0,4	-	-	0,8	-	-	-	-
Rest	5,6	2,8	5,6	5,3	5,5	4,2	5,3	4,8	3,2

Auszählergebnisse Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	14577	14578	14579	14580	14581	14582	14583	14584	14585
Probennummer	14577	14578	14579	14580	14581	14582	14583	14584	14585
Turmalin	2,5	1,7	2,7	5,7	0,9	3,2	2,5	3,1	3,7
Zirkon	13,0	12,2	10,5	5,3	15,1	14,1	15,5	9,6	12,7
Rutil	3,3	4,2	3,9	2,9	4,7	4,6	1,9	2,2	3,3
stabile Miner.	18,8	18,1	17,1	13,9	20,7	21,9	19,7	14,9	19,7
Disthen	2,1	4,7	5,1	5,4	2,8	2,7	3,3	4,3	4,8
Staurolith	7,9	5,4	6,6	6,2	7,1	7,2	6,1	6,5	10,1
Sillimanit	0,4	1,3	1,9	1,2	-	0,5	1,9	0,4	-
Andalusit	0,8	1,3	1,9	1,2	-	0,5	-	0,9	1,9
metam. Miner.	11,2	12,7	15,5	14,0	9,9	10,9	11,3	12,1	16,8
Granat	37,9	35,9	31,2	25,1	21,7	29,3	29,1	28,3	28,7
Hornblende	19,6	14,3	17,5	29,2	26,0	19,6	22,1	22,2	17,9
Epidot	9,2	13,1	14,0	14,8	15,1	14,2	14,0	15,6	13,5
nord. Miner.	66,7	63,3	62,7	69,1	62,8	63,1	65,2	66,1	60,1
Augit	2,9	5,1	3,9	2,6	6,6	4,1	3,3	6,9	3,0
Topas	0,4	0,8	0,8	0,4	-	-	0,5	-	0,4
Rest	3,3	5,9	4,7	3,0	6,6	4,1	3,8	6,9	3,4

Auszählresultate Holozän
(Fortsetzung)

Bohrung	14586	14587	14588	14589	Mittelwert
Probennummer	14586	14587	14588	14589	Mittelwert
Turmalin	2,9	4,1	2,4	4,8	3,1
Zirkon	10,8	6,8	18,6	3,4	11,8
Rutil	6,5	3,4	4,3	1,9	3,9
stabile Miner.	20,2	14,3	25,3	20,1	18,8
Disthen	4,3	7,4	4,3	3,9	3,6
Staurolith	5,0	5,4	5,7	5,9	7,9
Sillimanit	0,7	2,7	0,9	0,5	0,7
Andalusit	0,7	1,4	1,4	-	1,0
metam. Miner.	10,7	16,9	12,3	10,3	13,2
Granat	22,4	21,8	24,9	35,6	27,6
Hornblende	23,7	23,8	18,5	15,7	20,4
Epidot	20,1	18,4	16,6	17,3	15,6
nord. Miner.	66,2	64,0	60,0	68,6	63,6
Augit	2,2	4,1	2,4	1,0	4,1
Topas	0,7	0,7	-	-	0,3
Rest	2,9	4,8	2,4	1,0	4,4

d. Zusammenfassung:

1. Die Gruppe der nordischen Minerale bildet im Holozän den Hauptteil der Schwermineralassoziation.
2. Innerhalb der nordischen Minerale wechseln Granat und Hornblende in ihrer Vormacht. In 75 Proben überwiegt Granat über Hornblende, in 64 Proben herrscht Hornblende vor. Zweimal sind Granat- und Hornblendeanteil gleich.
3. Der Epidotgehalt liegt meist unter dem von Granat und Hornblende (111-mal). Nur in 29 Proben steht er zwischen beiden Mineralen. In einem Fall übernimmt Epidot die Führung vor Granat und Hornblende.
4. Der Mittelwert für nordische Minerale beträgt 62,1 %.
5. Der Anteil der stabilen Minerale wird hauptsächlich durch Zirkon bestimmt. Turmalin und Rutil schwanken in ihrem Anteil um 5 %.
6. Der Anteil stabiler Minerale in der Mehrzahl der Proben liegt zwischen 15 und 20 %.

Probenzahl	Prozentbereich
36	8 - 15 %
56	15 - 20 %
41	20 - 25 %
7	25 - 30 %
1	30 - 32 %

7. Der Durchschnittsanteil für stabile Minerale beträgt 18,1 %.
8. Der hauptsächliche Vertreter der metamorphen Minerale ist Staurolith, gefolgt vom Disthen. Sillimanit und Andalusit spielen eine untergeordnete Rolle.
9. Der Hauptanteil der metamorphen Minerale an der Schwermineralassoziation liegt bei 10 - 15 %.

Probenzahl	Prozentbereich
16	0 - 10 %
77	10 - 15 %
36	15 - 20 %
9	20 - 25 %

10. Der Mittelwert für metamorphe Minerale beträgt 13,7 %.
11. Die Restminerale bilden den kleinsten Anteil an der holozänen Schwermineralzusammensetzung. Nur in 73 Proben liegt ihr Anteil bei 5 %.
12. Die durchscheinenden überwiegen gegenüber den opaken Mineralen. Eine Ausnahme bilden 6 Proben.
13. Der Anteil an opaken Mineralen liegt zwischen 20 % und 65 %.
14. Der Längen-Breiten-Index des Turmalins schwankt zwischen 1,0 und 2,0 als Extremwert. Die Mehrzahl der Werte häuft sich um 1,2 - 1,5.
15. Das Farbverhältnis des Turmalins zeigt bis auf wenige Ausnahmen ein Überwiegen braunen Turmalins.
16. Die Hornblendezahlen liegen in den Grenzen 20 % - 90 %, wobei beide Zahlen Extremwerte sind. Der Hauptteil der 141 Proben besitzt eine Hornblendezahl im Bereich 50 % - 80 %.

Probenzahl	Prozentbereich
1	20 - 30 %
2	30 - 40 %
12	40 - 50 %
35	50 - 60 %
52	60 - 70 %
31	70 - 80 %
8	80 - 90 %

17. Die Augitzahlen schwanken zwischen dem Tiefstwert 2 % und dem Höchstwert 50 %.

Probenzahl	Prozentbereich
2	0 - 10 %
38	10 - 20 %
54	20 - 30 %
37	30 - 40 %
10	40 - 50 %

18. Die Zirkonzahlen zeigen beträchtliche Schwankungen zwischen 1,2 und 8,7.

Probenzahl	Zirkonzahlen
91	1,2 - 1,9
36	2,0 - 2,9
13	3,0

19. In den meisten Holozänproben tritt, bedingt durch marine Umlagerung, eine Abhängigkeit des Schwermineralbestandes von der Korngröße auf. So erfährt z.B. der Granatgehalt bei Korngrößenzunahme eine Erhöhung (bekanntes gegensätzliches Verhalten von Granat und Hornblende).

I. Vergleich der Schwermineraluntersuchungen aus Holozän und Pleistozän.

Die schwermineralanalytische Bearbeitung des Holozäns im Arbeitsgebiet hat ergeben, daß eine charakteristische Untergliederung mit Hilfe der Schwerminerale nicht möglich ist. Allerdings zeigten sich quantitative Unterschiede in den Assoziationen von Holozän und Pleistozän.

Auffallend ist die qualitative Übereinstimmung des Schwermineralanteils im gesamten Quartär des Arbeitsgebiets. Es tritt also die Frage nach der Herkunft des Holozänsandes in den Vordergrund. TESCH (1920) und VAN VEEN (1938) haben durch Messungen in den Unterläufen der Flüsse nachgewiesen, daß der Nordseesand kein Erzeugnis der jetzigen Flüsse sein kann, da diese keinen Sand in die See transportieren. Die Versandung der Unterläufe erfolgt nicht durch Eigentransport der Flüsse, sondern von See her.

Durch die große Ähnlichkeit der holozänen und pleistozänen Schwermineralassoziation ist es wahrscheinlich, daß der holozäne Sand als umgelagertes Pleistozän betrachtet werden muß.

a. Die Unterschiede der nordischen Minerale im Holozän und Pleistozän:

Wie nach der Herkunft des holozänen Sandes als Aufarbeitungsprodukt des Pleistozäns zu erwarten ist, zeigt er in der Gruppe der nordischen Minerale keine typischen Merkmale. Granat und Hornblende wechseln in der Führung. Dabei kann es innerhalb eines Profils zu mehrmaligem Vormachtwechsel zwischen beiden Mineralen kommen.

Dadurch entsteht der Eindruck eines unsystematischen Wechsels der Granat- und Hornblendemaxima.

Bei einem Vergleich der mittleren Korngrößen mit den schwankenden Anteilen beider Minerale zeigt sich allerdings, daß diese Schwankungen durch Korngrößenwechsel hervorgerufen werden. Wir haben hier also die bekannte Gegenläufigkeit von Hornblende und Granat: Bei steigender Korngröße wächst der Granatgehalt, z.T. bedingt durch dessen Stabilität gegen mechanische Beanspruchung. Bei fallenden Korngrößen ist eine Zunahme der Hornblende zu bemerken, bedingt durch ihr instabiles Verhalten.

Beispiele:

Bohrung	Probennummer	Korngrößenmittelwert	Granat	Hornblende
1/55	7223	222 Mikron	28,2 %	21,3 %
	7225	139 "	13,4 %	36,9 %
28/55	6291	302 "	29,5 %	18,4 %
	6305	196 "	16,7 %	19,4 %
109/57	11354	200 "	27,7 %	14,9 %
	11369	141 "	26,9 %	29,5 %

Im Gegensatz zum Pleistozän, in dem die Dominanz von Granat oder Hornblende als eine stratigraphische Eigenheit anzusehen ist, wird im Holozän die gleiche Erscheinung durch die Korngrößenbeschaffenheit des Sandes hervorgerufen. Das Vorherrschen von Granat oder Hornblende ist also im Holozän ein Abbild der Strömungs- und Ablagerungsbedingungen, die durch intensive marine Umlagerungen hervorgerufen worden sind. Die

pleistozänen Sedimente dagegen waren geringeren Beanspruchungen und Sortierungsvorgängen ausgesetzt, so daß sich ihre stratigraphischen Eigenschaften erhielten. Im gesamten Quartär stellen Hornblende und Granat die wichtigsten Minerale in der Schwermineralassoziation dar.

Wie Abb. 15 zeigt, läßt sich das Pleistozän mit Hilfe des Granat- und Hornblendehaltes vom Holozän unterscheiden. Durch den meist etwas höheren Anteil beider Minerale im Holozän zeigen sich zwei Zentren. Die Streuung einzelner Proben im Nachbarbereich ist durch die unterschiedliche Entmischungsintensität des holozänen Sandes bedingt. Dieses ist als Ausnahmeerscheinung anzusehen.

Epidot, als drittes Mineral der nordischen Gruppe, zeigt im Holozän wie im Pleistozän weder quantitativ noch qualitativ auswertbare Merkmale. Die holozänen Epidotanteile liegen z.T. etwas höher als die des Pleistozäns.

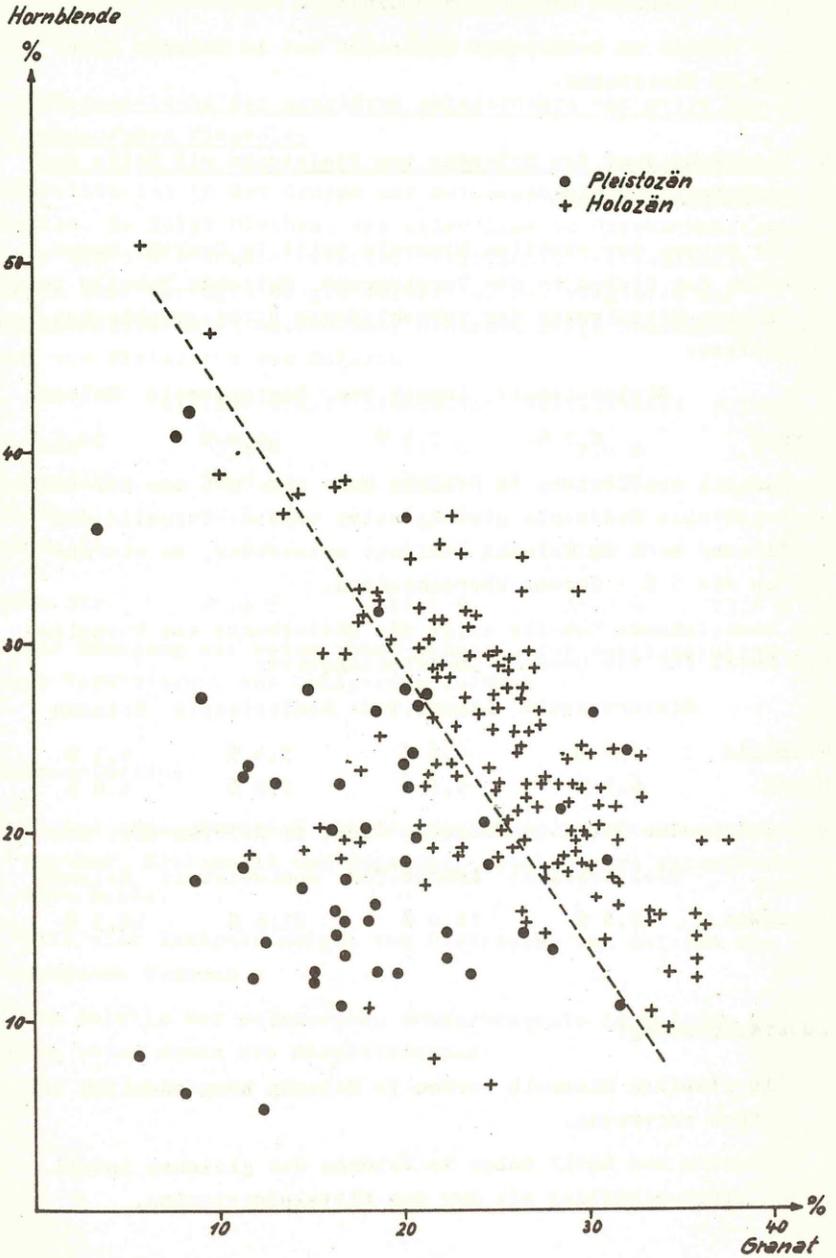
Insgesamt besitzen die nordischen Minerale im Holozän den höchsten Anteil an der Schwermineralassoziation des Quartärs. Die Tabelle zeigt die Mittelwerte:

Elster-Eiszeit	56,6 %
Lauenburger Ton	60,9 %
Saale-Eiszeit	48,5 %
Holozän	62,1 %

Zusammenfassung:

1. Das Holozänmaterial ist ein Aufarbeitungsprodukt pleistozäner Sedimente.
2. Es ist keine qualitative schwermineralanalytische Unterscheidung des Holozäns von Pleistozän möglich, wohl aber eine quantitative.
3. Granat und Hornblende wechseln innerhalb der einzelnen Profile in ihrer Vormacht, deshalb ist eine Gliederung des Holozäns nach dem Granat-Hornblendeverhältnis nicht möglich.

Abb. 15: Granat-Hornblendebeziehungen im
Holozän und Pleistozän



4. Die holozäne Schwermineralassoziation ist nicht stratigraphisch, sondern mechanisch bedingt.
5. Der Gehalt an nordischen Mineralen ist im Holozän höher als im Pleistozän.

b. Unterscheidung des Holozäns vom Pleistozän mit Hilfe der stabilen Minerale:

In der Gruppe der stabilen Minerale tritt im Quartär hauptsächlich der Zirkon in den Vordergrund. Folgende Tabelle zeigt die Zirkon-Mittelwerte der verschiedenen stratigraphischen Abschnitte:

	Elstereiszeit	Lauenb.Ton	Saaleeiszeit	Holozän
Zirkon	8,7 %	7,5 %	10,8 %	10,1 %

Der Anteil des Zirkons im Holozän kann also mit dem der saaleeiszeitlichen Sedimente gleichgesetzt werden. Turmalin und Rutil sind auch im Holozän schlecht auswertbar, da sie nur selten die 5 % - Grenze überschreiten.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Mittelwerte von Turmalin und Rutil für das Quartär im Arbeitsgebiet:

	Elstereiszeit	Lauenb.Ton	Saaleeiszeit	Holozän
Turmalin	3,7 %	4,6 %	5,4 %	4,1 %
Rutil	6,9 %	5,9 %	5,0 %	4,0 %

Die Gruppe der stabilen Minerale nimmt im Holozän also ab:

	Elstereiszeit	Lauenb.Ton	Saaleeiszeit	Holozän
stab.Min.	19,5 %	18,0 %	21,6 %	18,3 %

Zusammenfassung:

1. Die stabilen Minerale werden im Holozän hauptsächlich durch Zirkon vertreten.
2. Turmalin und Rutil haben im Holozän den gleichen Anteil. Er liegt niedriger als der des Mittelpleistozäns.

3. Die stabilen Minerale zeigen von älteren zu jüngeren Ablagerungen abnehmende Tendenz.

c. Unterscheidung der quartären Ablagerungen mit Hilfe der metamorphen Minerale:

Staurolith ist in der Gruppe der metamorphen Minerale am häufigsten. Es folgt Disthen, der allerdings im Durchschnittswert nicht die 5 % - Grenze erreicht. Sillimanit und Andalusit sind nur in sehr geringen Mengen vertreten. Der Vergleich der Durchschnittszahlen metamorpher Minerale zeigt abnehmende Tendenz vom Pleistozän zum Holozän.

	Elstereiszeit	Lauenb. Ton	Saaleiszeit	Holozän
Disthen	5,7 %	4,8 %	7,0 %	3,6 %
Staurolith	10,8 %	8,3 %	11,8 %	8,1 %
Sillimanit	2,1 %	1,4 %	2,0 %	0,9 %
Andalusit	1,6 %	1,6 %	1,4 %	1,0 %
metam. Min.	20,2 %	16,1 %	22,2 %	13,6 %

Dieser Rückgang der metamorphen Minerale ist wahrscheinlich durch Verwitterung und Umlagerung bedingt.

Zusammenfassung:

1. Im holozänen Sand ist allein Staurolith und Disthen auswertbar. Sillimanit und Andalusit spielen eine untergeordnete Rolle.
2. Alle vier Minerale zeigen vom Pleistozän zum Holozän abnehmende Tendenz.
3. Die Anteile der metamorphen Schwerminerale im Holozän liegen unter denen des Altpleistozäns.

d. Die Restminerale:

Augit und Topas haben durch ihr quantitativ geringes Auftreten keine praktische Bedeutung für die Charakterisierung quartären Sandes. Wegen ihrer qualitativen Bedeutung sollen sie jedoch erwähnt werden. Nachfolgende Tabelle zeigt die Mittelwerte von Augit und Topas:

	Elstereiszeit	Lauenb.Ton	Saaleeiszeit	Holozän
Augit	3,0 %	3,5 %	4,5 %	4,7 %
Topas	1,2 %	1,2 %	1,4 %	0,9 %
Restmin.	4,2 %	4,7 %	5,9 %	5,6 %

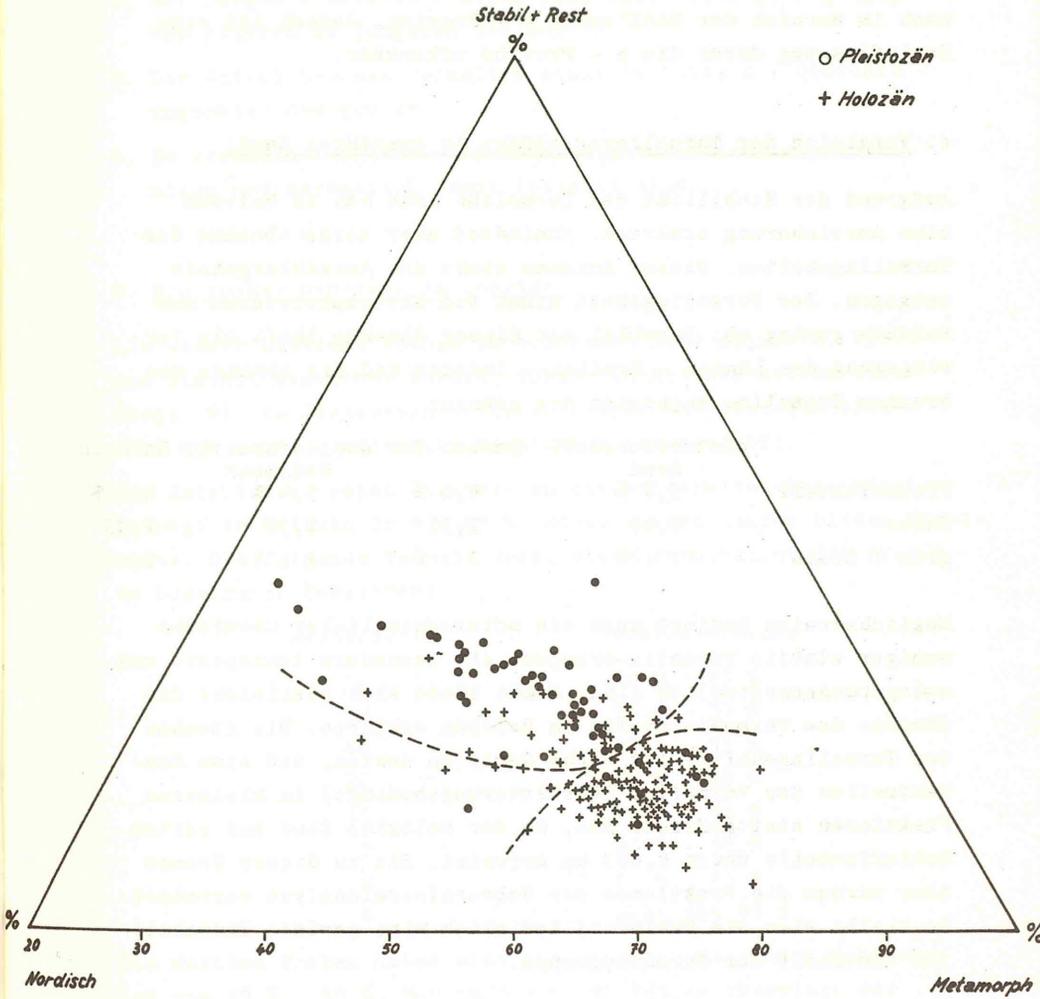
In Abb. 16 wurden die Mineralgruppen "nordisch", "metamorph" und "stabil + "Rest" in ein Dreiecksdiagramm eingetragen, um eine zeichnerische Trennung der quartären Sedimente darzustellen. Es ist klar zu erkennen, daß sich zwei Felder unterteilen lassen: Die pleistozänen Proben konzentrieren sich um den Mittelpunkt des Dreieckes, während das Holozän die rechte untere Hälfte einnimmt.

Die beide stratigraphische Einheiten trennende Grenze dient zur besseren Veranschaulichung des Bildes. Um diese scharf gezogene Linie, sowie durch Extremwerte kommt es zu geringen Überschneidungen.

Durch Aufarbeitung und Sortierung des Pleistozän-Sediments entstehen die Holozänsande, in denen sich die Minerale der älteren Ablagerungen in bestimmten Verhältnissen gemischt haben. Durch diesen Vorgang erfolgt eine quantitative Umgruppierung der Schwerminerale, die eine Trennung von Holozän und Pleistozän gestattet.

Der Holozänsand des Arbeitsgebietes gleicht weitgehend den Sedimenten der EDELMAN'schen A - Provinz (1938). Es treten jedoch Unregelmäßigkeiten, z.B. im Hornblende- und Granatgehalt, auf, die an den Einfluß einer anderen Provinz denken lassen. Zu diesem Problem geben die von BAAK (1936) aufgestellten sedimentpetrologischen Provinzen der Nordsee wichtige

Abb. 16 Trennung von Holozän und Pleistozän mit Hilfe
der Mineralgruppen



Hinweise. Es scheint danach, als ob das Arbeitsgebiet im Grenzbereich der BAAK'schen a- und h-Provinz liegt. Von BAAK selbst wird jedoch diese Grenze weitgehend offengelassen.

Nach den Untersuchungsergebnissen liegt das Arbeitsgebiet noch im Bereich der BAAK'schen a - Provinz. Jedoch ist eine Beeinflussung durch die h - Provinz erkennbar.

e. Vergleich der Turmalinvarietäten im quartären Sand:

Aufgrund der Stabilität des Turmalins kann man im Holozän eine Anreicherung erwarten, zumindest aber keine Abnahme des Turmalingehaltes. Dieser Annahme steht das Auszählergebnis entgegen. Der Turmalingehalt nimmt vom Mittelpleistozän zum Holozän gering ab. Parallel mit dieser Abnahme läuft die Ver-ringerung des Längen - Breiten - Indexes und die Abnahme des braunen Turmalins zugunsten des grünen:

	elstereiszeitl. Sand	Lauenb.Ton	saaleiszeitl. Sediment	Holozän
Prozentanteil	3,7 %	4,6 %	5,4 %	4,1 %
Index	1,47	1,37	1,38	1,35
grün : braun	1 : 8	1 : 6	1 : 4	1 : 3

Möglicherweise bedingt auch ein unterschiedlicher Chemismus weniger stabile Turmalin-Gruppen, die besonders transport- und umlagerungsempfindlich sind. Damit ließe sich vielleicht die Abnahme des Turmalinanteils im Holozän erklären. Die Abnahme des Turmalingehaltes ist nicht damit zu deuten, daß eine Konzentration des Turmalins (verwitterungsbedingt) in kleineren Fraktionen stattgefunden hat, da der holozäne Sand nur selten Schluffanteile unter 0,063 mm aufweist. Bis zu dieser Grenze aber wurden die Fraktionen zur Schwermineralanalyse verwendet. So bleibt also als Erklärung lediglich eine gewisse Instabilität innerhalb der Turmalingruppe.

Zusammenfassung:

1. Der Anteil des Turmalins nimmt vom Mittelpleistozän zum Holozän ab.
2. Der Längen - Breiten - Index verringert sich geringfügig von älteren zu jüngeren Sedimenten.
3. Der Anteil braunen Turmalins sinkt im Laufe des Quartärs zugunsten des grünen.
4. Es erscheint möglich, daß bestimmte Turmalin-Gruppen chemisch und mechanisch recht instabil sind.

f. Die opaken Minerale im Quartär:

Als sicher bestimmt können im holozänen Sand Magnetit, Pyrit und Ilmenit angesehen werden, wobei Ilmenit bei weitem überwiegt. Wie im Pleistozän wurde auch hier nur eine quantitative und keine qualitative Bestimmung durchgeführt.

Der Anteil der opaken Minerale an der Schwermineralassoziation beträgt im Holozän 20 % - 65 %. Diese beiden Zahlen bilden Grenzwerte. Die folgende Tabelle zeigt die Konzentration der Proben in bestimmten Bereichen:

Probenzahl	Prozentbereiche
16	20 % - 25 %
32	25 % - 30 %
40	30 % - 35 %
26	35 % - 40 %
15	40 % - 45 %
5	45 % - 50 %
2	50 % - 55 %
5	mehr als 55 %

Die meisten Proben haben also einen Gehalt an opaken Mineralen von 25 % - 40 %. Nur in 5 von 141 Fällen überwiegt der Anteil opaker gegenüber durchscheinenden Mineralen. Die Veränderung des Verhältnisses opak : durchscheinend im Quartär-Sand wird aus der folgenden Aufstellung ersichtlich:

	elstereiszeitl. Sand	Lauenb. Ton	saaleiszeitl. Sedimente	Holozän
Grenzwerte	35 % - 50 %	25 % - 50 %	25 % - 60 %	20 % - 65 %
Hauptbereiche	45 % - 50 %	40 % - 50 %	30 % - 50 %	25 % - 40 %

Vom Elsterglazial zum Holozän wird in den Hauptbereichen der Opakanteil verringert. Gleichzeitig aber liegen die gesamten Werte pleistozäner innerhalb der Grenzwerte holozäner Ablagerungen.

Zusammenfassung:

1. Die Holozänablagerungen haben einen opaken Mineralanteil von 20 % - 65 %.
2. Die Hauptmenge der Proben besitzt Opakanteile zwischen 25 % und 40 %.
3. Der Gehalt opaker Minerale nimmt vom Pleistozän zum Holozän ab.

g. Die Zirkonzahl im Quartär:

Bei den Abhandlungen über das Pleistozän wurde festgestellt, daß für das Altpleistozän eine Zirkonzahl über 2 und für das Mittelpleistozän eine Zahl unter 2 maßgebend ist.

Nach der bisher berücksichtigten Tatsache, daß die holozänen Sedimente als Aufarbeitungsprodukt des Pleistozäns zu gelten haben, müßten ihre Zirkonzahlen die gesamte Skala der pleistozänen Zirkonzahlen umfassen, je nach dem Grad der Vermischung bzw. dem Anteil von Elster- oder Saalematerial.

Die folgende Tabelle gibt zum Vergleich die pleistozänen und holozänen Zirkonzahlen im Arbeitsgebiet an. Sie zeigen die Schwankungsbreite, sowie die jeweiligen Konzentrationsbereiche der Werte.

	elstereiszeitl. Lauenb. Ton Sand	saaleeiszeitl. Sedimente	Holozän
Extremwerte	1,6 - 2,5	1,5 - 4,0	1,2 - 6,0
Konzentrationsbereich	2,0 - 2,5	2,0 - 3,0	1,2 - 3,0

Für das Holozän ergibt sich ein Bereich zwischen 1,2 und 6,0. Die Streuung der Zirkonzahlen ist somit größer als die des Pleistozäns und umfaßt die Bereiche von Elster- und Saaleglazial. Die Zirkonzahlen des Holozänsedimentes entsprechen somit dem Charakter des Mischungsprodukts.

Zusammenfassung:

1. Die Zirkonzahlen des holozänen Sandes zeigen einen großen Streubereich.
2. Der Hauptteil der Werte liegt zwischen 1,2 und 3,0.
3. Unterscheidung des Holozäns vom Pleistozän mit Hilfe der Zirkonzahlen ist nicht möglich, wohl aber eine Gliederung des Pleistozäns.

h. Die Hornblendezahl im Quartär:

	elstereiszeitl. Lauenb. Ton Sand	saaleeiszeitl. Sedimente	Holozän
Extremwerte	48 - 73	52 - 90	20 - 90
Hauptgruppen	60 - 73	60 - 80	50 - 80

Die Tabelle zeigt, daß das Holozän die größte Streuung der Hornblendezahlen aufweist. Es vereinigt in sich also die höchsten und niedrigsten Werte der Hornblendezahlen des Quartärs.

Die meisten Holozänproben haben eine Hornblendezahl von 50 % - 80 % und heben sich damit nicht oder nur gering von denen des Pleistozäns ab. Abweichend ist lediglich der größere Streubereich der Holozänwerte. Eine Trennung von Holozän und Pleistozän nach der Hornblendezahl ist praktisch nicht möglich, da, wie oben erwähnt, eine typische Gruppierung fehlt. Die stratigraphische Anwendung der Hornblendezahl bleibt also auf das Pleistozän beschränkt.

Zusammenfassung:

1. Die holozäne Hornblendezahl hat eine größere Streuung als die des Pleistozäns.
2. Die Hornblendezahlen des Holozäns konzentrieren sich zwar auf eine Hauptgruppe; diese unterscheidet sich aber nicht von der des Pleistozäns.
3. Eine Untergliederung des Quartärs mit Hilfe der Hornblendezahl in Holozän und Pleistozän ist nicht möglich, wohl aber eine Gliederung der pleistozänen Sande.

1. Die Augitzahl im Quartär:

	elstereiszeitl. Sand	Lauenb. Ton	saaleeiszeitl. Sedimente	Holozän
Extremwerte	7 - 24	5 - 35	6 - 34	2 - 50
Hauptgruppen	7 - 20	10 - 20	10 - 30	10 - 40

Ebenso wie die Hornblendezahl, streut auch die Augitzahl im Holozän stärker als im Pleistozän. Zusätzlich ist eine relative Erhöhung erkennbar. Die Augitzahlen steigen kontinuierlich vom Altpleistozän zum Holozän an, d.h., es findet vom Elsterglazial zum Holozän eine Anreicherung des Augits auf Kosten der metamorphen Minerale statt. Die holozänen Extremwerte liegen jedoch auch im Bereich der des Pleistozäns.

Diese Tatsache kann, ebenso wie die Hornblendezahl, als Beweis dafür angesehen werden, daß bei Umlagerung des Pleistozän-Sediments in holozäner Zeit eine gewisse Anreicherung von Augit und Hornblende erfolgte, die in ihrer Höhe allerdings abhängig von Umlagerung und Alter des aufgearbeiteten Sediments ist.

Es wäre denkbar, daß die Hornblende- und Augitzahlen des Holozäns den Grad der Vermischung bzw. Aufarbeitung pleistozäner Sedimente widerspiegeln.

Zusammenfassung:

1. Die Augitzahl besitzt im Holozän eine größere Streuung.
2. Die Augitzahl erhöht sich vom Elsterglazial zum Holozän.
3. Durch die Umlagerung im Holozän erfolgt eine geringe Anreicherung von Augit und Hornblende.

F. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen der Arbeit wurde die Schwermineralfraktion 0,3 mm - 0,063 mm pleistozäner und mariner holozäner Sedimente im Gebiet der Ostfriesischen Inseln Baltrum, Langeoog und Spiekeroog bearbeitet.

Die qualitative Zusammensetzung der Schwermineralassoziationen verändert sich im gesamten Quartär nicht. In quantitativer Hinsicht ist eine Unterscheidung des Alt- und Mittelpleistozäns, sowie des marinen Holozäns möglich. Folgende Alterskriterien wurden als charakteristisch erkannt:

1. Der Anteil der nordischen Minerale Granat, Hornblende, Epidot erfährt vom Altpleistozän zum Mittelpleistozän eine Abnahme, um dann im Holozän noch über den Wert altpleistozänen Sandes hinaus zuzunehmen.
2. Innerhalb der nordischen Minerale ist das Verhältnis Hornblende : Granat als entscheidend erkannt worden. Elstereiszeitlicher Sand und Lauenburger Ton, zeichnen sich durch Überwiegen der Hornblende über Granat aus. Im Mittelpleistozän tritt ein Wechsel der Verhältnisse, gekennzeichnet durch die nun folgende Vorherrschaft des Granats ein.

Im Holozän dagegen steigt der Gesamtanteil von Granat und Hornblende, ohne daß die Dominanz eines der beiden Minerale beobachtet werden konnte. Der erhöhte Granat- und Hornblendegehalt im Holozän ermöglicht eine klare Abgrenzung vom Pleistozän.

Die Beeinflussung des Sediments durch Transport und Verwitterung unterliegt keinem Zweifel. Mit Hilfe des Granat -

Hornblendeverhältnisses jedoch konnte gezeigt werden, daß in dem bearbeiteten Pleistozän-Sand die stratigraphisch bedingte ursprüngliche Zusammensetzung des Sediments durch beeinflussende Umweltbedingungen nicht überprägt wurde, d.h., daß trotz wechselnder Fraktionen des Materials, hervorgerufen durch Verwitterung und Transportbedingungen die stratigraphischen Merkmale dominant bleiben.

3. Charakteristisch für die stabilen Minerale ist im Quartär der Zirkon, während Turmalin und Rutil nur qualitativen Wert besitzen. Die Gesamtsumme der stabilen Minerale steigt vom elstereiszeitlichen Sand zum saaleeiszeitlichen Sediment und nimmt in holozänem Sand wiederum ab. Der Holozänwert liegt noch unter dem des Altpleistozäns.
4. Den gleichen Schwankungen wie die stabilen Minerale unterliegen die der metamorphen Gruppe. Typisch erscheint auch hier ihre Zunahme vom Alt- zum Mittelpleistozän und der Abfall im Holozän. Allerdings ist die Abnahme der metamorphen Minerale im Holozän weitaus stärker als die der stabilen. Entscheidenden Anteil an der Gruppe der metamorphen Minerale haben Staurolith und Disthen.
5. Die Gruppe der Rest-Minerale zeigt nur wenige charakteristische quantitative Merkmale und wird nur aus qualitativen Gründen erwähnt.
6. In der Reihe der Einzeluntersuchungen sind besonders der Turmalinindex und die Untersuchungen der Farbverhältnisse an Turmalin hervorzuheben. Für die bearbeiteten Quartär-Sandproben ist eine Abnahme des braunen zugunsten des grünen Turmalins innerhalb des Quartärs erkennbar, trotzdem aber überwiegt der braune Turmalin. Als typisch wurden folgende Verhältnisse erkannt:

	grün : braun
Elsterglazial-Sand	1 : 8
Saaleglazial-Sand	1 : 4
Holozän	1 : 3

Parallel mit der Abnahme braunen Turmalins geht eine Längenreduzierung der Turmalinkristalle zugunsten ihrer Breite.

7. Eine Gliederung des Pleistozäns nach dem Gehalt an opaken Mineralen ist möglich, da für jede stratigraphische Einheit ein bestimmter Prozentbereich als charakteristisch erkannt wurde. Es erfolgt eine Abnahme der opaken Minerale innerhalb der Schwermineralassoziationen vom Altpleistozän zum Holozän.

8. Die für das Verhältnis "stabile Minerale : Zirkon" eingeführte Zirkonzahl zeigt für die verschiedenen stratigraphischen Einheiten typische Werte. So gelten für elsterglazialen Sand und Lauenburger Ton Zirkonzahlen von 2 und mehr, während saaleglaziale Sedimente Werte unter 2 zeigen. Bei Zirkonzahlen über 2 in saaleeiszeitlichen Sedimenten zeigen diese Werte den Vermischungsgrad von elstereiszeitlichem und saaleglazialem Sediment an, oder sie weisen auf Schollen von elstereiszeitlichem Sediment in saaleeiszeitlichem Sand hin.

Die Zirkonzahl im Holozän streut sehr stark, bedingt durch den Charakter des holozänen Sandes als Aufarbeitungsprodukt des Pleistozäns.

9. Eine Trennung der verschiedenen Sedimente nach ihrer Hornblende - und Augitzahl stößt auf Schwierigkeiten. Alt- und mittelpleistozäner Sand hat zwar recht charakteristische Augit- und Hornblendezahlen, die sich aber in Grenzbereichen stark vermischen. Zur Bestätigung anderer Untersuchungsergebnisse sind sie trotzdem von hohem Wert.

Die Untersuchung der quartären Schwermineralassoziationen wurde an Sandproben vorgenommen und kann deshalb nur unter Berücksichtigung dieser Tatsache mit den Ergebnissen von FIEDLER (1938) und STEINERT (1948) verglichen werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeiten zeigen, daß eine Gliederung quartärer Sande mit Hilfe der Schwermineralanalyse möglich ist.

Literatur

- ALLEN, V.T.: Weathering and heavy minerals. -- Journ. sed. Petrol., 18, S. 38-42, Tulsa 1948.
- ANDEL, T.H. van u. WEYL, R.: Zur Frage der Schwermineralverwitterung in Sedimenten. -- Erdöl u. Kohle, 5, S. 100-104, Hamburg 1952.
- ANDRÉE, H.: Die Schwermineralien der älteren oberbayerischen Molasse. -- N.Jb. Miner. etc., Abt. A, Beil.-Bd., 71, S. 59-120, Stuttgart 1936.
- BAAK, J.A.: Regional Petrology of the Southern North Sea. -- Proefschrift Leiden, Wageningen 1936.
- BÖHMERS, J.C.A.: Over de petrologische samenstelling van de oud kwartaire Sedimenten in Noordelijk Nederland. -- Geol. en Mijnb., 16, S. 60-64, 69-72, s'Gravenhage 1937.
- BRINKMANN, R.: Schwerminerale und Paläogeographie. -- Geol. Rdsch., 29, S. 348-356, Stuttgart 1938.
- BROCKMANN, Chr.: Küstennahe und küstenferne Sedimente in der Nordsee. -- Abh. Naturwiss. Ver. Bremen, 30, S. 78-89, Bremen 1937.
- CHUDOBA, K.: Mikroskopische Charakteristik der gesteinsbildenden Mineralien. -- 213 S., Freiburg i.Br. 1932.
- CORRENS, C.W.: Über zwei neue einfache Verfahren für das Zentrifugieren mit schweren Lösungen. -- Zbl. f. Miner. etc., Abt. A, 1933, S. 204-206, Stuttgart 1933.
- : Grundsätzliches zur Korngrößenverteilung. -- Zbl. f. Miner. etc., Abt. A, 1934, S. 321-331, Stuttgart 1934.
- : Zur Methodik der Schwermineraluntersuchung. -- Z. angew. Miner., 4, S. 1-11, Berlin 1942/43.
- : Probleme der Sedimentpetrographie. -- Z. deutsch. geol. Ges., 100 (f. 1948), S. 158-168, Hannover 1950.
- DOEGLAS, D.J.: From Sedimentary Petrology to Sedimentology. -- Proc. III. Intern. Congr. Sedimentology, 15, Wageningen 1951.
- EDELMAN, C.H.: Petrologische Provincies in het nederlandsche Kwartair. -- Diss. Univ. Amsterdam, 104 S., Amsterdam 1933.
- : Ergebnisse der sedimentpetrologischen Forschung in den Niederlanden und den angrenzenden Gebieten 1932-1937, -- Geol. Rdsch., 29, S. 223-273, Berlin 1938.
- EDELMAN, C.H. u. DOEGLAS, D.J.: Reliktstrukturen detritischer Pyroxene und Amphibole. -- Miner. petr. Mitt., 42, S. 482-490, Wien 1932.
- : Über Umwandlungserscheinungen an detritischem Staurolith und anderen Mineralien. -- Miner. petr. Mitt., 45, S. 225-234, Wien 1934.

- ENGELHARDT, W. von: Über die Schwermineralsande zwischen War-nemünde und Darsserort und ihre Bildung durch die Brandung. -- Z. angew. Miner., 1, Berlin 1937/38.
- : Die Unterscheidung wasser- und windsortierter San-de auf Grund der Korngrößenverteilung ihrer leich-ten und schweren Gemengteile. -- Chem. d. Erde, 12, S. 445-465, Jena 1939/40.
- : Untersuchungen an den Schwermineralien des NW-deutschen Rät. -- Öl u. Kohle, 38, S. 259-264, Ham-burg 1942.
- ENGELHARDT, W. von, FÜCHTBAUER, H. u. GOLDSCHMIDT, H.: Einige Er-gebnisse der quantitativen Röntgenanalyse feinkör-niger Sedimente. -- Geol. Rdsch., 43, S. 572-577, Stuttgart 1955.
- FIEDLER, A.: Sedimentpetrographische Gliederung der Geschiebe-mergel Mecklenburgs. -- Jb. preuß. geol. Landesanst., 57 (f. 1936), S. 111-145, Berlin 1937.
- : Sedimentpetrographische Gliederung der nordwest-deutschen Geschiebemergel (westlich der Linie Rostock-Leipzig). -- Z. deutsch. geol. Ges., 89, S. 561-562, Berlin 1937.
- : Ergebnisse der Schwermineralanalyse von Geschiebe-mergeln im mittleren und westlichen Norddeutsch-land. -- Z. angew. Miner., 1, S. 313-352, Berlin 1937/38.
- FRECHEN, J. u. BOOM, G. van den: Die sedimentpetrographische Ho-rizontierung der pleistozänen Terrassenschotter im Mittelrhein. -- Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 4, S. 89-125, Krefeld 1959.
- FÜCHTBAUER, H.: Zum Einfluß des Ablagerungsmilieus auf die Far-be von Biotiten und Turmalinen. -- Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 10, S. 331-336, Krefeld 1963.
- GRIMM, W.-D.: Sedimentpetrographische Untersuchungen der Mo-lasse-Bohrungen Schwabmünchen 1, Siebnach 1 und Rieden 1. -- Geol. Bavaric., 32, 35 S., München 1957.
- GRY, H.: Eine Methode zur Charakterisierung klastischer Se-dimente. -- Geol. Rdsch., 29, S. 175-195, Stuttgart 1938.
- GUNDLACH, K. u. KLEINSORGE, H.: Die Sande der Nordsee um Helgo-land. -- Z. deutsch. geol. Ges., 89, S. 609-614, Ber-lin 1937.
- HENRICH, H. W.: Der Schwemmeralgehalt der Terrassen im Unter-lauf der Saar. -- Annal. Univ. Sarav., Scientia, 7, S. 117-146, Saarbrücken 1958.
- HOPPE, G.: Die akzessorischen Schwermineralien in Eruptivge-steinen am Beispiel des Ramberggranites und ande-rer Harzer Gesteine. -- Geologica, 9, 114 S., Ber-lin 1951.

- HOPPE, G.: Über die Verwendbarkeit der akzessorischen Zirkone zur Altersbestimmung. -- N.Jb.Miner., Abh., 93, Stuttgart 1959.
- : Zur Morphologie des akzessorischen Zirkons. -- Ber.geol.Ges.i.d.DDR, 6, S.37-41, Berlin 1961.
- KLEINSORGE, H.: Granatstrandsäume von der Ostsee bei Niendorf. Beitrag zu den Methoden der Deutung schwermineralanalytischer Befunde III. -- N.Jb.Miner.Abt. A, Beil.-Bd. 74, S.20-35, Stuttgart 1938.
- KORN, J.: Die wichtigsten Leitgeschiebe der nordischen kristallinen Gesteine im norddeutschen Flachland. -- 64 S., Berlin 1927.
- KRYNINE, P.D.: The tourmaline group in sediments. -- J.Geol., 54, S.65-87, Chicago 1946.
- KÜPPERS, E.: Physikalische und mineralogisch-geologische Untersuchungen von Bodenproben aus Ost- und Nordsee. -- Wissensch.Meeresunters., N.F., 19, Kiel 1908.
- LAMCKE, K.: Natürliche Anreicherungen von Schwermineralien in Küstengebieten. -- Geol.Meere u. Binnengewässer, 1, S.106-125, Berlin 1937 und 4, S.77-92, Berlin 1940.
- : Mineralogische und chemische Untersuchungen an Erzseifen der deutschen Küste. -- Geol.Rdsch. 29, S.301-306, Stuttgart 1938.
- LEINZ, V.: Ein Versuch, Geschiebemergel nach dem Schwermineralgehalt stratigraphisch zu gliedern. -- Z.Geschiebeforsch., 2, S.156-168, Leipzig 1933.
- LUDWIG, G.: Untersuchungs- und Darstellungsmethoden von Schwermineralanalysen. -- Geologie, 2, S.208-219, Berlin 1953.
- LUDWIG, G. u. VOLLBRECHT, K.: Die allgemeinen Bildungsbedingungen litoraler Schwermineralkonzentrate und ihre Bedeutung für die Auffindung sedimentärer Lagerstätten. -- Geologie, 6, S.233, Berlin 1957.
- MEHNERT, K.R.: Eine Methode zur Bestimmung des quantitativen Mineralbestandes von Gesteinen durch Auszählung an Körnerpräparaten. -- Fortschr.Miner., 26, S.89-92, Stuttgart 1947.
- MÜLLER, F. u. TRÖGER, W.E.: Die Schwermineralverhältnisse in der subalpinen Molasse bei Kempten. -- Erdöl u. Kohle, 1, S.268-272, Hamburg 1948.
- PETTIJOHN, F.J.: Persistence of heavy minerals and geologic age. -- J.Geol., 49, S.610-625, Chicago 1941.
- PRATJE, O.: Alte und junge Sedimente am Grunde der Nordsee. -- Z.deutsch.geol.Ges., 76, Mon.-Ber., S.156-164, Berlin 1924.
- PRATJE, O. u. RICHTER, W.: Stratigraphie und Schwermineralanalyse der beiden Geschiebemergel und des Dirschkeimer Sandes an der Westküste des Samlandes. -- Jb. preuß.geol.Landesanst., 58, (f.1937), S.666-676, Berlin 1938.

- RICHTER, K.: Geschiebegrenzen und Eisrandlagen in Niedersachsen. -- Geol.Jb., 76, S.223-234, Hannover 1958.
- RITTENHOUSE, G.: Transportation and deposition of heavy minerals. -- Bull.geol.Soc.America, 54, S.1725-1780, New York 1943.
- SCHRAPS, W.G.: Das Quartär des Jadegebietes. -- Diss.T.H.Braunschweig, 122 S., Braunschweig 1962.
- SCHUMANN, H.: Die Drehkonoskopische Methode und ihre Anwendung in Streupräparaten. -- Z.deutsch.geol.Ges., 103, (f.1951), S.400-404, Hannover 1952.
- SINDOWSKI, K.-H.: Bemerkung zum Vortrag Edelman. -- Geol.Rdsch., 29, S.272, Stuttgart 1938.
- : Sedimentpetrographische Methoden zur Untersuchung sandiger Sedimente. Fragestellung und Vorschläge. -- Geol.Rdsch., 29, S.196-200, Stuttgart 1938.
- : Über die Verwitterbarkeit der Schwerminerale. -- Z.deutsch.geol.Ges., 90, S.626-634, Berlin 1938.
- : Korngrößen und Schwermineralverteilung in den rezenten Strandsanden der mecklenburgischen Ostseeküste. -- Zbl.Mineral. etc., 1938, Stuttgart 1938.
- : Grundsätzliches zur Schwermineralanalyse der diluvialen Rheinterrassen und Löss des Mittel- und Niederrheingebietes. -- Z.deutsch.geol.Ges., 92, S.477-499, Berlin 1940.
- : Fennoskandia als Sedimentliefergebiet. -- Schr.naturwiss.Ver.Schleswig-Holstein, Zwischenband, Kiel 1948.
- : Results and problems of heavy mineral analysis in Germany. -- J.Sed.Petrol., 19, Tulsa 1949.
- : Korngrößen und Kornform-Auslese beim Sandtransport durch Wind. -- Geol.Jb., 71, S.517-526, Hannover 1956.
- : Die geologische Entwicklung des Wattengebietes südlich der Insel Baltrum und Langeoog. -- Jb.Forschungsst. Norderney, VIII, S.11-36, Norderney 1957.
- : Mesozoische und gegenwärtige Korngrößenverteilung und ihre Beziehung zum Sedimentationsraum. -- Z.deutsch.geol.Ges., 109, S.652, Hannover 1958.
- : Das Eem im Wattengebiet zwischen Norderney und Spiekeroog, Ostfriesland. -- Geol.Jb., 76, S.151-174, Hannover 1958.
- STEINERT, H.: Schwerminerale und Stratigraphie der diluvialen Geschiebemergel Schleswig-Holsteins. -- Diss.Univ. Kiel, Kiel 1948.
- TESCH, P.: Duinstudies I. De herkomst van het duinzand. -- Tijdschr.Kon.Ned.Aardr.Gen., 37, Amsterdam 1920.
- TRUSHEIM, F.: Eine Titanerzseife von Wangeroog. -- Senckenbergiana, 17, S.62-72, Frankfurt a.M. 1935.

- VALETON, I.: Veränderungen an Zirkon und Turmalin im Buntsandstein und Keuper. -- Heidelberger Beitr. Miner. u. Petr., 5, S.100-104, Heidelberg 1955.
- VAN VEEN, J.: On erzoek naar het zandtransport van rivieren. -- Ingenieur, 48, S.151-160, s'Gravenhage 1933.
- VEENSTRA, H.J.: Microscopic studies of boulder clays. -- N.V. Mitgeverij. "Stabo", Groningen 1963.
- VOELCKER, I.: Schwermineraluntersuchungen der Sande der Düne von Helgoland. -- Geol.Meere u. Binnengewässer, 1, S.5, Berlin 1937.
- WASMUND, E.: Die Schwerminerallagerstätten der deutschen Küsten. -- Geol.Rdsch., 29, S.287-300, Stuttgart 1938.
- WETZEL, W.: Beiträge zur Sedimentpetrographie des Nordseebodens usw. -- Wiss.Meeresunters.Abt. Kiel, 40, S.11-48, Kiel 1930.
- WEYL, R.: Marine Erz-Granatseifen der schleswig-holsteinischen Küste und ihre Regelmäßigkeiten in der Korngrößen- und Mineralverteilung. -- Z.Geschiebeforsch., 13, S.63-76, Leipzig 1937.
- : Zur Ausdeutbarkeit von Schwermineralvergesellschaftungen. -- Erdöl u. Kohle, 2, S.221-224, Hamburg 1949.
- : Schwermineralverwitterung und ihr Einfluß auf die Mineralführung klastischer Sedimente. -- Erdöl u. Kohle, 3, S.209-211, Hamburg 1950.
- : Zur Frage der Schwermineralverwitterung in Sedimenten. -- Erdöl u. Kohle, 5, S.29-33, Hamburg 1952.
- WEYL, R. u. WERNER, H.: Schwermineraluntersuchungen im Jungtertiär und Altquartär Schleswig-Holsteins. -- Proc. III, Intern.Congr.Sediment., Wageningen 1951.
- WIESENEDER, H.: Über Veränderungen des Schwermineralbestandes der Sedimente durch Verwitterung und Diagenese. -- Erdöl u. Kohle, 6, S.369-372, Hamburg 1953.
- WUNDERLICH, H.G.: Die kombinierte Leitmineral- und Geröllanalyse - ein Hilfsmittel für Stratigraphie und Tektonik. -- Erdöl u. Kohle, 5, S.535-538, Hamburg 1952.
- ZONNEVELD, J.I.S.: Schwermineralgesellschaften in niederheinschen Terrassensedimenten. -- Geol.en Mijnb., N.S., 18, S.395-401, s'Gravenhage 1956.

Nachtrag:

- CHRUSTSCHOFF, K. von: Beitrag zur Kenntnis der Zirkone in Gesteinen. -- Miner. Petr. Mitt., 7, S. 423 - 442, 1886.

Anschrift der Verfasserin:

Krefeld-Uerdingen, Parkstr. 58

H. Anhang

- a. Auszählergebnisse
(Eem und "Brauner Sand")
- b. Profilzeichnungen der einzelnen Bohrungen. Die Zeichnungen enthalten:
 1. Korngrößen-Mittelwert-Kurven,
 2. Zeichnung des Granat-Hornblende-Verhältnisses und
 3. Summenkurven der Schwerminerale.

Allgemeines:

Die folgenden Auszählergebnisse Eem und "Brauner Sand" stehen nicht mehr im ursächlichen Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit.

Die Proben sind bearbeitet worden, um die Bohrprofile vollständig darstellen zu können.

b. Auszählresultate
Brauner Sand

Bohrung	26/55	29/55	45/56	72/56	94/57
Probennummer	6263	6322	8814	7957	7960
				7958	7959
Turmalin	2,0	7,2	3,4	7,2	6,8
Zirkon	15,8	13,7	16,2	7,6	10,5
Rutil	4,1	5,4	4,2	3,4	2,6
stabile Miner.	21,9	26,3	23,8	18,2	19,9
				16,2	18,3
				18,3	19,6
Disthen	1,0	4,8	1,7	3,8	1,3
Staurolith	6,6	6,0	11,7	7,6	9,3
Sillimanit	-	-	2,3	1,0	0,9
Andalusit	-	2,3	1,8	0,5	1,3
metam. Miner.	7,6	13,1	17,5	12,9	12,8
				15,8	18,4
				18,4	16,8
Granat	28,1	34,4	25,0	16,4	19,8
Hornblende	19,9	10,4	9,9	27,5	22,9
Epidot	17,9	11,3	16,8	18,4	19,4
nord. Miner.	65,9	56,1	51,7	62,3	62,0
				60,6	57,5
				57,5	59,9
Augit	3,6	3,5	5,8	5,6	5,3
Topas	1,0	1,0	1,2	1,0	-
Rest	4,6	4,5	7,0	6,6	5,3
				7,4	5,8
				5,8	3,7

Brauner Sand
(Fortsetzung)

Bohrung	109/57					112/57		
Probennummer	11050	11051	11052	11053	11372	11373	11519	11520
Turmalin	3,6	4,7	2,3	9,0	7,3	11,4	7,1	10,4
Zirkon	11,4	10,0	1,1	5,6	8,2	4,7	9,9	12,0
Rutil	2,6	4,7	1,1	4,5	1,7	1,4	4,9	2,4
stabile Miner.	17,6	19,4	4,5	19,1	17,2	17,5	21,9	24,8
Disthen	3,6	3,5	2,3	3,4	2,0	0,7	4,5	3,2
Staurolith	9,8	7,1	2,3	7,9	19,2	10,1	12,0	12,8
Sillimanit	2,1	0,6	1,1	1,1	0,9	6,1	0,7	0,8
Andalusit	0,5	0,6	-	-	-	-	0,7	2,4
metam. Miner.	16,0	11,8	5,7	12,4	22,1	16,9	17,9	19,2
Granat	20,7	24,2	1,1	27,0	20,1	17,4	26,9	14,4
Hornblende	24,9	27,6	77,4	23,5	20,1	22,1	18,4	24,8
Epidot	16,1	14,1	6,8	13,5	12,8	15,5	10,4	9,6
nord. Miner.	61,7	65,9	85,3	64,0	53,0	55,0	55,7	48,8
Augit	4,7	2,9	4,5	4,5	2,4	8,6	4,5	6,4
Topas	-	-	-	-	5,3	2,0	-	0,8
Rest	4,7	2,9	4,5	4,5	7,7	10,6	4,5	7,2

Brauner Sand
(Fortsetzung)

113/57

Bohrung	11521	11522	11994	11995	11996	11997	11998	11999
Probennummer								
Turmalin	5,4	9,9	7,9	4,6	6,9	6,4	11,1	12,4
Zirkon	9,0	9,9	10,6	10,8	7,9	22,9	10,3	5,1
Rutil	5,4	2,4	3,7	6,3	6,9	1,4	7,7	5,9
stabile Miner.	19,8	22,2	22,2	21,7	21,7	30,7	29,1	23,4
Disthen	5,4	8,6	3,2	9,8	4,9	5,0	4,2	8,1
Staurolith	6,3	9,9	7,9	10,4	13,3	12,2	10,3	7,3
Sillimanit	0,9	-	5,2	2,3	3,9	3,6	1,7	0,7
Andalusit	-	-	-	1,2	-	-	0,8	-
metam. Miner.	12,6	18,5	16,3	23,7	22,1	20,8	17,0	16,1
Granat	17,2	14,8	21,7	19,0	17,3	12,8	17,9	12,4
Hornblende	31,5	31,0	17,4	20,1	15,4	19,2	18,8	16,9
Epidot	10,8	6,1	7,4	6,3	7,5	8,6	5,2	10,2
nord. Miner.	59,5	51,9	46,5	45,4	40,2	40,6	41,9	39,5
Augit	8,1	7,4	10,6	6,3	10,5	5,0	5,2	13,8
Topas	-	-	4,4	2,9	5,5	2,9	6,8	7,2
Rest	8,1	7,4	15,0	9,2	16,0	7,9	12,0	21,0

Brauner Sand
(Fortsetzung)

Bohrung	115/57	12054	12055	12056	12057	12058	12059	12060	12061	12062
Probennummer										
Turmalin	6,1	5,9	6,8	2,2	5,6	1,3	6,3	2,8	6,1	
Zirkon	14,3	8,8	15,0	17,2	8,4	16,3	9,4	12,2	8,4	
Rutil	2,0	1,4	1,2	1,4	1,5	2,6	5,2	7,5	2,3	
stabile Miner.	22,4	16,1	23,0	20,8	15,5	20,2	20,9	22,5	16,8	
Disthen	2,0	10,4	6,8	5,0	4,2	10,8	4,2	5,7	14,5	
Staurolith	12,4	10,4	3,6	10,0	9,3	9,5	8,3	7,5	12,9	
Sillimanit	-	-	-	1,4	1,5	-	-	1,8	1,5	
Andalusit	-	1,4	2,4	1,4	1,5	1,3	5,2	2,9	-	
metam. Miner.	14,4	22,2	12,8	17,8	16,5	21,6	17,7	17,9	28,9	
Granat	16,3	23,4	25,2	35,0	40,4	31,0	20,9	32,6	19,0	
Hornblende	31,6	22,0	18,3	10,0	14,0	8,3	18,7	9,3	16,0	
Epidot	12,3	10,4	15,0	7,8	6,4	12,2	12,4	11,1	10,1	
nord. Miner.	60,2	55,8	58,5	52,8	60,8	51,5	52,0	53,0	45,1	
Augit	2,0	5,1	4,5	7,8	5,0	5,4	9,4	5,7	6,9	
Topas	1,0	0,8	1,2	0,8	2,2	1,3	-	0,9	2,3	
Rest	3,0	5,9	5,7	8,6	7,2	6,7	9,4	6,6	9,2	

Auszählresultate

Em

Bohrung	29/55	109/57	110/57						
Probennummer	6324	6325	11374	11375	11376	11377	11425	11426	11427
Turmalin	2,4	2,3	4,9	4,5	5,6	3,9	7,2	8,8	3,1
Zirkon	7,2	13,0	10,4	6,7	4,2	6,6	7,9	1,3	6,2
Rutil	6,5	11,8	5,3	3,8	3,5	3,9	3,7	2,6	6,2
stabile Miner.	16,1	27,1	20,6	15,0	13,3	14,4	18,8	12,7	15,5
Disthen	4,9	4,6	6,3	8,9	9,1	2,6	2,8	5,2	3,6
Staurolith	7,2	6,2	10,9	5,9	8,4	4,6	7,2	10,2	10,3
Sillimanit	-	0,6	3,7	5,9	3,6	8,5	4,3	3,2	1,1
Andalusit	4,9	2,3	0,7	0,8	-	-	3,7	1,2	2,6
metam. Miner.	17,0	13,7	21,6	21,5	21,1	15,7	18,0	19,8	17,6
Granat	6,5	16,8	19,7	18,7	10,6	10,4	17,4	12,2	17,5
Hornblende	40,0	20,3	14,6	17,9	33,2	33,9	19,6	32,7	25,7
Epidot	14,7	15,7	13,1	15,7	18,3	18,4	14,6	14,8	16,5
nord. Miner.	61,2	52,8	47,4	52,3	62,1	62,7	51,6	59,7	59,7
Augit	5,7	5,2	5,1	5,9	1,4	3,9	7,9	2,6	3,6
Topas	-	1,2	5,3	5,3	2,1	3,3	3,7	5,2	3,6
Rest	5,7	6,4	10,4	11,2	3,5	7,2	11,6	7,8	7,2

Eem
(Fortsetzung)

Bohrung	112/57	114/57	120/58
Probennummer	11428	11429	11430
Turmalin	5,1	3,2	5,4
Zirkon	3,2	8,1	6,5
Rutil	3,5	9,2	8,1
stabile Miner.	11,8	20,5	20,0
Disthen	3,2	8,1	2,3
Staurolith	19,2	15,8	9,2
Sillimanit	1,6	1,1	1,1
Andalusit	3,5	1,1	2,8
metam. Miner.	27,5	26,1	15,4
Granat	11,8	21,2	12,6
Hornblende	22,6	15,8	31,8
Epidot	16,5	9,8	10,3
nord. Miner.	50,9	46,8	54,7
Augit	5,1	4,4	6,6
Topas	4,7	2,2	3,3
Rest	9,8	6,6	9,9

	112/57	114/57	120/58
112/57	11538	12035	12037
114/57	14542	14542	14543
120/58	4,4	9,5	9,5
112/57	3,3	9,9	3,9
114/57	10,0	1,9	5,5
120/58	8,4	3,9	7,8
112/57	21,7	15,7	17,2
114/57	9,2	1,9	1,6
120/58	15,0	5,9	12,6
112/57	1,6	3,9	-
114/57	-	-	-
120/58	2,4	0,6	0,6
112/57	25,8	11,7	14,2
114/57	24,2	19,6	3,2
120/58	15,0	39,2	51,9
112/57	5,8	9,9	6,4
114/57	45,0	68,7	61,5
120/58	53,0	74,8	74,8
112/57	6,7	3,9	5,5
114/57	0,8	-	1,6
120/58	2,2	0,6	2,2
112/57	7,5	3,9	7,1
114/57	7,8	2,2	7,8

Eem
(Fortsetzung)

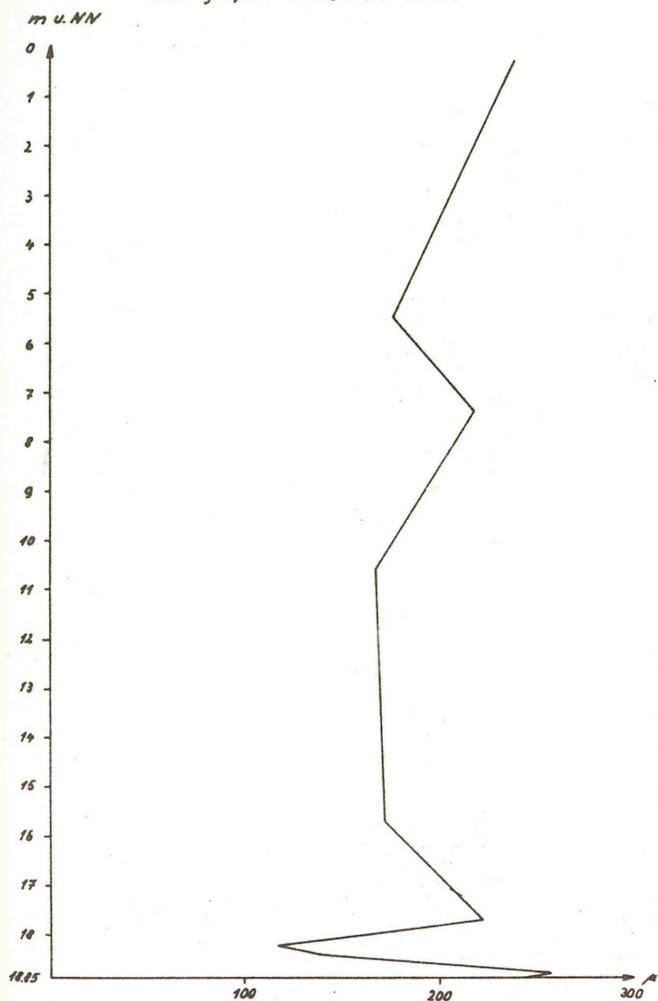
Bohrung	14544	14545	14546	14547	14548	14549	14550	14552	14553
Probennummer	14544	14545	14546	14547	14548	14549	14550	14552	14553
Turmalin	4,1	2,7	8,0	4,4	2,6	1,5	10,6	-	4,0
Zirkon	11,6	7,4	5,3	10,5	10,1	7,9	1,6	6,4	1,2
Rutil	0,8	4,6	5,3	8,2	2,6	6,8	4,6	7,7	5,3
stabile Miner.	16,5	14,8	18,6	23,1	15,3	16,6	16,8	14,1	10,5
Disthen	8,2	1,9	7,5	5,2	1,4	6,2	0,8	6,4	2,7
Staurolith	13,1	11,1	8,0	11,9	10,1	12,9	8,3	9,0	9,2
Sillimanit	-	0,9	0,6	-	-	0,6	0,8	1,3	-
Andalusit	-	0,9	0,6	2,2	-	2,5	1,6	-	1,2
metam. Miner.	21,3	14,8	16,7	19,3	11,5	22,2	11,5	16,7	13,1
Granat	13,1	12,2	19,6	14,9	22,4	12,4	16,0	9,0	11,9
Hornblende	23,7	27,8	26,0	18,7	29,0	24,8	38,9	37,1	44,9
Epidot	17,2	23,1	13,7	16,5	13,9	18,5	11,4	12,8	18,4
nord. Miner.	54,0	63,0	59,3	50,1	65,5	55,7	66,3	58,9	75,2
Augit	7,4	6,5	5,3	6,0	7,7	4,3	4,6	9,0	1,2
Topas	0,8	0,9	-	1,5	-	1,2	0,8	1,3	-
Rest	8,2	7,4	5,3	7,5	7,7	5,5	5,4	10,3	1,2

Eem
(Fortsetzung)

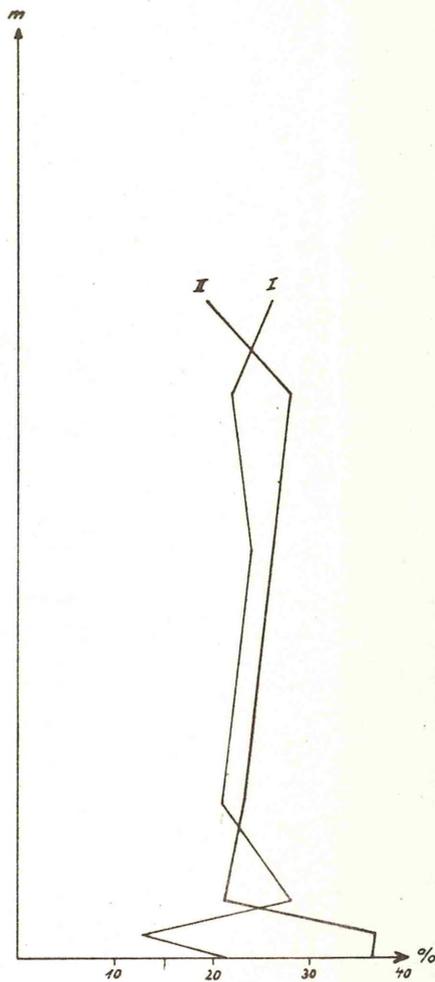
Bohrung	14554	14555	14556	14558	14560	14562
Probennummer	14554	14555	14556	14558	14560	14562
Turmalin	1,6	3,7	2,0	4,6	4,7	7,7
Zirkon	6,8	3,7	6,1	7,3	13,4	9,4
Rutil	0,8	6,6	9,5	6,4	3,0	4,1
stabile Miner.	9,2	14,0	17,6	18,3	21,1	21,2
Disthen	0,8	5,1	2,7	1,8	2,4	1,2
Staurolith	12,6	11,8	14,3	10,0	9,4	5,3
Sillimanit	-	0,7	0,6	-	0,8	0,6
Andalusit	0,8	2,2	2,7	5,5	1,6	1,2
metam. Miner.	14,2	19,8	20,3	17,3	14,2	8,3
Granat	12,6	8,0	9,5	7,3	19,5	8,7
Hornblende	39,5	39,2	34,9	30,9	26,5	34,8
Epidot	20,3	14,6	14,3	21,7	16,3	20,0
nord. Miner.	72,4	61,8	58,7	59,9	62,3	63,5
Augit	3,4	2,9	3,4	2,7	1,6	4,6
Topas	0,8	1,5	-	1,8	0,8	2,4
Rest	4,2	4,4	3,4	4,5	2,4	7,0

c. Profilzeichnungen der einzelnen
Bohrungen

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

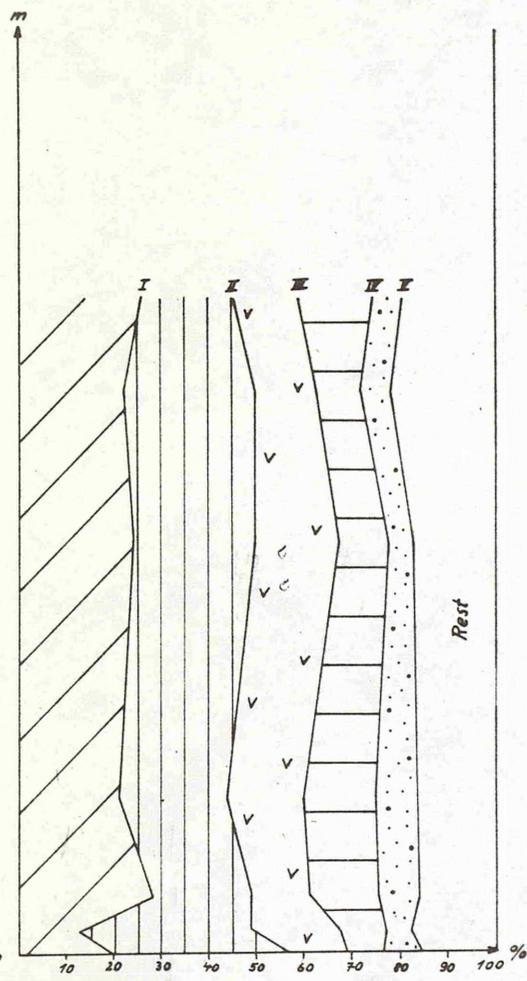


Granat-Hornblende-Verhältnis



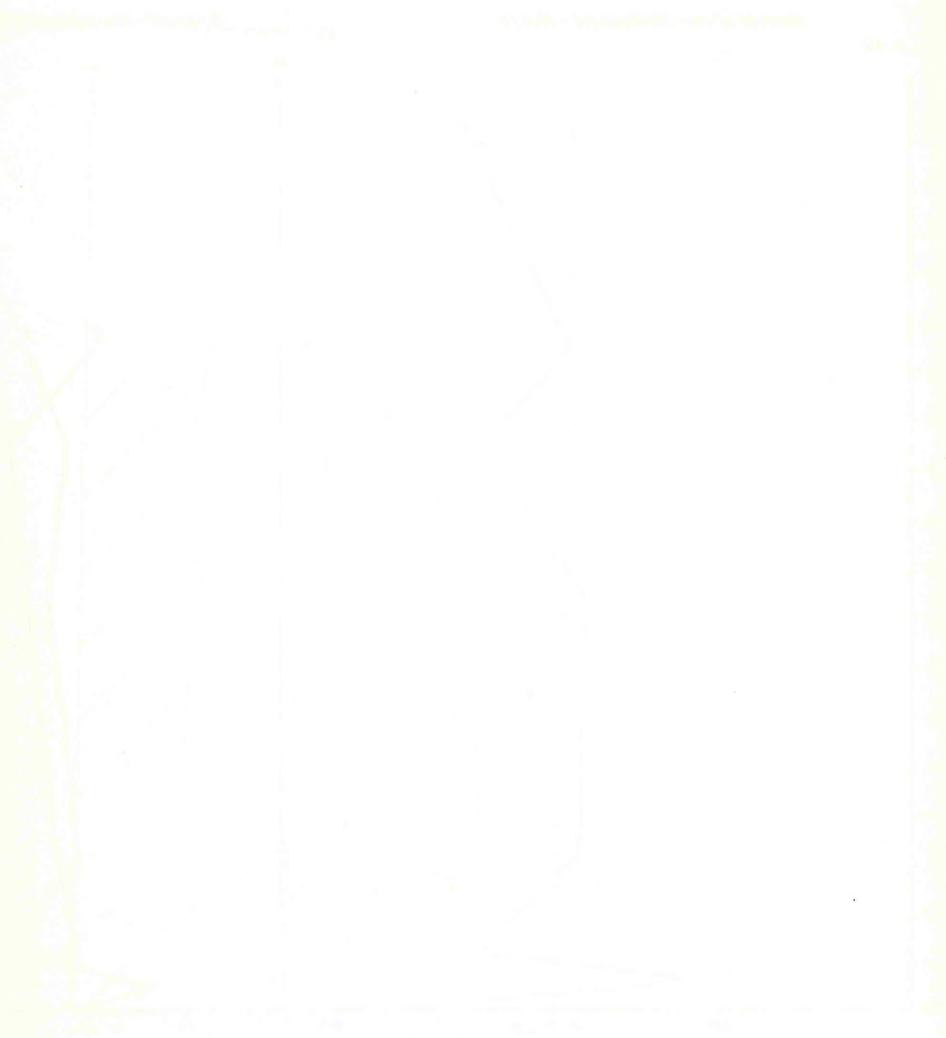
I Granat
II Hornblende

Summenkurve



I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith

Rest: Turmalin, Rutil
Disthen, Sillimanit
Andalusit, Augit,
Topas



1875

1876

1875

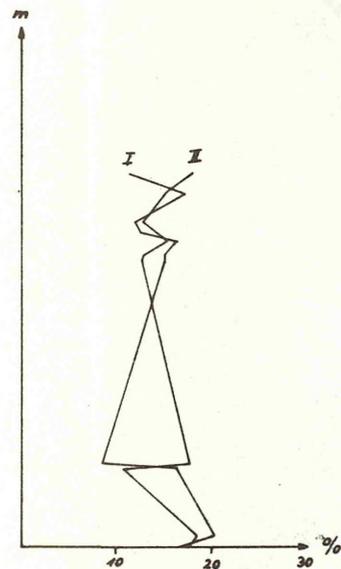
1876

Bohrung 24/55

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

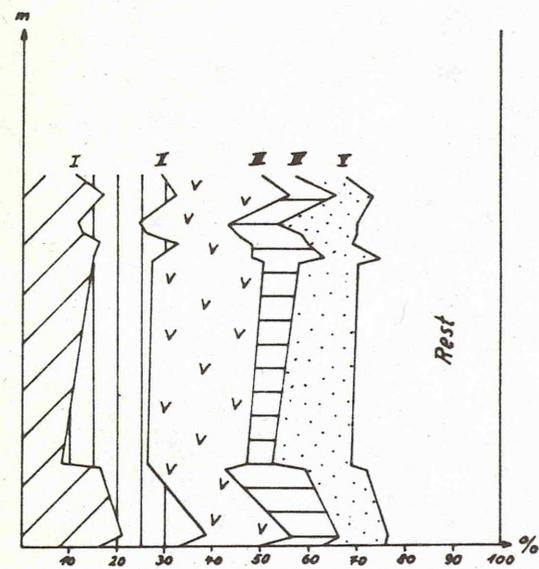


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

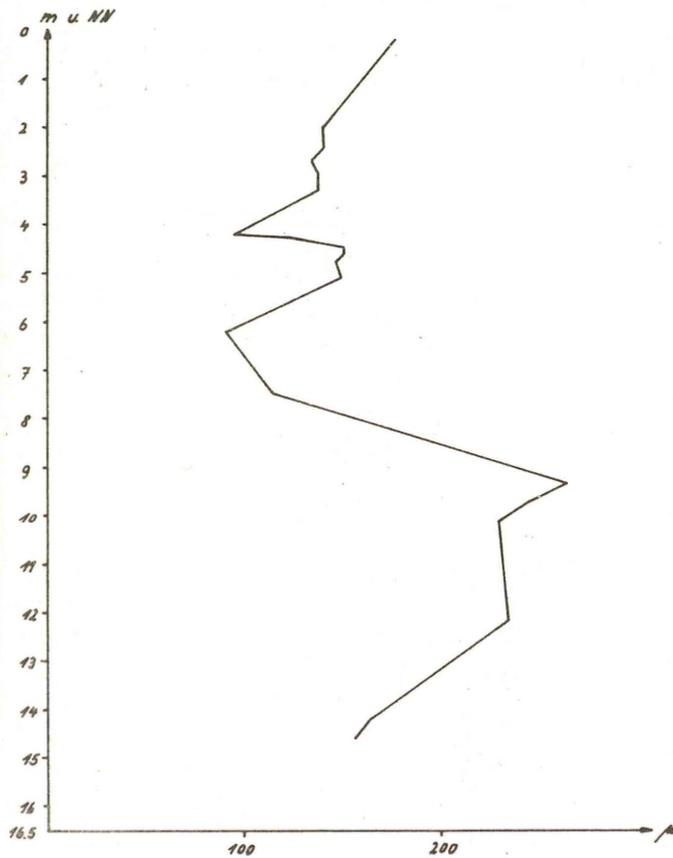
Summenkurve



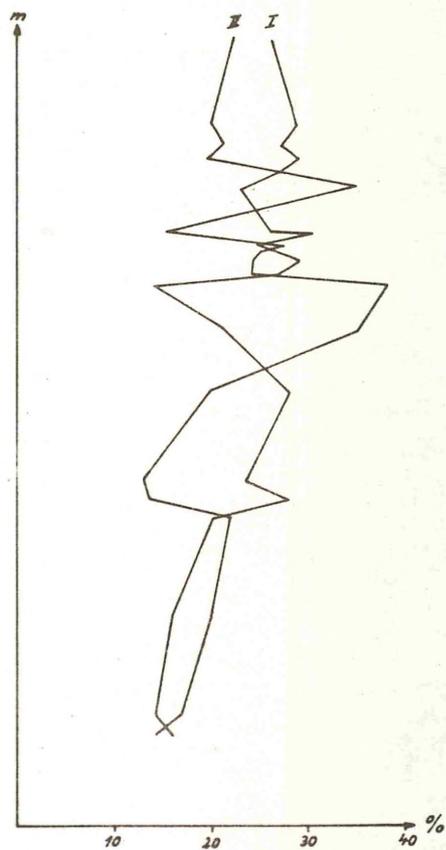
I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith

Rest: Turmalin, Rutil,
Disthen, Sillimanit,
Andalusit, Augit,
Topas

Korngrößen - Mittelwert - Kurve

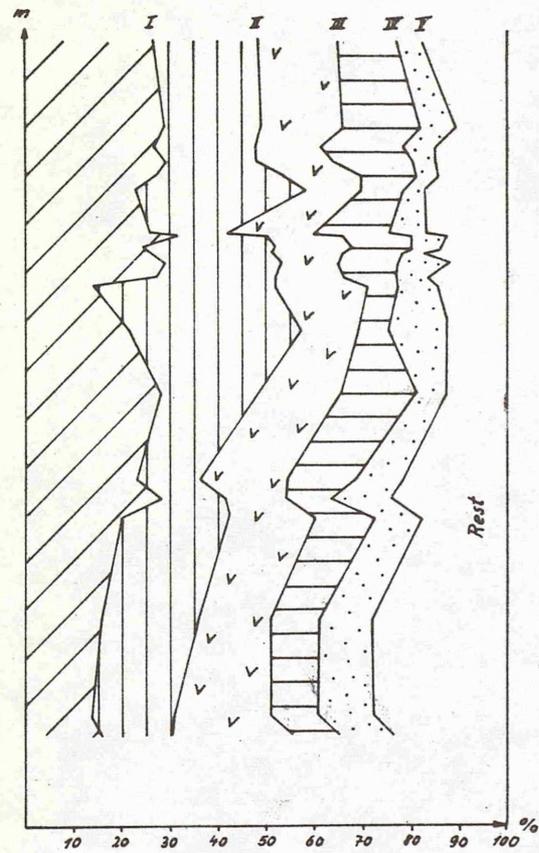


Granat - Hornblende - Verhältnis



I Granat
II Hornblende

Summenkurve

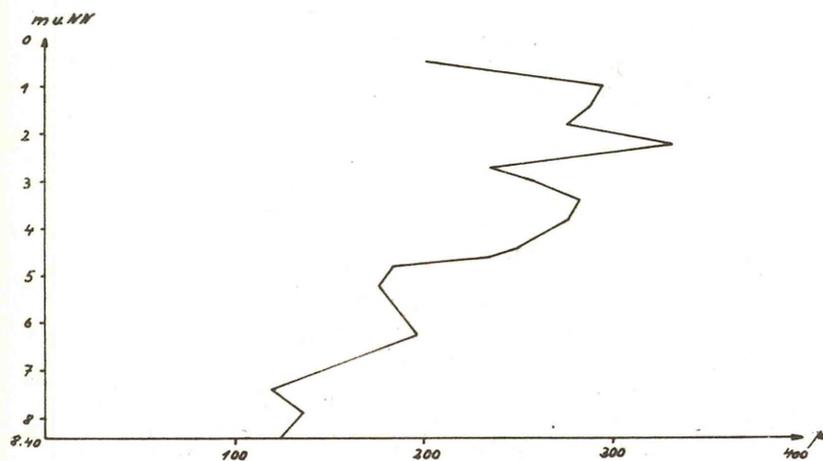


I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith

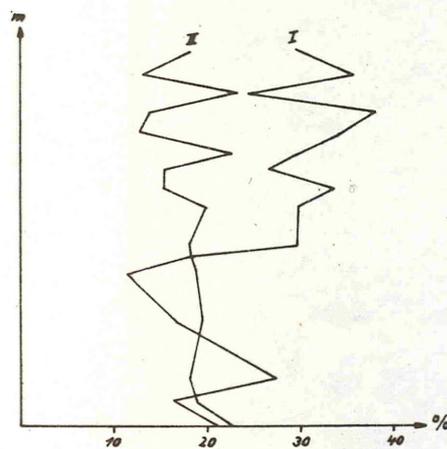
Rest: Turmalin, Rutil, Disthen,
Sillimanit, Andalusit
Augit, Topas

Bohrung 28/55

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

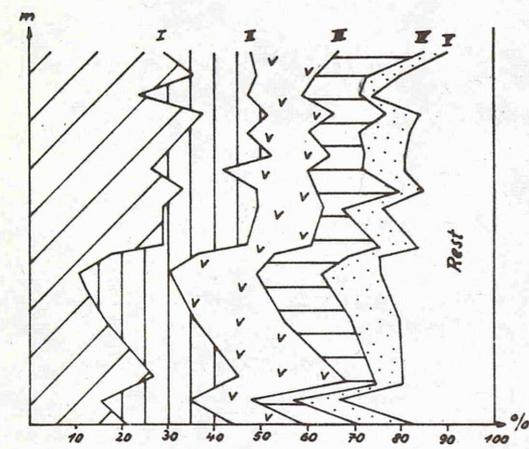


Granat - Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

Summenkurve

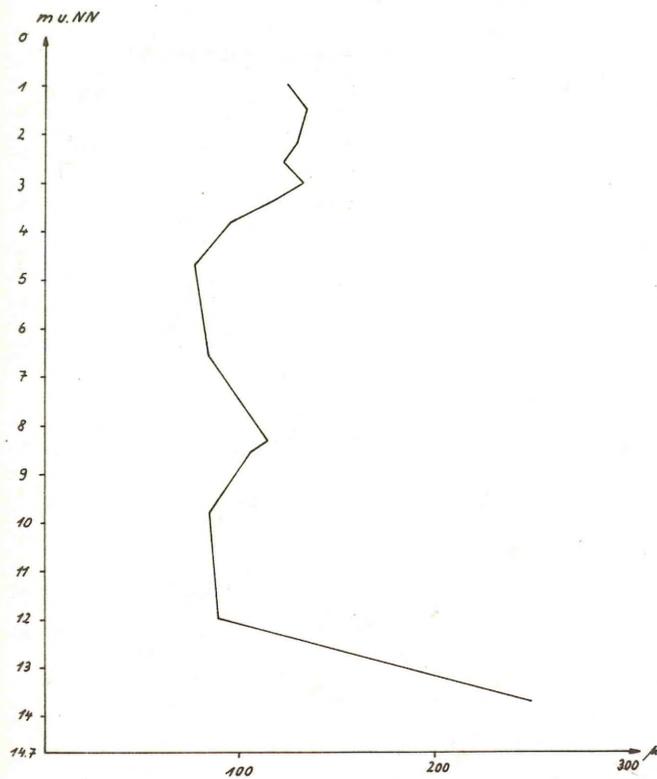


I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith

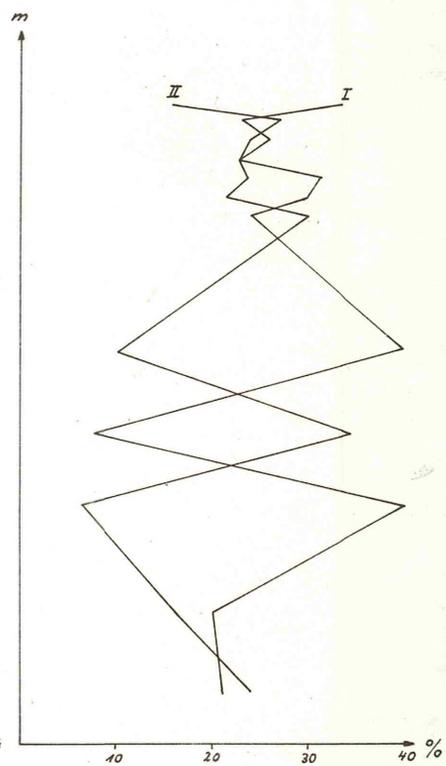
Rest: Turmalin, Rutil,
Disthen, Sillimanit,
Andalusit, Augit,
Topas

Bohrung 29/55

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

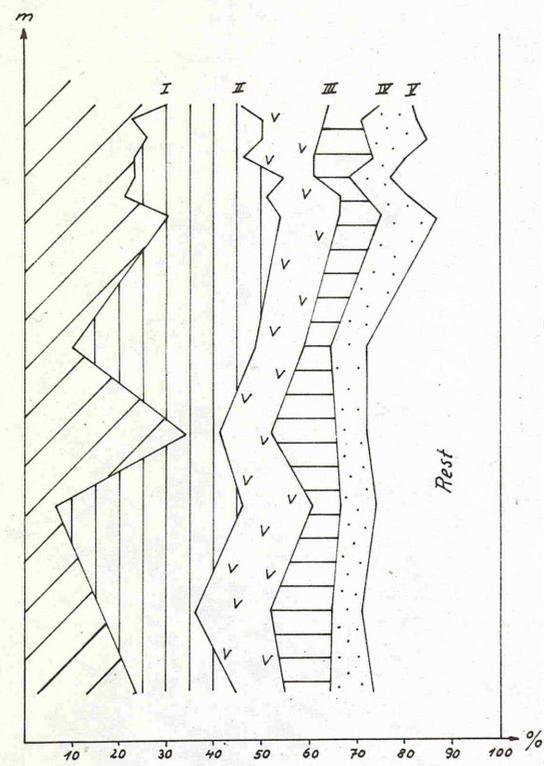


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

Summenkurve

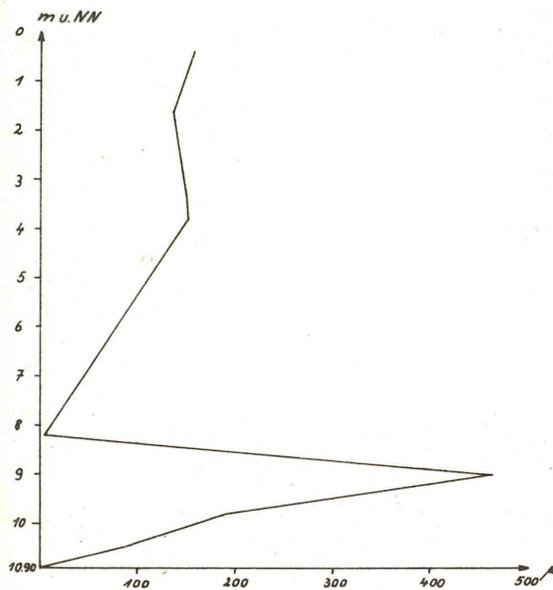


I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith

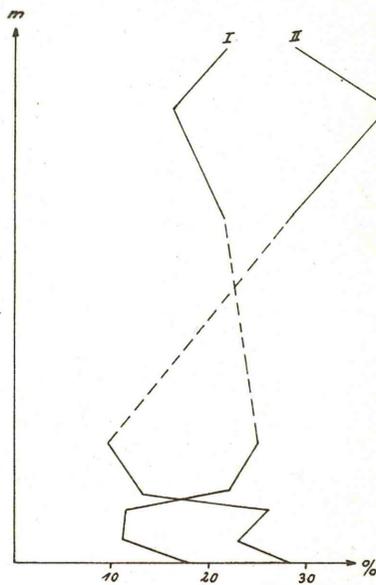
Rest: Turmalin, Rutil, Disthen,
Sillimanit, Andalusit,
Augit, Topas

Bohrung 45/56

Korngrößen - Mittelwert - Kurve

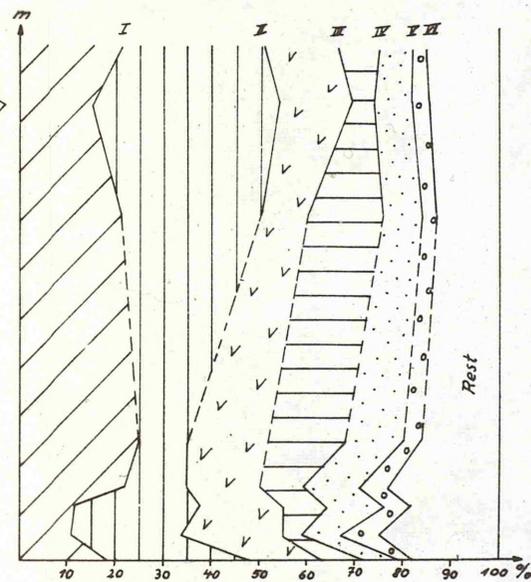


Granit - Hornblende - Verhältnis



I Granat
II Hornblende

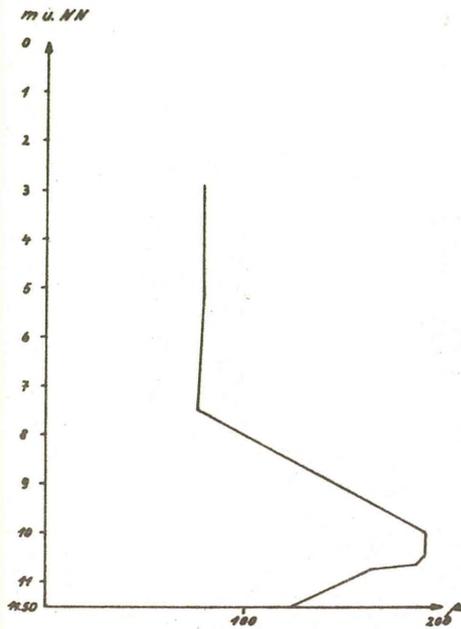
Summenkurve



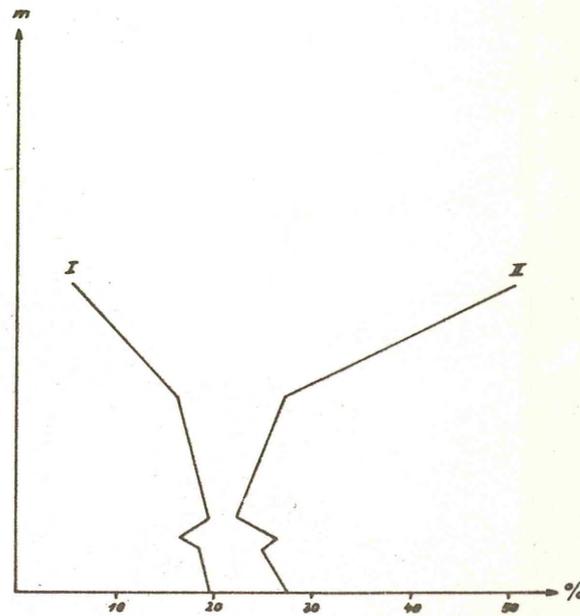
I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith
VI Turmalin
Rest: Rutil, Disthen, Augit
Sillimanit, Andalusit
Topas

Bohrung 72/56

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

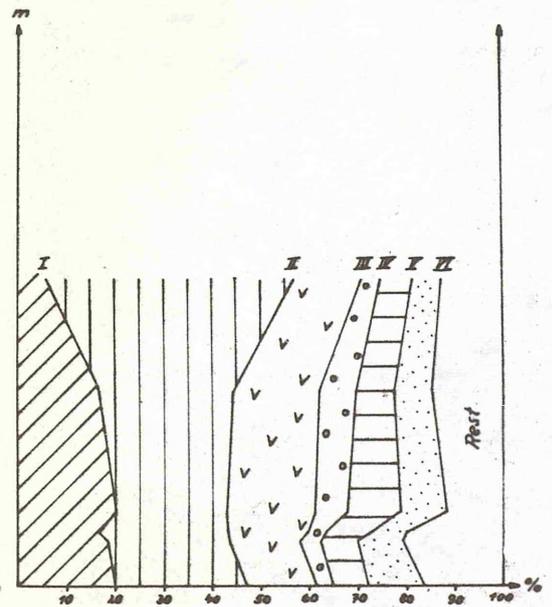


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

Summenkurve



I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Turmalin
V Zirkon
VI Staurolith

Rest: Rutil, Disthen,
Andalusit, Sillimanit
Augit, Topas

Geology of the

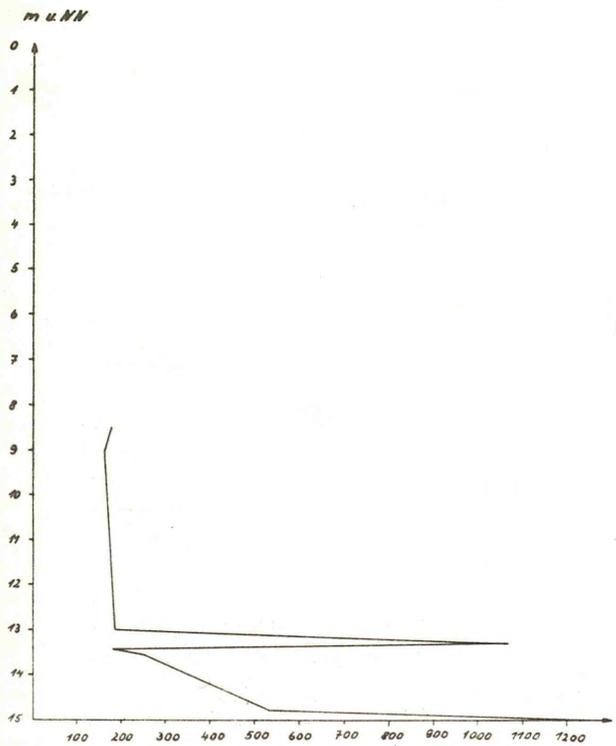
Geological Survey of the United States



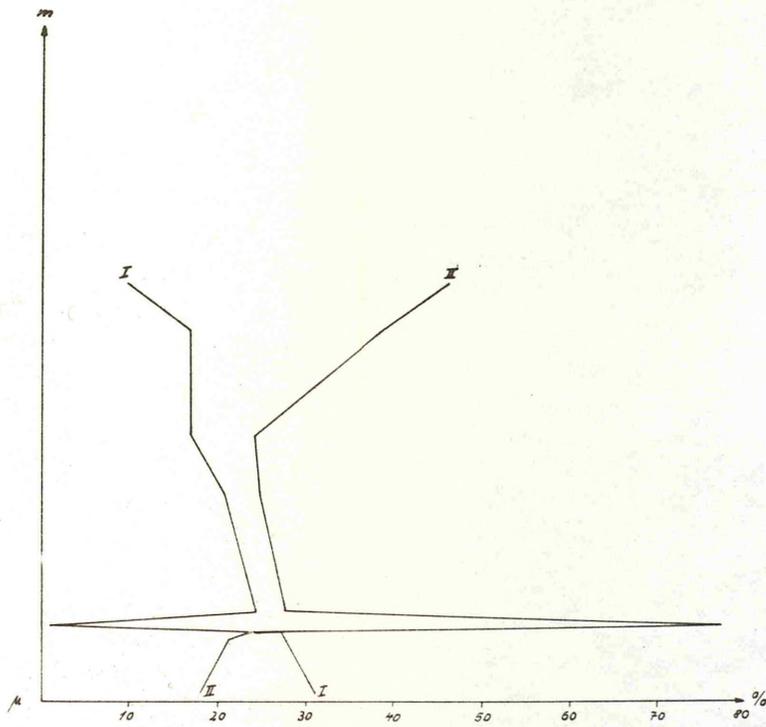
- 1. Sandstone
- 2. Shale
- 3. Limestone
- 4. Gypsum
- 5. Clay
- 6. Gravel

Bohrung 94/57

Korngrößen-Mittelwert-kurve

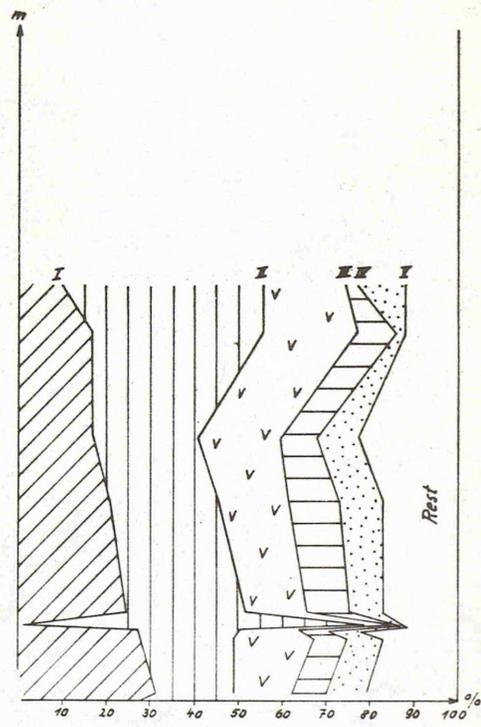


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

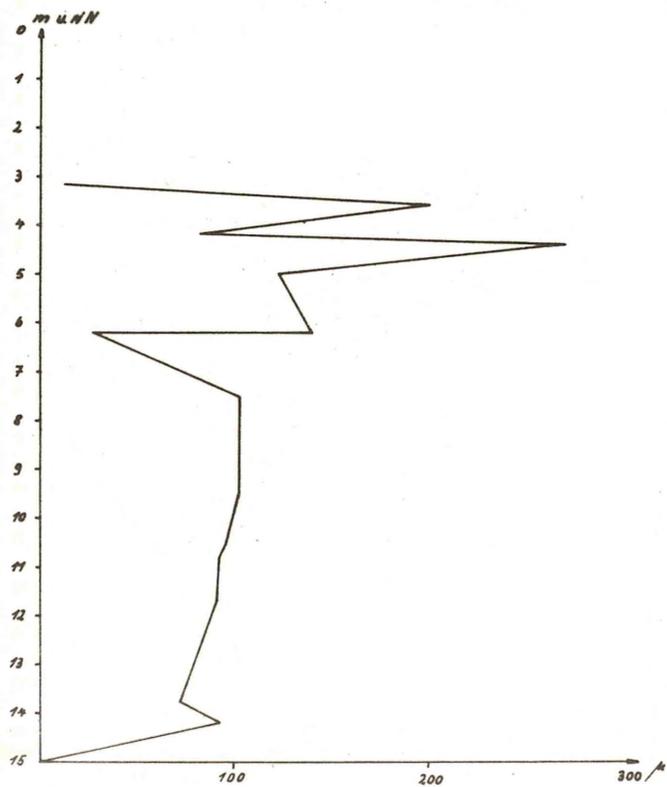
Summenkurve



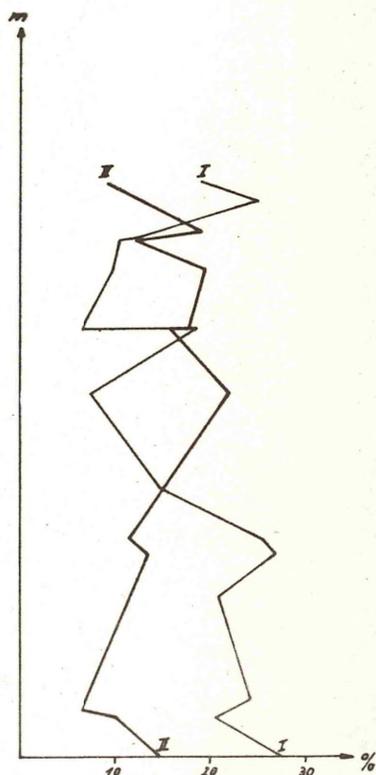
I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith
Rest: Turmalin, Rutil
Disthen, Sillimanit,
Andalusit, Topas, Augit

Bohrung 102/57

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

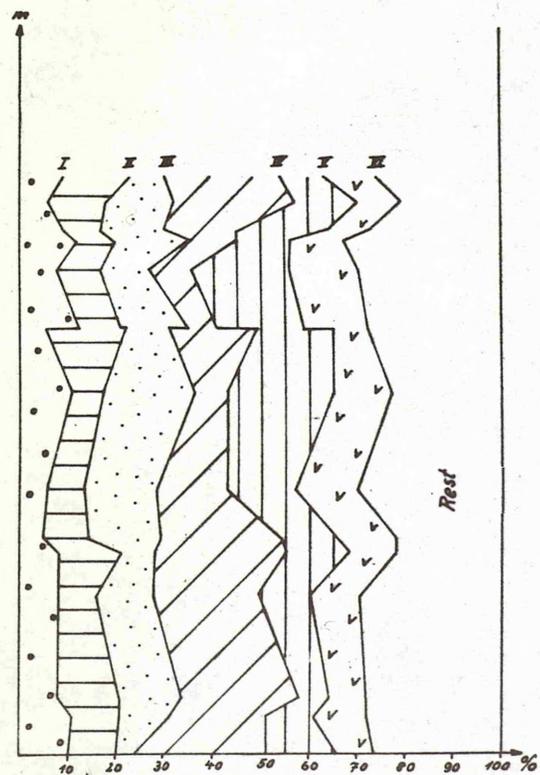


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

Summenkurve

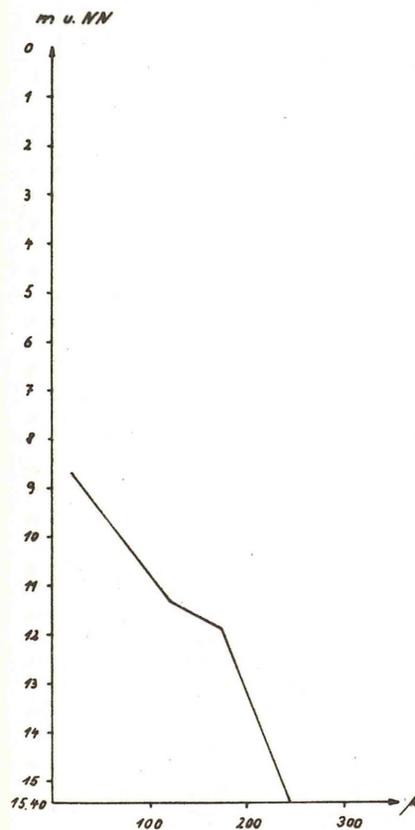


I Turmalin
II Zirkon
III Staurolith
IV Granat
V Hornblende
VI Epidot

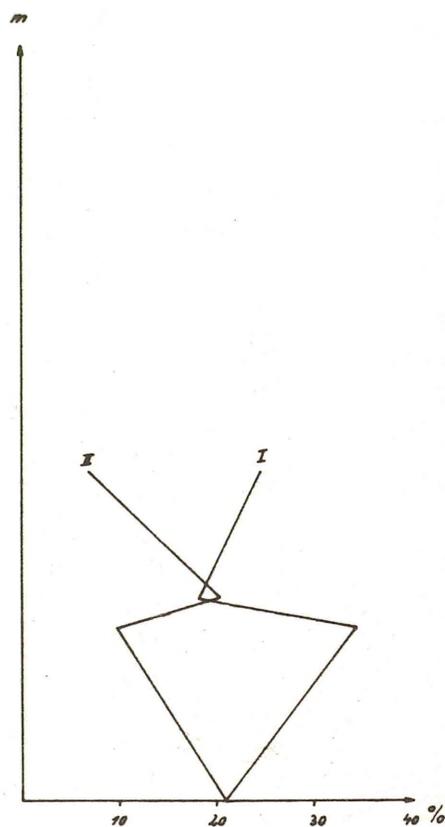
Rest: Rutil, Andalusit,
Sillimanit, Augit,
Topas, Disthen

Bohrung 106/51

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

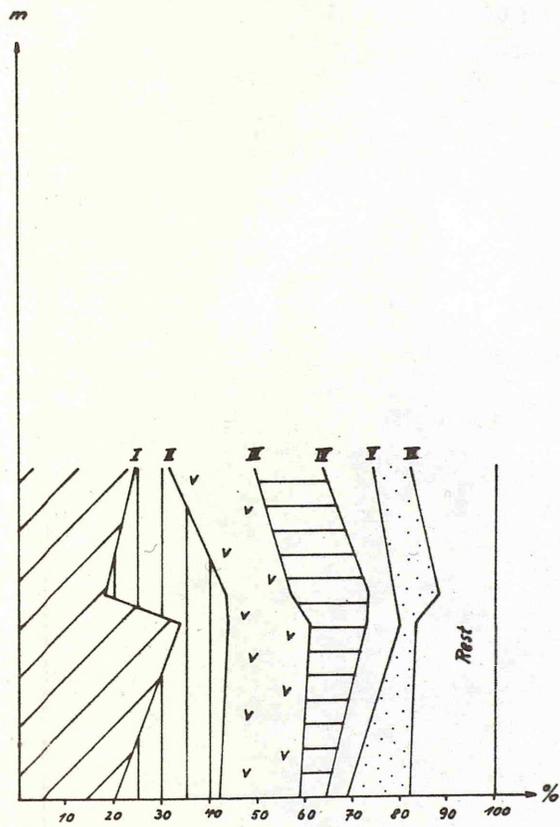


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

Summenkurve



I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Rutil
VI Staurolith

Rest: Turmalin, Disthen,
Sillimanit, Andalusit
Augit, Topas

1870

...

...

...

...

...

...

Bohrung 109/57

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

Granat-Hornblende-Verhältnis

Summenkurve

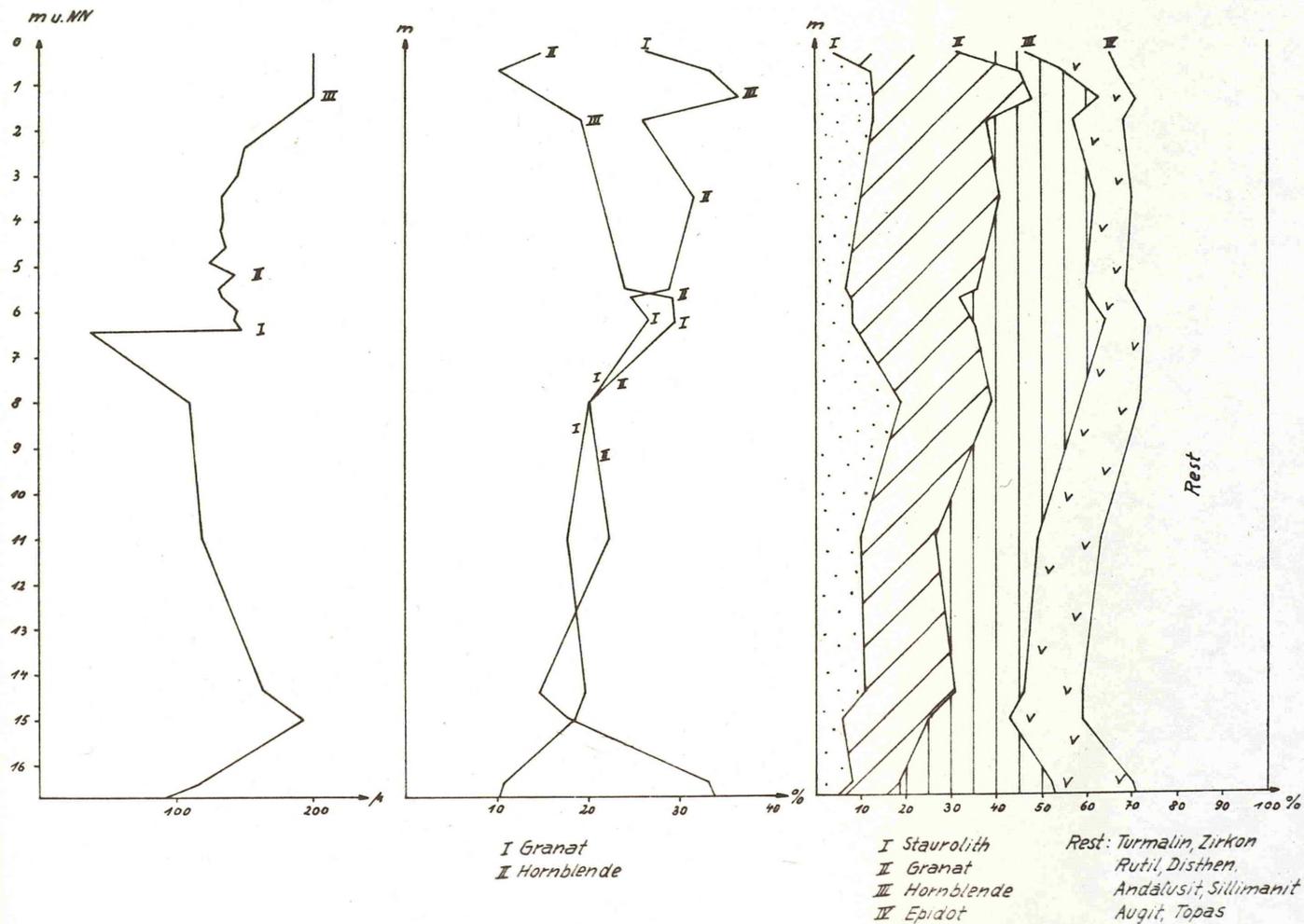


Figure 1

Figure 1: [Illegible text]

Figure 2: [Illegible text]

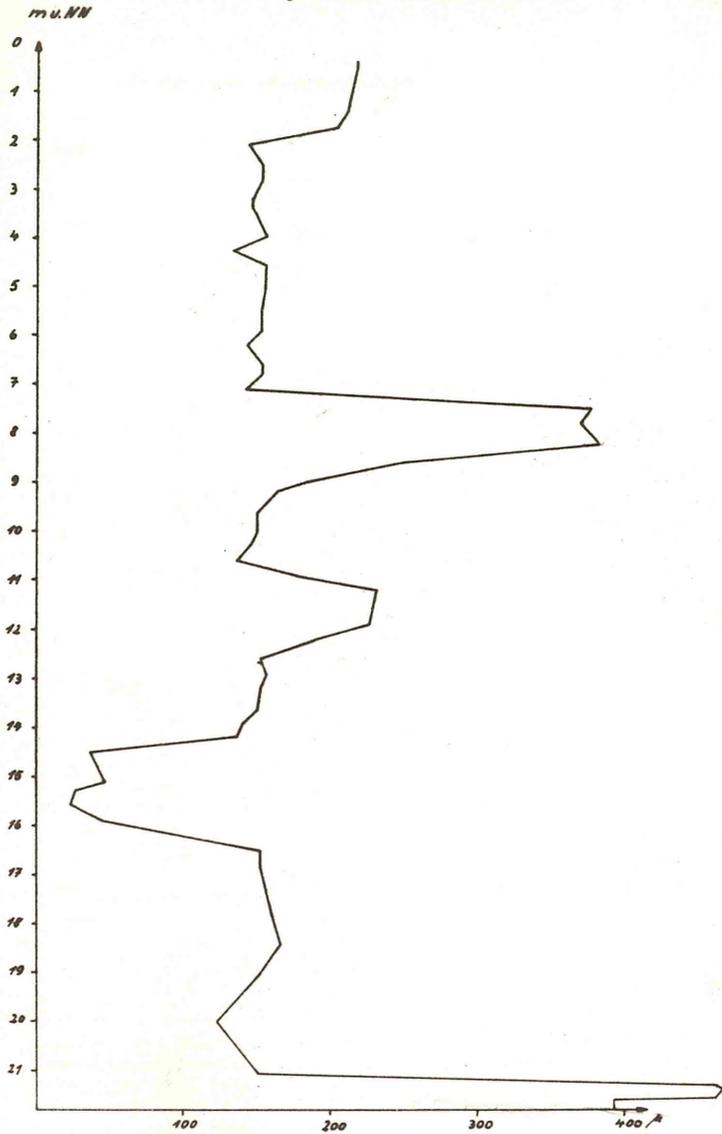
1950



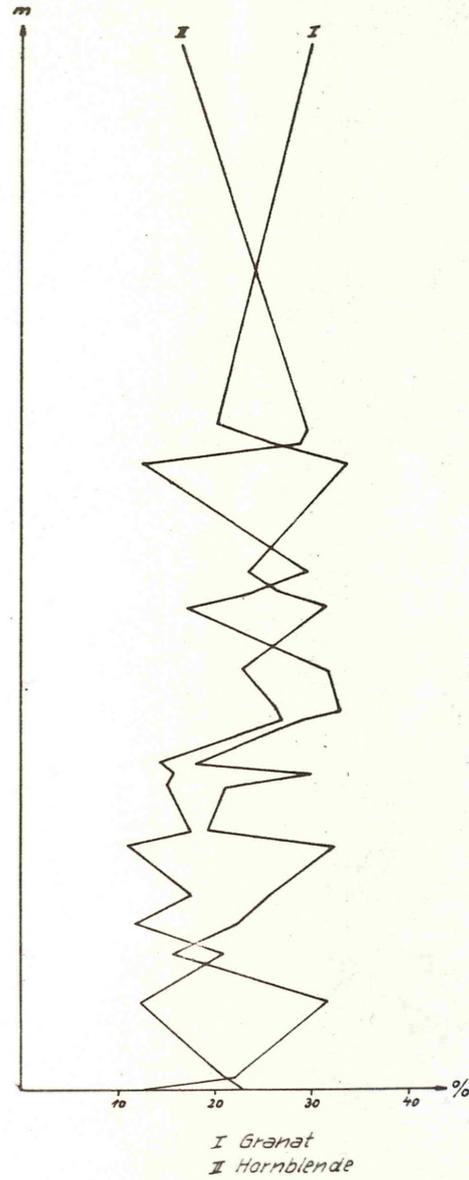
Figure 1: [Illegible text]

1950

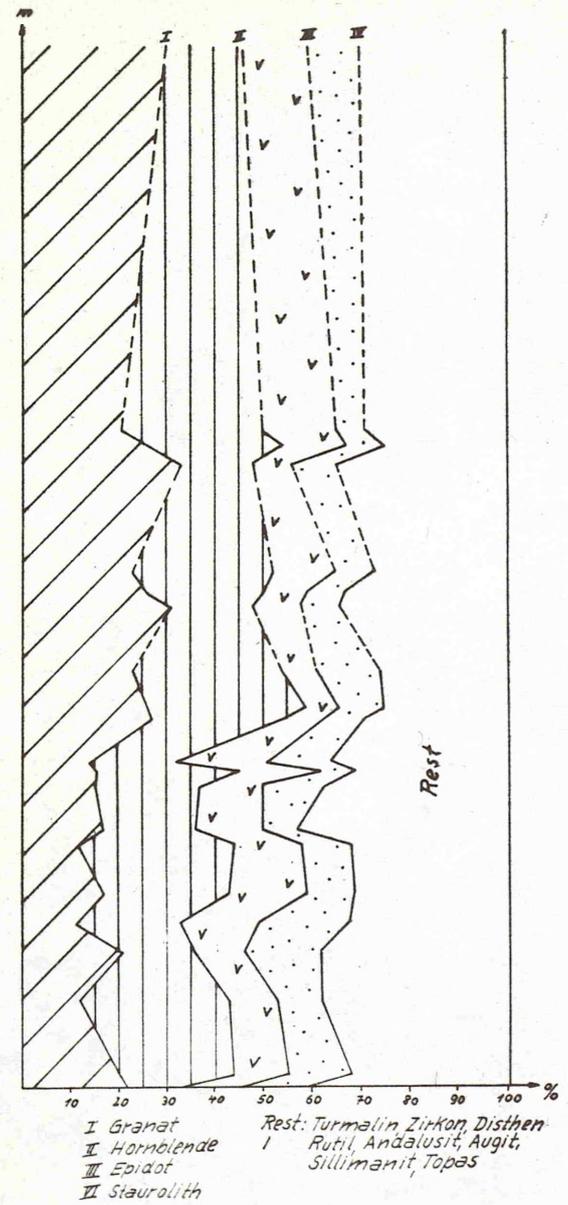
Korngrößen-Mittelwert-Kurve



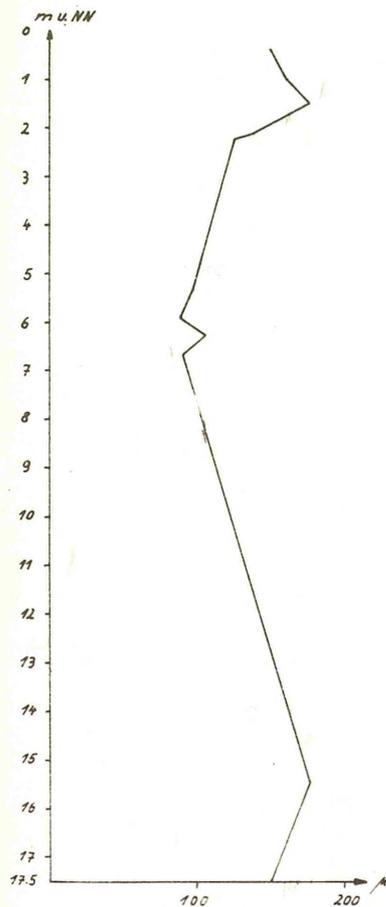
Granat-Hornblende-Verhältnis



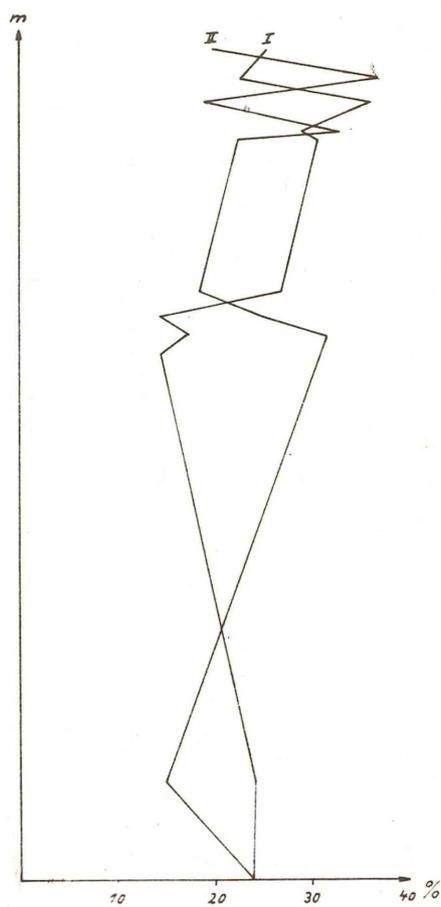
Summenkurve



Korngrößen-Mittelwert-Kurve

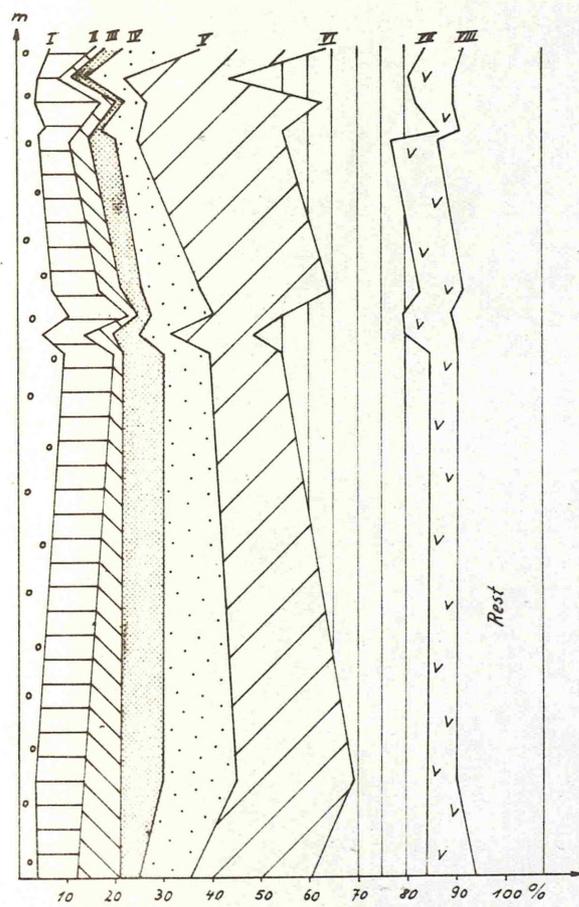


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

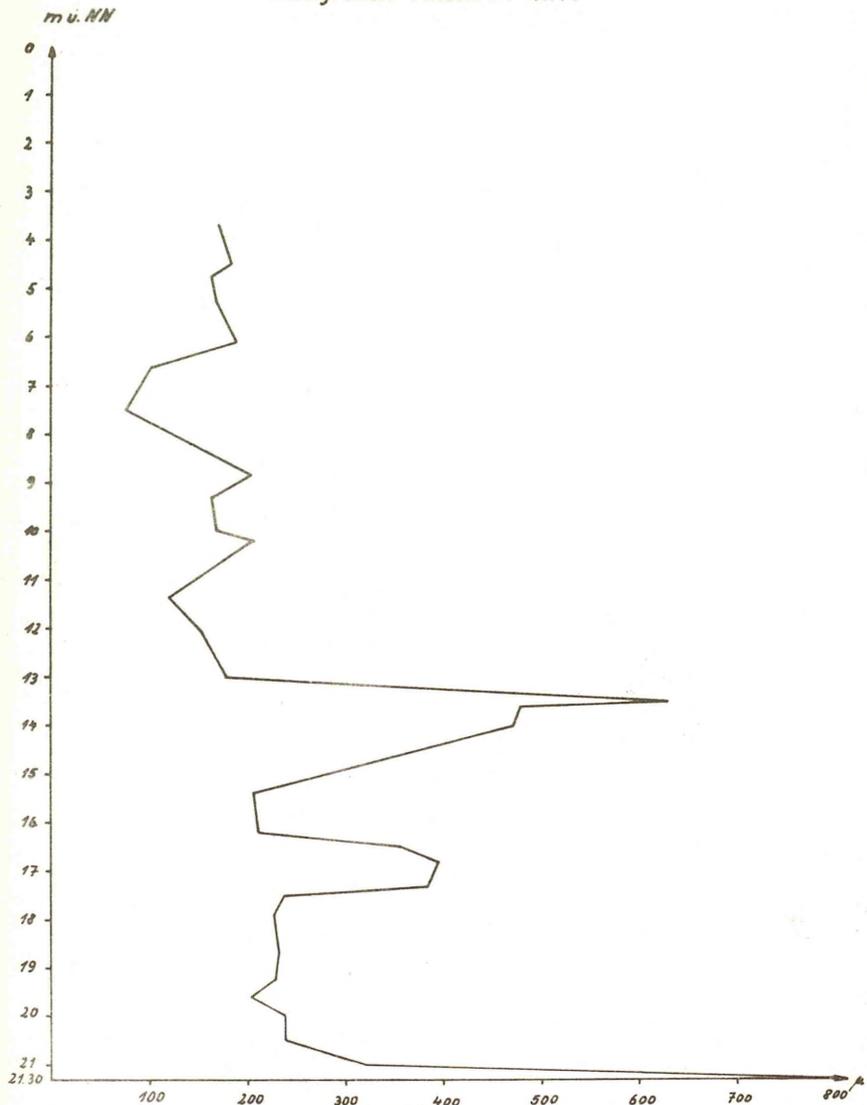
Summenkurve



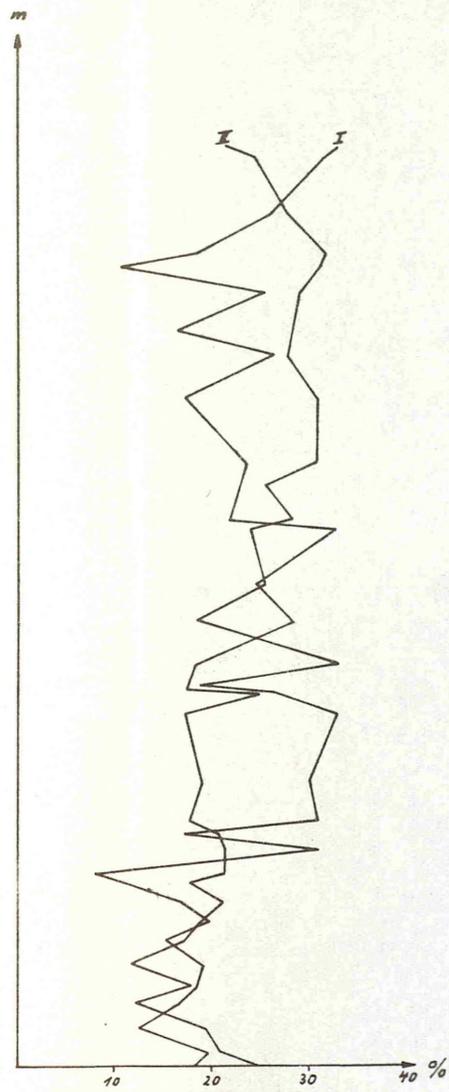
I Turmalin
II Zirkon
III Rutil
IV Disthen
V Staurolith
VI Granat
VII Hornblende
VIII Epidot

Rest: Andalusit, Augit,
Sillimanit, Topas

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

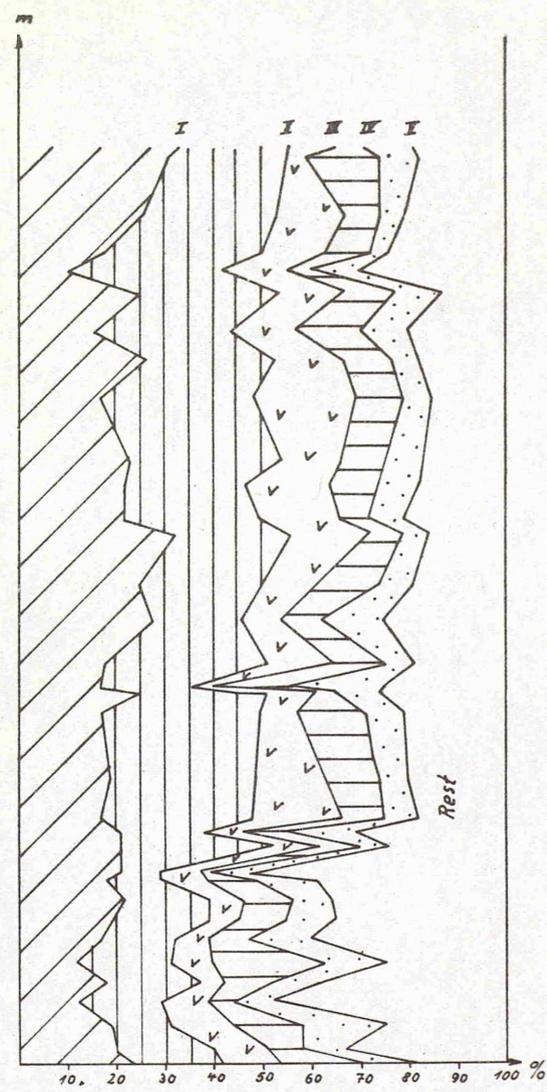


Granat-Hornblende-Verhältnis



I Granat
I Hornblende

Summenkurve

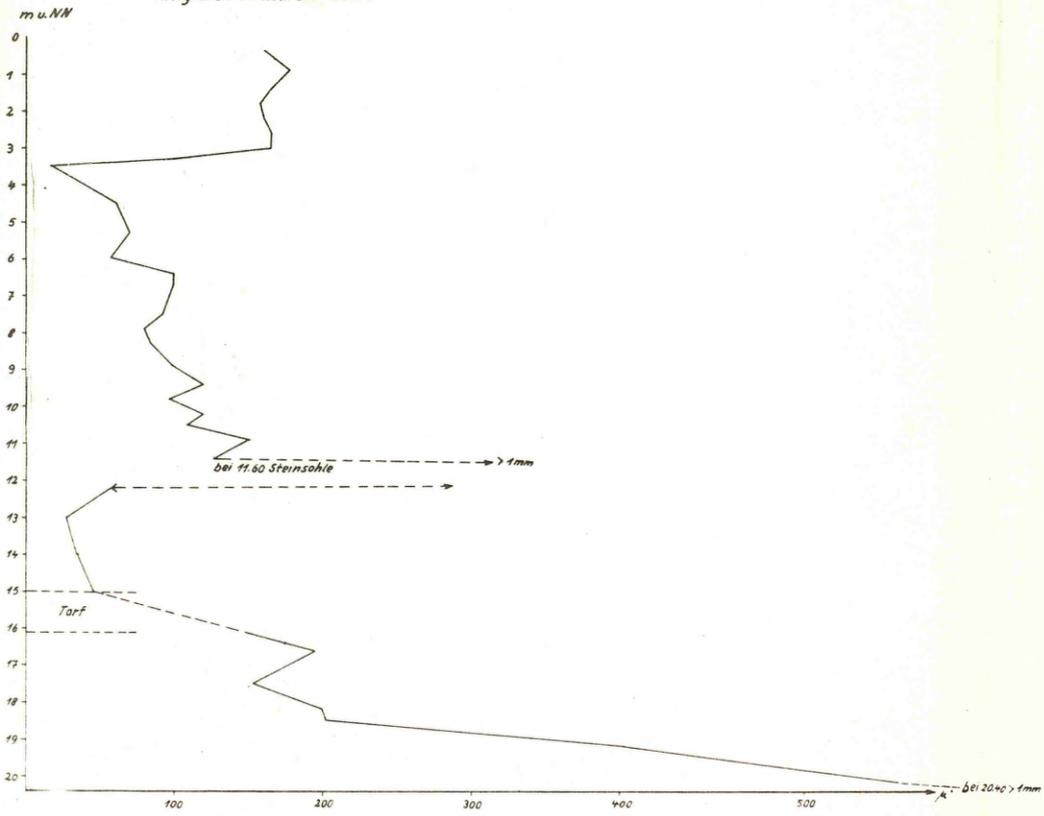


I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Staurolith

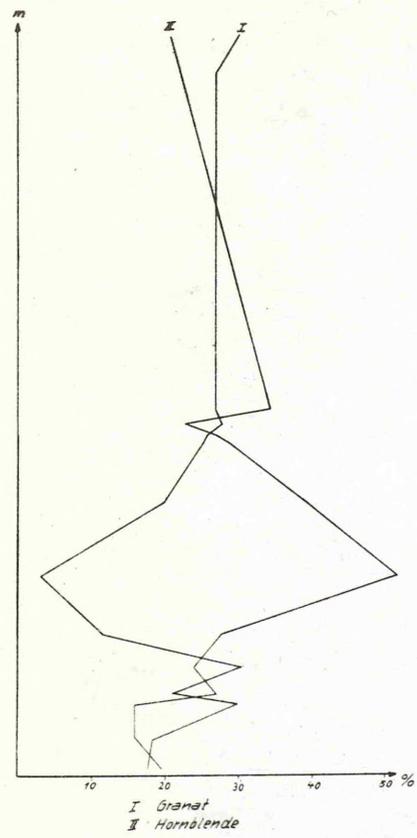
Rest: Turmalin, Rutil, Disthen,
Sillimanit, Augit, Topas,
Andalusit

Bohrung 114/57

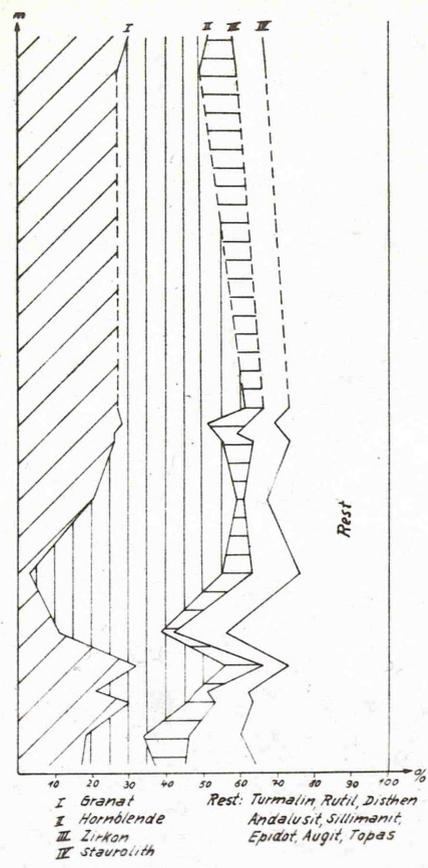
Korngrößen-Mittelwert-Kurve



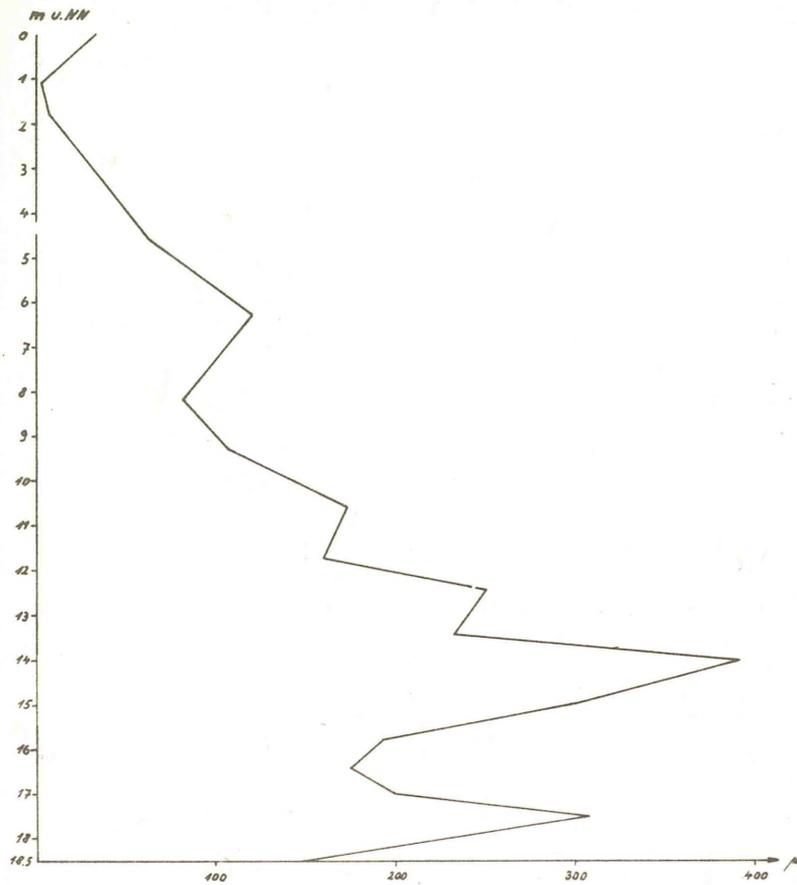
Granat-Hornblende-Verhältnis



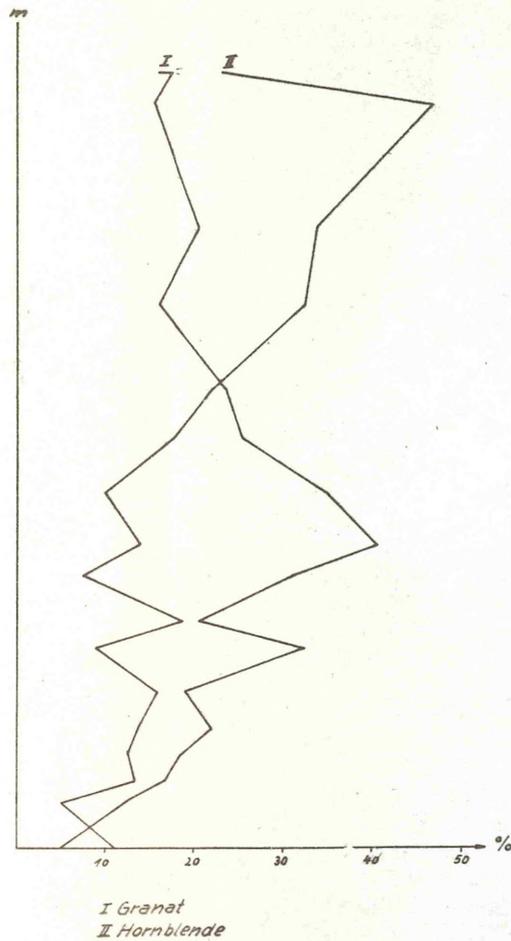
Summenkurve



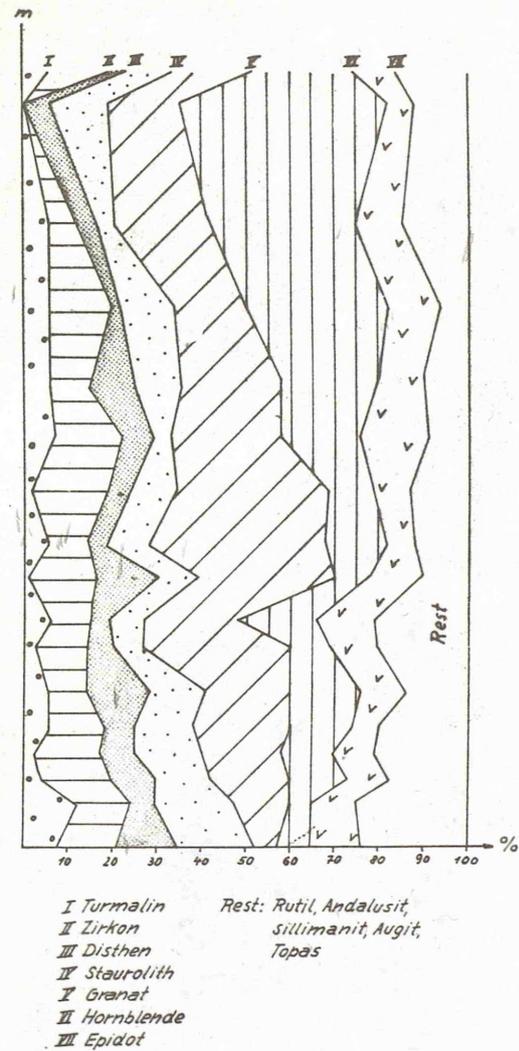
Korngrößen-Mittelwert-Kurve



Granat-Hornblende-Verhältnis

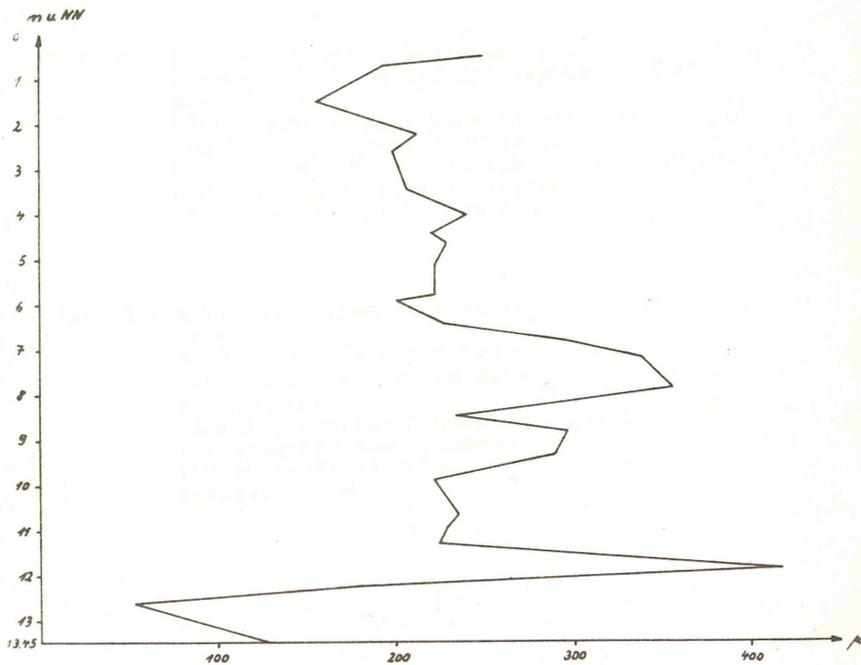


Summenkurve

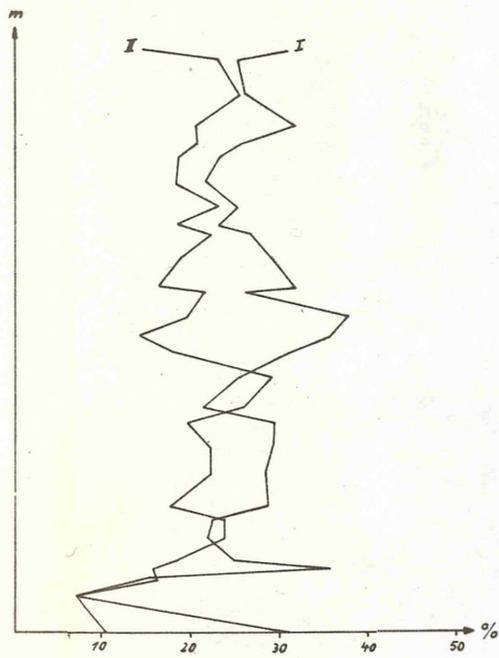


Bohrung 121/58

Korngrößen-Mittelwert-Kurve

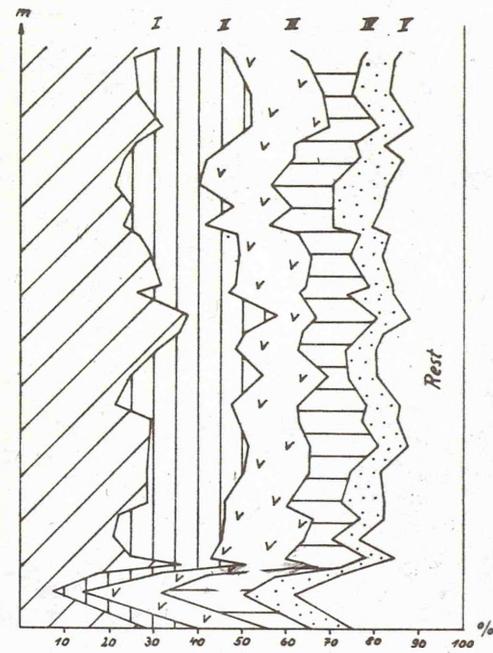


Granat - Hornblende-Verhältnis



I Granat
II Hornblende

Summenkurve



I Granat
II Hornblende
III Epidot
IV Zirkon
V Steurolith

Rest: Turmalin, Rutil
Disthen, Sillimanit
Andalusit, Augit,
Topas

In der gleichen Reihe sind erschienen:

Heft 1 : BERNHARD, Horst: Der Drucksetzungsversuch als Hilfsmittel zur Ermittlung der Mächtigkeit des pleistozänen Inlandeises in Nordwestniedersachsen. -- 168 S., 5 Taf. 1963. Preis 5.- DM

Heft 2 : RICHTER, Konrad: Beziehungen zwischen lokalem Grundwasserstand und Kryoturbationen auf Bornholm.-
SICKENBERG, Otto : Neue Säugetierfunde aus dem Gipskarst von Osterode/Harz.-
MICHAEL, E.: Mikroplankton und Sporomorphe aus dem nordwestdeutschen Barrême.-
48 S., 7 Taf. 1964. Preis 3.- DM

Heft 3 : RICHTER, Konrad: Der Salzstock von Lüneburg im Quartär.-
BENDA, Leopold und MICHAEL, Erhard: Ein neues Vorkommen von marinem Holstein-Interglazial bei Lüneburg.-
RICHTER, Konrad: Konnektierungsmöglichkeit niedersächsischer Flugsandrhythmen.-
(Lüneburg-Heft) 50 S., 10 Taf. 1966,
Preis 2.50 DM

Anfragen über Bezugsmöglichkeiten an:

Geologisches Institut der Technischen Hochschule
3 Hannover, Welfengarten 1



