

SCHWERMINERAL-UNTERSUCHUNGEN
IN QUARTÄR-ZEITLICHEN SANDEN NORDWESTLICH VON HANNOVER

(mit 1 Abb., 3 Tab., Taf. 2-3)

von

D. HENNINGSSEN *)

Kurzfassung:

Insgesamt 117 Proben von überwiegend sandigen Ablagerungen des Quartärs wurden im Bereich des nordwestlich von Hannover gelegenen Bl. Garbsen der topographischen Karte 1 : 50 000 auf ihre Schwermineralführung untersucht.

Der absolute Gehalt an durchsichtigen Schwermineralen beträgt im Mittel etwa 0,2 Gew.%. Bei Glazifluviatil-Sanden der Drenthe-Zeit ebenso wie bei Dünensanden (Spätweichselbis Holozän-Zeit) wurde festgestellt, daß mehrere Proben aus einem Aufschluß in ihrer Schwermineral-Führung jeweils relativ ähnlich sind. Glazifluviatil-Sande der Elster-Zeit unterscheiden sich durch ihre geringen Gehalte an Granat, Hornblende und Mineralen vulkanischer Herkunft (Augit, teilweise auch Orthopyroxene, Oxyhornblende und Olivin) deutlich von den Drenthe-zeitlichen, Weichsel-zeitlichen und holozänen Sanden. Alle diese sind in den Durchschnittswerten ihrer Schwermineral-Führung so gleichartig, daß eine starke Durchmischung von Material nördlicher (glaziärer) und südlicher (fluviatiler) Herkunft schon während der Drenthe-Zeit und/oder eine spätere Wiederaufbereitung angenommen werden muß. Im Untersuchungsgebiet ist die Schwermineral-Führung der nach-Elster-zeitlichen Sande nicht geeignet, um sie nach Alter bzw. Entstehungsart voneinander zu unterscheiden.

Verteilungskarten für einzelne Schwerminerale weisen darauf hin, daß Disthen, Hornblende und Epidot überwiegend aus nördlicher Richtung gekommen sind, während für Granat und Staurolith sowohl nördliche als auch südliche Herkunft anzunehmen sind. Turmalin, Apatit und die Minerale der vulkanischen Gruppe müssen hauptsächlich von Süden abgeleitet werden. Die im Untersuchungsgebiet gewonnenen Ergebnisse sind nicht ohne weiteres auf andere Bereiche des norddeutschen Flachlandes zu übertragen.

*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. D. HENNINGSSEN,
Institut für Geologie und Paläontologie der Technischen
Universität Hannover, Callinstr. 30, 3000 Hannover 1

Abstract:

A total of 117 samples of quarternary sediments, mostly sands, from a region NW of Hannover (Lower Saxony) has been investigated with regard to their content of heavy minerals. The absolute percentage of transparent heavy minerals approximates 0.2 Vol.%. If several samples of glaciofluvial sands (Drenthe-stage) or dune sands (Late Weichsel-stage to Holocene) are taken from one outcrop they show great similarities in their heavy minerals contents. Glaciofluvial sands of the Elster-stage evidently have less Garnet, Hornblende and minerals of volcanic origin (Augite, partly also Orthopyroxenes, Oxyhornblende and Olivine) than those of the Drenthe-stage, Weichsel-stage, and the Holocene. All these groups hold nearly the same average assemblages of heavy mineral, thus indicating that within the Drenthe-stage or later material from north and from south has been mixed and/or reworked. In the area investigated the proportions of heavy minerals do not help to identify either the stratigraphic position or the way of deposition of different sandy sediments younger than the Elster-stage.

The distributional pattern of several heavy minerals point out that Kyanite, Hornblende and Epidote have been transported predominantly from the north, whereas Garnet and Staurolite have sources both in the north and the south. Tourmaline, Apatite and the minerals of volcanic origin mainly must be derived from the south. All results obtained in the region examined should not be transferred to other zones of the lowlands of Northern Germany automatically.

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG	122
2. ARBEISMETHODIK	124
2.1. Probennahme und -aufbereitung	124
2.2. Bemerkung zu den beobachteten Schwermineralen	125
3. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	127
3.1. Absoluter Schwermineral-Gehalt	127
3.2. Variationsbreite der Schwermineral-Führung von Glazifluviatil- und Dünensanden	128
3.3. Beziehungen zwischen Alter und Schwermineral-Führung	132
3.3.1. Angaben anderer Autoren	132
3.3.2. Befunde im Arbeitsgebiet	133
3.4. Beziehungen zwischen Art der Ablagerung und Schwermineralführung	136
3.5. Herkunft bzw. Liefergebiete der Schwerminerale	137
4. AUSBLICK	141
5. ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN	142

1. EINLEITUNG

Die Schwermineral-Führung der quartären Sande im südnieder-sächsischen Flachland ist bisher noch nicht zusammenfassend untersucht worden. Die wenigen Einzeldaten von Schwermineral-Zählungen, die GRAUPNER (1963) genannt hatte, sind in den letzten Jahren durch Angaben in den Erläuterungen zu Blättern der geologischen Karte von Niedersachsen 1 : 25 000 wesentlich ergänzt worden (LANG u. Mitarb. 1967 und 1973, HÖFLE & SCHNEEKLOTH 1974, JORDAN u. Mitarb. 1975 b).

Bei allen bisherigen Bearbeitungen stand die Altersfrage im Vordergrund, d.h. es wurde überprüft, ob verschieden alte Serien auch Unterschiede in ihrer Schwermineral-Führung aufweisen. Andere Probleme, wie z.B. die mögliche Abhängigkeit der Schwerminerale von den Bildungsbedingungen der Sande (etwa äolisch oder fluviatil) ebenso wie Fragen, ob Schwerminerale aus bestimmten Herkunftsbereichen abgeleitet werden können, wurden bisher weniger behandelt. Dabei kann gerade unter diesen Gesichtspunkten die Schwermineral-Analyse eine wichtige Ergänzung zu den Geröll- bzw. Geschiebezählungen, die aus den quartärzeitlichen Sanden und Kiesen des südlichen Niedersachsens schon in großer Zahl vorliegen, darstellen.

Mit dieser Arbeit wird über eine detaillierte Untersuchung des Schwermineral-Gehaltes von sandigen Ablagerungen des Quartärs aus einem begrenzten Gebiet des norddeutschen Flachlandes berichtet. Ausgewählt wurde der Bereich des Blattes L 3522 Garbsen (früher Wunstorf) der topographischen Karte 1 : 50 000, das einerseits Sedimente unterschiedlicher Entstehung und Altersstellung aufweist und andererseits am Südrand des norddeutschen Vereisungsgebietes liegt, so daß hier die Verzahnung von Material nördlicher und südlicher Herkunft besonders deutlich werden muß (Abb. 1).

Im einzelnen ging es um die Beantwortung folgender Fragen:

1. Wie groß ist der absolute Schwermineral-Gehalt der verschiedenen Sande?

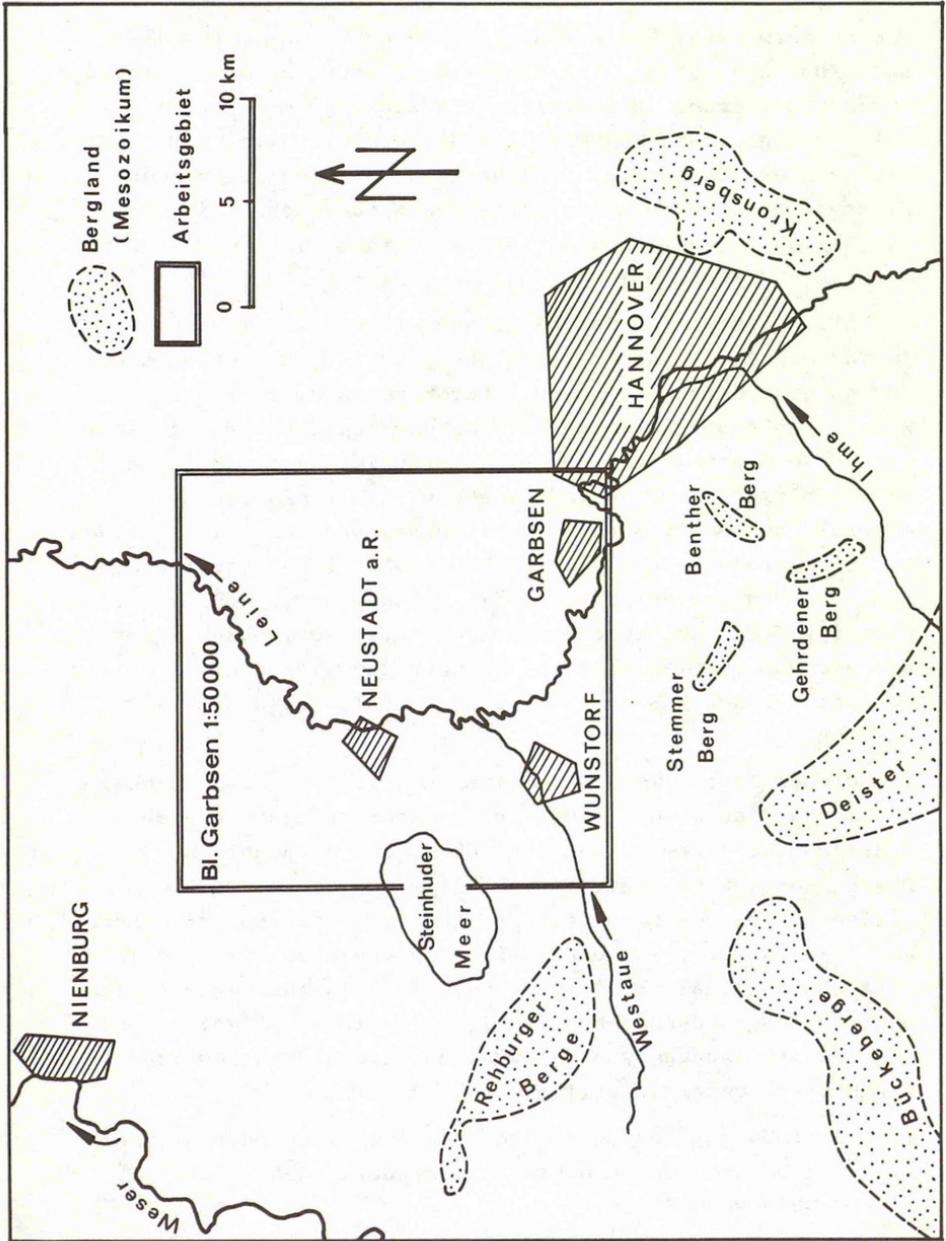


Abb. 1: Lage des Arbeitsgebiets am Südrand des nordwestdeutschen Flachlandes.

2. Inwieweit sind Einzelproben für größere Aufschlüsse/
Vorkommen repräsentativ?
3. Haben verschieden alte Sande eine unterschiedliche
Schwermineral-Führung?
4. Hängt der Schwermineral-Gehalt von der Art der Ablagerung
des Sandes ab?
5. Sind einzelne Schwerminerale leitend für eine Herkunft
aus nördlicher oder südlicher Richtung?

2. ARBEITSMETHODIK

2.1. Probennahme und -aufbereitung

Als Unterlage für die genetische und altersmäßige Zuordnung der Proben stand außer dem Bl. Otternhagen der geologischen Karte 1 : 25 000 (HÖFLE & SCHNEEKLOTH 1974), das den Nordwestsektor des Untersuchungsgebietes überdeckt, das Bl. Hannover der geologischen Übersichtskarte 1 : 200 000 (ARNOLD u. Mitarb. 1973) zur Verfügung. Die auf den genannten Blättern vorgenommene Einstufung konnte bis auf wenige Ausnahmen, bei denen für die gesammelten Proben eine abweichende Ansprache bzw. Zuordnung erforderlich war, übernommen werden.

Insgesamt wurden 117 Proben aus mehr als 80 Aufschlüssen untersucht, die sich einigermaßen gleichmäßig über das Bl. Garbsen verteilen. Im Mittelteil des Blattes ist die Proben-dichte gering, weil sich vom Steinhuder Meer nach Osten ein Gürtel von Moorflächen hinzieht (Totes, Otternhagener, Helstorfer und Bissendorfer Moor), in denen keine Sandproben genommen werden konnten. In bestimmten Bereichen des Untersuchungsgebietes vorhandene morphologische Formen und deren Deutung (z.B. KELLER 1955) wurden bei der Probennahme nicht gesondert berücksichtigt.

Die Verteilung der Proben auf die verschiedenen Sedimentarten mußte entsprechend deren Verbreitung und der Aufschlußverhältnisse ungleichgewichtig bleiben. Sie sind folgendermaßen zuzuordnen:

- 3 Proben glazifluviatile Sande (?Elster-zeitlich)
- 79 Proben glazifluviatile Sande (Drenthe-zeitlich)
- 4 Proben Niederterrassen-Sande der Leine (Weichsel-zeitlich)
- 5 Proben Leine-Sande (Spät-Weichsel- bis Holozän-zeitlich)
- 21 Proben Flug- und Dünensande (Spät-Weichsel- bis Holozän-zeitlich)
- 3 Proben Geschiebelehm (Drenthe-zeitlich bzw. dessen Übergang in überlagernde Fließerden)
- 2 Proben Sandlöß (Weichsel-zeitlich)

Bei allen Proben wurde darauf geachtet, daß sie nicht unmittelbar von der Oberfläche, sondern aus mindestens einigen Dezimetern Tiefe stammen, damit der Einfluß einer etwaigen jungen Verwitterung auf bestimmte Minerale (besonders Augit) möglichst ausgeschaltet bleibt. Die Proben wurden - falls erforderlich - einige Male dekantiert, sonst unmittelbar 5 g der Fraktion 0.25 - 0.036 mm abgeseibt und im Scheidetrichter mit Bromoform getrennt. Von den gewonnenen Schwermineral-Konzentraten (Einbettung mit Kunstharz Aroclor 4465) sind jeweils 300 - 400 durchsichtige Körner ausgezählt worden.

2.2. Bemerkungen zu den beobachteten Schwermineralen

In den bearbeiteten Proben konnten mehr als 15 verschiedene Arten von durchsichtigen Schwermineralen unterschieden werden. Einige von ihnen weisen die folgenden Besonderheiten auf:

Granat: Der überwiegende Teil der Granat-Körner ist farblos bis schwach rosa gefärbt, daneben kommen aber in fast allen Proben einzelne gelbe und/oder rotbraun gefärbte Granate vor.

Epidot/Zoisit/Klinozoisit: Eine große Variationsbreite nach Farbe (teils farblos, teils kräftig gelbgrün) und Form (teils unregelmäßig-eckig, teils gerundet, teils prismatisch) zeigen die Epidote. Da eine sichere und schnelle Unterscheidung zwischen Epidot, Zoisit und Klinozoisit teilweise

schwierig ist und Übergangsformen vorkommen, wurden die drei genannten Minerale zusammengefaßt (Epidot-Gruppe). Bei kräftig gefärbten Epidot-Körnern mit unregelmäßigem Umriß ergaben sich manchmal Schwierigkeiten, sie von hellem Staurolith zu unterscheiden.

Augit: Fast alle Augite sind grünlich-grau gefärbt und haben Auslöschungsschiefern um 45° . Es handelt sich demnach um Augite i. e. S. Leuchtend grüner Ägirin-Augit mit Auslöschungswinkeln von ca. 38° ist sehr selten. In vielen Proben sind die Augite deutlich verwittert, d. h. an den Enden stark ausgefranst, teilweise sogar fast völlig zerstört. Diese Verwitterung ist zumindest teilweise im Sediment erfolgt, woraus geschlossen werden muß, daß der heutige Augit-Gehalt der Sande vielfach geringer ist als er ursprünglich einmal war. In großen Aufschlüssen, aus denen mehrere Proben genommen wurden, konnte keinerlei Abhängigkeit des Verwitterungszustandes der Augite von der Tiefenlage der Proben festgestellt werden.

Orthopyroxene: Die vorhandenen Orthopyroxene sind häufig nahezu farblos und parallel zur Längsachse gestreift (Enstatit), wenige andere zeigen auch einen deutlichen Pleochroismus von rötlichen zu grünlichen Farben (Hypersthen). Die übrigen Orthopyroxene weisen keines dieser beiden Merkmale auf; sie sind dann nicht ohne weiteres näher zu bestimmen.

Hornblenden: Neben den grünen bis olivfarbenen Hornblenden i. e. S. kommen kräftig gelbrot bis rotbraun, seltener auch dunkelgrün bis fast schwarz gefärbte Oxyhornblenden ("basaltische Hornblenden") vor. Ihre Brechungsindices liegen immer über dem des Einbettungsmittels Aroclor; da aber auch Hornblenden i. e. S. teilweise eine ähnlich hohe Lichtbrechung besitzen können (z. B. HEINRICH 1965: 258), reichen hohe Brechungsindices allein nicht zur Bestimmung als Oxyhornblenden aus. Bei den Zählungen wurden die Körner dann zu dieser Gruppe gerechnet, wenn sie außer durch hohe Lichtbrechung auch durch besonders kräftige Farben, säulig-prismatische Form und (statt klar erkennbarer Spaltbarkeit)

durch Risse parallel zur Längsachse gekennzeichnet waren. Zweifellos ist eine in dieser Weise vorgenommene Trennung zwischen Hornblenden i. e. S. und Oxyhornblenden etwas willkürlich.

Selten vorkommende Schwerminerale: Bei sämtlichen Schwermineral-Zählungen, sowohl eigenen als auch denen anderer Autoren, stellten die nur in wenigen Körnern vorkommenden Schwerminerale insofern ein Problem dar, als ihre Bestimmung oft unsicher ist. Diese Einschränkung gilt bei den untersuchten Sanden jedoch nicht für die Registrierung; von wenigen eindeutigen Olivin-Körnern in solchen Proben, die üblicherweise auch einen erhöhten Gehalt an Augit und Oxyhornblenden aufweisen. Olivin tritt wegen seiner großen Verwitterungsanfälligkeit nur selten als detritisches Schwermineral auf.

Weniger spektakulär ist dagegen das Vorhandensein von Einzelkörnern von Korund, Brookit sowie grünem und blauem Spinell, die durchaus aus quartärzeitlichen Sanden Norddeutschlands bekannt sind. Im Unterschied zu Zählungen anderer Autoren nicht eindeutig bestimmt wurden Monazit und vor allem Topas. Dieses Mineral gilt als Beweis für eine Materialherkunft aus östlicher Richtung (z. B. GENIESER 1970: 57, LÜTTIG & MEYER 1974: 19), wurde aber trotz intensiver Suche in keiner der hier bearbeiteten Proben gefunden. "Alterit", der bei Zählungen aus den Niederlanden und dem Niederrhein genannt wird, wurde nicht ausgeschieden. Es treten zwar immer einzelne stark zersetzte und schwer zu identifizierende Körner auf, aber nicht in solcher Menge, daß sie besonders erwähnt werden müßten. Auch andere Autoren haben bei Schwermineral-Zählungen im norddeutschen Flachland "Alterit" meist nicht aufgeführt.

3. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

3.1. Absoluter Schwermineral-Gehalt

Erwartungsgemäß war der absolute Gehalt an Schwermineralen

in den untersuchten Proben sehr verschieden. Auswiegen von rund einem Drittel der gezählten Proben ergab Werte zwischen 0.1 und 5 Gewichtsprozent mit einem Mittelwert von etwa 0.5 Gewichtsprozent. Knapp die Hälfte bis mehr als zwei Drittel davon sind Erzkörner, so daß man von einem mittleren Gehalt von etwa 0.2 Gewichtsprozent durchsichtiger Schwerminerale in den Sanden ausgehen kann. Dabei ergaben sich keine Anhaltspunkte dafür, daß Proben bestimmten Alters bzw. bestimmter Bildungsbereiche (etwa Glazifluviatilsande/Drenthe gegenüber Dünen-sanden/Weichsel bis Holozän) regelmäßig höhere oder niedrigere Schwermineral-Konzentrationen aufweisen würden. In Sanden aller Bereiche wurden starke Schwankungen sowohl des Gehaltes an Erzkörnern als auch an durchsichtigen Schwermineralen angetroffen.

Wie einige vergleichende Wägungen von Sandproben bzw. deren Schwermineral-Konzentrationen aus anderen Bereichen des niedersächsischen Flachlandes zeigten, kann man für diese von einem etwa ähnlichen Schwermineral-Gehalt wie im Untersuchungsgebiet ausgehen (vgl. z. B. auch SCHLENKER in HÖFLE u. Mitarb. 1976: Tab. 2). Das bedeutet, daß in den Sanden des norddeutschen Flachlandes erhebliche Mengen von technisch verwertbaren Industrie-Mineralen vorkommen, wenn auch nicht genügend angereichert bzw. konzentriert und deshalb - zumindest zunächst noch - wirtschaftlich uninteressant. In den Quartär-Sanden Norddeutschlands sind z. B. mit Sicherheit 1 - 2 Mill. to Zirkon vorhanden, was dem 2-4-fachen der derzeitigen Welt-Jahresförderung dieses Minerals entspricht.

3.2. Variationsbreite der Schwermineral-Führung von Glazifluviatil- und Dünen-sanden

Bei einer regionalen Untersuchung von Mineralgehalten in Sedimenten muß die Frage beantwortet werden, inwieweit ein oder zwei Proben, die an einer Lokalität genommen wurden, für diese insgesamt repräsentativ sind. Zur Ermittlung der Variationsbreite in der Schwermineralführung wurden in drei Vorkommen von glazifluviatilen Sanden und einem von Dünen-

sanden jeweils mehrere Proben untersucht. Es sind dieses (alle auf TK Garbsen 1 : 50 000):

1. Sandgrube an der B 441 am Silberberg, ca. 2 km W Wunstorf, westliche Seite (r 35 26 320, h 58 11 320): Glazifluviatil-Sande der Drenthe-Zeit, 6 Proben im vertikalen Abstand von jeweils 2 m, beginnend 1 m unterhalb der Oberkante des Sandkörpers (Proben 75 a-f);
2. Sandgrube am Spielberg, ca. 2 km SW Borstel (r 35 24 680, h 58 27 480): Glazifluviatil-Sande der Drenthe-Zeit, 5 Proben im vertikalen Abstand von jeweils 2 m, beginnend ca. 1 m unterhalb der Oberkante des Sandkörpers (Proben 89 a-e);
3. Große Sand- und Kiesgrube zwischen Abbensen und Negenborn der Fa. Ilseder Schlackenverwertung, NE-Seite der Grube (r 35 43 400, h 58 26 080): Glazifluviatil-Sande der Drenthe-Zeit, 7 Proben im vertikalen Abstand von jeweils 3 m, beginnend ca. 1 m unterhalb der Oberkante des Sandkörpers (Proben 116 a-g);
4. E-Böschung des Dünenhügels an der Straße nach Garbsen, ca. 2 km E Schloß Ricklingen (r 35 36 400, h 58 10 400): Dünensande der Weichselzeit bzw. des Holozäns, 5 Proben von verschiedenen Stellen der Böschung, jeweils ca. 5 m seitlich bzw. horizontal gegeneinander versetzt (Proben 65 a-e). Auf Bl. Hannover der geol. Karte 1 : 200 000 sind an dieser Stelle Drenthe-zeitliche Schmelzwasserablagerungen eingetragen. An der Dünennatur des Hügels besteht jedoch kein Zweifel, zumal in den Sanden auch die Quarzkörner deutlich gerundet und mattiert sind.

Von allen Proben wurde die Korngrößenzusammensetzung durch Sieben ermittelt. Die Ergebnisse der Schwermineral-Zählungen wurden jeweils entsprechend ihrer Entnahmehöhe im Aufschluß (von oben nach unten) und außerdem nach der Korngrößenverteilung der Proben (von grob nach fein) geordnet (Tab. 1).

	Proben 75 (Silberberg)						Proben 89 (Spielberg)						Proben 116 (Abbensen)						Proben 65 (Schloß Ricklingen)					
	a	d	c	b	e	f	a	b	d	c	e	g	d	e	c	f	a	b	a	b	c	d	e	
	Feinsandige Mittelsande						Grobsand- haltige Mittelsande			Feinsandige Mittelsande			Mittelsandige Feinsande			Feinsandige Mittelsande			Mittelsandige Feinsande			Grobsand- haltige Mittelsande		
Zirkon	19	9	7	11	19	11	12	13	6	12	6	7	16	11	11	6	13	16	15	12	18	15	20	
Turmalin	7	15	17	10	7	13	7	8	5	3	6	10	11	9	8	6	8	4	10	15	16	14	15	
Rutil	4	3	2	6	3	2	2	3	2	6	6	1	4	3	2	4	2	3	2	4	2	2	2	
Apatit	1	0	1	+	2	3	+	1	1	3	2	0	0	1	0	1	1	1	1	+	4	1	3	
Titanit	+	1	+	0	+	1	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
Granat	36	18	29	42	23	22	21	10	13	13	18	5	2	22	5	22	14	4	25	23	18	23	23	
Hornblende	3	9	4	2	7	11	18	25	28	12	22	28	15	22	32	25	20	18	15	13	13	11	12	
Epidot-Gruppe	20	30	26	15	28	26	26	28	37	38	35	32	42	21	30	20	28	50	11	18	13	16	9	
Staurolith	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	2	6	3	4	3	3	2	1	1	3	3	2	2	
Disthen	1	2	2	2	2	+	5	3	1	2	1	3	3	2	2	2	3	1	2	2	1	2	3	
Sillimanit	1	1	1	1	1	1	2	2	2	+	1	2	1	1	3	1	2	1	1	1	2	1	2	
Andalusit	0	1	1	+	1	1	1	1	1	+	0	1	1	0	1	0	1	1	1	+	1	0	1	
Augit	6	7	5	7	4	4	2	2	3	1	1	2	1	3	1	6	4	+	10	6	5	5	5	
Oxyhornblende	0	1	2	2	1	2	+	1	0	0	0	2	1	1	3	3	1	+	4	2	3	5	1	
Orthopyroxen	+	1	+	0	0	0	1	+	0	0	0	1	0	+	0	1	1	+	2	1	1	3	1	
Olivin	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tab. 1: Schwermineral-Prozente in Serienproben aus 3 Aufschlüssen mit glazifluviatilen Sanden (Drenthe: Proben 75, 89 und 116) und 1 Aufschluß mit Dünenanden (Spätweichsel bis Holozän: Proben 65), sämtlich geordnet nach der Korngröße (links grob, rechts fein). "+" = vorhanden, aber weniger als 1 %.

Während die erste Zusammenstellung keinerlei systematische Veränderungen erkennen ließ, zeigt die zweite bei den Probenreihen 89 (Spielberg) und 116 (Abbensen) gewisse Unterschiede insofern, als bei abnehmender Korngröße sich ein relatives Zurückgehen der Gehalte von Turmalin, Staurolith und Disthen andeutet. Ursache hierfür ist wahrscheinlich die Tatsache, daß die drei genannten Minerale häufig als vergleichsweise große Körner auftreten und deshalb bei mehr feinkörnigerem Material in der Gesamtprobe zurücktreten müssen. In den Serien 65 (Schloß Ricklingen) und 75 (Silberberg) sind vermutlich deshalb keine derartigen Trends zu erkennen, weil die Korngrößenunterschiede zwischen den einzelnen Proben nur sehr gering sind.

Insgesamt zeigt Tab. 1 zwar deutliche Schwankungen in den Prozentgehalten bestimmter Minerale bei Proben aus demselben Aufschluß, läßt aber doch typische Verhältnisse bzw. Werte erkennen, die bei allen Proben eines Vorkommens ähnlich vorhanden sind. So beträgt z.B. der Turmalin-Gehalt bei den Spielberg-Proben immer weniger als 9 %, dagegen bei denen von Schloß Ricklingen 10 und mehr Prozent. Alle Silberberg-Proben haben wenig Hornblende und - im Gegensatz etwa zu den Proben vom Silberberg und von Schloß Ricklingen - kaum Minerale der vulkanischen Gruppe (Augit, Oxyhornblenden, Orthopyroxene). Ähnliche begrenzte Schwankungen bei Proben von quartären Sanden aus einem Aufschluß bzw. einer Bohrung hatten auch SINDOWSKI (in LANG u. Mitarb. 1967:32) und MATTIAT (in VINKEN u. Mitarb. 1971:138 ff.) festgestellt.

Aus diesen Befunden ergibt sich, daß Einzelproben von quartären Sanden als durchaus etwa typisch für jeweils einen größeren Aufschluß angesehen werden können, wie es in ähnlicher Weise seit längerem auch bei Geröllzählungen unterstellt wird - wenn auch in anderem Maßstab. Damit werden Untersuchungen über regionale Veränderungen der Schwermineral-Gehalte von Quartär-Sanden in relativ einfacher Weise möglich.

3.3. Beziehungen zwischen Alter und Schwermineralführung

3.3.1. Angaben anderer Autoren

Die bisher bekannt gewordenen Untersuchungen über Veränderungen der Schwermineral-Gehalte von quartären Sedimenten Norddeutschlands in Abhängigkeit vom Alter der betreffenden Schichten haben nicht immer zu gleichartigen Ergebnissen geführt. So ermittelten z.B. MATTIAT und SINDOWSKI (in LANG u. Mitarb. 1967) eine Zunahme des Granat-Gehaltes von Drenthe- über Warthe- zu Weichsel-zeitlichen Sanden auf Bl. Mellendorf im N von Hannover, ähnlich wie sie von SCHRAPS (1966) beim Vergleich von Elster-, Saale- und Holozän-Sanden von den ostfriesischen Inseln gefunden wurde. Bei Geschiebelehm- bzw. -mergeln von Bl. Schwanewede konnte dagegen SCHLENKER (in HÖFLE u. Mitarb. 1976) beim Granat-Gehalt keine signifikanten Unterschiede zwischen Elster- und Drenthe-zeitlichen Proben finden, während derselbe Autor in Grundmoränen zwischen Misburg und Hannover von Elster- zu Drenthe-Proben eine Abnahme des Granat-Gehaltes feststellte (in JORDAN u. Mitarb. 1975 a und 1975 b).

Für die Hornblende-Anteile liegen folgende Angaben vor: Zunahme bei Drenthe- gegenüber Elster-zeitlichen Ablagerungen (SCHRAPS 1966, SCHLENKER in JORDAN u. Mitarb. 1975 a und 1975 b sowie in HÖFLE u. Mitarb. 1976); Anreicherung bei Drenthe- gegenüber Warthe-Sanden (MATTIAT und SINDOWSKI in LANG u. Mitarb. 1967); Zunahme von Elster- über Saale- zu Weichsel-Geschiebemergeln (STEINERT 1952). Der Epidot-Gehalt soll bei jüngeren Ablagerungen allgemein zurückgehen (STEINERT 1952, vgl. auch ELLENBERG 1975:1400).

Für Augit bzw. Pyroxene wird teilweise ein Ansteigen des Gehaltes mit Jüngerwerden der Proben angegeben (STEINERT 1952, vgl. auch ZANDSTRA 1971). Infolge stärkerer oberflächlicher Verwitterung sind in Interglazial-Sedimenten allgemein weniger Pyroxene zu erwarten (THIEKE 1975).

3.3.2. Befunde im Arbeitsgebiet

Von den in Kap. 2.1. aufgeführten Gruppen verschiedenartiger Sedimente, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht worden sind, werden fünf entsprechend ihrer Altersstellung miteinander verglichen:

a) Glazifluviatil-Sande der ?Elster-Zeit: Es handelt sich um helle (gebleichte) Glimmer-reiche Feinsande, die NW Welze auf Bl. Otternhagen 1 : 25 000 vorkommen und von HÖFLE & SCHNEEKLOTH (1974: 12 f) in Anlehnung an GENIESER als wahrscheinlich Elster-zeitlich eingestuft worden sind. Diese Sande heben sich wegen ihrer Feinkörnigkeit und hellen Farbe von den übrigen Glazifluviatil-Sanden im Arbeitsgebiet deutlich ab. Die hier untersuchten Proben stammen aus den liegenden Partien der von HÖFLE & SCHNEEKLOTH (1974) genannten Grube nördlich von Welze (r 35 36 400, h 58 29 000; Probe 18 a), außerdem aus einer anderen, die ca. 500 m nordöstlich davon liegt und gleichartige Sande in einigen Metern Mächtigkeit aufschließt (r 35 36 840, h 58 29 180; Proben 17 und 17 a). Auf Bl. Otternhagen sind die Sande an dieser Stelle allerdings als Drenthe-zeitlich eingetragen.

b) Glazifluviatile Fein- bis Grob-, aber überwiegend Mittelsande der Drenthe-Zeit: Proben über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt. In dem obengenannten Aufschluß 18 im Norden von Welze zeigt eine aus den hangenden, wahrscheinlich Drenthe-Sanden entnommene Mittelsand-Probe eine Schwermineral-Führung, die zwischen derjenigen von ?Elster- und der von "normalen" Drenthe-Sanden vermittelt (noch sehr wenige Körner von Hornblende und Augit). Das gleiche wurde bei Sanden aus einer zugewachsenen Grube ca. 500 W von Aufschluß 18 beobachtet (Probe 123). Vermutlich wurden bei der Ablagerung der Drenthe-Sande Teile der hier ehemals zutage liegenden hellen ?Elster-Sande aufgearbeitet.

c) Flug- und Dünensande (Spät-Weichsel-Zeit bis Holozän):

Proben ebenfalls über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt. Die Sande dieser Gruppe sind meist relativ grobkörnig (Mittel- bis Grobsande); die Schwerminerale sind häufig groß und wie die Quarzkörner gut gerundet. Es ist allerdings festzuhalten, daß auch bei Glazifluviatil- und bei Leine-Sanden mehrfach eine gute Kornrundung zu beobachten ist.

d) Sande der Leine-Niederterrasse (Weichsel-zeitlich) und

e) Sande der subrezentem bis rezenten Leine (Holozän).

Bei einem Vergleich der Schwermineral-Führung dieser verschiedenen alten Serien (Tab. 2) zeigt sich, daß nur die der ?Elster-Sande deutlich von allen übrigen abweicht. Sie enthalten - wie es von anderen Autoren ähnlich festgestellt worden war (s.o.) - deutlich weniger Granat, Hornblende und keine Minerale vulkanischer Herkunft (besonders Augit), dafür aber reichlich Epidot. Auch GENIESER (1964: 46) und ZANDSTRA (1971) fanden nennenswerte Mengen von Augit erst in nach-Elster-zeitlichen Ablagerungen.

Die Sande von der Drenthe-Zeit ab weisen in ihren Mittelwerten kaum Unterschiede im Schwermineral-Gehalt auf. Die in Dünen- und Flugsanden vergleichsweise meist etwas höheren Turmalin-Werte erklären sich dadurch, daß dieses Mineral - besonders gegenüber Zirkon - in gröberem Fraktionen leicht angereichert wird und die Sande dieser Gruppe oft relativ grobkörnig sind.

Die aus Tab. 2 erkennbaren Unterschiede zwischen Weichselzeitlichen und holozänen Leinesanden (Zirkon/Turmalin-Verhältnis; Gehalt an Mineralen vulkanischer Herkunft) beruht vermutlich auf der zu geringen Zahl der untersuchten Proben. Geht man von einem Durchschnittswert aus beiden Gruppen aus, paßt sich dieser den mittleren Gehalten der Glazifluviatil-Sande (Drenthe) und der Flug- und Dünensande (Weichsel-Zeit bis Holozän) gut an.

	Glazifluviatilsande (?Elster)		Glazifluviatilsande (Drenthe)		Flug- und Düne-sande (Spät-Weichsel bis Holozän)		Leinesande Niederterrasse (Weichsel)		Leinesande (Holozän)	
	Var.-Breite	MW	Var.-Breite	MW	Var.-Breite	MW	Var.-Breite	MW	Var.-Breite	MW
Zirkon	8-22	17	2-31	13	5-38	13	2-11	7	7-28	17
Turmalin	5-11	8	2-32	11	9-47	17	12-13	13	6-13	9
Rutil	3-8	5	1-6	3	+5	2	0-2	1	+4	2
Apatit	0	0	0-13	1	0-3	1	0-1	+	1-7	3
Titanit	0	0	0-1	+	0-1	+	0-1	+	0-7	+
Granat	1-2	1	2-42	16	2-44	21	19-39	25	14-26	20
Hornblende	2-4	3	1-41	16	1-20	10	8-18	13	11-17	16
Epidot-Gruppe	54-68	57	5-50	23	9-39	17	6-15	12	9-26	17
Staurolith	0-2	1	+8	3	1-8	3	2-5	4	0-4	2
Disthen	1-5	3	+6	2	0-6	2	1-6	4	1-4	2
Sillimanit	1-2	1	0-3	1	0-6	1	1-2	2	+2	1
Andalusit	2-3	2	0-4	1	0-4	1	0-4	2	1	1
Augit	0	0	0-36	6	1-24	7	8-22	12	5-9	6
Oxyhornblende	0	0	0-11	2	0-9	3	3-6	5	1-5	3
Orthopyroxen	0	0	0-6	1	0-3	1	0-4	1	0-2	1
Olivin	0	0	0-1	0	0-+	0	0	0	0-+	+

Tab. 2: Schwermineral-Prozente (niedrigste, höchste und mittlere Werte von Proben verschiedenartiger Sande, alle aus dem Bereich der TK Garbsen 1 : 50 000.

"+" = vorhanden, aber weniger als 1 %; MW = Mittelwert

Auffällig sind die bei Glazifluviatil-, aber auch bei Dünen-sanden festzustellenden starken Schwankungen in den Anteilen der Minerale Granat, Hornblende und denen der Epidot-Gruppe. Im Sinne von WEYL (1953: 107 ff.) wird das nicht nur auf verschiedene Liefergebiete, sondern auch auf örtliche Strömungs- und Umlagerungsvorgänge bei der Ablagerung zurückgeführt. Beziehungen zwischen den Anteilen dieser Minerale und dem Alter der jeweiligen Sande sind nicht festzustellen.

Die ähnlichen Schwermineral-Gehalte der Sande der Gruppen b bis e machen wahrscheinlich, daß schon zur Drenthe-Zeit durch die Schmelzwasser-Ströme Material von Vorfahren des Leine-Flußsystems aufgenommen und mit diesen durchmischt wurde, und daß danach immer wieder Umlagerungen und Aufbereitungen stattfanden. Bemerkenswert dabei ist, daß offenbar das warmzeitliche Klima des Eem-Interglazials im Gegensatz zu dem des Holstein-Interglazials keine Mineralverwitterung bzw. -auslese bewirkt hat, die sich in den Weichselzeitlichen und jüngeren Sedimenten bemerkbar machen würde.

3.4. Beziehungen zwischen Art der Ablagerung und Schwermineral-Führung.

Tab. 2 läßt erkennen, daß die Art der Ablagerung der miteinander verglichenen Sande (ausgenommen die der ?Elsterzeit) sich infolge Durchmischung und Wiederaufbereitung nicht in unterschiedlichen Schwermineral-Gehalten ausprägt. Flug- oder Dünen-sande z.B. wurden aus Körpern von Glazifluviatil- oder Terrassensanden ausgeweht, wobei der relativ kurze Transportweg keine wesentlichen Veränderungen des Mineralgehaltes bewirkt hat.

In Ergänzung zu Tab. 2 werden in Tab. 3 die Schwermineral-Gehalte der im Arbeitsgebiet untersuchten 3 Proben von Drenthe-Geschiebelehm bzw. Fließerden, die sich über diesen gebildet haben, sowie die von 2 Proben Sandlöß aufgeführt. Da es nur Einzelproben sind, können Aussagen über sie nur mit Vorbehalt gemacht werden. Bei den Geschiebelehm/Fließerde-

Proben fällt auf, daß die Schwerminerale sehr unterschiedlich in ihrer Größe sind. Die Verteilung der Mineralarten weicht prinzipiell kaum von derjenigen der Sande (Tab. 2) ab, wobei in den Geschiebelehmen/Fließerden die Gehalte von Mineralen vulkanischer Herkunft ebenso wie die von Granat, Staurolith und Disthen etwas niedriger, die von Hornblenden und Epidot etwas höher sind als in den Sanden.

Die hier beobachtete Ähnlichkeit der Schwermineral-Führung zwischen Sanden und Moränen-Ablagerungen sollte nicht ohne weiteres auf andere Gebiete Norddeutschlands übertragen werden. Wenn LÜTTIG (1964:20) darauf hingewiesen hat, daß die Beziehungen in der Geschiebeführung zwischen Grundmoränen einerseits und glazifluviatilen Ablagerungen andererseits "noch nicht in moderner Weise behandelt worden" sind, gilt sinngemäß das gleiche für den Schwermineral-Gehalt. Es ist zu hoffen, daß hierzu bald weitere Untersuchungsergebnisse veröffentlicht werden.

Die beiden Zählungen der Schwerminerale in Sandlöß-Proben lassen sich mit den Angaben von VIERHUFF (1967:56 ff.) vergleichen, der bei seinen Untersuchungen an niedersächsischen Sandlössen ebenfalls ein Vorherrschen von Hornblende und Epidot feststellte, wohingegen zu den Ergebnissen von Schwermineral-Analysen an Sandlössen aus den Gebieten von Bl. Schwarmstedt (MATTIAT in LANG u. Mitarb. 1973) und Wittingen-Hankensbüttel (MATTIAT in LANG 1974) nur wenig Beziehungen bestehen.

3.5. Herkunft bzw. Liefergebiete der Schwerminerale

Angesichts der ähnlichen Schwermineral-Führung aller Drenthezeitlichen und jüngeren Sande wurden deren Zählergebnisse für Trendanalysen zusammengefaßt. In Verteilungskarten wurden für bestimmte Minerale die jeweiligen Prozentgehalte eingetragen, wobei nicht zwischen Alter und/oder Ablagerungsart der jeweiligen Sedimente unterschieden wurde (Taf. 2 und 3). Die Eintragung nur der Prozentwerte ist offenbar ein-

Tab. 3:
Schwermineral-Prozente in Proben von
Geschiebelehm (Drenthe)/Fließerde bzw.
Sandlöß (Weichsel).

"+" = vorhanden, aber weniger als 1 %.

Entnahmepunkte:

(alle TK Garbsen 1 : 50 000)

49 = Tienberg NW Bokeloh,

E-Hang der früheren Sandgrube

(r 35 24 480, h 58 09 680)

86 = S Bf. Hagen

S-Hang der zugewachsenen Sandgrube

(r 35 27 600, h 58 26 800)

118 = Kastendamm b. Berenbostel,

W-Hang ehem. Tongrube

(r 35 40 960, h 58 11 000)

105 = Wald S Wunstorf

(r 35 27 450, h 58 08 080)

106 = Leitungsgraben Mesmerode

(r 35 24 800, h 58 09 000)

Proben-Nr.	Geschiebelehm/ (Drenthe) Fließerde		Sandlöß (Weichsel)	
	49	86 118	105	106
Zirkon	17	10 13	15	13
Turmalin	14	6 5	8	3
Rutil	3	3 3	5	13
Apatit	7	1 0	0	+
Titanit	0	0 0	0	0
Granat	13	6 16	8	6
Hornblende	15	29 28	13	14
Epidot-Gruppe	24	42 32	44	47
Staurolith	1	1 1	2	1
Disthen	+	1 +	+	+
Sillimanit	1	+	1	1
Andalusit	0	0 +	0	+
Augit	3	0 1	2	1
Oxyhornblende	2	+	1	1
Orthopyroxen	0	1 0	1	0
Olivin	0	0 0	0	0

facher und übersichtlicher als die Verwendung von bestimmten Mineralverhältnissen (z.B. Augit-Zahl = Verhältnis Augit : Augit + metamorphe Minerale).

Für die Minerale Granat und Staurolith lassen die Darstellungskarten keine bestimmten Muster erkennen. Höhere und niedrigere Gehalte sind unregelmäßig verteilt, so daß auf eine entsprechende Abbildung verzichtet wurde. Beide Minerale können aus nördlicher ebenso wie aus südlicher Richtung stammen; zum größeren Teil dürften sie wohl über die glaziären Sedimente aus Skandinavien abzuleiten sein, kommen allerdings auch in Flüssen aus dem Süden in einigen Prozenten vor. So enthält die Niederterrasse der Werra bei Eschwege ca. 2 % Granat und 1 % Staurolith; auch ELLENBERG (1975) beobachtete diese Minerale in den quartären Ablagerungen der mittleren Werra. Ausgangsmaterial sind hier paläozoische Gesteine des Thüringer Waldes und/oder der Buntsandstein. Im Flußgebiet der Leine, deren Ablagerungen im oberen Lauf ebenfalls Granat führen, kommen als mögliche Lieferanten noch die Kulm-Grauwacken des Harzes und die in Einzelbecken erhaltenen Tertiär-Sande hinzu, die z.T. ebenfalls Granat und Staurolith enthalten (z.B. Bornhausen; vgl. SINDOWSKI 1962).

Beim Disthen deutet sich an, daß er im Norden des Untersuchungsgebietes insgesamt etwas stärker vertreten ist als im Süden (Abb. 2). Dazu paßt, daß in vielen Sandproben aus dem nördlichen Niedersachsen der Disthen-Gehalt größer ist als in denen aus dem südlichen. Trotzdem sollte Disthen nicht ausschließlich aus nördlicher Richtung abgeleitet werden, wie z.B. das Auftreten dieses Mineralen in der mittleren Werra (ELLENBERG 1975) und in Tertiärsanden von Bornhausen (SINDOWSKI 1962) zeigt.

Die übrigen in gleicher Weise ausgewerteten Minerale Turmalin, Apatit und die Minerale vulkanischer Herkunft (Augit + Orthopyroxene + Oxyhornblende + Olivin) einerseits und Hornblende und Epidot andererseits lassen mehr oder minder deutlich Beziehungen zum Lauf der Leine erkennen: Während die

drei erstgenannten in der näheren Umgebung der Leine stärker angereichert sind, zeigen die beiden letztgenannten ihre größte Konzentration außerhalb der weiteren Umgebung des Leine-Bereiches. Auffällig ist dabei, daß die Häufigkeit dieser Minerale neben der Leine selbst einen von Südwesten kommenden früheren Zufluß andeuten, der etwa im Abschnitt zwischen Westtaue und der Südseite des Steinhuder Meeres verlaufen sein könnte (Taf. 3). Man kann daraus folgern, daß im Untersuchungsgebiet Hornblende und Epidot ebenso wie der vorher genannte Disthen überwiegend von Norden gekommen sind, während Turmalin und Apatit zu wesentlichen Teilen und die Minerale vulkanischer Herkunft ausschließlich von Süden abgeleitet werden müssen und von Vorläufern des Leine-Systems herantransportiert wurden.

Die Lieferung der Hornblende von Skandinavien war u. a. auch von STEINERT (1952) herausgestellt worden. Das Auftreten dieses Minerals in der Werra bei Eschwege (16 % in der Niederterrasse) und in ihrem Mittellauf (ELLENBERG 1975) ebenso wie im Oberlauf der Leine ändert nicht die Feststellung, daß die Hornblende überwiegend ein "nördliches" Mineral ist. Der in den Pleistozän-Sedimenten Schleswig-Holsteins vorkommende Epidot wurde von STEINERT (1952) auf aufgeschürfte Jungtertiär-Sande bezogen; Liefergebiet für diese wiederum dürfte - zu früherer Zeit - ebenfalls Fennoskandia gewesen sein (WEYL 1953:131).

Turmalin, der überall im norddeutschen Quartär in einigen Prozent verbreitet ist, zeigt in den Oberläufen von Leine und Weser und ihren Nebenflüssen eine deutliche Anreicherung, woraus ersichtlich wird, daß er teilweise von Süden abzuleiten ist. Eine Hauptquelle sind die verschiedenen Vorkommen von Sanden des Tertiärs in Südniedersachsen und Nordhessen, die im Einzugsbereich beider Flußsysteme liegen. Fast alle diese Sande weisen Turmalin-Gehalte von oft mehr als 30 % der durchsichtigen Schwerminerale auf, wie es z.B. für Proben aus der Tertiär-Senke von Bornhausen durch SINDOWSKI

(1962) mitgeteilt worden ist. Eine Deutung der hohen Turmalin-Gehalte in den Tertiärsanden aus der mittleren Bundesrepublik steht im übrigen noch aus.

Apatit ist in Proben von Leine und Weser und derer Nebenflüsse oft mit mehr als 5 % vertreten; ein Wert, der merklich über den durchschnittlichen Apatit-Gehalten der Quartär-Sedimente des Norddeutschen Flachlandes liegt. Dadurch wird klar, daß dieses Mineral hauptsächlich aus südlicher Richtung stammt. Es kann z.B. aus abgetragenen Buntsandstein abgeleitet werden.

Am interessantesten sind die Minerale vulkanischer Herkunft (Augit, daneben Orthopyroxene, Oxyhornblende und Olivin). Für das Flußgebiet der Elbe leitete THIEKE (1975) die Augite von tertiären Basalten in Böhmen ab. Die im Untersuchungsgebiet festgestellte Anreicherung von Mineralen vulkanischer Herkunft im Leine-Verlauf wird offenbar noch durch höhere Werte im Flußgebiet der Weser übertroffen. Deshalb sind Lieferzentren in Südniedersachsen/Hessen anzunehmen; Ausgangsgesteine sind eher Tuffe als vulkanische Festgesteine. Der Versuch, diese örtlich und zeitlich genauer einzuengen, wird derzeit vom Verfasser unternommen. Festzuhalten ist bereits jetzt, daß diese Minerale vulkanischer Herkunft nicht mit denen gleichgesetzt werden können, die in Bodenprofilen und jungquartären Ablagerungen Südniedersachsens und Hessens verbreitet sind und auf den Laacher-See-Vulkanismus bezogen werden müssen. Jene weisen eine andere Zusammensetzung auf: vorherrschend Ägirin-Augit, reichlich Titanit, dafür selten Oxyhornblende, Orthopyroxene und Olivin (VON ERFFA 1970, POETSCH 1975 und eigene Beobachtungen).

4. AUSBLICK

Die Schwermineral-Zählungen in den quartären Sanden des Untersuchungsgebietes haben gezeigt, daß die verschiedenen nach-Elster-zeitlichen Sedimente auf Grund ihres Schwermineralgehaltes nicht nach Alter und Entstehungsart unterschieden

werden können. Dieses Ergebnis darf nicht ohne weiteres auf andere Bereiche des norddeutschen Flachlandes übertragen werden. Unabhängig davon konnte bei bestimmten Mineralen ihre Herkunft aus nördlicher und/oder südlicher Richtung wahrscheinlich gemacht werden. Wenn diese Befunde weiter vertieft werden, können sie im norddeutschen Flachland die aus Geröllzählungen abgeleiteten Bildungsgeschichte der glazifluviatilen Ablagerungen ergänzen und darüberhinaus einen Beitrag zur Flußgeschichte von Leine- und Weser-System liefern.

5. ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN

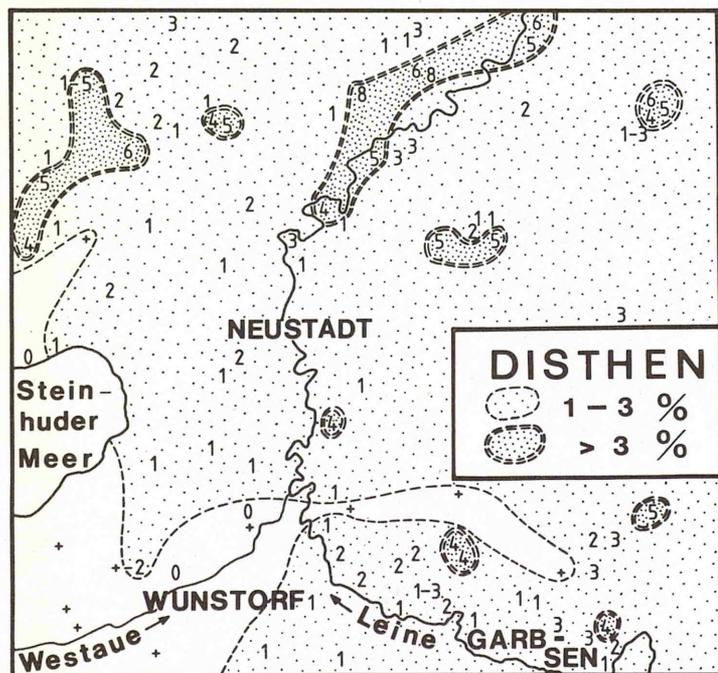
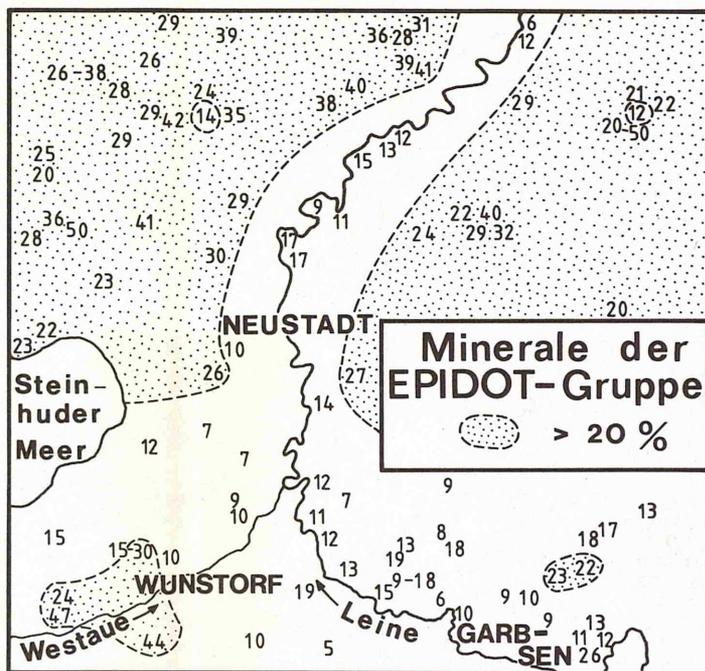
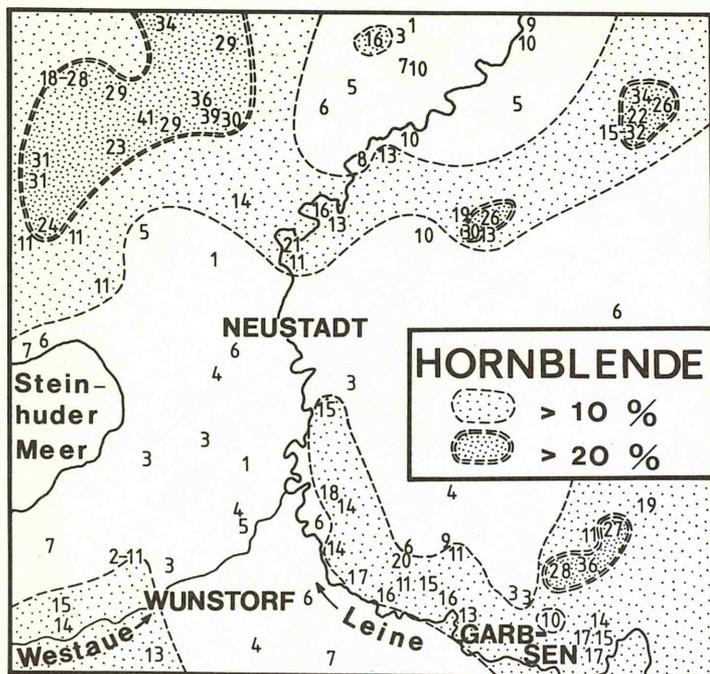
- ARNOLD, H. u. Mitarb. (1973): Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000, Bl. Hannover. - Herausg. BGR i. Zusammenarb. m. den Geol. L.-Ämtern der BRD, Hannover.
- ELLENBERG, J. (1975): Schwermineralverteilung, Sedimentation und Stratigraphie im Quartär der mittleren Werra. - Z. geol. Wiss., 3, 1389-1404, Berlin.
- VON ERFFA, A. (1970): Schwermineraluntersuchungen an rezenten und pleistozänen Sedimenten im Flußgebiet der Lahn bei Gießen. - Ber. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkde. z. Gießen, NF, Naturwiss. Abt., 37, 35-43, Gießen.
- GENIESER, K. (1964): Zur Herkunft und Verbreitung von Elbergeröllen im Norddeutschen Flachland. - Lauenburgische Heimat, NF, 45, 38-48, Ratzeburg.
- . -- . (1970): Über Quarze, Amethyste und verkieselte Fossilien. - Grondboor en Hamer, 2, 35-64, Enschede.
- GRAUPNER, A. (1970): Steine und Erden. - Geologie und Lagerstätten Niedersachsens, 5, 2. Abt., 299 S., Göttingen (Wurm KG).
- HEINRICH, E. Wm. (1965): Microscopic identification of minerals. - 414 S., New York - St. Louis - San Francisco - Toronto - London - Sydney (Mc Graw-Hill).
- HÖFLE, H.-Chr. u. Mitarb. (1976): Erläuterungen zur geol. Karte v. Niedersachsen 1 : 25 000, Bl. Schwanewede Nr. 2712. - 72 S., Hannover.
- HÖFLE, H.-Chr. & SCHNEKLOTH, H. (1974): Erläuterungen zur geol. Karte v. Niedersachsen 1 : 25 000, Bl. Otternhagen Nr. 3423. - 56 S., Hannover.

- JORDAN, H. u. Mitarb. (1975a): Kreide und Quartär zwischen Misburg u d Großburgwedel mit einer Geologischen Karte des Untergrundes von Hannover und östlicher Umgebung (Tertiär und Quartär abgedeckt).- Ber. Naturhist. Ges., 119, 7-47, Hannover.
- . -- . (1975b): Erläuterungen zur geol. Karte v. Niedersachsen 1 : 25 000, Bl. Großburgwedel Nr. 3525. - 93 S., Hannover.
- KELLER, G. (1955): Das Fluvioglazial bei Engelbostel und Frielingen nördlich von Hannover. - Geol. Jb., 70, 247-260, Hannover.
- LANG, H. D. (1974): Über Verbreitung, Zusammensetzung und Alter des Sandlößes im Raum Wittingen-Hankensbüttel. - Z. Deutsch. Geol. Ges., 125, 269-276, Hannover.
- LANG, H. D. u. Mitarb. (1967): Erläuterungen zur geol. Karte v. Niedersachsen 1 : 25 000, Bl. Mellendorf Nr.3424. - 126 S., Hannover.
- . -- . (1973): Erläuterungen zur geol. Karte v. Niedersachsen 1 : 25 000, Bl. Schwarmstedt Nr. 3323. - 78 S., Hannover.
- LÜTTIG, G., mit Beiträgen von GRIPP, K. (1964): Die Aufgaben des Geschiebeforschers und Geschiebesammlers. - Lauenburgische Heimat NF, 45, 6-26, Ratzeburg.
- LÜTTIG, G. & MEYER, K.-D. (1974): Geological history of the River Elbe, mainly of its lower course. - Centenaire de la Soc. Géol. de Belgique: L'évolution quarternaire des bassins fluviaux de la Mer du Nord méridionale, 1-19, Liège.
- POETSCH, Th. J. (1975): Untersuchungen von bodenbildenden Deckschichten unter besonderer Berücksichtigung ihrer vulkanischen Komponente. - Gießener Geol. Schriften, 4, 180 S., Gießen (Lenz).
- SCHRAPS, A. (1966): Schwermineraluntersuchungen an quartären Sanden im Bereich der Ostfriesischen Inseln. - Mitt. Geol. Inst. TU Hannover, 4, 149 S., Hannover.
- SINDOWSKI, K.-H. (1962): Sedimentpetrographische Charakterisierung der liegenden und hangenden Tertiärsande aus dem Braunkohlentagebau Bornhausen am Harz. - Geol. Jb., 79, 663-676, Hannover.
- STEINERT, H. (1952): Stratigraphie und Schwermineralprovinzen im Diluvium Schleswig-Holsteins. - Meyniana, 1, 107-111, Kiel.
- THIEKE, H. U. (1975): Schwermineralogische Kennzeichnung von fluviatilen spätelster-glazialen bis frühsaale-glazialen Ablagerungen im mittleren Teil der DDR. - Z. Geol. Wiss., 3, 1091-1101, Berlin.

- VIERHUFF, H. (1967): Untersuchungen zur Stratigraphie und Genese der Sandlössvorkommen in Niedersachsen. - Mitt. Geol. Inst. TU Hannover, 5, 100 S., Hannover.
- VINKEN, R. u. Mitarb. (1971): Erläuterungen zur geol. Karte v. Niedersachsen 1 : 25 000, Bl. Dingelbe Nr. 3826, 225 S., Hannover.
- WEYL, R. (1953): Schwermineraluntersuchungen im schleswig-holsteinischen Jungtertiär. - Z. Deutsch. Geol. Ges., 104, 105-133, Hannover.
- ZANDSTRA, J. G. (1971): Geologisch onderzoek in de stuwwal van de oostelijke Veluwe bij Hattem en Wapenveld. - Mededel. Rijks Geol. Dienst, Nieuwe Serie, 22, 215-260, Maastricht.

Tafel-Erläuterungen

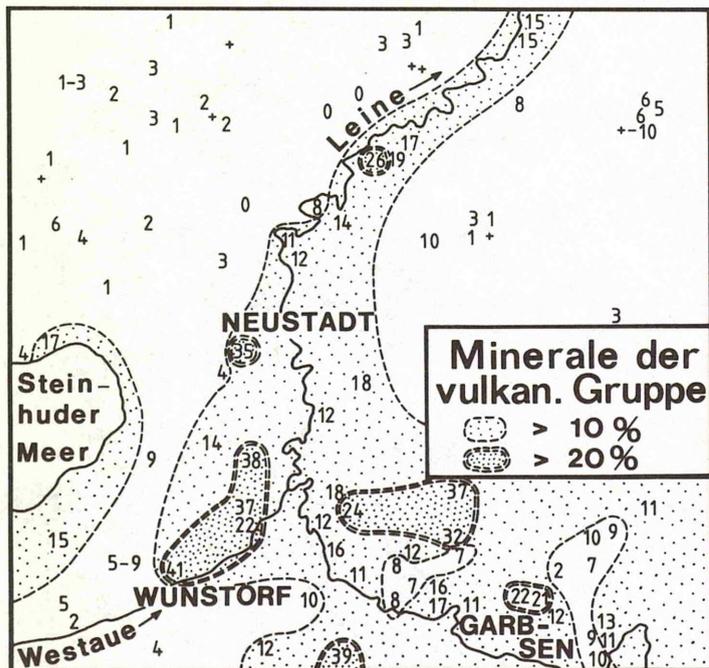
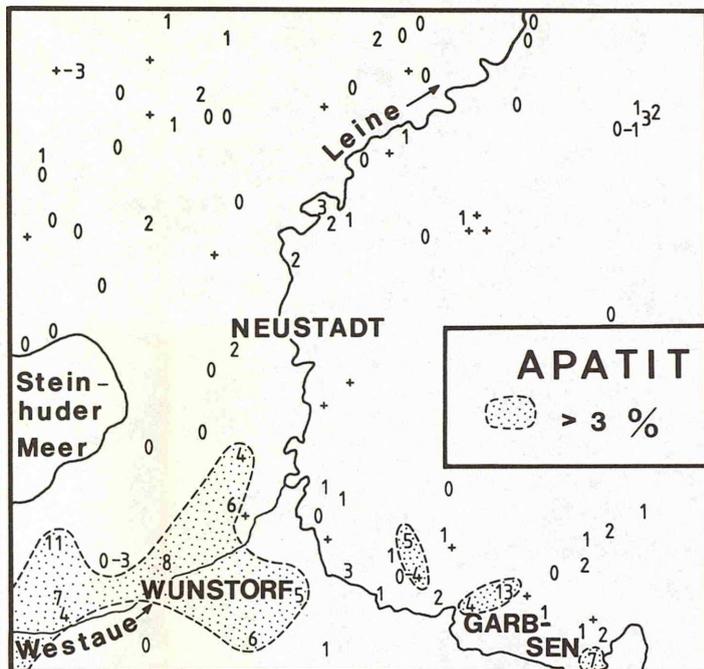
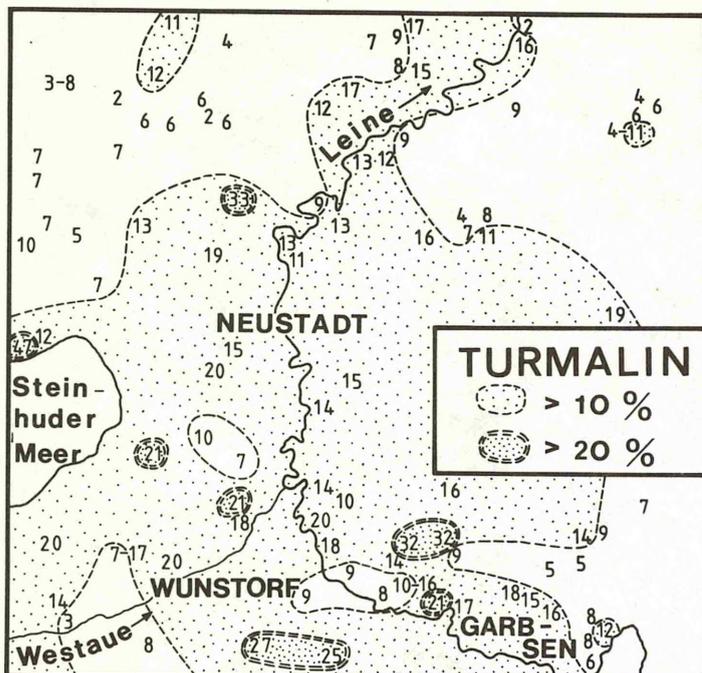
- Taf. 2: Verteilungskarten der überwiegend aus nördlicher Richtung gelieferten Minerale (Hornblende, Minerale der Epidot-Gruppe, Disthen). Berücksichtigt wurden alle Drenthe-zeitlichen und jüngeren Proben. Die Zahlen geben Vol.% der durchsichtigen Schwerminerale an. "+" = vorhanden, aber weniger als 1 %. Bei Zahlenangaben wie "1-3" wurden mehrere Proben aus einem Aufschluß untersucht.
- Taf. 3: Verteilungskarten der überwiegend aus südlicher Richtung gelieferten Minerale (Turmalin, Apatit und Minerale vulkanischer Herkunft). Berücksichtigt wurden alle Drenthe-zeitlichen und jüngeren Proben. Die Zahlen geben Vol.% der durchsichtigen Schwerminerale an. "+" = vorhanden, aber weniger als 1 %. Bei Zahlenangaben wie "1-3" wurden mehrere Proben aus einem Aufschluß untersucht.



0 5 10 km

TAFEL 2

D. HENNINGSEN 1978



0 5 10 km

TAFEL 3

D. HENNINGSSEN 1978