

Eiszeitalter u. Gegenwart	27	30—52 7 Abb., 6 Tab.	Öbringen/Württ. 1976
---------------------------	----	-------------------------	----------------------

Sedimentpetrographische Untersuchungen des Geschiebelehms von Emmerschans (Drenthe, Niederlande) mit Bemerkungen über eine Typeneinteilung der Saale-Grundmoräne

JACOB G. ZANDSTRA *)

Drenthe, erratics, granulometry, gravel assemblage, heavy minerals, Saalian, sediment petrology, till, Quaternary Netherlands

Kurzfassung: In dieser Arbeit wird über die Ergebnisse sedimentpetrographischer Untersuchungen an Grundmoränen aus der Saale-Kaltzeit berichtet. Diese Untersuchungen — u. a. Analysen von Schwermineralien und Kies, Korngrößenverteilungen und Zählungen von kristallinen fennoskandinavischen Leitgeschieben — wurden in einer großen Sandgrube östlich von Emmen, in der nordniederländischen Provinz Drenthe, durchgeführt.

Das Geschiebelehmprofil umfaßt zwei Typen, die beide eine Geschiebegemeinschaft mit ostbaltischer Herkunft enthalten. Datierung: Saale-Kaltzeit.

Im tieferen Teil des oberen Geschiebelehms kommt ein stellenweise zerstörtes Geschiebepflaster vor. Manchmal markieren diese Geschiebe die Grenzfläche zwischen den beiden Typen. Die Geschiebelehmtypen von Emmerschans zeigen keinerlei Verwandtschaft mit den bekannten roten Geschiebemergerschollen des Nordostpolders im Gebiet der ehemaligen Zuiderzee.

[Sediment petrological investigations of till in Emmerschans (Drenthe, The Netherlands) with remarks on a subdivision of the Saalian till deposits].

Abstract: This paper deals with the results of sediment petrological investigations, a. o. heavy mineral- and gravelcounts, grain size distribution and counts of crystalline fennoscandavian indicator boulders, originating from till of Saalian age. These investigations concern a large sand pit east of Emmen in the province of Drenthe in the Northern Netherlands.

The profile consists of two till types; both types show a predominance of eastbaltic crystalline indicator boulders.

In the lower part of the upper till occurs a, here and there disturbed, boulder pavement; locally this pavement marks the boundary between the till types mentioned above. The till types of Emmerschans have no relation with the wellknown red till floes of the Noordoostpolder in the area of the former Zuiderzee.

1. Einleitung

Das Vorkommen eines Pflasters mit Steinen und Blöcken im Geschiebelehm aus der Saale-Kaltzeit in den Niederlanden ist beachtenswert, weil eine solche Erscheinung eine Zweiteilung im Geschiebelehm bezeichnet, welche mit einem vorübergehenden Abschmelzen des Inlandeises zusammenhängen könnte; ein zeitweiliger Eisrückzug wird durch eine Oszillation des Inlandeises unter dem Einfluß eines mildereren Klimas bewirkt.

Die Ermittlung und Untersuchung eines Geschiebepflasters ist nur möglich in Aufschlüssen, deren Profilwände der Verwitterung ausgesetzt sind, so daß die Geschiebe sichtbar sind und aus der Wand herausragen; auch Texturunterschiede lassen sich dann besser beobachten. Besonders die vom Meer freigespülten Geschiebelehmkliffs sind zur Untersuchung geeignet.

*) Anschrift des Verfassers: Ing. J. G. Z a n d s t r a, Geologischer Dienst der Niederlande, Sedimentpetrographische Abteilung, Haarlem, Spaarne 17, Niederlande.

In den Niederlanden sind seit der Absperrung der Zuidersee keine „lebenden“ Geschiebelehmkliifs mehr intakt geblieben; die Kliffs von Südwestfriesland, Vollenhove, Urk und Wieringen sind seitdem durch Bewachung für Beobachtungen unzugänglich geworden. Schon lange vorher war das Kliff bei Den Hoorn auf Texel infolge der Landgewinnung und Eindeichung in Verfall geraten. Übrigens ist es unwahrscheinlich, daß der Geschiebelehm der erwähnten Orte ein Geschiebepflaster enthält; alte Archivfotos zeigen ausnahmslos ein ununterbrochenes Geschiebelehmprofil. Dies dürfte zur Folgerung berechtigen, daß ein Geschiebepflaster im niederländischen Geschiebelehm nicht oder nur ganz ausnahmsweise vorkommt.



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebiets.

Der aus der Weichsel-Kaltzeit stammende Geschiebemergel an der deutschen Ostseeküste enthält dagegen im allgemeinen ein Geschiebepflaster; mehrere deutsche Veröffentlichungen berichten darüber. Die Theorien in Bezug auf die Genese sind verschieden. Mehrere Bearbeiter gehen davon aus, daß ein Geschiebepflaster eine Grenzschicht zwischen Grundmoränen aus unterschiedlichen Vergletscherungsstufen darstellt (u. a. DÜCKER 1964, HEERDT 1965); sie nehmen an, daß die Geschiebepflaster während eines zeitweiligen Eisrückgangs gebildet wurden. Viele andere Autoren sind zwar mit der Theorie eines kurzfristigen Eisrückzugs einverstanden, nach ihrer Auffassung hat dieser aber vielmehr innerhalb einer Vergletscherungsphase stattgefunden als daß sie zwei Phasen getrennt hätte. Sie begründen ihre Meinung u. a. mit der übereinstimmenden Beschaffenheit und Zusammensetzung des Geschiebemergels unter und über dem Geschiebepflaster (u. a. SEIFERT 1954, STEPHAN 1971). Nach GRIPP (1973, 1974) ist für das Entstehen eines Geschiebepflasters ein Eisrückzug nicht erforderlich. Er nimmt an, daß die Bedingungen für die Bildung einer solchen Lage schon erfüllt werden, wenn die Tragkraft des Inlandeises abnimmt; diese Tragkraft ist vor allem abhängig von der Dicke des Eises, daneben auch von seiner Dichte und Temperatur und von der Geschwindigkeit, mit der es sich fortbewegt. Nimmt die Dicke ab, so sacken die großen Geschiebe durch und konzentrieren sich in der basalen Schuttmasse des Eises in der Untermoräne; nimmt die Dicke nachher zu, dann gerät die Schuttmasse wieder in Bewegung, mit Ausnahme von vielen Steinen und Blöcken, die völlig durchgesackt sind und vom sich fortbewegenden Inlandeise ins Substrat (meistens Geschiebelehm oder -mergel) gedrückt und dabei geschrammt und gekritzelt worden sind. GRIPP nennt als Beispiel die Geschiebepflaster in den Kliffs an der Ostseeküste von Ost-

holstein und auf Fehmarn. Das Fehlen von Schmelzwassersand über oder zwischen den Geschieben ist ebenfalls ein Argument gegen ein vollständiges Abschmelzen des Inland-eises. An obengenannten Stellen wurde immer nur ein Geschiebepflaster gefunden; von Lindö auf Fünen in Dänemark sind drei übereinandergelagerte Geschiebepflaster bekannt (NIELSEN 1959, 1967, RASMUSSEN 1966, angeführt in GRIPP 1973, 1974).

VEENSTRA (1963) zeigt in der Abb. 11 ein Profil durch zwei durch eine Kies- und eine dicke Sandschicht getrennte Geschiebemergelbänke in einem Kliff an der Ostsee; die Kies- und die Sandschicht werden von VEENSTRA als Ausspülungsprodukte des Geschiebemergels aufgefaßt. Hier deutet das Vorkommen der Sandschicht auf einen zeitweiligen Eisrückzug.

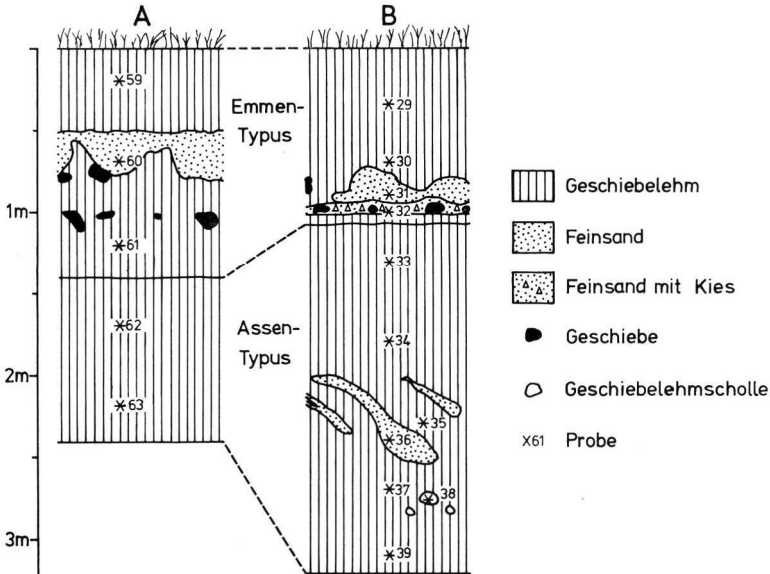


Abb. 2: Die Entnahmestellen der Geschiebelehmproben an der Westwand der Grube de Boer in Emmerschans. Entfernung der beiden Profile 125 m.

In den Niederlanden sind wir in den letzten Jahren ausschließlich auf diejenigen Geschiebelehmprofile angewiesen, welche in temporären, künstlichen Aufschlüssen ans Licht gebracht werden. Gewöhnlich fehlt jede Spur eines Geschiebepflasters. Die einzige Grube, in der ein Geschiebepflaster im Geschiebelehm sichtbar gewesen ist, lag im Westerveld bei Zuidlaren in Norddrenthe (JONKER 1913); durch Einstellung des Grubenbetriebs sind die Profile nicht mehr zugänglich.

Ein anderes Phänomen, das Vorkommen von Sandlinsen in horizontalen oder geneigten Reihen oder zerstreut, auch wohl in schollenförmigen, dachziegelartig stehenden Reihen, wird in der Literatur mehrmals erwähnt. Die Länge der Linsen variiert von einigen Zentimetern bis zu mehreren Metern; die Neigung der einzelnen Schollen ist örtlich verschieden. Man denkt an eine Aufnahme in gefrorenem Zustand aus dem Untergrund (BOEKSCHOTEN & VEENSTRA 1967, RICHTER 1929, RÖMER 1972, RÜHBERG 1969, STEPHAN 1971, WOLDSTEDT 1929). Bei den Sandlinsen in der Geschiebelehmgrube „Osse“ in der Nähe von Losser (ANDERSON 1972) könnte man auch an eine intramoränale fluvioglaziale Genese denken. Wenn eine Grundmoräne durch ein Geschiebepflaster in zwei Teile geteilt

worden ist, wird gewöhnlich die untere Moräne Sandlinsen oder Sandstreifen enthalten. Die untere Grundmoräne in den Ostseekliffs ist fast ausnahmslos damit durchschossen, oft mit sandig-kiesigem, meistens aus Schmelzwasser sedimentiertem Material (STEPHAN 1971).

In den normalen als Grundmoräne abgelagerten Schuttmaterialien in den Niederlanden läßt sich eine Anzahl kalkfreier und kalkhaltiger bis kalkreicher Typen unterscheiden. Vermutlich sind die kalkfreien die verwitterten Pendanten der kalkhaltigen Typen, so daß es sich eigentlich um eine Anzahl Typenpaare handelt.

Es ist bemerkenswert, daß man in den Niederlanden niemals vier oder drei und nur selten zwei Grundmoränentypen aus der Saale-Kaltzeit, übereinandergelagert und durch fluvioglaziale Sande getrennt, antrifft, obwohl angenommen wird, daß es fünf Vergletscherungsphasen gegeben hat (TER WEE 1962, JELGERSMA & BREEUWER 1975). Es ist möglich, daß die Grundmoräne einer älteren Phase im allgemeinen vollständig abgetragen worden war, bevor die Grundmoräne einer folgenden Phase zur Ablagerung kam.

Wie sich jetzt herausstellte, bildet die Provinz Drenthe eine Ausnahme von der Regel. Wir bringen zunächst das Geschiebepflaster im Geschiebelehm bei Zuidlaren in Erinnerung. Weiter ist schon längere Zeit bekannt, daß in großen Teilen von Südost- und Mitteldrenthe sowohl sandiger Geschiebelehm mit viel als auch ohne Feuerstein vorkommt. Obwohl die kristalline Leitgeschiebegemeinschaft in diesem Gebiet mitunter süd- oder mittelbaltische Merkmale besitzt, sind die Stellen mit ostbaltischen Kennzeichen zahlenmäßig in der Mehrheit.

Der große Aufschluß des Sandbaggerbetriebs der Firma De Boer bei Emmerschans, Südostdrenthe, ermöglicht es, im obigen Gebiet immerhin an einer Stelle das Geschiebelehmprofil im Vertikalschnitt näher zu studieren (Abb. 1).

2. Der Aufbau des Geschiebelehmprofils (Abb. 2)

Bei jeder Erweiterung des Sandbaggerbetriebs der Fa. De Boer wird zunächst der 2 bis 3¹/₂ m mächtige Geschiebelehm im Hangenden entfernt. Dadurch entstehen immer neue Geschiebelehmprofile, an denen nach einiger Zeit die Unterschiede in Textur, Farbe und Geschiebeinhalt deutlich erkennbar werden (Abb. 3). Eine Analyse des Geschiebelehmprofils im westlichen Teil der Grube ergab folgendes:

Der Oberteil des Geschiebelehms gehört zum Emmen-Typus (ZANDSTRA 1974); er hat eine Mächtigkeit von 1 bis 1¹/₂ m und zeigt ein unregelmäßiges, unebenes, einigermaßen fazettiertes Profil. Der Emmen-Typus ist oben sehr kiesarm, unten stellenweise kiesreich. Weiter kommen im unteren Teil dieses Typus eine Sandschicht und ein Geschiebepflaster vor; namentlich unter diesem Geschiebepflaster ist der Geschiebelehm oft kiesreich.

Der Unterteil hat eine Mächtigkeit von einigen Dezimetern bis mehr als 2 m; in diesem Geschiebelehm läßt sich der Assen-Typus erkennen. In der Regel hat dieser Typus eine flache und regelmäßige Lagerung und enthält wenig bis sehr wenig Kies. An manchen Stellen ist der untere Teil des Profils reich an flachliegenden Strukturelementen (vermutlich Druckschieferung).

Weil der obere Geschiebelehm (Emmen-Typus) rotbraun und der untere (Assen-Typus) leberbraun ist, lassen sich die beiden mit einiger Mühe schon nach ihrer Farbe im Grubengelände voneinander unterscheiden. Dies geht auch aus folgenden Aufnahmen im nördlichen Teil der Westwand hervor.

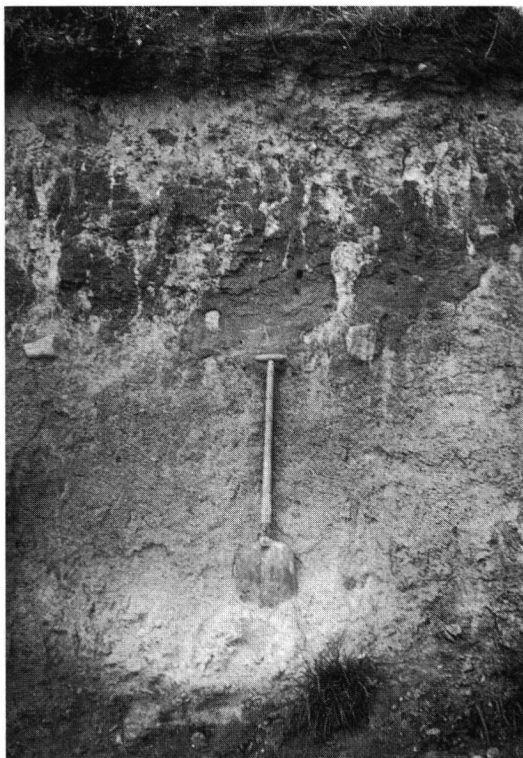


Abb. 3: Das Geschiebelehmprofil von Emmerschans mit dem Geschiebepflaster (Westwand). — Im einzelnen sind zu unterscheiden: Oberer Teil des Geschiebelehms mit Spaltensystem (bis zum Griff des Spatens) (Emmen-Typus); Steinpflaster; unterer Teil des Geschiebelehms (Assen-Typus). Aufnahme G. H. J. Ruegg.

2.1 Das Profil von Stelle A in der Westwand der Grube

- 0,00—1,40 m, Geschiebelehm von Emmen-Typus
 0,00—0,50 m Rotbrauner, kalkfreier, stark sandiger Geschiebelehm (Probe 59).
 0,50—0,80 m Orangebrauner feiner Sand mit, besonders an der Unterseite, unregelmäßiger Begrenzung (Probe 60).
 0,80—1,00 m Rotbrauner, kalkfreier, stark sandiger Geschiebelehm mit sichtbarem grobem Kies und viel feinem Kies.
 Auf 1,20 m Pflaster mit Steinen und Blöcken.
 1,20—1,40 m Wie 0,80—1,00 m (Probe 61).
- 1,40—2,40 m, Geschiebelehm vom Assen-Typus
 1,40—2,40 m Leberbrauner, kalkfreier, stark sandiger Geschiebelehm; unter 1,70 m mit flach liegenden Strukturelementen (Proben 62 u. 63).

2.2 Das Profil von Stelle B, 125 m nördlich von Stelle A

- 0,00—1,05 m, Geschiebelehm vom Emmen-Typus
 0,00—0,70 m Rotbrauner, kalkfreier, stark sandiger Geschiebelehm; 5YR 4/4 (Farbcode nach der Munsell Colour Charts.) (Proben 29 und 30.) Die Oberseite des Geschiebelehms zeigt vieleckige, vertikale Spaltensysteme; die Spalten setzen sich bis auf maximal 1,50 m Tiefe fort.

- 0,70—1,00 m Geschiebelehm wie oben, abwechselnd mit unregelmäßig kugelförmig aufgebauten Vorkommen von hellgelbbraunem, mäßig grobem Sand mit mäßiger Kornstreuung. Sand: 10YR 6/4. (Probe 31.)
- Auf 1,00 m Pflaster mit Steinen und Blöcken; dazwischen brauner, mäßig grober, lehmiger Sand mit starker Kornstreuung und feinem skandinavischem Kies. Sand: 7½ YR 4/6. (Probe 32.)
Einzelne Steine sind 1—2 dm in den unterliegenden Geschiebelehm hineingedrückt oder sind darin eingesunken, während viele Steine 1—2 dm über dem eigentlichen Pflaster aufrecht im Geschiebelehm stehen.
- 1,00—1,05 m Geschiebelehm wie 0,00—0,70 m; teilweise liegt das Geschiebepflaster direkt auf dem Assen-Typus.
- 1,40—3,20 m, Geschiebelehm vom Assen-Typus
- 1,05—3,20 m Dunkelbrauner bis brauner, stark sandiger, kalkfreier Geschiebelehm; 7½ YR 4/4 (Proben 33, 34, 35 und 37) und 7½ YR 5/4 (Probe 39). Auf 2,20—2,50 m kommen hellgraue, eckig begrenzte, nach N oder NW geneigte und verzerrte, schräggestellte Sandlinsen in 10 bis 80 cm Länge und 1 bis 10 cm Dicke vor (Abb. 4). (Probe 36: 5 Y 7/2.) Auf etwa 2,75 m befinden sich Schollen in Größen von einigen Zentimetern bis zu einem Dezimeter aus kalkfreiem, tonreichem, braunrotem Geschiebelehm; (Probe 38: 5 YR 4/6.)
Diese Schollen sind nicht deutlich gegen den normalen umgebenden Geschiebelehm abgegrenzt.

An der Stelle der obigen Profilaufnahme in der Westwand konnte die Unterseite des Geschiebelehm nicht näher untersucht werden. Südlich von dieser Stelle, zwischen A und B, wurde eine so gut wie flache horizontale Begrenzung gegen die liegenden Sande wahrgenommen. Einzelne Steine und Blöcke markieren hier die Grenzfläche; sie sind zum Teil bis in den Sand durchgesackt. Im südwestlichen Teil der Grube ist die Grenzfläche zwischen Geschiebelehm und Sand hier und da einigermassen kleinwellig, mit Höhendifferenzen von einigen Dezimetern.

Aus Profilbeschreibungen und Geländebeobachtungen geht hervor, daß der Geschiebelehm bei Emmerschans einige Eigentümlichkeiten aufweist, und zwar von oben nach unten:

- eine Sandschicht im Emmen-Typus
 - ein Geschiebepflaster im unteren Teil des Emmen-Typus
 - schräggestellte Sandlinsen im Assen-Typus
 - kleine andersfarbige Geschiebelehmshollen im Assen-Typus
 - ein charakteristisches Pflaster mit Steinen und Blöcken auf der Grenzfläche zwischen dem Assen-Typus und dem liegenden Sand oder im unteren Teil des Assen-Typus
 - eine wellige Grenzfläche zwischen dem Assen-Typus und dem liegenden Sand.
- Auf diese Erscheinungen kommen wir noch zurück.

3. Sedimentpetrographische Untersuchungen

Im allgemeinen ist es nicht einfach, einen bestimmten Geschiebelehmtypus als solchen zu erkennen und mit Verglechtscherungsphasen zu verknüpfen, deren Unterscheidung vor allem auf morphologischen Grundlagen basiert. Der Habitus von Geschiebelehm im Gelände, zerlegbar in visuelle Kennzeichen wie Farbe, Struktur und Konsistenz sowie gewissermaßen auch Ton-, Schluff- und Sandgehalt und qualitative Merkmale der Kies- und Steinfraction, gibt zwar wichtige Hinweise bezüglich einer Einteilung, diese führen jedoch nicht immer zum Ziel.



Abb. 4: Sandeinschlüsse im Geschiebelehm des Assen-Typus (vgl. Profil B in Abb. 2). Hellgraue, nach N oder NW geneigte, gestreckte Sandlinsen als Folge des nach S vorstoßenden Inlandeises. Aufnahme F. Willemsen.

Namentlich der Erhaltungszustand der Grundmoräne kann irreführend sein. Eisenreduktion und -oxidation, Entkalkung und die Lage in Bezug auf das Grundwasser beeinflussen die Beschaffenheit dermaßen, daß z. B. eine Korrelation von „nassem“ und „trocknem“ Geschiebelehm im Gelände nahezu unmöglich ist.

Mit einer einzigen Methode der quantitativen Untersuchung läßt sich dieses Problem nicht immer lösen. Es gibt z. B. verschiedene Geschiebelehmtypen mit einer ostbaltischen Geschiebegemeinschaft; eine Zählung der kristallinen Leitgeschiebe erweist sich in diesem Falle als ungenügend. Weiter gibt es verschiedene Geschiebelehmtypen mit viel Feuerstein, wobei die Kiesanalyse als Kriterium nicht genug Auskunft gibt; gewöhnlich zeigt die Gemeinschaft kristalliner Leitgeschiebe in solchen Fällen beträchtliche Unterschiede.

Der Einteilung der Grundmoränen in den Niederlanden liegen deshalb Daten von Untersuchungen im Gelände sowie Resultate unterschiedlicher sedimentpetrographischer Methoden zugrunde. Neben der Beschreibung der Proben ist dabei besonders die Analyse von Schwermineralen und Kies von Bedeutung, weil auch Bohrkerne nach diesen Methoden untersucht werden können. Zählungen kristalliner Leitgeschiebe lassen sich nur in Aufschlüssen durchführen und beziehen sich meistens auf Anhäufungen an der Oberseite des Geschiebelehmprofils.

3.1 Die Zählung fennoskandinavischer kristalliner Leitgeschiebe

Die Ergebnisse der nach der Methode Hessemann vorgenommenen Zählungen im oberen und unteren Geschiebelehm bei Emmerschans sind einander sehr ähnlich; sowohl die Formel 8110 für den Emmen-Typus wie die Formel 7120 für den Assen-Typus deuten auf eine typisch ostbaltische Gemeinschaft hin, in der die Geschiebe von Zählgruppe I (Südwestfinland, Ålandinseln, Bottnischer Meerbusen und Nordschweden) mit 83,3 bzw. 70,9% stark vorherrschen. In Tab. 1 ist eine vollständige Liste der in beiden Zählungen vorgefundenen Leitgeschiebe wiedergegeben.

Tab. 1:

Zählungen von kristallinen Leitgeschieben (Methode H e s e m a n n)

		Unterer Geschiebelehm (Assen-Typus)	Oberer Geschiebelehm (Emmen-Typus)
Gruppe I	Ålandrapakivi	1	7
	Ålandgranitporphyr	2	2
	Ålandquarzporphyr		3
	Ålandgranit	8	20
	Ålandgranophyr	2	3
	Pyterlit v. Finnland oder Åland	3	1
	Finnische Rapakivigranit	2	5
	Prickgranit		2
	Rödögranit		2
	Rödöquarzporphyr		1
	Angermannland Zweiglimmergranit		1
	Ragundagranit	3	
	Grauer Refsundgranit	1	
	Roter Ostseequarzporphyr		3
	22 = 70,9 %	50 = 83,3 %	
Gruppe II	Stockholmgranit	1	1
	Vängegranit		1
	Siljanggranit		3
	Bredvadporphyr	1	1
	Übrige Dalarneporphyre	1	
	3 = 9,7 %	6 = 10,0 %	
Gruppe III	Smålandgranit		1
	Almindinggranit	4	2
	Übrige Bornholmgranite	2	1
	6 = 19,4 %	4 = 6,7 %	
Gruppe IV	Keine Funde		
	Verhältniszahl	7120	8110

3.2 Bestimmung des theoretischen Geschiebezentrums

In Niedersachsen hat man die Hesemannsche Viergruppenmethode durch eine andere ersetzt, wobei man von möglichst vielen kristallinen und sedimentären Leitgeschieben das geographische Zentrum des in Skandinavien anstehenden Gesteins berechnet.

Der Gesamtwert wird durch die Zahl der verwendeten Geschiebe dividiert und damit der allgemeine mittlere Herkunftsmittelpunkt, das „Theoretische Geschiebe-Zentrum“ (TGZ), ermittelt (LÜTTIG 1957, 1958).

Für die selektierte Gruppe kristalliner Leitgeschiebe der beiden Hesemannszählungen bei Emmerschans lassen sich folgende TGZ-Werte berechnen:

für den oberen Geschiebelehm: 19,4—59,9

für den unteren Geschiebelehm: 19,9—59,7

An diesen TGZ-Werten zeigt sich sowohl die Ähnlichkeit der Zählungsergebnisse als auch der ostbaltische Charakter der Geschiebegemeinschaften; das theoretische Zentrum liegt für beide Zählungen etwas südlich der Ålandinseln. Diesen Punkt hat auch LÜTTIG

(1958) für die von DE WAARD (1949) erwähnte Hessemannzählung IX in roten Geschiebemergelschollen bei de Voorst im Nordostpolder berechnet, und zwar mit 7210 als Hessemannformel und 19,4—59,8 als TGZ.

Hieraus geht hervor, daß die tonreichen, karminroten Geschiebemergelschollen des Nordostpolders (DE WAARD 1944, 1949), der sog. Voorst-Typus, sich mit Hilfe der Hessemannformel und des TGZ weder vom sandigen, braunen, unteren Geschiebelehm (Assen-Typus) noch vom sandigen, rotbraunen, oberen Geschiebelehm (Emmen-Typus) von Emerschans unterscheiden lassen. Das gleiche gilt für die tonreichen entkalkten Geschiebelehmshollen des Gaasterlands in Friesland, den sog. Oudemirdum-Typus (ZANDSTRA 1974).

3.3 Quantitative Analyse der Fraktion 10—200 mm

Die Analyse hat ergeben, daß der obere Geschiebelehm 1,1% der untere 33,7% Feuerstein enthält. Auch die Gruppe Granit + Pegmatit + Syenit zeigt große Unterschiede: 40,4% im oberen und 16,7% im unteren Geschiebelehm; ebenso die Gneisgruppe, die mit 24,2% bzw. 12,8% vertreten ist. Der Quarz kommt in beiden Typen nur sporadisch vor. Tab. 2 enthält die vollständigen Zählungsdaten, während Abb. 5 die wichtigsten Komponentengruppen graphisch darstellt.

Tab. 2:
Das Geschiebeinventar (10—200 mm) der beiden Typen.

	Emmen-Typus	Assen-Typus
Quarz	0,5 %	2,3 %
Feuerstein	1,1	33,7
Porphy	6,4	2,3
Granit, Pegmatit	39,9	16,5
Syenit	0,5	0,2
Gabbro, Diorit, Diabas, Amphibolit	8,5	9,0
Gneis	24,2	12,8
Übrige metamorphe Gesteine	8,5	5,0
Lydit	—	0,3
Sandstein, Quarzit	10,4	16,2
Verkieselungen, Chalcedon	—	1,2
Roter Eisenkiesel	—	0,2
Eisenkonkretionen	—	0,3

3.4 Analysen der Kiesfraktion 3—5 mm (Tab. 4)

Bei den Zählungen werden 30 Gesteine oder Gesteinsgruppen unterschieden; meistens kommen in Grundmoränen 15 bis 20 dieser Gesteine vor. Je Analyse werden 300 Körner gezählt. Häufig genügt eine Einteilung in die fünf Hauptgruppen Quarz, Feuerstein, kristallines Material, Kalkstein und restliches Gestein. Hauptsächlich basiert die Einteilung des aus Fennoskandien transportierten Kieses auf diesen Hauptgruppen, insbesondere auf dem gegenseitigen Verhältnis von Feuerstein, kristallinem Gestein und Kalkstein (Tab. 3 u. 4, Abb. 5).

Tab. 3:
Prozentuale Mittelwerte der Zusammensetzung glazialer Kiestypen (3—5 mm).

Kies - Typus	→ DG Ia	DG Ib	DG Ic	DG II	DG III	DG IV a	DG IVb	DG IVc
Quarz	20	17	15	7	4	18	15	12
Feuerstein	8	16	26	—	—	14	11	7
Kristallin	50	47	41	80	21	43	34	21
Kalkstein	—	—	—	—	63	10	28	50
Rest	22	20	18	13	12	15	12	10

— = fehlt oder sehr selten.

Weil die Grundmoräne bei Emmerschans völlig entkalkt ist, kommt die Kalksteingruppe in der Analyse nicht vor, ebensowenig wie in der oben beschriebenen Fraktion 10—200 mm, mit der die Fraktion 3—5 mm inhaltlich in großen Zügen übereinstimmt. So ist der Assen-Typus durch die Kombination von Feuerstein und kristallinem Gestein (Kiestypus DG Ia u. DG Ib) und der Emmen-Typus durch sehr hohe Prozentsätze kristallinen Materials ohne Feuerstein (Kiestypus DG II) gekennzeichnet.

Der Kies in den sehr kleinen braunroten Geschiebelehmschollen hat eine andere Zusammensetzung als die Kiesfraktion des Assen-Typus. Analytisch ist er dem Kies des Emmen-Typus sehr ähnlich, aber die Einschlüsse unterscheiden sich in anderer Hinsicht; der Tongehalt z. B. ist sehr hoch, im Emmen-Typus dagegen ziemlich niedrig. Durch ihren Tonreichtum weisen sie eine starke Verwandtschaft mit den Geschiebelehmschollen vom Oudemirdum-Typus auf (Tab. 6). Tab. 4 enthält die vollständigen Resultate in Bezug auf den Kies der Geschiebelehmeinschlüsse im Assen-Typus (Probe 38, Abb. 2).

Der feine Kies auf dem Niveau des Geschiebepflasters in der Basiszone des oberen Geschiebelehms enthält besonders viel kristallines Material; der Feuersteingehalt beträgt 3 % (Probe 32, Tab. 4). Der Kiestypus ist eine Kombination von DG II (ohne Feuerstein) und DG Ia (feuersteinhaltig), eine Mischung, die erkennen läßt, daß etwas DG Ia-Kies aus dem Assen-Typus aufgenommen wurde.

3.5 Analyse der Kiesfraktion 5—20 mm (Tab. 4)

Wenn genügend Material vorhanden ist, wird außer dem feinen Kies auch noch die Fraktion 5—20 mm untersucht, wobei die gleichen Gesteinstypen unterschieden werden. Gewöhnlich genügen 5—10 kg Grundmoräne für eine Zählung von 300 Körnern. Die Ergebnisse entsprechen weitgehend denen für den feinen Kies; der Quarzgehalt ist etwas niedriger, aber sonst gibt es keinen wesentlichen Unterschied.

3.6 Schwermineralanalyse

Je Analyse werden 200 durchsichtige Körner identifiziert. Die Analyse der Schwerminerale in Saale-Grundmoränen der Niederlande hat ergeben, daß das gegenseitige Verhältnis von Granat, Hornblende, Epidot, Turmalin, metamorphen Mineralen, Zirkon und Rutil nicht konstant ist. Auch in Emmerschans treten diese Unterschiede auf; wenn man die „normalen“ Geschiebelehmtypen von Emmerschans nach dem Inhalt an Schwermineralen vergleicht, fällt auf, daß im Assen-Typus mehr Epidot (+ Alterit, Turmalin + metamorphe Minerale, Zirkon und Rutil vorkommen als im Emmen-Typus, der mehr Granat und Hornblende enthält (Tab. 5 u. 6 und Abb. 5). Eine Analyse aus einer tonreichen Geschiebelehmscholle im unteren Geschiebelehm zeigt eine hornblendereiche Gemeinschaft, die dem Mineralinhalt des oberen Geschiebelehms ähnlich ist.

Die Mineralgemeinschaft der „kugelförmigen“ Sandvorkommen direkt über dem Geschiebepflaster in Profil B und die der Sandschicht in Profil A stimmen am meisten mit der Mineralgemeinschaft des unteren Geschiebelehms überein. Dies gilt auch für den Sand, der sich in Höhe des Geschiebepflasters befindet. Die Sandschlieren im oberen Geschiebelehm haben eine stark vom Geschiebelehm selbst abweichende Zusammensetzung. Mit 59,5 % Epidot und nur einigen Prozent Granat und Hornblende gibt es hier eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Mineralinhalt der unter dem Geschiebelehm vorkommenden älteren, feinsandigen fluvioglazialen Ablagerungen (die hier nicht näher dargestellt werden).

Im Profil B hat die untere Geschiebelehmprobe einen verhältnismäßig hohen Gehalt an Zirkon und Rutil infolge von Sandaufnahme aus dem Untergrund; weil nur feiner Sand aufgenommen wurde, hat die Zusammensetzung der Kiesfraktion dieser Probe keine Änderung erfahren (Tab. 5).

Tab. 4: Petrographische Zusammensetzung der Kiesfraktionen 3—5 und 5—20 mm des Geschiebelehm von Emmerschans.

Geschiebelehm-Typus	Kiesfraktion in mm	Probe Nr.	Profil Nr.	Analyse Nr.	Tiefe in Metern	Symbol Kiesassoziation 3—5 mm (nach ZANDSTRA 1974)
Emmen - Typus	5	59	A	7307	0.20	DG II
Emmen - Typus		61	A	7308	1.20	DG II
Assen - Typus		62	A	7309	1.70	DG I a
Assen - Typus	—	63	A	7310	2.20	DG I b
Emmen - Typus		29	B	6852	0.35	DG II
Emmen - Typus		30	B	6853	0.70	DG II
Kiesiger Sand (Geschiebepflaster)		32	B	6854	1.00	DG II/I a
Assen - Typus		33	B	6855	1.30	DG I a
Assen - Typus		34	B	6856	1.80	DG I b
Assen - Typus		35	B	6857	2.30	DG I b
Assen - Typus		37	B	6858	2.70	DG I a
Geschiebelehmsholle i. Assen-Typ.		38	B	6860	2.75	DG II
Assen - Typus		39	B	6859	3.10	DG I a
Emmen - Typus	5 — 20	29	B	6861	0.35	
Assen - Typus		2)	B	6862	3)	
Geschiebelehmsholle i. Assen-Typ.		38	B	6864	2.75	
Assen - Typus		4)	B	6863	5)	

Tab. 5: Die Schwerminerale im Geschiebelehm von Emmerschans.

Geschiebelehm-Typus	Probe Nr.	Profil Nr.	Analyse Nr.	Tiefe in Meter	Granat	Epidot
Emmen - Typus	59	A	28980	0.20	25,5	16
Sandschicht im Emmen - Typus	60	A	28981	0.70	14	36,5
Emmen - Typus	61	A	28982	1.20	24	15
Assen - Typus	62	A	28983	1.70	6	28,5
Assen - Typus	63	A	28984	2.20	9	29,5
Emmen - Typus	29	B	26731	0.35	32,5	5
Emmen - Typus	30	B	26732	0.70	40,5	7
Sandschicht im Emmen - Typus	31	B	26733	0.90	17,5	35,5
Kiesiger Sand (Geschiebepflaster)	32	B	26734	1.00	16	30
Assen - Typus	33	B	26735	1.30	22,5	20
Assen - Typus	34	B	26736	1.80	12,5	21,5
Assen - Typus	35	B	26737	2.30	14,5	25
Sandlinse im Assen - Typus	36	B	26738	2.40	2,5	59,5
Assen - Typus	37	B	26739	2.70	14,5	26
Geschiebelehmsholle im Assen-Typus	38	B	26740	2.75	20,5	16,5
Assen - Typus	39	B	26741	3.10	17	29

- 1) Rote Eisenkiesel, Pyritquarzit, Buntsandstein, Zementquarzit und Kalksteingruppe fehlen. —
 2) Kombination Probe Nr. 33/34/35. — 3) 1,30—2,30 m. — 4) Kombination Probe Nr. 37 + 39. —
 5) 2,70—3,10 m.

Total	Quarz			Feuerstein			Kristallin								Rest 1)						
	weiß	rötlich	übrige	nicht gerundet	patiniert	gerundet	mitteldeutsche Porphyre	mikrosphärolit. Porphyre	übrige Porphyre	Feldspat, weiß und grau	Quarz mit weißem Feldspat	Feldspat, rot	Mikropegmatit	Rest Kristallin	Lydite - Gruppe	Kieseloolith	Kieselsringe	Diverse	Verkieselungen	Roter Sandstein	Grauer paläozoischer Sandst
5,5			5,5							0,5	2	2	75				14		1		
6			6							2	0,5	3,5	2,5	70			11		4		
16	0,5	0,5	15	8,5	1			1	1,5	0,5	3,5	1	48			15	1,5	2,5			
15	1,5		13,5	10	2			0,5	1	1	3		54			9		2	2,5		
9,5		0,5	9					0,5	1	1,5	1,5		75			10	0,5	0,5			
9		1	8					0,5	1,5		1		72,5			11,5	0,5	3,5			
11	0,5	0,5	10	3	1,5			0,5	1	0,5	1,5	0,5	71			6		4,5			
14,5		0,5	14	6	2			0,5	0,5	1,5	1,5		60,5			12		1			
15			15	11,5	2				1,5	0,5	2		53,5			11,5		2,5			
20,5	1,5		19	13	1,5			0,5	1,5	0,5	1,5		45,5			13,5		1,5		0,5	
26,5	1	0,5	25	7,5	1,5				0,5		1		50,5			9,5		2,5		0,5	
8			8	1	0,5						1		76			9	0,5	3			
24	2	1	21	8	0,5				0,5		0,5		48			15,5	0,5	2,5			
5,5		0,5	3					0,5	0,5				84			10	0,5	1			
9,7	1,1		8,6	12,9	2,2			0,5	0,5			1,1	52,1			17,8		2,7	0,5		
4,7			4,7					2,4				2,4	76,3			9,5		4,7			
7,5			7,5	13,8	2,8			0,9	0,9	1,9			45,1	0,9		20,6	3,7	1,9			

Alterit, Saussurit	Grüne Hornblende	Braune Hornblende	Augit	Hypersthen	Olivin	Zirkon	Rutil	Anatas	Brookit	Pumpellyit	Chloritoid	Topas	Staurolith	Disthen	Andalusit	Sillimanit	Turmalin
5,5	42,5	1,5				5	2	0,5					1		0,5		4
11,5	8,5					8	3	2,5					3,5	3,5	2	0,5	6
3	40	1	0,5			9	3	1					0,5		1		2
6	29	0,5	1			6,5	5	3					3	4	0,5	1	6
2,5	19	0,5		0,5		17,5	5,5	2					2	4	2	0,5	5,5
2	51,5			0,5		5	0,5	0,5			0,5		1				1,5
2,5	46		0,5			1,5					0,5		0,5			0,5	1
8,5	9,5		1	0,5		5,5	1	1					6	1	1	0,5	11
5,5	22		0,5			10	1	0,5					4,5	2,5	3	1,5	3
6,5	27,5		0,5			4,5	2						7	2,5	2	0,5	4,5
11,5	31					4	1,5	1					3,5	2,5	3	2,5	5,5
6,5	29		1,5	0,5		3	3						6	1	1	3,5	5,5
	3,5					5,5	7	3					1	7,5	5	1	4,5
7,5	22		1	0,5		5	2,5						3,5	6	5,5	1	5
2,5	46,5			1,5	0,5	2	1,5	0,5		0,5			1,5	1			5
3	23			0,5		8	5,5	1				0,5	3,5	2	4,5		2,5

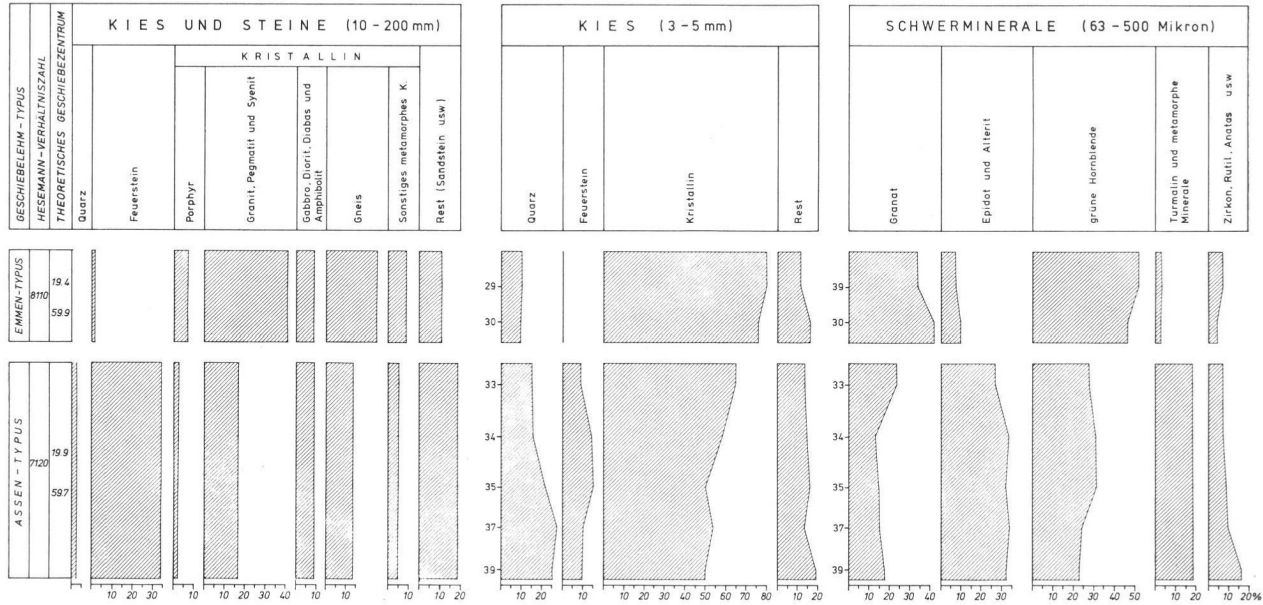


Abb. 5: Sedimentpetrographische Grundzüge der normalen Geschiebelehmproben im Diagramm (Profil B der Abb. 2).

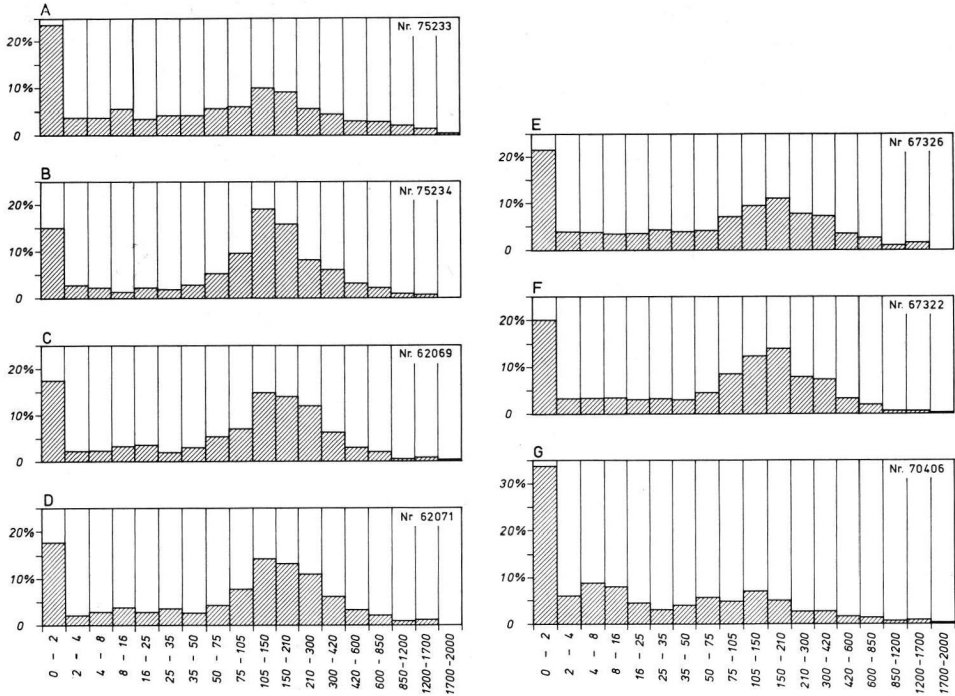


Abb. 6: Korngrößenverteilung einiger Geschiebemergel- und Geschiebelehmtypen.

- A Emmen-Typus; Emmerschans, Grube de Boer; 0,70 m unter der Oberkante des Geschiebelehms. T.K. 17 H Emmen, Koord. 259/536.
- B Assen-Typus; Emmerschans, Grube de Boer; 2,70 m unter der Oberkante des Geschiebelehms. T.K. 17 H Emmen, Koord. 259/536.
- C Heerenveen-Typus; Selmien-Ureterp, Aufschluß Draait-Kanalanlage; 1,50 m unter der Oberfläche. T.K. 11 E Drachten, Koord. 205/565. Geschiebelehm.
- D Deventer-Typus; Selmien-Ureterp, Aufschluß Draait-Kanalanlage; 3,50 m unter der Oberfläche. T.K. 11 E Drachten, Koord. 205/565. Geschiebemergel.
- E Amersfoort-Typus; Amersfoort, Grube Monnikenbosch; 0,60—0,90 m unter der Oberfläche. T.K. 32 D Woudenberg, Koord. 150/462. Geschiebelehm.
- F Lunteren-Typus; Lunteren, Grube Vink; 0,40—0,60 m unter der Oberkante des Grundmoränenprofils. T.K. 32 H Ede, Koord. 172/456. Geschiebemergel.
- G Voorst-Typus; Voorst, Nordostpolder; 0,40 m unter der Oberfläche. T.K. 21 A Ens, Koord. 188/520. Karminrote Geschiebemergelschollen.

3.7 Korngrößenverteilung (Abb. 6)

Die Korngrößenverteilung der normalen Grundmoränen, von denen zur Zeit neun Typen bekannt sind, weist Unterschiede auf, die vielleicht zum Teil auf lokale Aufnahme von Material aus dem Untergrund zurückzuführen sind. Dies gilt insbesondere für den mittelniederländischen Bereich, wo die Aufnahme mittelpleistozäner fluvialer Rheinsande die Form des Gipfels im Sandbereich¹⁾ beeinflusst haben mag (Diagramm E, Amers-

¹⁾ Die Grenze zwischen Schluff und Sand wird z. Z. nicht mehr bei 50 µ, sondern bei 63 µ gezogen.

foort-Typus u. Diagramm F, Lunteren-Typus). Weiter unterscheiden sich diese Typen nur wenig vom Heerenveen-Typus und vom Deventer-Typus (Diagramm C bzw. D). Der Assen-Typus (Diagramm B) weist Ähnlichkeit mit dem Heerenveen-Typus auf. Vermutlich wurde die Form des Gipfels im Sandbereich hier stärker durch Aufnahme älterer, feinsandiger, fluvioglazialer Ablagerungen beeinflusst; dadurch ist die Siebfraktion 105—150 Mikron größer als in den übrigen Analysen. Der Emmen-Typus zeigt nur eine niedrige Gipfelung in der Sandfraktion. Zwischen 2 und 1700 Mikron tritt eine starke Kornstreuung auf; der Tongehalt ist mit 27 % etwas höher als in den oben erwähnten Typen, die in den Beispielsanalysen 15—23 % Ton enthalten.

Ganz anders ist die Korngrößenverteilung in den karminroten Geschiebemergelschollen, wie diese im Nordostpolder und von Steenwijk, Havelte, Gaasterland und Groningen bekannt sind (Abb. 7). Die Gipfelung in der Sandfraktion ist in der Beispielsanalyse von Voorst, Typuslokation des Voorst-Typus, äußerst niedrig, während der Tongehalt von 37 % und auch der Schluffgehalt viel höher sind als in normalen Grundmoränen (Diagramm G in Abb. 6).

Es ist unwahrscheinlich, daß bei den Grundmoränen eine Typeneinteilung, die nur auf der Gipfelung des Sandes und auf dem Ton- und Schluffgehalt basiert, für größere Gebiete angewendet werden kann, weil lokale Aufnahme von Sand in wechselndem Gehalt die Korngrößenverteilung beeinflusst. Besonders in hügeligen Gebieten, in welchem Zusammenhang die Mittel- und Ostniederlande erwähnt werden müssen, wird die Aufnahme aus dem Liegenden die Zusammensetzung manchmal beträchtlich verändert haben. In den Niederlanden sind darüber noch keine systematischen Untersuchungen vorgenommen worden.

In Polen ist die Korngrößenverteilung der Grundmoräne, unabhängig vom Alter, gewöhnlich durch Aufnahme pleistozäner, tertiärer und älterer Bildungen beeinflusst worden. RACINOWSKI & RZECHOWSKI (1961) betrachten die granulometrische Zusammensetzung als ein besonders empfindliches Kriterium zur Ermittlung des Einflusses lokaler älterer Ablagerungen auf die Lithologie des Geschiebelehms und Geschiebemergels.

Wie die Diagramme erkennen lassen, besteht keine Verwandtschaft zwischen dem Assen- und Emmen-Typus und den Geschiebemergelschollen vom Voorst-Typus (DE WAARD 1949, DE RIDDER & WIGGERS 1956, VEENSTRA 1963 und ZANDSTRA 1971).

4. Diskussion

Mit der sedimentpetrographischen Untersuchung konnte nachgewiesen werden, daß in Emmerschans zwei Geschiebelehmtypen mit ostbaltischen Leitgeschieben übereinanderliegen. An dieser Lokalität auf dem Hondsrug ist die Farbe des Geschiebelehms braun bis rot; anderswo sind diese Geschiebelehmtypen gewöhnlich grüngrau.

Der untere, der Assen-Typus, ist jetzt u. a. bekannt von Peelo (ZANDSTRA 1972), Zwiggelte (ZANDSTRA 1974), Schoonloo (unveröffentlicht) und Emmerschans in Drenthe; vielleicht kommt er auch in Oosterhaule (unveröffentlicht) und Duurswoude in Friesland (SCHUDEBEURS 1955) vor.

Untersuchungen neuer Vorkommen in Drenthe deuten darauf hin, daß der Assen-Typus auf dem Hondsrug und westlich vom Hondsrug bis westlich von Assen allgemein vorkommt (Abb. 7).

Der obere Geschiebelehm ist als Emmen-Typus benannt worden; im Gelände fällt die große Typenverwandtschaft mit dem Assen-Typus auf, von dem er sich durch das Fehlen von Feuerstein, die stärkere „Röte“ und den Schwermineralinhalt unterscheidet. Das Fehlen von Feuerstein hat möglicherweise seinen Grund in einem anderen Transportweg des

Eises; vielleicht floß das Inlandeis, das den Geschiebelehm vom Emmen-Typus als Schmelzrückstand ablagerte, etwas östlicher als der Gletscher, der für den Assen-Typus verantwortlich war, und konnte dadurch keinen Feuerstein aufnehmen. Im Osten enthält das Ober-Senon schon in der Umgebung von Szczecin (Stettin) keinen Feuerstein mehr (RICHTER 1932). Der extrem ostbaltische Charakter der Gemeinschaft kristalliner Leitgeschiebe im Emmen-Typus — gut 83 % der Gesamtsumme — steht hiermit in Einklang (Tab. 1).

Sowohl der Assen- als auch der Emmen-Typus wurden als normale Grundmoränen am Fundort gebildet; sie wurden nicht in Form großer Schollen aus Skandinavien mitgeführt. Mit den „echten“ karminroten tonreichen Geschiebemergelschollen des Nordostpolders (DE WAARD 1949), die zum Voorst-Typus gehören, gibt es nur eine geringe Typenverwandtschaft, ebenso wie mit dem Oudemirdum-Typus, der als verwitterter Schollengeschiebelehm betrachtet wird (ZANDSTRA 1971, 1974). Diese Schollen entstammen einer älteren Grundmoräne. Das Material stammt aus dem Raum zwischen Stockholm und den Ålandinseln und dies besagt schon an sich, daß sie niemals südbaltisches und meistens wenig mittelbaltisches Material enthalten, im Gegensatz zum Assen- und Emmen-Typus, deren Inhalt zu etwa 20 bis mehr als 30 % aus Geschieben aus obigen Gebieten bestehen kann. Außer den Transport- und Ablagerungsverhältnissen sind auch die lithologischen und sedimentpetrographischen Eigenschaften der Geschiebemergelschollen des Nordostpolders anders als die der Geschiebelehmtypen von Emmerschans. Aus denselben Gründen gibt es keinerlei Beziehung zu dem Geschiebemergel mit der Vastorfer Geschiebegemeinschaft (GAUGER & MEYER 1970). Dagegen haben die Geschiebelehmenschlüsse unten im Assen-Typus viel mit dem entkalkten Schollengeschiebelehm vom Oudemirdum-Typus gemein (siehe 3.4 und 3.6 und Tab. 6).

Bei der Besprechung des Profilaufbaus (siehe 2.2) wurde erwähnt, daß die Basisfläche des unteren Geschiebelehms örtlich wellenförmig verläuft. Möglicherweise ist dies dadurch bedingt, daß zwei Medien unterschiedlicher Dichte (Inlandeis und liegender Sand) bei Verschiebung gegeneinander „Wellen“ bilden, speziell wenn lokale Hindernisse gequert werden müssen (RICHTER 1930). Vermutlich steht dieses System senkrecht zur Gletscherbewegung; leider gab es keine Möglichkeit, die Längsachsen dieser „Wellen“ zu bestimmen.

Bei der unten folgenden Besprechung wird darauf verzichtet, die Geschiebelehmtypen mit einer aus der Literatur bekannten Vergletscherungsphase der Saale-Kaltzeit zu verbinden. Es gibt dafür zwei Gründe: Erstens läßt sich aus der Anwesenheit von Geschiebelehm eines bestimmten Typus schwer eine Folgerung in Bezug auf das relative Alter innerhalb der Vereisung ziehen, solange das Netz der Beobachtungen noch zu weitmaschig ist. Zweitens gehen heute die Theorien über das Modell der Vereisung und die chronologische Reihenfolge der Vergletscherungsphasen auseinander (u. a. THOMÉ 1959, TER WEE 1962, JELGERSMA & BREEUWER 1975).

4.1 Verbreitung des Assen- und Emmen-Typus

Über die Begrenzung des Verbreitungsgebietes des Emmen- und des Assen-Typus läßt sich noch wenig aussagen. Auf beiden Seiten der Ems in Niedersachsen und Westfalen sind schon einige Vorkommen mit ostbaltischen Geschiebegemeinschaften bekannt, u. a. Ülsen bei Nordhorn mit der Hesemannzahl 7220 (ohne Diabas und Hällefint), Himmlische Berge bei Herzlake mit 7120, Groß-Bersen mit 6211, Langefeld mit 6220 und Langendreerholz im Ruhrgebiet mit 7220 (ohne Diabas und Hällefint) (HESEMANN 1939, SCHUDDEBEURS 1959, 1967). Das Vorkommen im Ruhrgebiet fällt außerhalb des Bereiches der Elster-Vergletscherung; es kann sich somit nur um Material aus der Saale-Kaltzeit handeln; in den anderen Fällen ist vermutlich ebenso von Saale-Material die Rede. Bei

dem Fundpunkt nordöstlich von Aurich in Ostfriesland handelt es sich um Geschiebe aus dem oberen, grüngrauen Geschiebelehm, der viel Feuerstein enthält (SCHUDEBEURS 1967); hier mag es sich um den Assen-Typus handeln. Auch wenn die Geschiebe der Zählgruppe I in dieser Zählung zu hoch geschätzt worden sind (K. D. MEYER 1970), braucht dies nichts an der Einteilung zu ändern, weil der Assen-Typus (im Gegensatz zu den Voorst- und Oudemirdum-Typen, siehe oben) bisweilen 20—30 %, lokal bis 50 %, mittel- und südbaltisches Material enthält.

Ergänzende Daten über ostbaltische kristalline Geschiebegemeinschaften werden in Veröffentlichungen von MILTHERS, DEWERS und RICHTER mitgeteilt. In MILTHERS (1913, 1934) sind Listen von Leitgeschieben einer Anzahl untersuchter Vorkommen in Deutschland und den Niederlanden aufgenommen. Die Zählungen, die einen semiquantitativen Charakter tragen, vermitteln einen Eindruck von den vorherrschenden Geschieben. Die Zählungen bei Oldenzaal und Ootmarsum zeigen eine überwiegend ostbaltische Gemeinschaft.

DEWERS (1939) erwähnt Ergebnisse von vier Hesemannzählungen. Es handelt sich um periglaziale Ablagerungen aus der Weichsel-Kaltzeit, worin Material aus der Saale-Kaltzeit aufgenommen ist; die Lokalität ist die Sandgrube der Harener Hartsteinwerke in den Emmelner Bergen bei Haren/Ems. Werden die Geschiebe gemäß der heute angewandten Einteilung (ohne Gabbro, Diabas und Hällefliint) in einer einzigen Zählung dargestellt, so entsteht als Hesemannzahl 8200. Vor allem der hohe Gehalt an rotem Ostseequarzporphyr (9,6 %) ist in dieser Gemeinschaft auffallend und in guter Übereinstimmung mit dem Assen-Typus, in dem Werte bis 39 % vorkommen (Zählung Zwiggelte in Drenthe, Hesemannzahl 8110, in ZANDSTRA 1974).

RICHTER (u. a. 1951) drückt das gegenseitige Verhältnis bestimmter Geschiebe in einem Koeffizienten aus. Mit dieser Methode konnte er ein Gebiet mit ostbaltischen Gemeinschaften andeuten. Dieses Gebiet, in dem der — meistens rotfarbige — Geschiebelehm

Tab. 6:

Mittelwerte der Kiesfraktion (3—5 mm) und Schwerminerale aus Emmerschans und Friesland.

Hauptgruppen	oberer Geschiebe- lehm (Emmen- Typus) 1)	unterer Geschiebe- lehm (Assen- Typus) 2)	kleine Geschiebe- lehmschollen im Assen- Typus 3)	Geschiebe- lehmschollen in Friesland 4)	Geschiebe- mergel- schollen in Friesland (Voorst- Typus) 4)
% Quarz	8	19	8	4	4
% Feuerstein	—	11	1	1	—
% Kristallin	78	55	78	79	27
% Kalkstein	—	—	—	—	56
% Rest	14	15	13	16	13
% Granat	31	14	20	19	22
% Epidot und Alterit	13	32	19	26	19
% Grüne Hornblende	45	26	47	50	49
% Turmalin + metamorphe Minerale	3	16	8	3	5
% Zirkon, Rutil, Anatas, Brookit	7	11	4	1	3
% Übrige Minerale	1	1	2	1	2

1) Probe Nr. 29, 30, 59, 61; 2) Probe Nr. 33, 34, 35, 37, 39, 62, 63; 3) Probe Nr. 38; 4) bearbeitet nach ZANDSTRA 1971.

feuersteinarm ist, liegt zwischen Oldenburg und Wildeshausen im Osten und Haren und Lingen im Westen; die Südgrenze wird nicht angegeben (Abb. 1 in RICHTER 1953 und Taf. 3 in RICHTER 1958).

Die Westgrenze der Vorkommen des Assen- und Emmen-Typus läßt sich nicht genau wiedergeben; vermutlich läuft sie von Südwestfriesland über Steenwijk und Ommen nach Bentheim. Im allgemeinen sind nur noch vor Erosion geschützte Überreste vorhanden; in Drenthe findet sich jedoch ein größeres Vorkommen (Abb. 7).

4.2 Die Geschiebe im tieferen Teil des Assen-Typus

Der Theorie des temporären Eistrückzugs steht die Auffassung von GRIPP (1973, 1974) gegenüber; diese besagt, daß ein Geschiebepflaster sich während einer Vergletscherung bildet und zwar an Stellen, wo während einer bestimmten Zeit ein (dynamischer) Grund zum Durchsacken bis in das Substrat vorliegt. Druckentlastung als Folge einer Abnahme der Mächtigkeit des Eises würde schon genügen, um dieses Durchsacken zu bewirken.

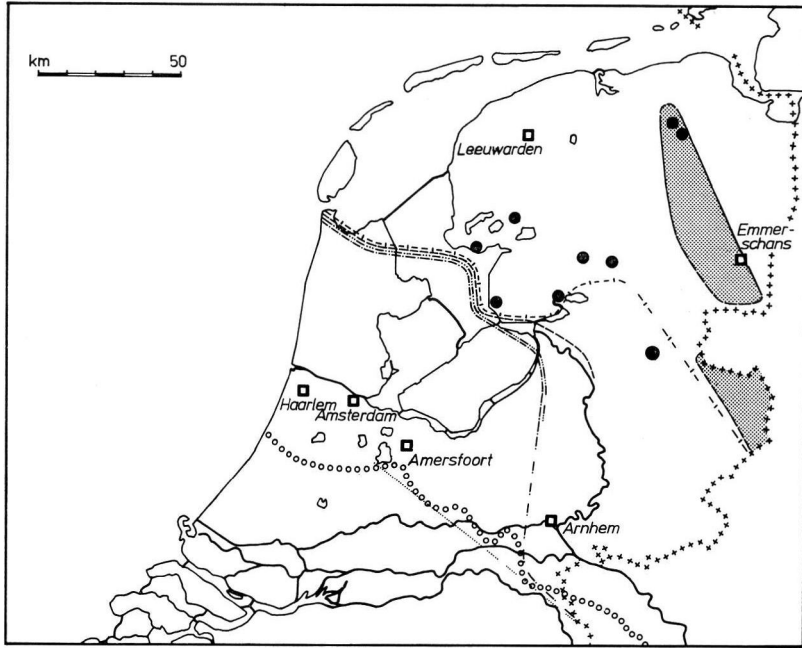
Das Auftreten einiger Steine und Blöcke an der Unterseite des unteren Geschiebelehms bei Emmerschans läßt sich mit der GRIPPSchen Theorie gut erklären; es gibt nichts, was auf Eistrückzug hindeutet.

4.3 Die Sandeinschlüsse im Assen-Typus

Die Obergrenzen der Sandeinschlüsse liegen in einer waagerechten Fläche parallel zur Ober- und Untergrenze des Geschiebelehms. Diese Linsen wurden in gefrorenem Zustand vom Inlandeis aus dem Untergrund aufgenommen, dann verfrachtet und als Lokalgeschiebe in die Grundmoräne eingelagert. Sie bilden gleichsam in kleinem Maßstab ein Schollenmodell (Abb. 4).

Alle Sandlinsen sind nach N oder NW geneigt; nach RICHTER (1929) bedeutet dies, daß die entgegengesetzte Richtung die lokale Bewegungsrichtung des Eises war, hier also nach S oder SSO. Der obere Teil der Sandeinschlüsse ist nach der Ablagerung horizontal etwas verzerrt worden, was aus der faserigen, gedehnten Form hervorgeht. Diese Verzerrung ist der Effekt des fließenden Inlandeises. Es ist unwahrscheinlich, daß dies mit der Bildung von Abscherungsflächen innerhalb des Geschiebelehms (RICHTER 1930) zusammenhängt. Die Struktur des Geschiebelehms bietet dafür keine Hinweise.

Ob die Stauchung des Untergrundes in der „Phase des Assen-Typus“ oder früher stattgefunden hat, ist nicht bekannt; dieser Untergrund besteht aus nach N geneigten glazialen Schollen (Geologische Stichting, Dienstrapport 170). Eine nach S gerichtete Eisbewegung wurde schon 1904 von DUBOIS angenommen, später auch von LIGTERINK (1954) für das, was er die erste Vergletscherungsphase der Riß-Zeit (Saale-Kaltzeit) für den Hondsrug nannte. Diese Auffassung entspricht auch der Meinung von RICHTER (u. a. 1950), der aufgrund von Geschiebegemeinschaften sechs unterschiedliche Gletscherströme erkennt, von denen der älteste, der Cloppenburger Eisstrom, durch Geschiebe von den Ålandinseln gekennzeichnet ist. Auch DE JONG (1967) nimmt für das Gebiet bei Emmerschans einen südwärts gerichteten Druck an. SLATER (1926, 1927) ist der Anschauung, daß das Vorkommen von Sandlinsen und anderen kleinen Schollen in der Grundmoräne eigentlich eine normale und allgemein verbreitete Erscheinung ist. SLATER bezeichnet die in Reihen liegenden Einschlüsse als das fixierte Rudiment der ursprünglichen Strukturform des Gletschers, die nur beim langsamen Abschmelzen des Eises erhalten bleibt (angeführt in WOLDSTEDT 1929). Bisweilen handelt es sich dabei nur um winzige Sandstreifen (RICHTER 1929).



- Südgrenze vom Gebiet mit 0-15% ostbaltischen Geschieben
(Geschiebemergel: Lunteren-Typus; wenn entkalkt: Amerfoort-Typus)
 - Südgrenze vom Gebiet mit 15-25% ostbaltischen Geschieben
 - Südgrenze vom Gebiet mit 25-35% ostbaltischen Geschieben
 - Südgrenze vom Gebiet mit >35% ostbaltischen Geschieben
 - Südgrenze vom Verbreitungsgebiet von karminroten, kalkreichen, tonreichen Geschiebemergel-schollen mit >55% ostbaltische Geschiebe (Voorst-Typus; wenn entkalkt: Oudemirdum-Typus)
- } Geschiebemergel vom Deventer-, Losser- und Nieuweschoot-Typus, Geschiebelehm vom Heerenveen- und Markelo-Typus
- Gebiete mit Konzentrationen von Zählungen mit >55% ostbaltischen Geschieben in grüngrauem bis rotbraunem, sandigem Geschiebelehm (Assen-Typus, Emmen-Typus)
 - Gesicherter Fundort karminroter Geschiebemergelschollen (Voorst-Typus)
 - Südrand Inlandeisverbreitung im Saale-Kaltzeit

Abb. 7: Geschiebegemeinschaften (Saale-Kaltzeit) an oder nahe der Oberfläche.

4.4 Das Geschiebepflaster im Emmen-Typus

Das Geschiebepflaster im unteren Teil des Emmen-Typus markiert nicht genau die Grenzfläche mit dem Assen-Typus. An den Probeentnahmestellen A und B in der Westwand liegt die Grenzfläche 40 bzw. 0 bis 5 cm unter dem Geschiebepflaster. An beiden Stellen kommen auch 10 bis 30 cm über dem Geschiebepflaster einzelne Steine und Blöcke vor, von denen manche aufrecht stehen. Das normale Geschiebelehmprofil ist sonst sehr arm an großen erratischen Blöcken; auch werden keine bis unter das Geschiebepflaster durchgesackten Steine angetroffen.

Manche Forscher schließen aus der Lage eines Geschiebepflasters auf die Stromrichtung des Inlandeises. In diesem Zusammenhang sind die Untersuchungen von SEIFERT (1954) an Geschiebemergelprofilen aus der Weichsel-Kaltzeit auch für Emmerschans von Interesse. SEIFERT gibt für den Geschiebemergel der Ostseekliffs in Schleswig-Holstein folgende Faustregel: „Das Geschiebepflaster ist nur örtlich entwickelt worden. Der obere Geschiebelehm hat zwar eine größere Verbreitung als das Geschiebepflaster, aber er fehlt meistens dort, wo vor der jüngsten Vergletscherungsphase ein hohes Gebiet lag.“ Wenn sich das Inlandeis aus östlicher Richtung genähert hätte, so hätte es den Hondsrug als hohes Gebiet querens müssen; nach der Theorie von SEIFERT wäre dann das Entstehen der oberen Grundmoräne bei Emmerschans unwahrscheinlich gewesen. Auch die Bildung eines Geschiebepflasters als Folge des Durchsackens aus der oberen Grundmoräne würde dann nicht zutreffen. Es verbleibt also nur noch eine nach S bis SSO gerichtete Vorstoßrichtung.

Nach SEIFERT (1954) wurden die Blöcke in den oberen Partien der älteren Grundmoräne der Ostseekliffs teilweise in die basale Schuttmasse des jüngeren Gletschers aufgenommen und vermutlich schon nach kurzer Zeit zusammen mit den neu zugeführten Blöcken und Steinen abgelagert und in die untere Grundmoräne gedrückt. Die Schuttanteile des jüngeren und des älteren Gletschers können somit von Ort zu Ort stark auseinandergehen. Dieser Umstand ist bei der Analyse nur von Bedeutung, wenn die Kies- und die Geschiebe- oder Mineralgemeinschaften der beiden Moränen verschieden sind, so daß die Ergebnisse von Zählungen mit Zählungsdaten für das Geschiebepflaster verglichen werden können. In den Kliffs an der Ostseeküste ist der Geschiebeinhalt der unteren und der oberen Grundmoräne jedoch identisch, so daß kein Beweis für oder gegen Eisrückzug vorliegt.

In Emmerschans gehört das Geschiebepflaster genetisch zum oberen Geschiebelehm, aber das Material ist zum Teil aus der unteren Grundmoräne aufgenommen worden; dies folgt aus der Anwesenheit von 3 % Feuerstein im Kies, der sich im Profil B in Höhe des Geschiebepflasters befindet (Tab. 4).

Die Aufnahme von Material aus dem unteren Geschiebelehm sowie die ungleichartige Mineral- und Kieszusammensetzung des normalen Assen- und des normalen Emmen-Typus zeigen auf die Wirkung zweier unterschiedlicher Gletscher hin. Dazwischen lag eine Zeit des Eisrückzugs; Ablagerungen aus dieser Zeit sind nicht erhalten. Danach wurde während der jüngsten Vergletscherungsphase als Folge einer zeitweiligen Abnahme der Mächtigkeit des Inlandeises ein Geschiebepflaster gebildet; später wurden einzelne Geschiebe aus diesem Pflaster wieder in die Untermoräne aufgenommen, über kurze Strecken verfrachtet und in die höher liegende Grundmoräne abgesetzt.

4.5 Die Sandschicht im Emmen-Typus

Direkt über dem Geschiebepflaster, aber deutlich davon getrennt, findet sich örtlich eine 5 bis 30 cm mächtige Sandschicht. Der Kies in dieser Schicht hat die gleiche Zusammensetzung wie der Kies im umgebenden Geschiebelehm; Feuerstein fehlt und der Gehalt an kristallinem Material ist sehr hoch. Für eine quantitative Kiesanalyse war nicht genug Material vorhanden. Die Schicht wird als eine intramoränale fluvioglaziale Bildung des jüngsten Gletschers gedeutet; ihre Verbreitung ist begrenzt.

5. Schlußfolgerungen

1. Das Geschiebelehmprofil bei Emmerschans umfaßt zwei Geschiebelehmtypen aus der Mittel-Saale-Kaltzeit; der untere wird als der Assen-Typus, der obere als der Emmen-Typus bezeichnet. Beide Typen enthalten eine überwiegend ostbaltische Geschiebegemein-

schafft; sie sind nach dem Mineral- und Kiesinhalt zu unterscheiden. Es handelt sich um Grundmoränen von zwei (unterschiedlichen) Gletschern, von denen der älteste im Ostseegebiet südbaltisches Material aufnahm. Diese beiden Vergletscherungen und die dazwischenliegende Eisrückzugsperiode gehören derselben Vergletscherungsphase an.

2. Die Farbe des Geschiebelehms ist stark sekundär beeinflusst und dadurch als Geländemerkmal oft irreführend. Der Assen-Typus ist z. B. auf dem Hondsrug oft braun oder rotbraun und westlich vom Hondsrug meist grüngrau.

3. Die Geschiebelehmtypen von Emmerschans vertreten zwei normale sandige Grundmoränenablagerungen; sie weisen keine Verwandtschaft mit den karminroten, tonreichen Geschiebemergelschollen des Nordostpolders auf.

4. Die lokale Stromrichtung des Inlandeises war nach S oder SSO gerichtet; dies läßt sich u. a. aus der Lagerung von Sandeinschlüssen im Assen-Typus ableiten.

5. Das Geschiebepflaster im Emmen-Typus ist als Folge einer Mächtigungsabnahme des Inlandeises entstanden.

6. Die Steine und Blöcke an der Grenzfläche Assen-Typus/liegender Sand sind während der ältesten Subphase durchgesackt; die Grenzfläche hat örtlich einen schwachwelligen Verlauf.

7. Die Zusammensetzung des Bafalteils des Geschiebelehmprofils ist durch Aufnahme von Sand aus dem Untergrund beeinflusst worden.

8. Der Assen-Typus kommt in den nördlichen Niederlanden ziemlich häufig vor; der Emmen-Typus hat eine kleinere Verbreitung.

Schriftenverzeichnis

- ANDERSON, W. F. (1972): Een zandlens in de keileemgroeve „Osse“ te Losser. — Grondb. en Ham., **6**: 182—185, 3 Abb.; Losser.
- BOEKSCHOTEN, G. J. & VEENSTRA, H. J. (1967): Over stenen-orientatie in het nederlandse keileem. Geol. en Mijnb., **46**: 195—205, 10 Abb., 2 Tab.; Leiden.
- BOULTON, G. S. (1968): Flow tills and related deposits on some Vestspitsbergen glaciers. — J. Glaciol., **51**: 391—412, 14 Abb.; Cambridge.
- CORTE, A. E. & HIGASHI, A. (1964): Experimental research on deciccation cracks in soil. — U.S. Gold Regions Research and Engng. Labor., Research Rep. 66; Washington.
- DEWERS, F. (1939): Die geologischen Lagerungsverhältnisse des interglazialen Torfes von Haren/Ems. — Abh. naturwiss. Ver. Bremen, **31** (2): 347—359, 3 Abb., 1 Tab.; Bremen.
- DUBOIS, E. (1902): De geologische samenstelling en de wijze van ontstaan van den Hondsrug in Drenthe. — Kon. Ned. Akad. v. Wet., Versl. Gew. Verg. Wis- en Nat. Afd., **11**: 43—50, 150—152; Amsterdam.
- DÜCKER, A. (1964): Kleinformen der Gletschererosion an Geschieben. — Lauenburgische Heimat, N. F., **45**: 26—37, 18 Abb.; Ratzeburg.
- DUPHORN, K., GRUBE, F., MEYER, K. D., STREIF, H. & VINKEN, R. (1973): Area of the Scandinavian Glaciation. I. Pleistocene and Holocene. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**: 222—250, 1 Abb.; Öhringen/Württ.
- FIEDLER, A. (1936): Sedimentpetrographische Gliederung der Geschiebemergel Mecklenburgs. — Jb. preuss. geol. L.-Anst., **57** (1): 111—145, 3 Abb., Taf. 6—7; Berlin.
- GAUGER, W. & MEYER, K.-D. (1970): Ostbaltische Geschiebe (Dolomite, Old Red-Sandsteine) im Gebiet zwischen Lüneburg und Uelzen. — Der Geschiebesammler, **5** (1): 1—12, 2 Tab.; Hamburg.
- Geologische Stichting (1956): Onderzoek naar het voorkomen van grof zand in enige terreinen nabij Emmen. — Dienstrapp. 170; 3 S., 3 Abb.; Haarlem.

- GRIPP, K. (1929): Glaciologische und geologische Ergebnisse der hamburgischen Spitzbergen-Expedition 1927. — Abh. naturhist. Ver. Hamburg, **22**: 147—247, 39 Abb., 32 Taf.; Hamburg.
- (1974): Untermoräne-Grundmoräne-Grundmoränenlandschaft. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **25**: 5—9, 1 Abb.; Öhringen/Württ.
- (1975): 100 Jahre Untersuchungen über das Geschehen am Rande des nordeuropäischen Inlandeises. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **26**: 31—73, 5 Abb., 8 Taf.; Öhringen/Württ.
- HEERDT, S. (1965): Zur Stratigraphie des Jung-Pleistozäns im mittleren Mecklenburg. — Geologie, **14**: 589—609; Berlin.
- HESEMANN, J. (1930): Wie sammelt und verwertet man kristalline Geschiebe? — Sitz.-Ber. preuss. geol. L.-Anst., (5): 188—196; Berlin.
- (1939a): Statistische Geschiebeuntersuchungen. — Z. Geschiebeforsch., **15**, (6): 158—162; Leipzig.
- (1939b): Diluvialstratigraphische Untersuchungen zwischen Elbe und Rhein. — Abh. naturwiss. Ver. Bremen, **31** (2): 247—285, 3 Abb.; Bremen.
- (1975): Kristalline Geschiebe der nordischen Vereisungen. — 266 S., 44 Abb., 29 Tab., 1 Taf.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrhein-Westfalen).
- JELGERSMA, S. & BREEUWER, J. B. (1975): Toelichting bij de kaart glaciële verschijnselen gedurende het Saalien, 1 : 600.000. — Toel. geol. overzichtskaarten Nederland; 93—103, 10 Abb.; 1 Kt.; Haarlem (Rijks Geol. Dienst).
- JONG, J. D. DE (1967): The Quaternary of the Netherlands. — The Geol. Syst. . The Quaternary, (2): 301—426, 10 Abb., 3 Tab.; London, Sydney (Interscience Publ.).
- JONKER, H. G. (1913): Verslag der Tweede Excursie op 4 en 5 October naar Gaasterland, Groningen en Noord Drenthe. — Versl. Geol. en Mijnb. Gen.; 65—93, 8 Abb.; den Haag.
- LIGTERINK, G. H. (1954): De Hondsrug en het dal van de Oer-Eems. — T. K. N. A. G., **71**: 105—121, 12 Abb.; Leiden.
- LÜTTIG, G. (1957): Geschiebezählungen als Hilfsmittel für die Erforschung des Eiszeitalters und seiner wirtschaftlich wichtigen Lagerstätten. — Die Umsch., **57**: 403—405, 6 Abb.; Frankfurt a. Main.
- (1958): Methodische Fragen der Geschiebeforschung. — Geol. Jb., **75**: 361—418, 17 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- MEYER, K.-D. (1970): Zur Geschiebeführung des Ostfriesisch-Oldenburgischen Geestrückens. — Abh. naturwiss. Ver. Bremen, **37** (2/3): 227—246, 4 Abb., 1 Tab.; Bremen.
- MILTHERS, V. (1913): Ledeblokke i de skandinaviske nedisingers sydvestlige graenseegne. — Medded. dansk. geol. For., **4**: 115—182, 4 Abb., 3 Tab.; Kopenhagen.
- (1934): Die Verteilung skandinavischer Leitgeschiebe im Quartär von Westdeutschland. — Abh. preuss. geol. L.-Anst., N. F. 156: 1—74, 1 Abb., 6 Tab., 2 Taf.; Berlin.
- NIELSEN, A. V. (1959): Om Lindö. — Medded. dansk. geol. For., **14**; Kopenhagen.
- (1967): Landskabets tilblivelse i Danmarks Natur. — Kopenhagen (Politik. Verl.).
- OLSZEWSKI, A. (1974): Lithofacial units of subglacial boulder clays on the lower Vistula in the light of the analyses of their macro-structures and macro-textures (poln. Text mit engl. Zusammenf.). — Stud. societ. torun., Torun Polonia, VIII, 2, C, 148; Warszawa, Poznan.
- RASMUSSEN, H. W. (1966): Danmarks Geologi. — 174 S.; Kopenhagen (Gjellerup).
- RACINOWSKI, R. & RZECZOWSKI, J. (1969): Selected problems of lithology and petrography of the boulder clays in central and eastern Poland. — Geogr. polonica, **17**: 319—340, 4 Abb., 4 Tab.; Warszawa.
- RICHTER, K. (1929): Studien über fossile Gletscherstruktur. — Z. Gletscher., **17**: 33—46.
- (1930): Die Textur des Geschiebemergels und ihre Bedeutung für die Erforschung des präglazialen Untergrundes. — Z. Geschiebeforsch., **6**: 80—88; Berlin.
- (1932): Die Bewegungsrichtung des Inlandeises rekonstruiert aus den Kritzen und Längsachsen der Geschiebe. — Z. Geschiebeforsch., **8**: 62—66, 2 Abb.; Berlin.
- (1951): Gliederungsmöglichkeiten im niedersächsischen Pleistozän mit geschiebekundlichen Methoden. — Z. dt. geol. Ges., **102**: 154—155; Hannover.
- (1953): Erdgeschichte des Emmelner Berges bei Haren/Ems. — Jb. emsländ. Heimatver.: 69—82, 3 Abb., 1 Tab.; Meppen.
- (1955): Klimatische Verschiedenartigkeit glazialer Vorstoßphasen in Nord-Deutschland. — Act. 4. Congr. INQUA; Rom.
- (1958): Geschiebegrenzen und Eisrandlagen in Niedersachsen. — Geol. Jb., **76**: 223—234, 1 Taf.; Hannover.
- (1960): Quartär und Tertiär im Raum der Emsniederung, des Hümmlings und Oldenburgs. Z. dt. geol. Ges., **112**, (3): 542—554; Hannover.

- RIDDER, N. A. DE & WIGGERS, A. J. (1956): De korrelgrootte-verdeling van de keileem en het proglaciale zand. — *Geol. en Mijnb.*, **18**: 287—311, 17 Abb., 9 Tab.; Haag.
- (1959): Over de granulometrische samenstelling van de slibfractie van enkele kenozoïsche afzettingen in Nederland. — *Geol. en Mijnb.*, **21**: 416—433, 31 Abb.; Haag.
- RIEZEBOS, P. A. (1968): Mineralogical composition of material less than 500 micron from a red and grey boulderclay sample in the Netherlands. — *Geol. en Mijnb.*, **47**: 98—101, 4 Abb., 1 Tab.; Delft.
- RÖMER, J. H. (1972): Waarnemingen over de beweging van het landijs in Overijssel. — *Grondb. en Ham.*, **26**: 175—181, 4 Abb.; Losser.
- RÜHBERG, N. (1969): Die Geologie der pleistozänen Schichtenfolge am Westkliff von Poel. — *Geologie*, **18** (5): 626—637, 5 Abb., 2 Tab.; Berlin.
- SCHUDEBEURS, A. P. (1955): Mededelingen over drie gesteentetellingen en enige opmerkingen betreffende de Oostzeeporfieren en hun verspreiding. — *Grondb. en Ham.*, **9**: 60—64; Oldenzaal.
- (1959): De verspreiding van de zwerfstenen uit het Oslogebied. — *Grondb. en Ham.*, **13**: 316—333, 11 Abb.; Oldenzaal.
- (1966): Het zwerfsteengezelschap van Noordbroek en de telmethode van Prof. Dr. F. J. Faber. — *Grondb. en Ham.*, **20**: 156—165, 1 Abb.; Oldenzaal.
- (1967): Opnieuw over de verspreiding van de zwerfstenen uit het Oslogebied. — *Grondb. en Ham.*, **21**: 41—49, 3 Abb.; Oldenzaal.
- SEIFERT, G. (1952): Gletscherschrammen auf Fehmarn. — *Die Naturwiss.*, **39**, H. 23: 551, 1 Abb.; Berlin.
- (1954): Das mikroskopische Korngefüge des Geschiebemergels als Abbild der Eisbewegung, zugleich Geschichte des Eisabbaues in Fehmarn, Ost-Wagrien und dem Dänischen Wohld. — *Meyniana*, **2**: 129—190, 8 Abb., 6 Taf.; Kiel.
- SLATER, G. (1926): Glacial tectonics as reflected in disturbed drift deposits. — *Proc. Geol. Assoc.*: 392—400.
- (1927a): The structures of disturbed chalk and diluvium on the east coast of the isle of Rügen, Jasmund district. — *British Assoc. Sci., J. sci. trans.*
- (1927b): The structure of the disturbed deposits of Møns Klint, Denmark. — *Trans. Royal Soc.*, **55**, II: 12; Edinburgh.
- (1927c): The disturbed glacial deposits in the neighbourhood of Lönstrup, near Hjörning, North Denmark. — *Proc. Royal Soc.*, **55**, II: 13; Edinburgh.
- STEPHAN, H. J. (1971): Glazialgeologische Untersuchungen im Raum Heiligenhafen (Ostholstein). — *Meyniana*, **21**: 67—86, 12 Abb., 2 Taf.; Kiel.
- THOME, K. N. (1959): Das Inlandeis am Niederrhein. — *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **4**: 197—246, 19 Abb., 5 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- VEENSTRA, H. J. (1963): Microscopic studies of boulderclays. — 211 S., 29 Abb., 9 Tab., 13 Taf.; Groningen (Stabo).
- WAARD, D. DE (1944): Twee keileemsoorten in Nederland. — *Geol. en Mijnb.*, **23**: 63—64; Haag.
- (1949): Glacigeeen Pleistoceen. Een geologisch detailonderzoek in Urkerland. — *Verh. Ned. Geol. Mijnb. Gen., Geol. Ser.*, **15**: 70—246, 125 Abb., 3 Taf.; Haag.
- WEE, M. W. TER (1962): The Saalian glaciation in the Netherlands. — *Meded. Geol. Sticht., N.S.*, **15**: 57—76, 15 Abb.; Maastricht.
- WOLDSTEDT, P. (1929): Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Diluviums. — 1. Aufl.: 406 S.; Stuttgart (F. Enke Verl.).
- ZANDSTRA, J. G. (1971): Keileem en zwerfstenen in de Zuidwesthoek van Friesland. — *It Beaken*, **33** (1): 13—51, 31 Abb., 5 Tab.; Assen.
- (1972): Notities over heidegronden en hun ontginning en twee nieuwe zwerfsteentellingen in Drenthe. — *Grondb. en Ham.*, **26** (1): 7—18, 4 Abb., 2 Tab.; Losser.
- (1974): Over de uitkomsten van nieuwe zwerfsteentellingen en een keileemtypenindeling in Nederland. — *Grondb. en Ham.*, **28** (5): 95—108, 5 Abb., 4 Tab.; Losser.