

**SEDIMENTPETROGRAPHIE AM MORSUM KLIFF, SYLT
(NORDDEUTSCHLAND)**

von

A.W. Burger
Rijks Geologische Dienst,
Haarlem

Burger, A.W. Sedimentpetrographie am Morsum Kliff, Sylt (Norddeutschland) [Sedimentary petrography at Morsum Cliff, Sylt (North Germany)] — Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 23 (3): 99-109, 3 figs, 2 tab. Leiden, September 1986.

Results of heavy mineral analyses of fifteen samples taken at the Morsum Cliff on the island of Sylt, are presented. Four mineralogical zones could be distinguished. These are (from top to bottom): 1. a stable zone with an important influence of metamorphic minerals, 2. an epidote-rich zone, 3. a hornblende-rich zone, 4. a hornblende/epidote zone. The mineralogical sequence proved to be identical with sections of wells Nieuweschans and Noordlaren in the northeastern Netherlands. Zones 1 and 2 of Morsum could be related to the mineralogical Scheemda Zone of the Dutch stratigraphical scheme. Zones 3 and 4 correlate with the Nieuweschans Zone.

As the Dutch zonation is dated by palynological research it is suggested that zones 1 and 2 of Morsum are of Brunssumian age, and zones 3 and 4 of Susterian age.

A.W. Burger, Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, 2011 CD Haarlem, The Netherlands.

Inhalt: Samenvatting, p. 100
Einleitung, p. 100
Historisches, p. 100
Arbeitsmethode, p. 103
Ergebnisse, p. 103
Auswertung, p. 104
Schlußfolgerungen, p. 106
Danksagung, p. 108
Literatur, p. 108

Opgedragen aan mijn grootmoeder, mevr. B. Timmers-Pet, die op haar 85e jaar de wereld nog steeds alert en kritisch beleeft!

SAMENVATTING

Sedimentpetrografie van het Morsum Kliff op Sylt (Noordduitsland).

In dit artikel worden de resultaten bekend gemaakt van een onderzoek naar de inhoud aan zware mineralen van vijftien monsters, genomen in het Morsum Kliff op het eiland Sylt (Duitse Bondsrepubliek, deelstaat Schleswig-Holstein). Er konden vier mineraalzone's worden herkend. Dit zijn, van boven naar onder:

1. een stabiele zone, met een belangrijk aandeel aan metamorfe mineralen;
2. een epidootrijke zone;
3. een zone rijk aan hoornblende;
4. een hoornblende/epidoot-zone.

Deze resultaten konden worden vergeleken met zware mineralen-onderzoek van de boringen Nieuweschans (8D/15) en Noordlaren (12B/1) in het noordoostelijk deel van Nederland. De mineralogische opeenvolging bleek daar identiek te zijn. Zone 1 en 2 van het Morsum Kliff konden worden gerelateerd aan de mineralogische Scheemda Zone van de Nederlandse stratigrafische indeling; zone 3 en 4 komen overeen met de Nieuweschans Zone.

Ook de boring Wittmunder Forst in Oost-Friesland (B.R.D.) vertoont dezelfde mineralogische opeenvolging. Doordat de Nederlandse mineralogische zonering gedateerd is door pollen-analytisch onderzoek bleek het mogelijk te zijn te veronderstellen dat zones 1 en 2 van het Morsum Kliff van Brunssumien- en de zones 3 en 4 van Susterien-ouderdom zijn.

EINLEITUNG

In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse einer schwermineralogischen Untersuchung von 15 Proben, die der Hauptscholle am Morsum Kliff entnommen wurden, dargestellt. Aufgeschlossen sind dort gestauchte und verschuppte Ablagerungen aus dem Grenzbereich des Miozäns und Pliozäns, die folgendermaßen lithologisch eingestuft werden können (Hinsch & Menke, 1972):

Kaolinsand

Feinsandgruppe

Limonitsandstein (Stratotypus der Morsum Stufe, Hinsch, 1958)

Sandige Übergangsschichten

Glimmerton (Stratotypus der Sylt Stufe, Staesche, 1930)

Die untersuchten Proben sind den sandigen Übergangsschichten bis zum Kaolinsand aufwärts entnommen worden. Leider war es wegen des sehr kurzen Aufenthalts, während eines halben Tages am 27. Juni 1984, nicht möglich auch den unteren Teil der Übergangsschichten und den Glimmerton zu mustern.

HISTORISCHES

Wegen der Anwesenheit der Stratotypen, sowohl der Sylt Stufe als der Morsum Stufe, sind die Ablagerungen in der Hauptscholle von überregionalen Bedeutung. Es gibt viele Schriften mit Ergebnissen paläontologischer und paläobotanischer Untersuchungen, die nicht immer mit einander im Einklang gebracht werden konnten. Auch die Sedimentpetrographie ist, um die stratigraphischen Probleme zu klären, verwendet worden.

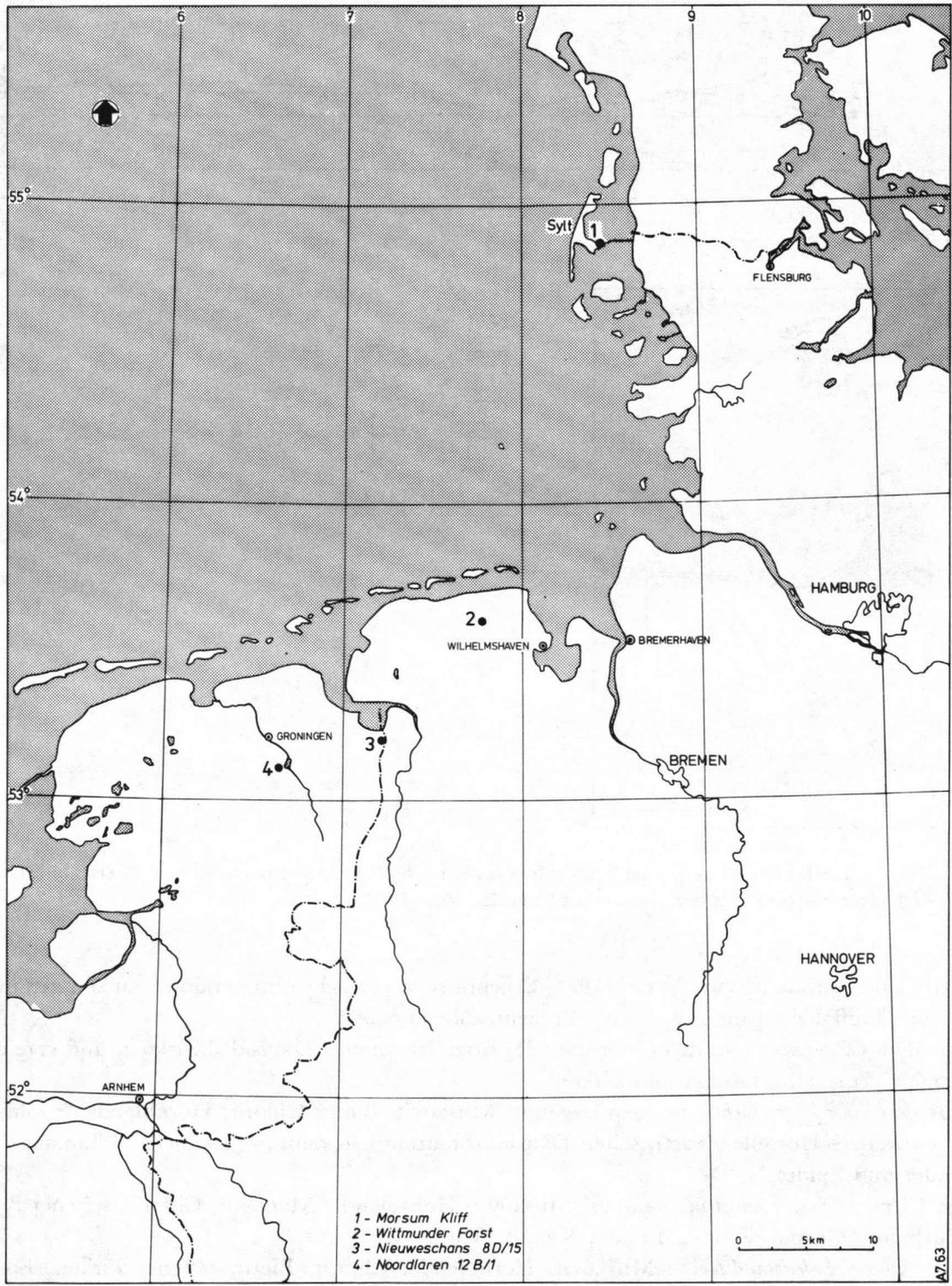


Abb. 1. Übersichtskarte mit den Untersuchungsstellen.

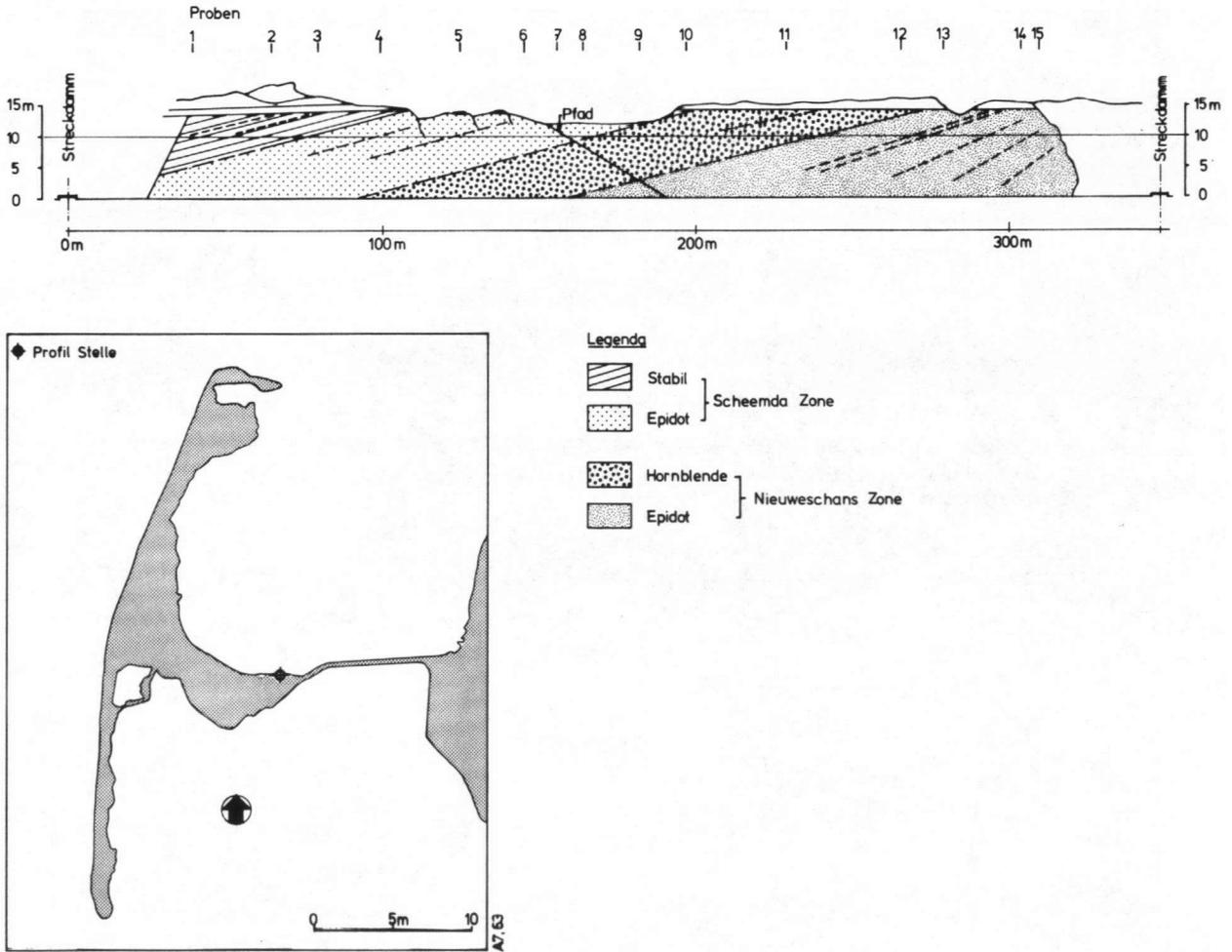


Abb. 2. Profilaufnahme der Hauptscholle am Morsum Kliff, Sylt (geändert nach M. v.d. Bosch, in litt.), mit etwaiger Verbreitung der einzelnen Mineralzonen.

Als Erster veröffentlichte Wetzel (1931) Ergebnisse seiner Schwermineraluntersuchungen in der Form von Häufigkeitsreihen, ohne aber Prozentzahl zu geben:

- aus dem *Glimmerton* nannte er Hornblende, Erze (Magnetit), Diopsid, Muskovit und vereinzelt Epidot, Turmalin, Granat und Zirkon;
- aus den *Übergangsschichten* wurden erwähnt: Muskovit, Biotit, Chlorit, Hornblende, Strahlstein (eine weitere Hornblendeart), selten Diopsid, Staurolith, Kyanit (= Disthen), Sillimanit, Turmalin und Epidot;
- im "*Unteren Sideritsandstein*" fand er: Muskovit, Hornblende, Magnetit, Chlorit, seltener Biotit, Turmalin, Granat, Zirkon, Epidot, Kyanit, Rutil;
- im "*Oberen Sideritsandstein*": Muskovit, Hornblende, Chlorit, Biotit, seltener Zirkon, Epidot, Granat, Titanit;
- aus "*Übergangsschichten vom Sideritsandstein zum Kaolinsand*" erwähnte Wetzel: Magnetit, Muskovit, Hornblende;
- im "*weissen Feinsand*" fand er Erze (Magnetit), Hornblende, Muskovit, seltener Kyanit, Granat, Rutil.

Aus dem höheren Teil des *Kaolinsand*vorkommens wurden ferner noch zwei Analysen angegeben: 1. *Feinsand*: Magnetit, Muskovit, Hornblende, Chlorit, Biotit, Turmalin, Rutil, Zirkon; 2. *Grob-sand*: Magnetit, Biotit, Muskovit, Staurolith, Zirkon, Kyanit, Turmalin. Diese Häufigkeitsreihen geben schon einen Hinweis auf die auch in der jetzigen Arbeit unterschiedenen Assoziationen. Wetzel erklärte übrigens die Unterschiede durch selektive Verwitterung *in situ*.

In 1955 publizierte Weyl (in Weyl et al., 1955) eine zusammenhängende Serie von vier Proben unter- und oberhalb eines damals aufgeschlossenen Braunkohleflözes. Die Prozentzahl der Analysen zeigen gute Übereinstimmung mit den nachstehend zu diskutieren heutigen Ergebnissen: sie zeigen ein extrem stabiles Mineralspektrum, wobei die Verhältnisszahl Disthen: Staurolith größer ist als 1. Auch Weyl war der Ansicht, daß die Unterschiede der Mineralführung eine Folge selektiver Verwitterung *in situ* wären.

ARBEITSMETHODE

Bei der Probeentnahme im Gelände konnte aus zeitlichen Gründen nur eine Abschätzung des vertikalen stratigraphischen Abstands stattfinden, die sich später als 25% zu groß erwies. Daher ist in der Profilzeichnung auf eine genaue Positionierung der Entnahmepunkte in der Wand verzichtet worden. Nur die Horizontalabstände der Proben sind eingezeichnet worden.

Die Proben wurden im Labor mit 25% HCl und nachher mit 50% HNO₃ vorbehandelt, beides unter Erhitzen während einer Viertelstunde. Die Abtrennung wurde in Bromoform (Spez. Gew. 2.87) im Scheidetrichter erzeugt; Einbettung der Körner fand in Kanadabalsam statt. Pro Präparat sind 200 transparente Körner mittels Linienzählung gezählt worden.

ERGEBNISSE

Die Proben verteilen sich folgendermaßen über die lithologischen Einheiten:

Kaolinsand	— Proben 1, 2, 3;
Feinsand	— Proben 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10;
Limonitsandstein	— Proben 11, 12;
Übergangsschichten	— Proben 13, 14, 15.

Die Proben 1 und 2 ergaben eine sehr stabile Mineralassoziation mit auffallend hohen Anteilen für die metamorphen Mineralen. Die Werte für Disthen sind höher als die für Staurolith. Auch Sillimanit ist ein wichtiger Bestandteil (Tabelle 2).

In den Proben 3, 4, 5 und 6 nehmen die Werte der stabilen Gruppe allmählich ab. Wichtigstes Mineral ist hier Epidot, der bis 50% der transparenten Schwerminerale erreicht. Auch hier bleiben die Anteile an Disthen immer höher als jene an Staurolith.

Der durch die Proben 7, 8 und 9 und 10 erfasste Bereich ist gekennzeichnet durch sehr hohe Werte für Hornblende (bis 76% der transparenten Schwerminerale), wobei, neben ungefähr 15% für die stabilen Minerale, nur Epidot mit etwa 15% einigermaßen von Bedeutung bleibt.

Der Anteil an Hornblende wird in den Proben 11, 12, 13, 14 und 15 etwas schwächer, es werden aber immerhin noch Werte von 59% erreicht. Es mehrt sich der Epidotanteil, der mit maximal 32% an Bedeutung gewonnen hat.

Weiterhin war es möglich 2 Feinkiesanalysen in der Fraktion 3-5 mm durchzuführen. In den Proben 2 und 3 wurden je 300 Körner gezählt: etwa 90% davon bezog sich auf durchsichtigen Quarz (Typ HO.ek nach Zandstra, 1978).

AUSWERTUNG

Die Ergebnisse der Schwemmineralanalyse am Morsum Kliff sind an sich recht eindeutig. Es ist möglich vier mineralogische Einheiten zu unterscheiden:

- Zone 1 — Stabile Zone (Proben 1, 2);
- Zone 2 — Epidot Zone (Proben 3-6);
- Zone 3 — Hornblende Zone (Proben 7-10);
- Zone 4 — Hornblende-Epidot Zone (Proben 11-15).

In der deutschen und dänischen sedimentpetrographischen Literatur wird hauptsächlich die Ansicht vertreten daß die Unterschiede in der Mineralvergesellschaftung der tertiären Schichten eine Folge der Verwitterung *in situ* seien (Weyl et al., 1955; Friis, 1974, 1978). Demgegenüber nehmen die niederländischen Untersucher im Allgemeinen an, daß die chemische Verwitterung nicht *in situ*, sondern im Einzugsgebiet stattgefunden hat, also Umwandlung nach der Ablagerung nur eine untergeordnete Rolle gespielt habe (Zonneveld, 1946; Burger, 1970).

Auch bei der Deutung der Ergebnisse am Morsum Kliff ist Verfasser der Meinung, daß die Unterschiede in der Mineralführung der Schichten als primär aufzufassen sind. Dafür spricht namentlich, daß sich genau dieselbe Mineralfolgen in Schichten vergleichbarer stratigraphischer Position in Bohrungen der nördlichen Niederlande und Ostfrieslands feststellen lassen, und zwar in Tieflagen, die nie der Verwitterung *in situ* anheim gefallen sind. Als Beispiel werden hier die Bohrungen Nieuweschans (8D/15) und Noordlaren (12B/1) der nördlichen Niederlande, sowie die Kernbohrung Wittmunder Forst in Ostfriesland (Meyer, 1981) angeführt.

Die beiden stratigraphisch obersten mineralogischen Einheiten am Morsum Kliff: die stabile Zone und die epidotreiche Zone entsprechen den Subzonen der *Mineralzone von Scheemda* der nördlichen Niederlande (Doppert et al., 1975). Beide Zonen sind in den Diagrammen (Abb. 3) leicht zu erkennen:

Bohrung Nieuweschans, 8D/15	stabil	82.00- 99.00 m.u.G.
	Epidot	99.00-123.00 m.u.G.
Bohrung Noordlaren, 12B/1	stabil	142.00-166.00 m.u.G.
	Epidot	166.00-180.00 m.u.G.

Pollenanalytisch wurden Ablagerungen der Mineralzone von Scheemda ins Brunssumium gestellt (Doppert et al., 1975; s. Tabelle 1). Diese Datierung stimmt gut überein mit der Datierung der entsprechenden Schichten am Morsum Kliff nach Hinsch & Menke (1972).

Die hornblendereichen Spektren im Liegenden stimmen völlig überein mit jenen der *Mineralzone von Nieuweschans* der Niederlande. In den Diagrammen (Abb. 3) lässt sich das gut erkennen:

Bohrung Nieuweschans, 8D/15	Hornblendemaximum	123.00-131.00 m.u.G.
	Epidot	131.00-157.00 m.u.G.
Bohrung Noordlaren, 12B/1	Hornblendemaximum	180.00-225.00 m.u.G.

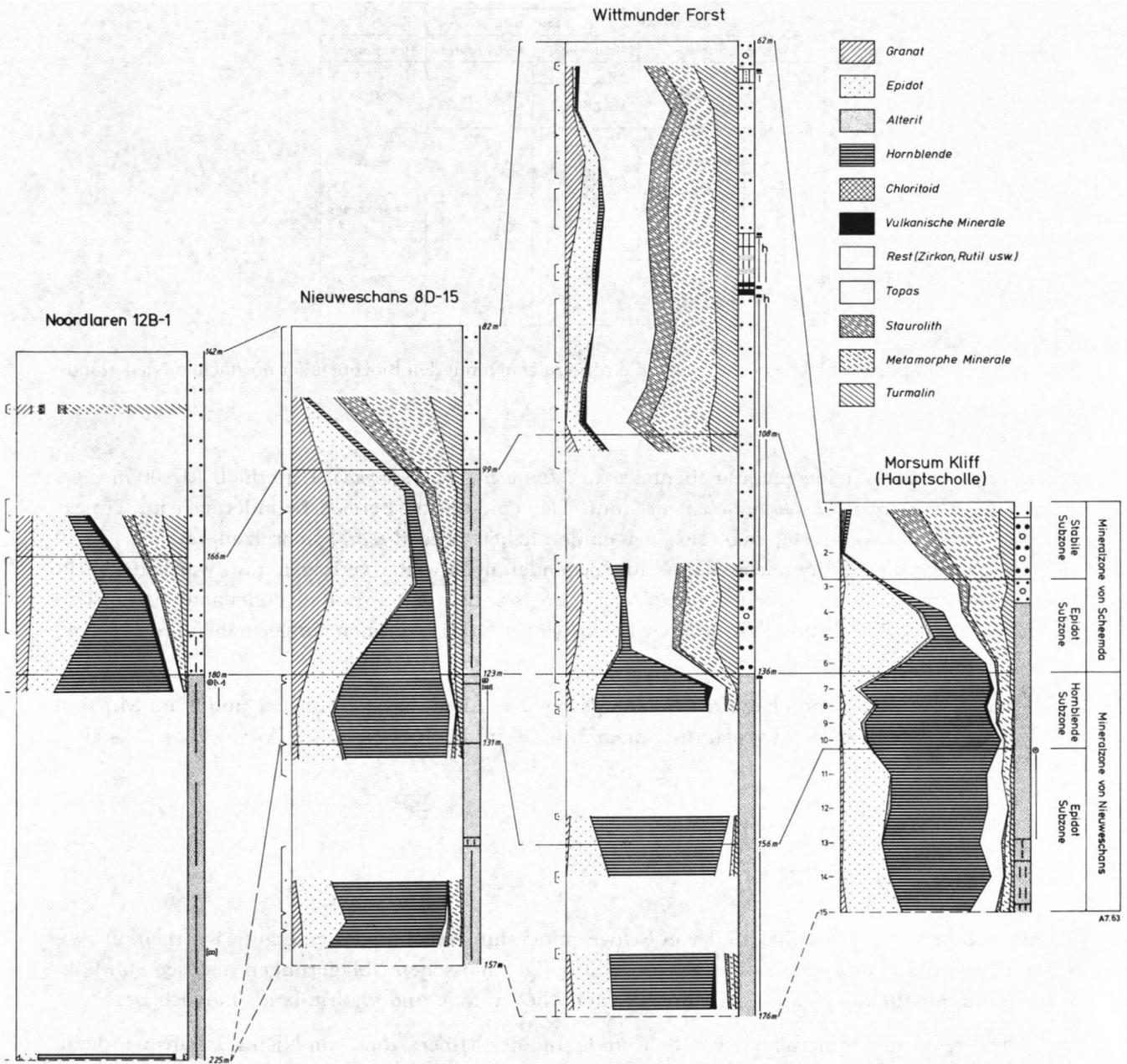


Abb. 3. Mineraldiagramme der besprochenen Probeserien und Korrelierung der Mineralzonen.

Auch diese Mineralzone konnte pollenanalytisch datiert werden, und zwar ins Susterium (Tabelle 1).

In Ostfriesland, d.h. in einer geographischen Zwischenlage, war es möglich die gleiche mineralogische Aufeinanderfolge zu erkennen. In der Kernbohrung Wittmunder Forst, die durch Vermittlung von Herrn Dr K.-D. Meyer vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover untersucht werden konnte, zeigt sich im Diagramm (Abb. 3) im Bereich 62.00-108.00 m.u.G. ebenfalls eine typische, stabile Assoziation, unterlagert (108.00-137.00 m.u.G.) von einem epidot-

Chronostratigraphie		Biozonierung		Mineralzonen
		Mollusken	Foraminiferen	
PLIOZÄN	Reuverien	Mol. C Mol. D1	FA. 2	Noordlaren — Scheemda
	Brunssumien	Mol. D2	FB	— Nieuweschans
MIOZÄN	Susterien	Mol. E	FC. 1	— Ruinerwold
		Mol. F	FC. 2	

Tabelle 1. Stratigraphische Übersicht, in der die Mineralzonen mit den Biozonen der nördlichen Niederlande verknüpft sind.

reicheren Spektrum. Beide gehören ebenfalls zur *Mineralzone von Scheemda*. Unterhalb 137.00 m.u.G. wurde die *Mineralzone von Nieuweschans* erkannt. Der epidotarme Bereich befindet sich im Trajekt 137.00-156.00 m.u.G. Tiefer hebt sich der epidotreichere Teil dieser Mineralzone ab bis 176.20 m.u.G. Ob sich diese Mineralassoziatioin im Liegenden noch weiter verfolgen läßt, war leider nicht festzustellen, weil weitere Proben nicht zur Verfügung standen. Die Resultate pollenanalytischer Untersuchungen in der Bohrung Wittmunder Forst (Meyer, 1981) stimmen einigermaßen mit den Niederländischen Datierungen überein.

Aus diesen Vergleichen kann der Schluß gezogen werden, daß die Zonen 1 und 2 am Morsum Kliff in die *Mineralzone von Scheemda*, die Zonen 3 und 4 in die *Mineralzone von Nieuweschans* zu stellen sind.

SCHLUßFOLGERUNGEN

Es hat sich gezeigt, daß auf Grund von Schwermineraluntersuchungen eine gute Korrelation zwischen den in der Hauptscholle am Morsum Kliff aufgeschlossenen Ablagerungen und den von Bohrungeu durchteuften Schichten der nordöstlichen Niederlande und Ostfrieslands möglich ist.

Die Grenze der Mineralzone von Scheemda und der Mineralzone von Nieuweschans wurde im Feinsandpaket zwischen grobem Kaolinsand und Limonitsandstein gefunden, ungefähr dort, wo zum ersten Mal Spuren von Braunfärbung im Sande an zu treffen sind. Diese Grenze ist zeitlich wahrscheinlich etwa mit dem Übergang Susterium-Brunssumium gleich zu stellen.

Der Limonitsandstein, und damit die Morsum Stufe, ist also aus mineralogischen Gründen ins Susterium zu stellen. Im Gelände zeigt der Limonitsandstein eine scharfe Untergrenze. Öfters wurde denn auch eine Sedimentationslücke angenommen. Man hat sogar die "Zwischenschichten" in einen älteren Zeitabschnitt (Syltium) gestellt. Es zeigt sich aber, daß der Limonitsandstein und die Zwischenschichten zum gleichen mineralogischen Einheit gehören. Nur Wetzel (1931, S. 225) hat einen Hinweis auf den lithologischen Zusammenhang beider Ablagerungen gegeben. Nach meiner Auffassung ist es wahrscheinlicher, daß die Untergrenze der Verkittung des Limonitsandsteins dem Grundwasseroberfläche während der Limonitausscheidung entspricht.

Probennummer	Teufe	Analysenummer	Granat				Epidot	Altersit	Hornblende			Chloritoid	Augit	Hypersthen	Zirkon	Rutil	Anatas	Titanit s.l.	Spinell, grün	Monazit	Korund	Topas	Staurolith	Disthen	Andalusit	Sillimanit		Turmallin
			farblös	rot, braun	grün	früh			grün	braun	alkali															korn	fröhlith.	
MORSUM KLIFF, Hauptscholle																												
1		33465	-	0 ⁵	0 ⁵	-	1 ⁵	5 ⁵	-	-	-	-	-	10 ⁵	8 ⁵	2 ⁵	-	-	-	-	-	-	18 ⁵	28 ⁵	6 ⁵	9 ⁵	2 ⁵	8 ⁵
2		33466	-	-	-	-	1 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	23 ⁵	14 ⁵	4 ⁵	-	-	-	-	-	-	14 ⁵	16 ⁵	4 ⁵	8 ⁵	2 ⁵	8 ⁵
3		33467	3	-	-	-	24 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	20 ⁵	10 ⁵	6 ⁵	-	-	-	-	-	-	6 ⁵	13 ⁵	3 ⁵	6 ⁵	0 ⁵	7 ⁵
4		33468	-	-	-	-	46 ⁵	2 ⁵	-	-	-	-	-	2 ⁵	5 ⁵	3 ⁵	-	-	-	-	-	-	3 ⁵	11 ⁵	5 ⁵	3 ⁵	0 ⁵	3 ⁵
5		33469	1 ⁵	-	-	-	50 ⁵	3 ⁵	-	-	-	-	-	2 ⁵	4 ⁵	4 ⁵	-	-	-	-	-	-	3 ⁵	5 ⁵	5 ⁵	3 ⁵	0 ⁵	4 ⁵
6		33470	0 ⁵	-	-	-	34 ⁵	2 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	2 ⁵	5 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	5 ⁵	5 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	1 ⁵
7		33471	-	-	-	-	9 ⁵	2 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	-	-	3 ⁵	3 ⁵	1 ⁵	2 ⁵	2 ⁵
8		33472	2 ⁵	-	-	-	18 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	-	3 ⁵	4 ⁵	2 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	1 ⁵
9		33473	0 ⁵	-	-	-	12 ⁵	2 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	4 ⁵	2 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	1 ⁵
10		33474	-	-	-	-	14 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	-	4 ⁵	3 ⁵	2 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵
11		33475	1 ⁵	0 ⁵	-	-	28 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	2 ⁵	2 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	-	2 ⁵	2 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	2 ⁵
12		33476	0 ⁵	0 ⁵	-	-	26 ⁵	2 ⁵	-	-	-	-	-	4 ⁵	5 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	1 ⁵	1 ⁵
13		33477	1 ⁵	0 ⁵	-	-	23 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	6 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	-	2 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	2 ⁵
14		33478	1 ⁵	0 ⁵	-	-	28 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	4 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	-	2 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	2 ⁵
15		33479	3 ⁵	-	-	-	32 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	5 ⁵	5 ⁵	3 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	4 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	2 ⁵
WITTMUNDER FORST, Kernbohrung																												
64.30 - 65.30		30420	3 ⁵	1 ⁵	-	-	2 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	18 ⁵	6 ⁵	12 ⁵	-	-	-	-	-	-	10 ⁵	13 ⁵	3 ⁵	1 ⁵	25 ⁵
67.00 - 73.00		30421	4 ⁵	1 ⁵	-	-	1 ⁵	-	-	-	-	-	-	0 ⁵	28 ⁵	10 ⁵	15 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	9 ⁵	2 ⁵	2 ⁵	0 ⁵	14 ⁵
73.00 - 78.00		30422	12 ⁵	-	-	-	8 ⁵	-	-	-	-	-	-	0 ⁵	11 ⁵	9 ⁵	7 ⁵	-	-	-	-	-	-	11 ⁵	12 ⁵	3 ⁵	2 ⁵	12 ⁵
78.00 - 84.00		30423	7 ⁵	2 ⁵	-	-	11 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	12 ⁵	5 ⁵	6 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	12 ⁵	18 ⁵	3 ⁵	4 ⁵	13 ⁵
88.00 - 90.00		30424	2 ⁵	-	-	-	14 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	11 ⁵	11 ⁵	7 ⁵	-	-	-	-	-	-	11 ⁵	15 ⁵	3 ⁵	7 ⁵	14 ⁵
92.00 - 99.50		30425	2 ⁵	0 ⁵	-	-	15 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	17 ⁵	10 ⁵	6 ⁵	-	-	-	-	-	-	11 ⁵	10 ⁵	4 ⁵	9 ⁵	12 ⁵
100.15 - 105.00		30426	1 ⁵	0 ⁵	-	-	8 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	2 ⁵	12 ⁵	18 ⁵	4 ⁵	-	-	-	-	0 ⁵	11 ⁵	5 ⁵	5 ⁵	1 ⁵	12 ⁵	
105.00 - 108.00		30427	0 ⁵	1 ⁵	-	-	15 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	2 ⁵	10 ⁵	7 ⁵	4 ⁵	-	-	-	-	-	13 ⁵	20 ⁵	4 ⁵	10 ⁵	16 ⁵	
108.00 - 112.00		30428	7 ⁵	1 ⁵	-	-	15 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	2 ⁵	15 ⁵	7 ⁵	4 ⁵	-	-	-	-	-	9 ⁵	12 ⁵	2 ⁵	5 ⁵	15 ⁵	
122.00 - 124.00		30429	8 ⁵	1 ⁵	-	-	17 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	15 ⁵	7 ⁵	4 ⁵	-	-	-	-	-	9 ⁵	10 ⁵	3 ⁵	5 ⁵	13 ⁵	
124.00 - 130.00		30430	9 ⁵	1 ⁵	-	-	22 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	15 ⁵	7 ⁵	4 ⁵	-	-	-	-	-	7 ⁵	15 ⁵	4 ⁵	5 ⁵	10 ⁵	
130.00 - 136.00		30431	6 ⁵	-	-	-	25 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	13 ⁵	3 ⁵	3 ⁵	-	-	-	-	-	4 ⁵	11 ⁵	3 ⁵	0 ⁵	14 ⁵	
136.90 - 137.90		30432	1 ⁵	-	-	-	17 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	3 ⁵	3 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	3 ⁵	0 ⁵	1 ⁵	2 ⁵	
138.03 - 139.72		30433	3 ⁵	0 ⁵	-	-	14 ⁵	-	-	-	-	-	-	1 ⁵	5 ⁵	1 ⁵	2 ⁵	-	-	-	-	0 ⁵	5 ⁵	4 ⁵	1 ⁵	-	1 ⁵	
139.90 - 140.50		30434	2 ⁵	0 ⁵	-	-	14 ⁵	-	-	-	-	-	-	0 ⁵	4 ⁵	2 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	3 ⁵	0 ⁵	1 ⁵	3 ⁵	
152.25 - 153.00		30435	1 ⁵	1 ⁵	-	-	12 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	2 ⁵	1 ⁵	-	1 ⁵	
159.00 - 160.30		30436	0 ⁵	0 ⁵	-	-	25 ⁵	-	-	-	-	-	-	2 ⁵	5 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	-	-	-	-	-	0 ⁵	0 ⁵	2 ⁵	1 ⁵	3 ⁵	
168.00 - 169.30		30437	1 ⁵	0 ⁵	-	-	23 ⁵	-	-	-	-	-	-	0 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	2 ⁵	2 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	3 ⁵	
174.00 - 176.20		30438	4 ⁵	-	-	-	23 ⁵	-	-	-	-	-	-	2 ⁵	5 ⁵	1 ⁵	1 ⁵	-	-	-	-	-	1 ⁵	1 ⁵	0 ⁵	-	2 ⁵	
NIEUWESCHANS, 8D/15																												
82.00 - 99.00		4306	6	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	10	6	-	-	-	-	-	-	1	14	25	9	7	-	18
99.00 - 104.00		4307	22	-	-	-	44	-	5	-	-	-	-	3	3	-	1	-	-	-	-	-	6	8	3	2	-	3
104.00 - 121.00		4308	24	-	-	-	48	1	9	-	-	-	-	5	4	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	4
123.00 - 124.00		4309	8	-	-	-	23	-	56	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	5
124.00 - 131.00		4310	3	-	-	-	20	1	68	-	-	-	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3
131.00 - 135.00		4311	4	-	-	-	26	1	59	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	-	-	1
143.00 - 151.00		4312	2	-	-	-	20	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	-	-	2
151.00 - 153.00		4313	5	-	-	-	26	-	58	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	1	1	1
153.00 - 157.00		4314	6	-	-	-	14	-	64	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	1	-	2
NOCRDAREN, 12B/1 (nach Edelman, 1933, Tab. VII)																												
148.00 - 149.00			9	-	-	-	5	-	1	-	-	1	-	4	4	-	1	-	-	-	-	-	4	24	9	4	-	34
159.00 - 163.00			9	-	-	-	22	-	10	-	-	1	-	11	8	-	-	-	-	-	-	-	6	11	2	4	-	15
166.00 - 175.00			9	-	-	-	42	-	24	-	-	1	-	4	3	-	1	-	-	-	-	-	2	8	-	2	-	4
182.00			4	-	-	-	17	-	70	-	-	1	-	2	3	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1
225.00			1	-	-	-	11	-	79	-	-	1	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-

Tabelle 2. Zahlenmäßige Übersicht der Schwermineralanalysen. Benachdruckt sind die für die stratigraphische Einstufung wichtigen Minerale.

Es wäre wünschenswert weitere serienmäßige Schwermineraluntersuchungen, z.B. in den höheren Abschnitten der Kaolinsandserie, durch zu führen. Dabei könnte sich zeigen, daß eine weitere chronologische Untergliederung dieser Ablagerung möglich ist, wie dies ja auch in den Niederlanden der Fall ist.

DANKSAGUNG

Es ist mir ein Vergnügen allen, die auf einiger Weise beim Zustandebringen dieser Arbeit beteiligt gewesen sind, zu danken:

- an erster Stelle dem Herrn Direktor des "Rijks Geologische Dienst" (Haarlem), für die Genehmigung die Daten zu veröffentlichen;
- Herrn Kollegen J.G. Zandstra, für seine Anregungen, sein stetiges Interesse und die vielen Diskussionen;
- Herrn Dr W.H. Zagwijn (Rijks Geologische Dienst, Haarlem), für die stratigraphischen Beratung und die deutschsprachige Durchsicht des Manuskripts;
- Herrn M. van den Bosch (Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, Leiden), für die noch unveröffentlichte Profilaufnahme, die als Basis für Abb. 2 dienen konnte;
- Herrn Dr K.-D. Meyer (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover), für die Möglichkeit Proben der Bohrung Wittmunder Forst sedimentpetrologisch zu untersuchen;
- die Abbildungen wurden auf dankenswerter Weise von den Kollegen J.A.M. Bruinenberg und J.W. Schild hergestellt.

Schließlich danke ich meiner Ehefrau Gon für ihre Bereitschaft auch im schlechtestem Wetter eine Geländebegehung mitzumachen.

LITERATUR

Es wurden, außer den zitierten Arbeiten, auch noch eine Reihe weiterer, fürs Untersuchungsgebiet wichtiger Veröffentlichungen, erwähnt.

- Burger, A.W., 1970. De Invloed van de korrelgrootte op de zware mineraleninhoud van zanden. — Grondb. en Hamer, (6): 174-183, 4 Abb.
- Bijlsma, S., 1981. Fluvial sedimentation from the Fennoscandian area into the North-West European Basin during the late Cenozoic. In: A.J. van Loon (ed.). Quaternary geology: a farewell to A.J. Wiggers. — Geol. Mijnbouw, 60: 337-345, 3 Abb., 1 Tab.
- Dietz, C., & L. Heck, 1952. Geologische Karte von Deutschland 1 : 25.000, Erläuterungen zu den Blättern Sylt-Nord und Sylt-Süd. — Kiel (Geol. L.-Amt Schlews.-Holst.)
- Doppert, J.W.C., G.H.J. Ruegg, C.J. van Staalduinen, W.H. Zagwijn & J.G. Zandstra, 1975. Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: W.H. Zagwijn & C.J. van Staalduinen (eds), S. 11-56, 60 Abb.
- Edelman, C.H., & D.J. Doeglas, 1933. Bijdrage tot de petrologie van het Nederlandsche Tertiair. — Verhand. Geol.-Mijnb. Genootsch. Ned. Kol. (Geol. Serie) 10: 1-38, 3 Abb.
- Fay, M., 1977. Herkunft und Verbreitung von Sandschüttungen im marinen Alttertiär Nordwestdeutschlands auf Grund der Verteilung der nichtopaken Schwerminerale. Diss. T.U., Berlin (D-83): 50 S., 4 Taf., Anhang.
- Friis, H., 1974. Weathered heavy-mineral associations from the young-Tertiary deposits of Jutland, Denmark. — Sediment. Geol. 12: 199-213, 7 Abb., 2 Tab.

- Friis, H., 1978. Heavy-mineral variability in Miocene marine sediments in Denmark: a combined effect of weathering and reworking. — *Sediment. Geol.*, 21: 169-188, 9 Abb., 2 Tab.
- Gripp, K., 1922. Marines Pliozän und *Hipparion gracile* vom Morsum Kliff auf Sylt. — *Zeitschr. deutsch. geol. Ges.*, 74: 169-206.
- Gripp, K., 1962. Neue Beobachtungen im Pliozän von Sylt. — *Mém. Soc. belge Géol., Paléont., Hydrol.*, (sér. in 8°) 6: 101-109, 4 Taf.
- Hinsch, W., 1958. Die Bedeutung des Aufschlusses von Maade bei Esbjerg für die Gliederung des Obermiozäns. — *Zeitschr. deutsch. geol. Ges.*, 109 (2): 463-474, 1 Abb., 5 Tab.
- Hinsch, W., 1970. Kleine Übersicht über Stratigraphie und leitende Molluskengruppen im Obermiozän und Unterpliozän des östlichen Nordseebeckens. — *Geschiebesammler*, 5 (2): 35-51.
- Hinsch, W., 1977. Die Molluskenfauna des Syltium vom Morsum-Kliff. — *Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst.*, 47: 39-56, 5 Abb., 2 Taf., 5 Tab.
- Hinsch, W., 1980. Morsum Cliff, Neogene deposits affected by Elsterian glacial tectonics. — In: *Quartär-Exkursionen in Schleswig-Holstein. Proj. 124 I.G.C.P. (21-23/9-1980)*. Kiel: 73-79, 2 Abb.
- Hinsch, W., & B. Menke, 1972. Das Morsum-Kliff/Sylt. — *Geschiebesammler*, 7 (2): 49-56, 2 Abb.
- Hinsch, W., & D. Ortlam, 1974. Stand und Probleme der Gliederung des Tertiärs in Nordwestdeutschland. — *Geol. Jb.*, (A) 16: 3-25, 6 Abb., 3 Tab.
- Meyer, K.-J., 1981. Zur Stratigraphie des kontinentalen Pliozäns in NW-Deutschland mittels pollenanalytischer Untersuchungen. — *Newsl. Stratigr.*, 10 (1): 1-19, 3 Abb., 6 Taf.
- Ruegg, G.H.J., & J.G. Zandstra, 1977. Pliozäne und pleistozäne gestauchte Ablagerungen bei Emmerschans (Drenthe, Niederlande). — *Meded. Rijks Geol. Dienst, (N.S.)* 28 (4): 65-99, 13 Abb. 7 Taf., 1 Tab. Blatt.
- Schwarzer, K., 1985. Neues zur Stauchungszone vom Morsum-Kliff/Sylt. — *Meyniana*, 37: 77-87, 6 Abb., 1 Tab.
- Staesche, K., 1930. Zur Gliederung des obermiozänen Glimmertons. — *Jb. preuss. geol. Landesanst.*, 51 (I): 55-87.
- Ter Wee, M.W., 1979. Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1 : 50.000; Blad Emmen West (17 W) en Emmen Oost (17 0). — *Haarlem (Rijks Geol. Dienst)*, 218 S., 62 Abb. 27 Fotos, Anhänge.
- Wetzel, W., 1931. Die Sedimentpetrographie des Sylter Tertiärs. — *Schr. naturw. Ver. Schleswig-Holst.*, 19 (2): 204-233, 4 Taf., 1 Tab.
- Weyl, R., 1932. Studien zur vergleichenden Sedimentpetrographie der norddeutschen Tertiärmeere. — *Centralblatt f. Min. etc., Abt B* (3): 157-163.
- Weyl, R., U. Rein, & M. Teichmüller, 1955. Das Alter des Sylter Kaolinsandes. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 6: 5-15, 2 Abb., 1 Tab.
- Wirtz, D., 1949. Die Fauna des Sylter Crag und ihre Stellung im Neogen der Nordsee. — *Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg*, 19: 57-76, 3 Taf., 2 Tab.
- Wirtz, D., & H. Illies, 1951. Plio-Pleistozängrenze und Günzeiszeit in Nordwestdeutschland. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 1: 73:83, 1 Abb., 1 Tab.
- Zagwijn, W.H., & J.W.C. Doppert, 1978. Upper Cenozoic of the southern North Sea Basin: palaeoclimatic and palaeogeographic evolution. In: A.J. van Loon (ed.): *Key-notes of the MEGS-II* (Amsterdam, 1978). — *Geol. Mijnbouw*, 57 (4): 577-588, 8 Abb.
- Zagwijn, W.H., & C.J. van Staalduinen (red.), 1975. Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. — *Haarlem (Rijks Geol. Dienst)*: 134 S., viele Abb. u. Tab.
- Zandstra, J.G., 1978. Einführung in die Feinkiesanalyse. — *Geschiebesammler*, 12 (2/3): 21-38, 6 Abb., 2 Taf., 1 Tab.
- Zonneveld, J.I.S., 1946. Beschouwingen naar aanleiding van de korrelgrootte der zware mineralen in zandige sedimenten. — *Geol. Mijnbouw*, 8: 83-90, 93-105.