

## RESUME

Denne artikel omhandler en undersøgelse af pankromatisk sort/hvide flyfotos egnethed ved jordbundskartering. Undersøgelsen blev foretaget i to områder, Rostrup og Birkebæk, nær Gadbjerg ca. 20 km vest for Vejle. Flybillederne (målestok 1:4500) blev taget i april 1977, hvor hovedparten af markerne var vegetationsløse. En jordbundsundersøgelse ud fra gråtonevariationerne på flyfotoerne og terrænformerne blev foretaget ved opboring af prøver fra den øverste meter af jorden. Tekstur, humus, pedologi og dræningstilstand blev vurderet.

Man fandt, at Rostrup var et veldrænet område af varierende tekstur, og hvor dalene på flyfotoet fremstod i lysere nuancer end bakkerne. Det lyse skær over dalene skyldes den svage podsolering af sandet, samt at humusen i de øverste millimeter af pløjelaget gennem vinteren er slået fra sandkornene. På bakkerne fandtes der ingen tegn på podsolering, og de jernoxid-dækkede sandkorn giver selv fri for humus et brunligt skær. I Birkebæk, hvor der er udviklet et markant mikrorelief, fremstår de lave områder i mørke nuancer, medens de ca. en halv meter højere plateauer fremstår i lysere nuancer. Dette skyldes, at podsoller dominerer på plateauerne, hvorimod dårligt dræned, ofte tørvede jorder findes i de relativt lave områder. Disse kan sommetider have udformning som et dræningssystem.

Man kan generelt konkludere, at flybilleder kan være velegnede til grænsedragning mellem forskellige jordbundstyper, såfremt disse giver sig udslag i pløjelagets fremtoning (brunjorde/podsoller), medens teksturskift i underjorden ofte er umulige at erkende. Man kan endvidere konkludere, at flyfoto uden feltobservationer af jordbunden ikke er særlig velegnet, da gråtonerne dannes ved et samspil af mange faktorer såsom tekstur, struktur, pedologi, humus, sesquioxider og dræningstilstand, dvs. at en gråtone ikke entydigt kan relateres til en bestemt jordbundstype.

## LITTERATUR

- Fobian, A. (1976): Flybilleders anvendelse ved jordbunds-kortlægning, DGF årsskrift 1976, s. 7-21.  
Lundén, B. (1974): Test av tolkningsmöjligheter för jordarts-kartering i flygbilder. Symp. tillämpad nat.geo. Uppsala Univ. s. 63-77.  
Myers VI (1975): Crops and Soils. Manual of remote sensing Vol. 2, s. 1715-1813.

## DIE POSTSEDIMENTÄRE VERTEILUNG DER ADSORBIERTEN KATIONEN IM MARSCHBÖDEN

ARNE SKJOLDAGER

Skjoldager, Arne: Die postsedimentäre Verteilung der adsorbierten Kationen im Marschböden. Geografisk Tidsskrift 77: 48-58 Juni 1, 1978.

*Die Untersuchung behandelt die postsedimentäre Änderungen der adsorbierten Kationen in dänischen Marschböden. Ausserdem wird die Probleme über die Bestimmung den adsorbierten Kationen beleuchtet.*

Arne Skjoldager, Cand.agro., Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Kemisk Institut, Thorvaldsensvej 40, DK-1871 København V.

## DAS DÄNISCHE WATTENMEER.

Das Dänische Wattenmeer erstreckt sich nach Norden von Skallingen bis im Süden, zu der Dänisch-Deutschen Grenze. Gegen Westen wird das 850 km<sup>2</sup> große Gebiet von der Halbinseln Skallingen, den Inseln Fanö, Mandö, Römö und Vidå, Hochsändern Sören Jessens Sand, Peter Meyers Sand und Kore Sand begrenzt.

Die Watten werden zwei mal täglich und die Hochsänder werden nur bei extraordinärem hohen Hochwasser überschwemmt. Die Marschbildung findet teils auf der Ostseite der Barriereinseln und teils auf der Westseite der Küste Jütlands statt. Mit der Zeit hat eine Meeresspiegelsteigung in Kombination mit einer positiven Materialbilanz, teils wegen einer natürlichen Vegetation und teils wegen einer Landgewinnung eine Marschbildung statt gefunden.

Die großen Flüsse: Varde Å, Ribe Å, Brede Å und Viså, führen ihr Wasser in das Wattenmeer hinaus. Da diese Flüsse Material mitführten, entstand an einigen Stellen eine Binnengewässermarsch, wo die Küste zu dem betreffenden Zeitpunkt meist exponiert war, findet sich heute eine marine Vorlandsmarsch. (Vadehavet, Bygd 1976).

## DER ZWECK DER UNTERSUCHUNG.

Das Ziel unserer Untersuchung war, ob die Verteilung der adsorbierten Kationen im Boden, von dem heutigen oder dem damaligen Milieu, zum Zeitpunkt der Entstehung der betreffenden Bänder, bestimmt wurde. Um zu einer vergleichenden Analyse kommen zu können, ist es notwendig abzuklären ob die Vergleichsgrundlage in Ordnung ist, d.h. in Bezug auf unsere Untersuchung, daß bevor eigentliche Vergleichen angestellt werden können, müssen die Umstände und Zeitpunkte der betreffenden Marschbildungen festliegen.

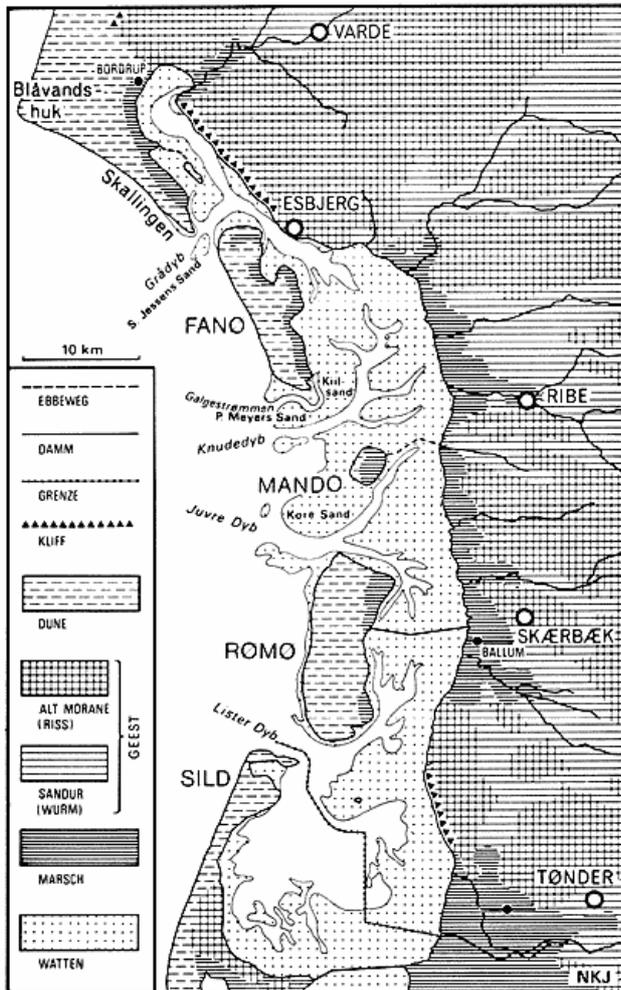


Fig. 1. Kort over Vadehavet med de tre prøvelokaliteter Tønder, Ballum og Bordrup.

Da die Marsch im südwestlichen Dänemark, besonders die Tøndermarsch, sehr gründlich untersucht worden ist, konnten wir, vor der Probeentnahme hier eine Grundlageinformation erhalten. Wir erschlossen uns, Proben aus drei Hauptgebieten zu untersuchen, d.h. aus der Mögeltønder Kog in der Tøndermarsch, die Ballummarsch und aus der Bordrupmarsch in der Sohle der Ho Bugt. Sämtliche Proben wurden am 23. Okt. 1975 entnommen. In allen drei Fällen haben wir es mit einer Bassinmarsch zu tun, das heißt, daß die Ablagerungen in einem sehr ruhigen Milieu stattgefunden hat. Jedoch entwickelten sich die 3 Gebiete auf verschiedene Weise.

Die Mögeltønder Kog wurde 1556 eingedeicht, und ist seit 1929 künstlich entwässert worden. Die Ballummarsch wurde 1914-19 eindeicht jedoch nicht künstlich entwässert. Die Bordrupmarsch ist weder eindeicht noch entwässert worden, wodurch es sich hier um ein Gebiet handelt, in dem noch immer Ablagerungen stattfinden. Bei der Vergleichsgrundlage handelt es sich um: prinzipielle gleichförmige Gebiete, die verschiedenen Entwicklungen ausgesetzt waren.

Da die Tøndermarsch am besten untersucht worden ist haben wir diese als Grundmodell benützt, um die Interpretation der mechanischen Analyse gegen die Interpretation während der Feldarbeit abwägen zu können. Soll es der Fall sein, daß die Teksturanalyse uns künftig Auskunft darüber geben kann, ob es sich um eine Marine-, Brackwasser- oder Süßwasserablagerung handelt, kann man aus den Resultaten von Ballum und Bordrup sehen, mit welchem Ablagerungsmilieu man es in den einzelnen Fällen zu tun hat. Ist die Herkunft der einzelnen Bänder festgelegt, ist es möglich nach Berücksichtigung der Transgression-, Regression- und Stillstandsperioden, eine Datierung der einzelnen Bänder vornehmen zu können.

Sollte es sich als richtig erweisen, dieses Verfahren zu benützen, erhalten wir ein Modell, welches aus eine Vergleichsmöglichkeit sowohl zwischen verschiedenen als auch innerhalb einer einzigen Lokalität, gibt.

Die Mechanische Analyse als Interpretationsgrundlage des Sedimentationsmilieu:

Analysemethode: Die Teksturbestimmung wurde nach die Andreasen-pipettemethode vorgenommen. Vor der Analyse wurde die Erde mit HCl und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> behandelt, um den CaCO<sub>3</sub> und den Humus zu entfernen, wonach die Proben 15 Minuten mit einem Sonic Vibrator in einer 0.002M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-lösung behandelt wurden. Die Sandfraktion wurde mit Hilfe eines Schüttelapparates fraktioniert, und danach jede Fraktion gewogen. Diese Analysen wurden nur als Einzelanalysen durchgeführt.

Interpretation: Über das unmittelbare Resultat der Teksturanalyse hinaus, erhält man einige weitere Resultate. So konnten wir aufgrund dieser Untersuchung das Verhältnis zwischen Ton und Silt nach:

$$\frac{\% \text{ Ton} \times 100}{\% \text{ Ton} + \% \text{ Silt}}$$

berechnen.

Das Ton-Silt Verhältnis ist nach N. Kingo Jacobsen (1964) aussagekräftig über das damalige Sedimentationsmilieu. Wenn die Tonfraktion (0-2 $\mu$ ) 60-70% der gesamten Menge unter 16 $\mu$  ausmacht lag im Sedimentationszeitraum ein marines Milieu vor. In Brackwasser fällt dieses Verhältnis unter 60% und im Süßwasser sogar bis zu 35-40%. Indem ich in dieser Untersuchung die Siltfraktion aus Teilchen zwischen 2 und 20  $\mu$  bestehend, definiert habe, ergibt sich, daß das Verhältnis zwischen Ton und Silt niedriger wird als bei Kingo Jacobsen. Die Ursachen dieser Verhältnisse liegt darin, daß die kleinsten Partikel in Kolloid-chemische oder biologisch bedingten Aggregaten auftreten, also in einer sekundäre Struktur. Es hat sich erwiesen daß dieses  $\frac{2}{3}$ -Verhältnis in jeden marinen Sedimentationsmilieu vorliegt, unabhängig von der Sedimentationsart (grobkörnig oder feinkörnig). Wenn die Tonaggregate des Flutstromes in ein Süßwasser- oder Brackwasserbassin geführt werden, lösen sich die Aggregate auf. Die kleineren Partikel können damit nicht sedimentieren, und werden mit der Ebbe wieder hinausgeführt.

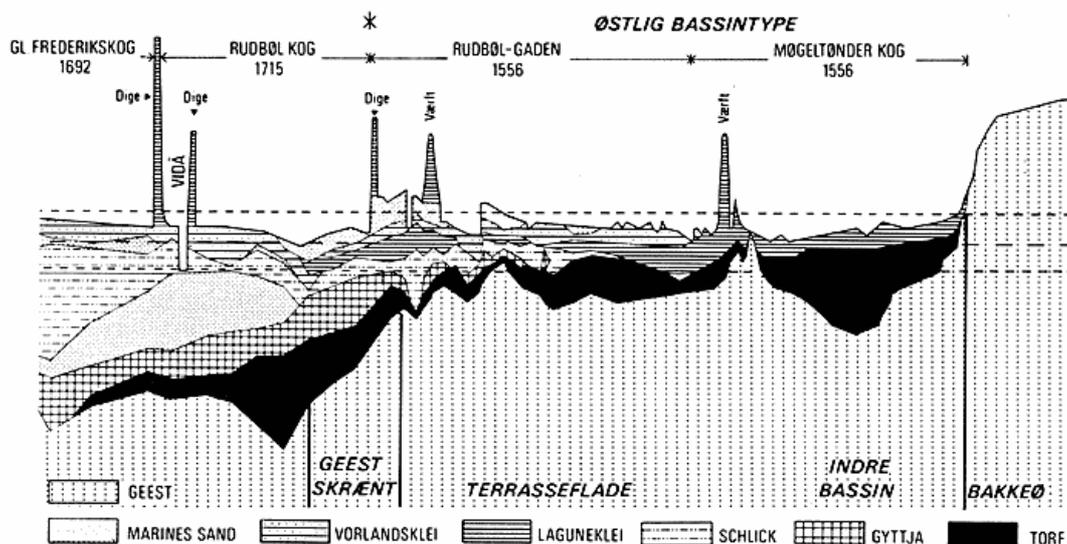


Abb. 2. Querschnitt des Södam-Kærgaard Bassins, Tondern Marsch.

Fig. 2. Længdesnit gennem den østlige del af Møgeltonder Kog.

**RESULTATE UND DISKUSSION:**

Die genannten Probeentnahmestellen gehen aus die Karte hervor. (Abb. 1)

N. Kingo Jacobsens Boden- und Geesttopografischen Karten über Møgeltonder Kog zufolge sind die Proben der NW'lichen Ecke der Södam-Kærgaard-Bassin entnommen. Die Lage der Geestoberfläche ist an diese Stelle als -1.5 m → -2.0 m DNN angegeben, während die augenblickliche Oberfläche in +0.6 m - +0.8 m DNN liegt.

Wie es aus Abb. 2 hervorgeht, ist der Boden des Bassins mit Torf bedeckt, einem rot-braunen Süßwassertorf. Beim Probeentnahme zeigte sich der Torf 1.35 m unter der aktuellen Oberfläche. Der Torf war von Bassinklei der Typen Marin, Brack und Süßwasser bedeckt. Die folgende Profilbeschreibung wurde unter die Probeentnahme angefertigt.

Es wird deutlich, daß hier eine Steigerung des Ton-Silt-Verhältnisses mit einer Steigerung der Salzkonzentration des Sedimentationsmilieus vorliegt. Hier zeigt sich also eine gute Übereinstimmung zwischen der Ton-Silt-Theorie und den aktuellen Feldfanden. Es wird im Folgenden die Gültigkeit dieser Theorie für die Entstehung der Tondermmarsch untersucht werden.

Vor der Subborealen Regressionsfase (2.300 v. Chr. - 1800 v. Chr.) traten drei Transgressionsfasen von Mitte Atlantikum (4000 v. Chr.) bis Ende Atlantikum (2300 v. Chr.) auf. Diese drei Transgressionsfasen können im Inneren des Bassins nicht nachgewiesen werden, weil dessen Bodenrelief (die Geestoberfläche) zu hochgelegen hat. Nach der Subborealen Regression traten die Cardium Transgression 2000 v. Chr. und 1250 v. Chr. in zwei Fasen auf. Danach folgte die Subatlantische Transgression (700-100 v. Chr.) und eine Flaute bis 200 n. Chr. Die Flaute wurde von der Eisenzeittransgression (200-600 n. Chr.) in einer Flaute (6-800) abgelöst. Danach folgten drei Transgressionsfasen mit dazwischenliegenden Flaute, nämlich: 1. 1000 n. Chr., 2. 1300-1650 und 3. 1800-?. (NKJ 1964, 1972).

Wegen der Meeresspiegelsteigung ab Mitte Atlantikum nahm die natürliche Dränierung des Bassins ab, mit Versumpfung und Torfbildung zur Folge. Im Cardium reichte das Meer bis zu einer Linie, die ungefähr dem heutigen Deich von 1556 (von Höjer bis Rudbøl) entspricht. Anfang der Cardiumtransgression entstand ein Brackwasser-Binnen-see im Bassin, in dem Kleiablagerungen stattfanden. In der zweiten Cardiumtransgression bildete sich ein Süßwasser-milieu, das von einem brackten Milieu im Subatlantikum und einem Marinen Milieu in der Späteisenzeit abgelöst wurde.

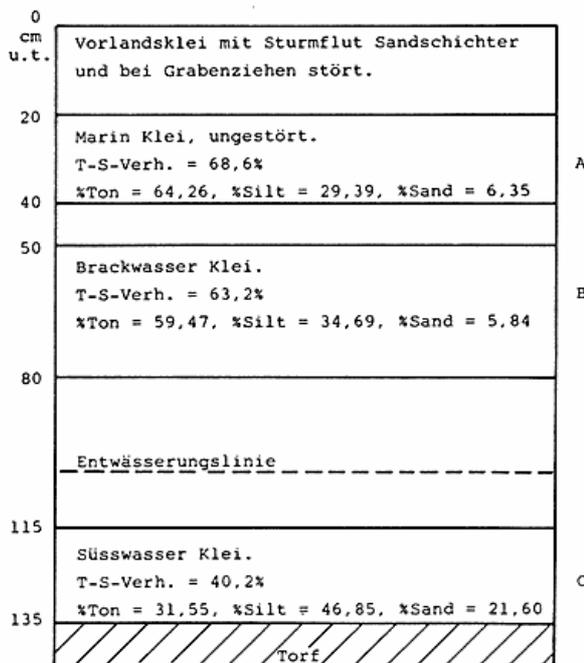


Abb. 3. Profilschnitt Södam-Kærgaard.  
Fig. 3. Profil gennem marsken ved Södam-Kærgaard.

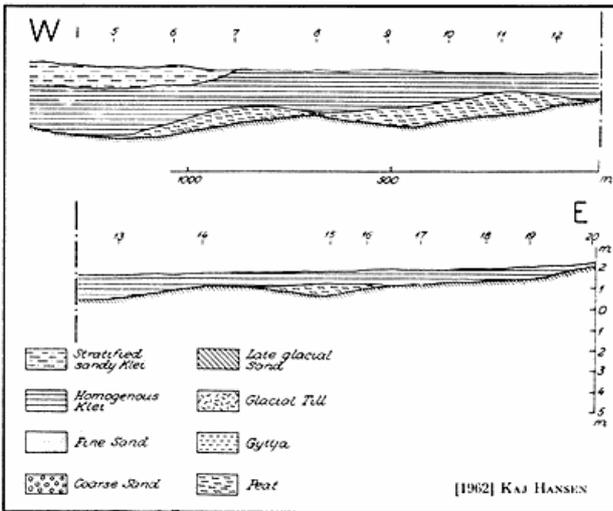


Abb. 4. Querschnitt des Ballummarsch.  
Fig. 4. Tvärsnit gennem Ballummarsken.

Die ersten bracknen Cardiumablagerungen zeigten sich nicht bei der Probeentnahme, weil die Proben von der Außenkante des Bassins stammen, wo der Abstand zum Basistorf gering ist. Die unterste Ablagerung die gefunden wurde, muß also zur zweiten Cardiumtransgression gehören. Vergleicht man dieses mit dem Ton-Silt-Verhältnis ergibt sich gute Übereinstimmung.

A	Spät-Eisenzeittrans.	Milieu	T/S
20-40 cm	200-600 n.Chr.	Marin	68.6%
B	Subatlantischetrans	Brack	63.2%
50-80 cm	700-100 v.Chr.		
C	2. Cardiumtrans	Süß	40.2%
115-135 cm	1250 v.Chr.		

Daß sich keine Ablagerungen der zwei darauffolgenden Regressionsfasen (1000 n.Chr. und 1300-1650) fanden rührt wohl daher, daß die Bassins zu hoch und geborgen gelegen haben. Sie waren von Sommerdeichen, Alter Viddingharkerkog und Strandwällen beschützt. Mit dem Deichbau von 1556, wurde die Marschbildung beendet. Es hat sich gezeigt, daß das Ton-Silt-Verhältnis eine gute Aussage dafür liefert, ob es sich um Sedimentationszeitpunkt um Brack-, Süßwasser- oder Marinemilieu gehandelt hat.

**Die Ballummarsch:**

Wie man aus der Karte und Abb. 4 sehen kann, lag unsere Probenentnahmestelle gerade nördlich der Bohrlinie (7-14) von Kaj Hansen, wodurch sich eine gute Vergleichsgrundlage ergibt. Das Bild ist das selbe wie in Mögeltönder Kog: ein Bassin in den wegen eine Meeresspiegelsteigung eine Versumpfung mit anschließender Torfbildung stattgefunden hatte, wonach der Bassinklei sich über dem Basistorf abgelagert hat. Die folgende Profilbeschreibung wurde an Ort und Stelle angefertigt.

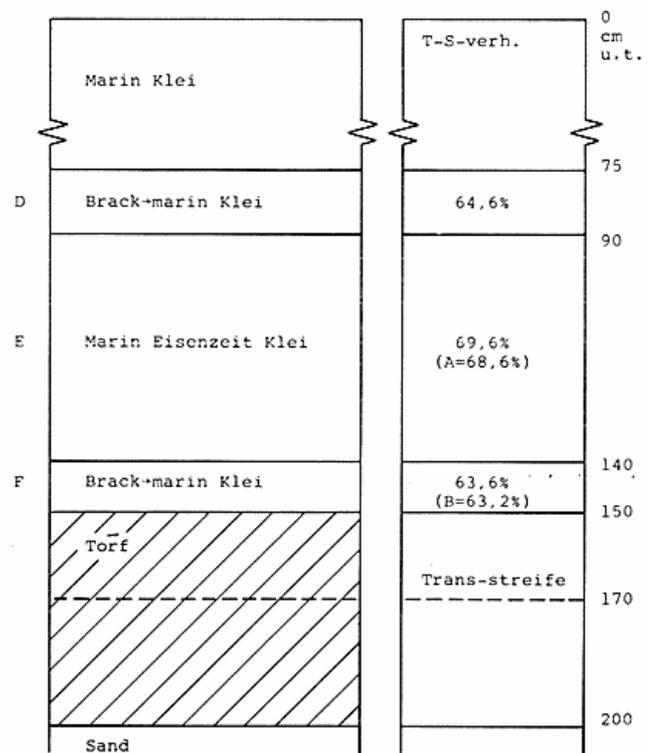


Abb. 5. Profilschnitt Ballummarsch.  
Fig. 5. Profil gennem Ballummarsken.

Die Ton-Silt-Verhältnisse zeigen nochmals eine gute Übereinstimmung mit den Funden der Probeentnahmen. Wenn man dieses Profil mit zeitmäßige analogen Schichten der Mögeltönder Kog vergleicht, findet man auch hier eine sehr gute Übereinstimmung mit dem Ton-Silt-Verhältnis.

	Ton-Silt	Ton-Silt	
		64.6%	D
A	68.6%	69.6%	E
B	63.2%	63.6%	F
C	40.2%		

Die Probenentnahmestelle im Ballumbassin ist also eine Transgressionsfase jünger als im Södam-Kärgaardbassin.

**Die Bordrupmarsch:**

Die genaue Probenentnahmestelle ergibt sich aus der Karte (Abb. 1) und unsere Observations sind in Abb. 6 festgehalten.

Unter der Bohrung stießen wir nicht auf eine feste Oberfläche, sondern beendeten die Bohrung in der Torfschicht bei 450 cm u.t. Es läßt sich keine vollständige Übereinstimmung Observation und das Ton-Silt-Verhältnis feststellen. Bei Probe I findet sich ein Verhältnis, welches eben so hoch liegt wie in H, obwohl I auch als Süßwasser-Brack bezeichnet ist. Trotz des hohen T-S-Verh. halte ich eine Süßwasser-sedimentation für mehr wahrscheinlich als ein Brackwasser-milieu. Diese Annahme baut auf der Observation von Schilf-

Kalk zugeführt, was in Mögeltönder und Ballum sicher der Fall ist. So viele Vorbehalte schwächen die Möglichkeit, die  $\text{CaCO}_3$  als Indizium des Sedimentationsmilieu zu benutzen, weshalb sich bei Untersuchung auch keine Korrelation zwischen dem T-S-Verhältnis und der  $\text{CaCO}_3\%$  fand.

Die Bestimmung von CEC, adsorbierten Kationen und Kationverteilung im Bodenwasser:

Methode: Die Bestimmung von CEC und adsorbiertem  $\text{Mg}^{++}$  und  $\text{Ca}^{++}$  (Möberg, 1973). Da die Proben  $\text{CaCO}_3$  enthielten wurde Na-Acetat (pH=8.2) anstatt von  $\text{NH}_4\text{-Ac}$  (pH 7.0) benutzt, weil die Löslichkeit des Carbonates zehnmal so klein in NaAc wie in  $\text{NH}_4\text{Ac}$  ist (Möberg, 1973). Nach der 5maligen Sättigung mit NaAc, nachfolgenden Zentrifugierung und Filtrierens, wurden sie ebenfalls fünfmal mit Alkohol ausgewaschen um den  $\text{Na}^+$ -Überschuß zu entfernen. Damit waren alle Plätze an den Humus- und Tonpartikeln mit  $\text{Na}^+$  besetzt. Danach wurde  $\text{Na}^+$  mit  $\text{NH}_4^+$  (1M  $\text{NH}_4\text{Ac}$ ) ausgetauscht, wonach die  $\text{Na}^+$ -Konz. der CEC entsprach. Bei dieser Bestimmung der adsorbierten Kationen treten einige Probleme auf, da die gewonnenen teils adsorbierte Kationen, teils Kationen die im Bodenwasser enthalten waren und teils  $\text{Ca}^{++}$  vom  $\text{CaCO}_3$  stammend, die unter die Prozedur in Auflösung gegangen sind, enthalten. Um diese Probleme zu umgehen, habe ich sowohl sämtliche Kationen im Wasserextrakt, als auch die  $\text{Ca}^{++}$  im Alkohol-extrakt und  $\text{NH}_4\text{Ac}$ -Extrakt bestimmt. Nach negativer Kontrolle auf Rückstände von  $\text{CaCO}_3$ , mit Hilfe von 3-4 ml 10% HCl sämtlichen Proben, zeigte sich, daß die Menge des Ads- $\text{Ca}^{++}$  nach folgender Formel berechnet werden kann:

$$\text{Ads-}\text{Ca}^{++} = \text{Ca}^{++} \text{ gelöst in NaAc} - \text{Ca}^{++} \text{ in Bodenwasser} - (\text{Total } \text{Ca}^{++} \sim \% \text{CaCO}_3 - \text{Ca}^{++} \text{ in Ethanol} - \text{Ca}^{++} \text{ in NH}_4\text{Ac})$$

Obwohl diese Formel auch theoretische Gültigkeit besitzt, traten bei den Proben C und K Probleme auf. Beim C habe ich eine sehr hohe  $\text{Ca}^{++}$  Konz. im Bodenwasser gefunden (1070 meq/100g), während bei einer Sulfatanalyse (nach B. Kjör) sich 14.66 meq Sulfat/100 g fanden. Also rührt das  $\text{Ca}^{++}$  sicher vom Gips her.

Bei K wurde gefunden:

$\text{Ca}^{++}$ in NaAc	= 4.52 meq/100 g
$\text{Ca}^{++}$ in Bodenwasser	= 1.14 -
$\text{Ca}^{++} \sim \text{CaCO}_3$	= 13.00 -
$\text{Ca}^{++}$ in Ethanol	= 0.13 -
$\text{Ca}^{++}$ in $\text{NH}_4\text{Ac}$	= 0.65 -

das ergibt:

$$\text{Ads.}\text{Ca}^{++} = 4.52 - 1.14 - (13.00 - 0.13 - 0.65) = -8.84 \text{ meq/100 g.}$$

Damit ergeben sich Zweifel darüber, ob sich alles  $\text{CaCO}_3$  in Auflösung befand, trotz daß der negativen HCl-Tests. Es bestand die Möglichkeit, daß das HCl, statt das  $\text{CaCO}_3$  zu spalten, das Acetat der Lösung zu Essigsäure verwandelt habe. Um dieses zu untersuchen sättigte ich 5 g der Probe K nur einmal mit 1M  $\text{NH}_4\text{Ac}$ , zentrifugierte und setzte 3-4 ml 10% HCl zu. Nach dieser einmaligen Sättigung ging ich davon aus, daß noch immer freies  $\text{CaCO}_3$  zu Stelle war, trotz negativer HCl-Probe. Erst bei weitere Zugabe von 10

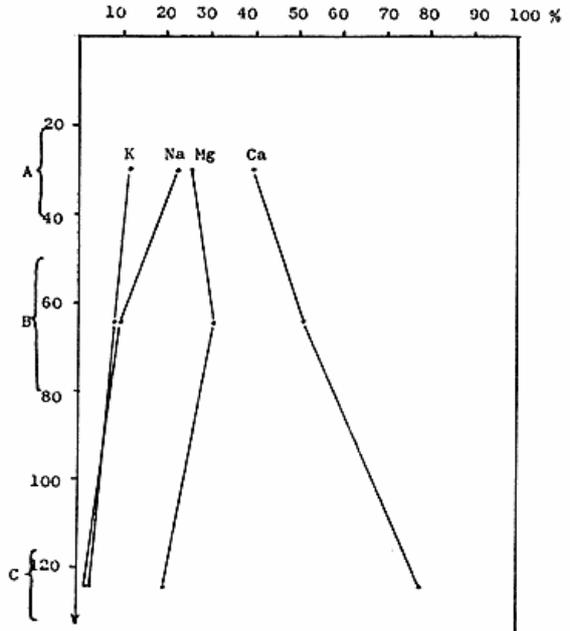


Abb. 8. Die Verteilung der adsorbierten Kationen in den Proben aus Mögeltönder.

Fig. 8. Fordelingen af adsorbere Kationer i proverne fra Mögeltönder.

ml HCl wurde die Probe positiv, d.h. daß einige der gefundenen Werte über adsorbierte  $\text{Ca}^{++}$  zu klein sein müssen. Auf diesen Umstand werde ich bei der Diskussion der Ergebnisse noch weiter eingehen.

Adsorbiertes Na und K wurde separat bestimmt. Die Proben wurden 5 mal mit 1M  $\text{NH}_4\text{Ac}$  gesättigt, und danach die Konzentration im Extrakt gemessen. Dieser Extrakt enthält teils adsorbierte Kationen die aus dem Bodenwasser stammen. Die adsorbierten Kationen ( $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$ ) wurden nach folgender Formel bestimmt:

$$\text{Ads.}\text{Na}^+ = \text{Na}^+ \text{ in NH}_4\text{Ac} - \text{Na}^+ \text{ in Bodenwasser}$$

Wiederum traten Probleme bei den Proben J, K und L auf. Hier wurde eine höhere  $\text{Na}^+$ -Konz. als im  $\text{NH}_4\text{Ac}$ -Extrakt gefunden. Dieses läßt sich nicht auf die Prozedur zurückführen, weil in dieser Doppelanalyse nur eine sehr kleine Unsicherheit auftritt. Die Ursache sahen wir, ohne es jedoch nachgeprüft zu haben, darin, daß die Resultate aus verschiedenen Analysen stammen. Wenn man davon ausgeht, daß die zwei Zahlen gleich groß sind, bedeutet das, daß sich adsorbierte Na-Ionen im Wasserextrakt befanden. Die Ursache dazu kann sein, daß man durch die Spülung mit entionisiertem Wasser das Gleichgewicht ( $\text{ads.}\text{Na} \rightleftharpoons \text{Na}$  in Bodenwasser) zu sehr nach rechts verschiebt.

Die Kationen in Bodenwasser wurden durch eine Erde-Wasser Aufschwemmung (1:2.5) bestimmt. Die Aufschwemmung wurde nach nächtlichem Hinstand über einen Sandfilter filtriert. Im Extrakt wurde  $\text{Ca}^{++}$  und  $\text{Mg}^{++}$  (AAS) nebst  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$  (FES) bestimmt. Außerdem wurde die Cl-Konzentration durch eine electrometrische Titration bestimmt. (Benjaminsen, 1955). Es wäre wohl besser gewesen das natürliche Bodenwasser gleich zu zentrifugieren, um das Gleichgewicht nicht zu verschieben.

Tabel 1.	Mogeltønder			Ballum			Bordrup					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
meq Ca i ethanol	0.41	0.36	0.40	0.18	0.25	0.32	0.19	0.16	0.19	0.18	0.13	0.22
meq Ca i NH <sub>4</sub> Ac +	0.88	1.18	3.39	0.76	0.52	0.87	0.64	0.66	1.01	0.76	0.65	1.07
rest aus CaCO <sub>3</sub>	1.29	1.54	3.79	0.94	0.77	1.19	0.83	0.82	1.20	0.94	0.78	1.29
% CaCO <sub>3</sub> ~ meq Ca	4.20	0.00	11.20	1.80	0.00	1.40	1.20	3.60	1.60	1.20	13.00	1.60
Rest aus CaCO <sub>3</sub> +	1.29	1.54	3.79	0.94	0.77	1.19	0.83	0.82	1.20	0.94	0.78	1.29
Ca i NaAc fra CaCO <sub>3</sub>	2.91	0.00 <sup>y</sup>	7.41 <sup>z</sup>	0.86	0.00 <sup>y</sup>	0.21	0.37	2.78	0.40	0.26	12.22	0.31
Ca im Bodenwasser +	0.14	0.58	10.70	0.16	0.29	0.54	0.49	0.64	1.01	1.27	1.14	1.65
X= Ca i NaAc, der nicht adsorbiert worden sind.	3.05	0.58	18.11	1.02	0.29	0.75	0.86	3.42	1.41	1.53	13.36	1.96
total-Ca i NaAc	22.46	25.20	56.38	12.63	10.78	10.98	4.18	4.50	6.58	6.28	4.52	6.86
X +	3.05	0.58	18.11	1.02	0.29	0.75	0.86	3.42	1.41	1.53	13.36	1.96
ads Ca meq/100g	19.41	24.62	38.27	11.61	10.49	10.23	3.32	1.08	5.17	4.75	? <sup>3)</sup>	4.90

## RESULTATE UND DISKUSSION

Wie es aus dem Obenstehenden hervorgeht, kommen die Resultate über adsorbierte Kationen von mehreren unabhängigen Analysen, wodurch man sich weder an kleine Unübereinstimmungen, heften, noch sich durch gute Übereinstimmungen zu sehr bestätigt sehen darf. Beide Ergebnisse können die Folge einer Summierung der Unsicherheiten einzelner Analysen sein.

Kommentar zu Tabel 1:

1: Wie es sich zeigt wurde Ca<sup>++</sup> im Ethanol- und NH<sub>4</sub>Ac-extrakt gefunden obwohl sich kein CaCO<sub>3</sub> in den entsprechenden Proben befand. Dazu muß ich eine Erklärung schuldig bleiben. Es ist jedoch möglich, daß kleine Schalenreste in den Proben waren, die nun langsam in Auflösung gingen, wodurch kein Ausschlag bei der schnellen Carbonatanalyse auftrat. Wie man sehen wird, habe ich in meinen weiteren Berechnungen Ca<sup>++</sup> von CaCO<sub>3</sub> stammend in NaAc gleich 0.00 gesetzt.

2: Auf den Fund von 14.66 meq Sulfat/100 g in der Probe C, muß man in den Berechnungen Rücksicht nehmen:

$$\text{Total-Ca}^{++} = \text{Ca}^{++} \text{ aus CaCO}_3 + \text{Ca}^{++} \text{ aus CaSO}_4 + \text{Ca}^{++} \text{ im Bodenwasser} + \text{Ads.Ca}^{++}$$

$$\text{Total-Ca}^{++} = (11.20 + 14.66 + 10.70 + X)$$

$$\text{Total-Ca}^{++} = (36.56 + X) \text{ meq Ca}^{++}/100 \text{ g}$$

$$\text{Ca}^{++} \text{ in NaAc} = \text{Total-Ca}^{++} - (\text{Ca}^{++} \text{ in Ethanol} + \text{Ca}^{++} \text{ in NH}_4\text{Ac})$$

$$58.38 = 36.56 + X - (0.40 + 3.39) \text{ meq Ca}^{++}/100 \text{ g}$$

$$\text{Ads.Ca}^{++} = X = 23.61 \text{ meq}/100 \text{ g}$$

In Probe C wurden folgende Werte für ads.Na, K, Mg und CEC gefunden:

$$\text{ads: Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++} = \Sigma \text{ads. Kationen}$$

$$0.37 + 0.47 + 0.99 + 23.61 = 25.44$$

$$\text{CEC} = 25.01$$

Die Werte über die adsorbierten Ca<sup>++</sup> müssen also korrekt sein, da die Summe der adsorbierten Kationen mit der CEC ziemlich übereinstimmt.

3: Um die Werte der adsorbierten Ca<sup>++</sup> zu bestimmen, muß folgende Voraussetzung gemacht werden:

$$\Sigma \text{adsorbierter Kationen} = \text{CEC}$$

Diese Annäherung ist nicht ganz grundlos, weil sich freies CaCO<sub>3</sub> und damit kein ads.H<sup>+</sup> in der Probe vorliegt. Diese Methode ist jedoch hier nicht brauchbar, da die ads.Na<sup>+</sup> nicht bekannt sind.

Wiederum wird ads.Na<sup>+</sup> unter der Voraussetzung: CEC =  $\Sigma$ ads.Kationen, berechnet:

	J	L
CEC	26.80	32.80
-(Ca + Mg + K)	15.73	15.46
meq Na <sup>+</sup> / 100g	11.07	17.34

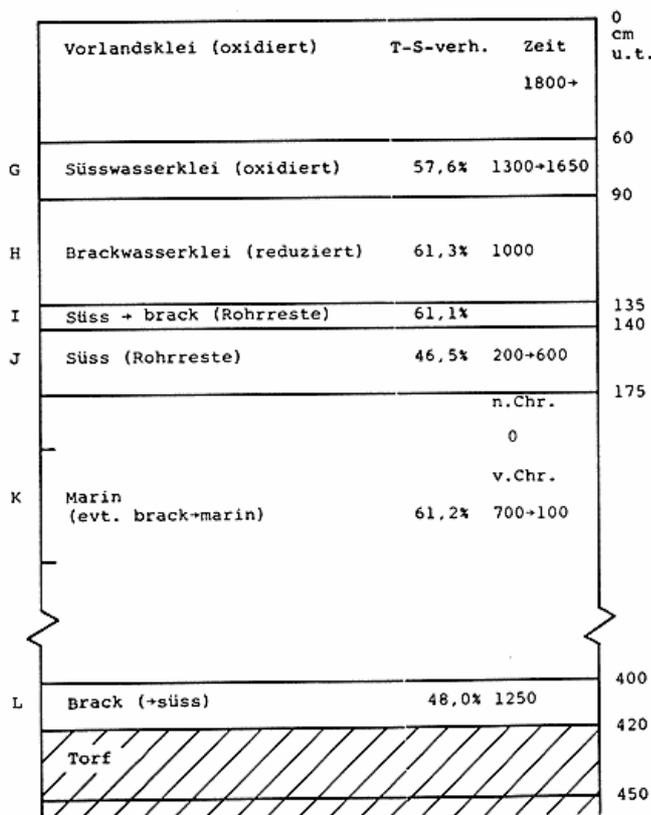


Abb. 6. Profilschnitt Bordrup.  
Fig. 6. Profil gennem marsken ved Bordrup.

rohrresten und der  $\text{CaCO}_3$ -konz., die doppelt so hoch ist, wie in H (0.18%) I (0.08%). Die Humuskonz. war auch in I (5.74%) höher als in H (2.35%). Das Problem des  $\text{CaCO}_3$  und des Humus wird später behandelt werden. Die T-S-Ver. in den Marinklei liegen auch etwas an der unteren Grenze, sodaß die Bezeichnung Brack→Marin evt. besser wäre.

#### Die Skalling:

Die Entwicklung der Skalling begann in der Bronzezeit (N. Nielsen, 1935, N.K. Jacobsen, 1969). Die Skalling lag zu diesem Zeitpunkt mehr südöstlich. Die Küste bildete damals eine Linie: Blåvands Huk, Oksby, südlich von Ho über Nyeng bis Langli. Blåvands Huk wurde im Subboreal gebildet, und seither haben sich die »verschiedenen Skallingen« wie ein Fächer mit Umdrehungsachse im Blåvands Huk gegen West bewegt.

Die Bordrupmarsch lag unabhängig der Plazierung der Skalling, lag die ganze Zeit geschützt, und wir haben deshalb Ablagerungen aus allen Transgressionsfasen von Cardium bis heute gefunden.

Seit die Bronzezeit betrug die Meeresspiegelsteigung 4-5 m, seit Christus ungefähr 2 m. Diese Maße stimmen gut mit der Tiefe überein, in der die Schichten gefunden wurden. Nach der zeitmäßigen Plazierung einzelner Schichten, ist es möglich ein Vergleichsmodell für die drei Hauptgebiete aufzustellen, auf grund dessen ich eine Interpretation der gefundenen Analysenergebnisse vornehmen möchte.

Wie es aus dem obenstehenden Model hervorgeht, zeigt sich keine milieumäßige (Salz, Brack, Süß) Übereinstimmung zwischen zeitmäßig analogen Schichten, was aber aufgrund von rein lokalen Faktoren, auch nicht der Fall zu sein braucht. Es kann jedoch merkwürdig erscheinen, daß die Probe J aus der Späteisenzeit süß ist, obwohl es sich um die Periode der Entstehung Langlis als Insel durch den Durchbruch der damaligen »Skallingen« durch das Meer, handelt, und daß das Gebiet bei Bordrup mehr exponiert war.

#### Weitere Analysen und milieubedingte Unterschiede:

**Humusanalyse:** Die Humusanalyse wurde nach der Ter-Meulen Methode vorgenommen (Möberg, 1973). Die Resultate sind für den Verlust an  $\text{CaCO}_3$  korrigiert, und stellen Durchschnitte der Doppelanalysen dar.

Um einen Zusammenhang zwischen Milieu und Humus feststellen zu können wurde Abb. 7 angefertigt:

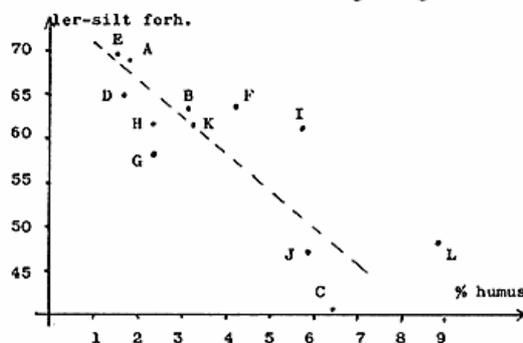


Abb. 7. Das Verhältnis zwischen Prozent Humus und dem Ton-Silt-Verhältnis in sämtliche Proben.

Fig. 7. Forholdet mellem procent humus og ler/silt/forhold i samtlige prøver.

Es zeigt sich keine signifikante Korrelation, wobei man jedoch berücksichtigen muß, daß es sich bei den Punkten, mit den größten Abständen zur Linie, um die Fälle handelt, die bei der Milieubestimmung den größten Zweifeln unterworfen waren. Auf Grund dessen wird man sicher L als süß (vorher Brack-Süß) G als Brack (vorher Süß) und K als Brack (vorher marin) bezeichnen müssen.

Ein anderes Phänomen, das über das Sedimentationsmilieu aussagekräftig ist, ist die  $\text{CaCO}_3$ -konz. Es gibt doch Faktoren, auf die man Rücksicht nehmen muß, bevor man mit der Deutung beginnen kann. Da  $\text{CaCO}_3$  nicht stabil ist, besteht die Möglichkeit, daß die ursprüngliche Menge wegen einer  $\text{H}^+$ -Steigung sehr reduziert wurde. Evt. wurde der Erde auch

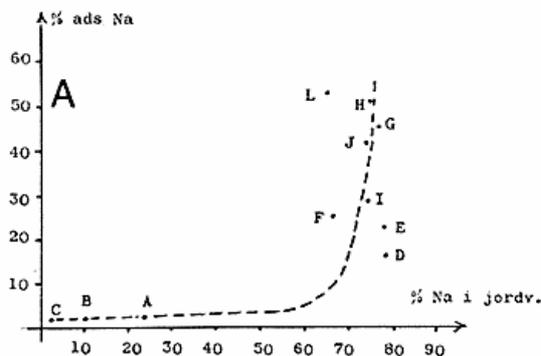


Abb. 9 A. Prozent ads.  $\text{Na}^+$  im Verhältnis zum Prozent  $\text{Na}^+$  im Bodenwasser.

Fig. 9 A. Procent adsorberet  $\text{Na}^+$  i forhold til procent  $\text{Na}^+$  i jordvæsken.

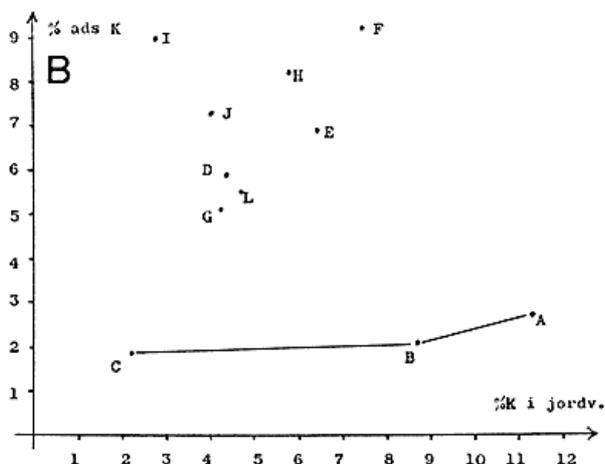


Abb. 9 B. Prozent ads  $\text{K}^+$  im Verhältnis zum Prozent  $\text{K}^+$  im Bodenwasser.

Fig. 9 B. Procent ads  $\text{K}^+$  i forhold til procent  $\text{K}^+$  i jordvæsken.

Es ist die Frage, ob sich hier nicht das gleiche Problem wie bei Probe J geltend macht, wo ein plötzlicher Fall des ads.  $\text{Na}^+$  im Vergleich zu allen anderen Proben vom Bordrup Profil auftritt. Auch gerade hier findet sich ein Unterschied zwischen CEC (29.90) und  $\Sigma$  ads. Kationen (24.10).

Das gesamte Schema über die adsorbierten Kationen und CEC siehe unten. Die Werte, die mit einer Klammer versehen sind, wurden indirekt aus CEC bestimmt.

Um zu untersuchen wie die einzelnen Profile und einzelnen Schichten innerhalb jedes Profils von den Kationen, die sich im Bodenwasser befinden, beeinflusst werden, habe ich den relativen Inhalt der einzelnen Kationen berechnet. Außerdem wurde das  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ -Verhältnis berechnet. Die Angabe relativer Werte wurde gewählt, da die absolute von der Menge des Bodenwassers zum Entnahmezeitpunkt abhängig ist.

Die relative Verteilung von Na, K, Ca und Mg im Meereswasser ist:

$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{Na}^+/\text{Cl}^-$
77.35	1.63	3.33	17.66	0.86

(CRC, 53.edt.1973)

Wie es sich in den Proben aus Bordrup (G-L) zeigt, ähnelt

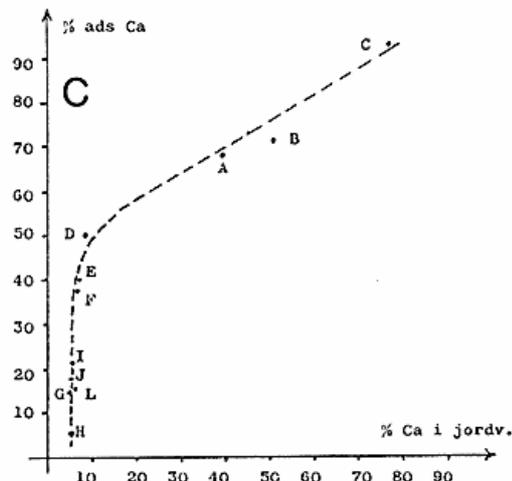


Abb. 9 C. Prozent ads.  $\text{Ca}^{++}$  im Verhältnis zum Prozent  $\text{Ca}^{++}$  im Bodenwasser.

Fig. 9 C. Procent ads.  $\text{Ca}^{++}$  i forhold til  $\text{Ca}^{++}$  i jordvæsken.

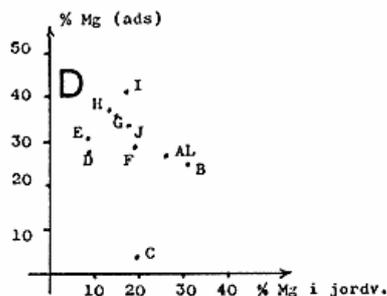


Abb. 9 D. Prozent ads.  $\text{Mg}^{++}$  im Verhältnis zum Prozent  $\text{Mg}^{++}$  im Bodenwasser.

Fig. 9 D. Procent ads.  $\text{Mg}^{++}$  i forhold til Procent  $\text{Mg}^{++}$  i jordvæsken.

das Bodenwasser in seiner Zusammensetzung dem Meereswasser d.h., daß sie unabhängig ihres Ursprungs geprägt sind. Die Proben D und E aus Ballum besitzen fast die selbe prozentuale Menge an  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$  wie die Bordrupproben. Dagegen ist das  $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ -Verh. ungefähr 1. In F fällt das  $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ -Verh. wieder wie in Bordrup bis 0.36. Die Verhältnisse in Mögeltönder schwanken sehr, und um dieses zu veranschaulichen, wurde folgendes Diagramm angefertigt:

Die relativ hohe Na-Konz. im Bodenwasser aus dem oberen Teil des Mögeltönder Profils muß von Meeresnebel stammen, da dieser die einzig mögliche Salzquelle im inneren Polder darstellt. Prange et al (1974) gibt an daß 2-4%  $\text{Na}^+$  von Salz im Meeresnebel und Regenwasser stammt, im Bodenwasser und als adsorbiert auftreten. In A beträgt der prozentuale Na-Inhalt in Bodenwasser und adsorbiert 2.34%.

Damit ist jetzt die relative Verteilung im Bodenwasser abgeklärt, und ich will nun untersuchen, ob die selben, wechselseitigen Verhältnisse bei den adsorbierten Kationen gelten. Dieses ist möglich, wenn man die adsorbierte Kationen mit den Ionen im Bodenwasser vergleicht (vgl. Abb. 9 - A, B, C, D), wobei ein evt. Zusammenhang auftreten würde:

Tabel 2.												
Møgeltønder			Ballum				Bordrup					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6.10	5.65	6.15	6.84	6.00	5.30	6.40	6.95	6.65	7.80	7.20	6.35
ledningevne(1:9) mMHO	0.04	0.12	0.44	0.25	0.31	0.54	1.78	1.16	1.18	1.42	1.32	1.55
% humus	1.86	3.15	6.41	1.68	1.52	4.20	2.38	2.35	5.74	5.82	3.23	8.82
% CaCO <sub>3</sub>	0.21	0.00	0.56	0.09	0.00	0.07	0.06	0.18	0.08	0.06	0.65	0.08
% ler (<2 $\mu$ )	64.26	59.47	31.55	40.95	63.86	59.80	46.12	54.49	59.31	44.36	56.56	45.39
% silt (2-20 $\mu$ )	29.39	34.69	46.85	22.41	27.91	34.38	34.00	34.39	37.79	51.14	35.82	49.12
20-63 $\mu$	4.77	2.97	6.96	22.06	6.97	4.38	14.33	8.27	2.30	3.73	6.35	3.22
63-125 $\mu$	1.20	1.42	3.39	13.59	1.18	1.02	3.86	1.48	0.39	0.43	0.66	0.74
125-250 $\mu$	0.27	0.95	4.93	0.62	0.06	0.41	1.33	0.89	0.16	0.19	0.45	1.34
250-400 $\mu$	0,07	0.34	4.51	0.22	0.02	0.02	0.30	0.30	0.03	0.08	0.13	0.17
400-800 $\mu$ +	0.04	0.16	1.81	0.15	0.00	0.03	0.06	0.18	0.02	0.07	0.03	0.02
% sand	6.35	5.84	21.60	36.64	8.23	5.92	19.88	11.12	2.90	4.50	7.62	5.49

Analyseresultat II												
Møgeltønder			Ballum				Bordrup					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
clorid(meq/100g)	0.15	0.15	0.25	0.92	2.10	3.52	14.29	16.46	19.39	25.72	19.47	26.32
meq Ca/100g	0.14	0.58	10.70	0.16	0.29	0.54	0.49	0.64	1.01	1.27	1.14	1.65
meq Mg/100g	0.09	0.35	2.63	0,15	0.34	1.50	1.39	1.65	3.34	4.22	3.60	7.40
meq Na/100g	0.08	0.11	0.20	1.43	3.15	5.28	7.59	9.20	14.03	17.25	13.34	18.40
meq K/100g	0.04	0.10	0.31	0.08	0.26	0.59	0.43	0.70	0.53	0.96	0.94	1.37
meq Ca i etha.	0.41	0.36	0.40	0.18	0.25	0.32	0.19	0.16	0.19	0.18	0.13	0.22
meq Ca i NH <sub>4</sub> Ac	0.88	1.18	3.39	0.76	0.52	0.87	0.64	0.66	1.01	0.76	0.65	1.07
meq Ca i NaAc	22.46	25.20	56.38	12.63	10.78	10.98	4.18	4.50	6.58	6.28	4.52	6.86
meq Mg/ i NaAc	7.57	8.89	3.62	6.58	8.40	9.46	9.38	9.77	13.25	13.25	10.86	16.17
meq Na i NH <sub>4</sub> Ac	0.67	0.66	0.57	5.04	9.12	11.96	17.68	20.40	20.90	16.40	10.40	15.80
meq K i NH <sub>4</sub> Ac	0.80	0.80	0.78	1.44	2.07	3.11	1.57	2.51	2.68	2.91	2.92	3.16
CEC(meq/100g)	28.39	34.70	25.01	17.74	23.17	29.11	22.70	24.20	29.90	26.80	24.40	32.80

Wie man aus den Kurven in Abb. 9 - A, B, C, D sieht, sind es hauptsächlich die Ca<sup>++</sup>- und Na<sup>+</sup>-Kurven, die zu Konklusionen führen können. Wenn man die zwei Kurven im selben Koordinatensystem übereinander legt, ergibt sich folgendes idealisiertes Model:

Abb. 10 bestätigt die Theorie, daß wenn bei einer niedrigen Salzkonzentration im Bodenwasser, die Bindungsstärke der einzelnen Ionen darüber entscheidet, wer von ihnen adsorbiert wird, d.h., daß die divalente Kationen Ca und Mg vor den monovalenten Na und K gebunden werden. Bei stei-

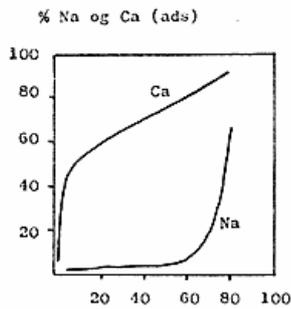


Abb. 10. Das Verhältnis zwischen mono- und divalente Kationen im Bodenwasser und als adsorbiert.

Fig. 10. Forholdet mellem mono- og divalente Kationer i jordvæsken og adsorberet på kolloiderne.

gender Salzkonzentration der einzelnen Kationen keine größere Bedeutung erlangen, was in diesem Fall heißt, daß  $\text{Na}^+$  vor  $\text{Ca}^{++}$ , trotz seiner niedrigeren Bindungsenergi, adsorbiert werden kann.

Es geht aus Abb. 10 hervor, daß die  $\text{Ca}^{++}$ -Konzentration nicht so hoch zu sein braucht ( $< 10\%$ ), damit sich  $\text{Ca}^{++}$  zum Adsorptionskomplex bindet. Meereswasser enthält nur  $3.36\%$   $\text{Ca}^{++}$ , weswegen nicht so viel  $\text{Ca}^{++}$  hier adsorbiert werden kann. Dem entsprechend zeigt auch Abb. 9 C, daß die Proben aus Bordrup die niedrigste Menge von adsorbierten  $\text{Ca}^{++}$  enthalten. In den Proben aus Ballum finden sich  $40\text{-}50\%$  ads. Ca, d.h., daß der Einfluß des Meeres schwächer war (eindeichung); dennoch liegt eine sehr hohe  $\text{Na}^+$ -Konzentration im Bodenwasser vor ( $67\text{-}78\%$ ). Die hohe  $\text{Na}^+$ -Konzentration, die im Bodenwasser aus Ballum, von einer mangelnden Dränierung herrühren muß, ermöglicht eine  $\text{Na}^+$ -Adsorption. Wenn man aus den Resultaten aus Mögeltönder, wo das Gebiet dräniert worden ist, sieht, ist die  $\text{Na}^+$ -Konz. im Bodenwasser auf ein so niedriges Niveau ( $1.5\text{-}22.9\%$ ) gesunken, daß die  $\text{Na}^+$ -Adsorption begrenzt wurde ( $1.5\text{-}2.1$ ). Die mangelnde Dränierung in Ballum und Bordrup wird auch durch die hohe  $\text{Cl}^-$ -Konz. bestätigt (Abb. 11).

Untersucht man das Verhältnis zwischen ads. $\text{K}^+$  und  $\text{K}^+$  im Bodenwasser, zeigt sich kein Zusammenhang (vgl. Abb.

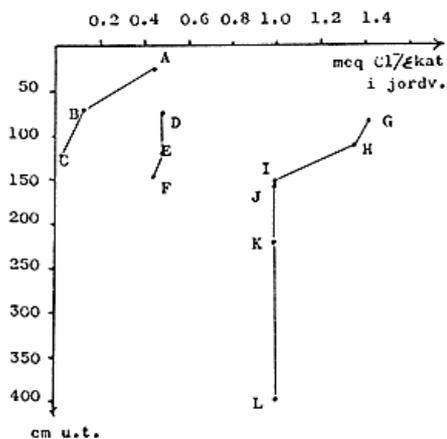


Abb. 11. Der relative  $\text{Cl}^-$  Konzentration im Bodenwasser.  
Fig. 11. Den relative  $\text{Cl}^-$  koncentration i jordvæsken.

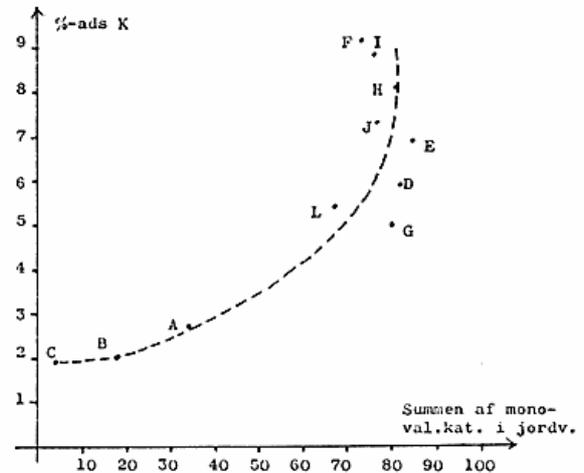


Abb. 12. Procent ads.  $\text{K}^+$  im Verhältnis die Summe der monovalente Kationen im Bodenwasser.

Fig. 12. Procent ads.  $\text{K}^+$  i forhold til summen af monovalente kationer.

9B). Wie man sieht, findet sich trotz einer relativ kräftigen Zunahme der  $\text{K}^+$ -Konz. in den Proben aus Mögeltönder (A→C), kein nennenswerter Anstieg ads. $\text{K}^+$ . Dieses rührt wohl daher, daß  $\text{Ca}^{++}$  und  $\text{Mg}^{++}$  einen großen Teil der adsorbierten divalenten Kationen im Bodenwasser ausmachen, und die gesamte Salzkonzentration in Mögeltönder sehr niedrig ist (vgl. Abb. 10). Abb. 12 belegt die Tatsache, daß die Menge der adsorbierten  $\text{K}^+$  von der gesamten Menge der monovalenten Kationen abhängt, d.h., eine Steigung der  $\text{Na}^+$ -Konz. und totalen Salzkonz. macht eine  $\text{K}^+$ -adsorption möglich. Um zu sehen wie die monovalenten ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) und divalenten ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) Kationen, unabhängig der Gesamtmenge von mono- und divalente Kationen, sich zu einander verhält, wurde abb. 13 und 14 angefertigt.

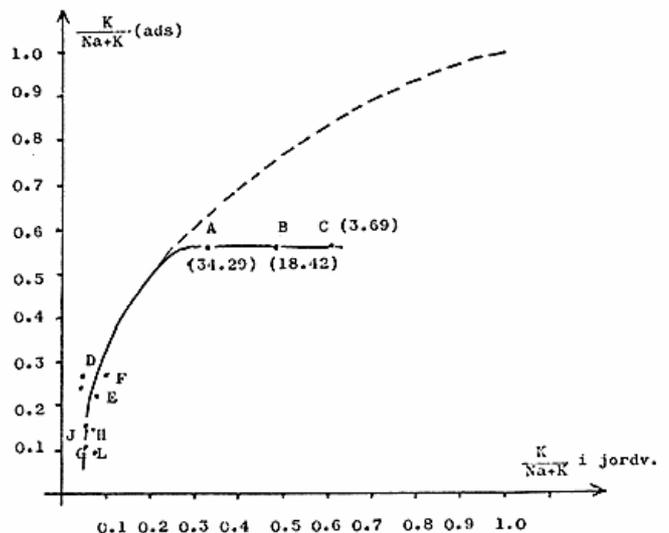


Abb. 13. Ads.  $(\text{K}^+/\text{Na}^+ + \text{K}^+)$  im Verhältnis zum  $(\text{K}^+/\text{Na}^+ + \text{K}^+)$  im Bodenwasser. (x) = ( $\Sigma$  monovalente Kationen im Bodenwasser).

Fig. 13. Ads.  $(\text{K}^+/\text{Na}^+ + \text{K}^+)$  i forhold til  $(\text{K}^+/\text{Na}^+ + \text{K}^+)$  i jordvæsken. (x) = ( $\Sigma$  monovalente kationer i jordvæsken).

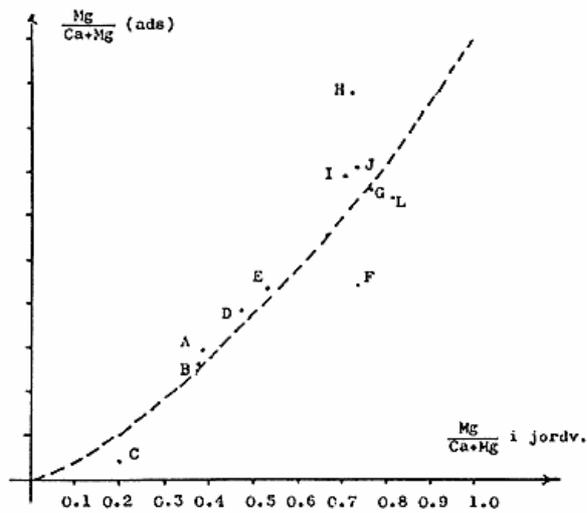


Abb. 14. Ads. ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) im Verhältnis zum ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) im Bodenwasser.

Fig. 14. Ads. ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) i forhold til ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) i jordvæsken.

Abb. 14 zeigt einen exponentialen Verlauf, welcher auf die geringere Bindungsenergie des  $Mg^{++}$  im Vergleich zu  $Ca^{++}$  hinweist. (Scheffer und Schachtschabel, 1973). Die divalenten werden stärker als die monovalenten Kationen gebunden, weshalb die Menge der adsorbierten monovalenten Kationen sich von der totalen Salzkonzentration sehr abhängig erweist. Diese Theorie wird von Abb. 13 unterbaut, in der die Proben A, B und C beweisen, daß eine Steigung des relativen Gehalts an  $K^+$ , nicht mit einer Zunahme der ads.  $K^+$  korreliert ist. Man sieht daß die Summe von Ca und Mg darüber entscheidet, wie viele monovalente Kationen sich binden.

Diese Diskussion bewies, daß die Zusammensetzung der adsorbierten Kationen ausschließlich von den Konzentrationsverhältnissen im Bodenwasser bestimmt ist. Die adsorbierten Kationen können uns also nur Aufschluß über die heutigen Einwirkungen auf den Boden und nicht über das Sedimentationsmilieu der betreffenden Schichten geben. Dies stimmt mit Pranges Konklusion (1974) überein: »Die Verteilung der adsorbierten Kationen ist von postsedimentären Verhältnissen bestimmt«.

#### KONKLUSION

1: Das Ton-Silt-Verhältnis ist ein ausgezeichneter Indikator für den Umständen (Süß, Brack oder Salz) unter welchem die Sedimentation stattgefunden hat.

2: Die Verteilung der adsorbierten Kationen wird von die heutige Zusammensetzung des Bodenwassers bestimmt.

#### Resumé

Ler-silt forholdet har vist sig at være en god indikator for under hvilke omstændigheder en sedimentation har fundet sted (fersk, brak eller salt).

Den aktuelle fordeling af adsorberede kationer vil udeluk-

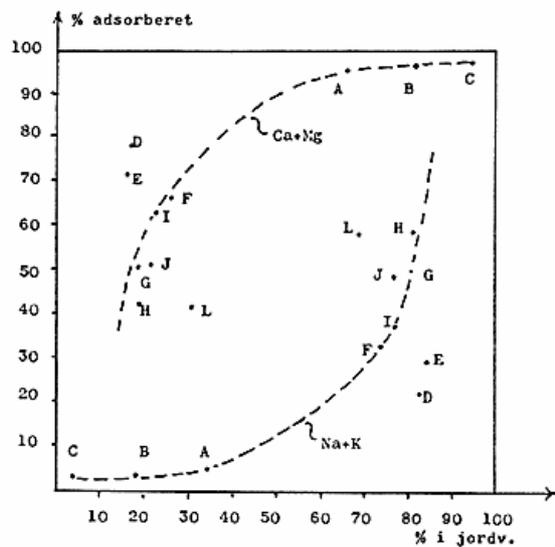


Abb. 15. Procent ads. Kationer gegenüber Procent Kationen im Bodenwasser.

Fig. 15. Procent ads. Kationer i relation til procent kationer i jordvæsken.

kende være bestemt af de faktorer, der i øjeblikket hersker på den pågældende lokalitet, og man vil dermed ikke ud fra fordelingsmønstret kunne sige noget om miljøet på sedimentationstidspunktet.

#### Literatur

- Benjaminsen, J. og Jensen, J. (1955): En eltrometrisk metode til bestemmelse af klorindholdet i jord. »Tidsskrift for planteavl«. Kbh.
- CRC. Handbook of Chemistry and Physics. 53.ed. 1972-73.
- Hansen, Kaj (1962): The Structure of the salt marsh Area at Ballum, SW. Jylland. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening. 15,1.
- Jacobsen, N. Kingo (1964): Træk af Tøndermarskens naturgeografi med særligt henblik på moforgenese. Fol. Geogr. Dan. VII, 1. Kbh.
- Jacobsen, N. Kingo (1969): Landskabsformerne, Medd. f. Skal.-Lab. XXII, Kbh.
- Jacobsen, N. Kingo (1972): Rejsbymarsken. Fol. Geogr. Dan. XII, 1. Kbh.
- Kjær, B. (1968): Vejledning ved øvelser på agriskulturmisk laboratorium. KVL, Kbh.
- Moberg, J. P. og Ole K. Borggaard, (1973): Øvelsesvejledning til Geologi og Jordbundslære I. KVL. Kbh.
- Moberg, J. P. (1973): Øvelsesvejledning til Geologi og Jordbundslære II. KVL. Kbh.
- Nielsen, Niels (1935): Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Studien über die Marschbildung auf der Halbinsel Skalling. Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Medd. XII, 4. Kbh.
- Prange, W., G. Brümmel und E. Weber (1974): Untersuchungen zur Kartierung und Klassifizierung der Böden in der Marsch. Meyniana 25. Kiel.
- Scheffer, P. und Paul Schachtschabel (1973): Lehrbuch der Bodenkunde. 8. Aufl. Stuttgart.

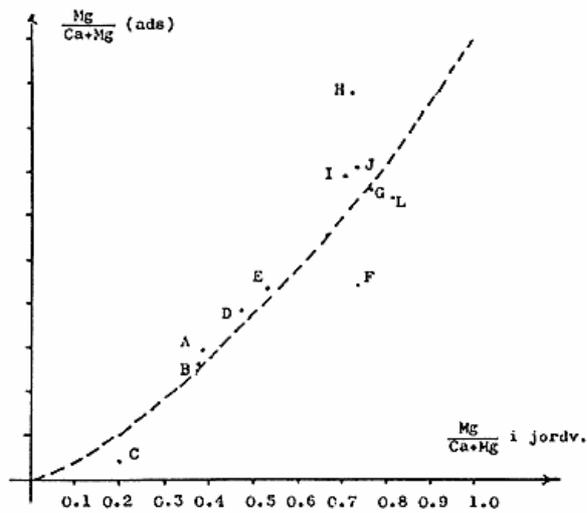


Abb. 14. Ads. ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) im Verhältnis zum ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) im Bodenwasser.

Fig. 14. Ads. ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) i forhold til ( $Mg^{++}/Ca^{++} + Mg^{++}$ ) i jordvæsken.

Abb. 14 zeigt einen exponentialen Verlauf, welcher auf die geringere Bindungsenergie des  $Mg^{++}$  im Vergleich zu  $Ca^{++}$  hinweist. (Scheffer und Schachtschabel, 1973). Die divalenten werden stärker als die monovalenten Kationen gebunden, weshalb die Menge der adsorbierten monovalenten Kationen sich von der totalen Salzkonzentration sehr abhängig erweist. Diese Theorie wird von Abb. 13 unterbaut, in der die Proben A, B und C beweisen, daß eine Steigung des relativen Gehalts an  $K^+$ , nicht mit einer Zunahme der ads.  $K^+$  korreliert ist. Man sieht daß die Summe von Ca und Mg darüber entscheidet, wie viele monovalente Kationen sich binden.

Diese Diskussion bewies, daß die Zusammensetzung der adsorbierten Kationen ausschließlich von den Konzentrationsverhältnissen im Bodenwasser bestimmt ist. Die adsorbierten Kationen können uns also nur Aufschluß über die heutigen Einwirkungen auf den Boden und nicht über das Sedimentationsmilieu der betreffenden Schichten geben. Dies stimmt mit Pranges Konklusion (1974) überein: »Die Verteilung der adsorbierten Kationen ist von postsedimentären Verhältnissen bestimmt«.

#### KONKLUSION

1: Das Ton-Silt-Verhältnis ist ein ausgezeichneter Indikator für den Umständen (Süß, Brack oder Salz) unter welchem die Sedimentation stattgefunden hat.

2: Die Verteilung der adsorbierten Kationen wird von die heutige Zusammensetzung des Bodenwassers bestimmt.

#### Resumé

Ler-silt forholdet har vist sig at være en god indikator for under hvilke omstændigheder en sedimentation har fundet sted (fersk, brak eller salt).

Den aktuelle fordeling af adsorbere kationer vil udeluk-

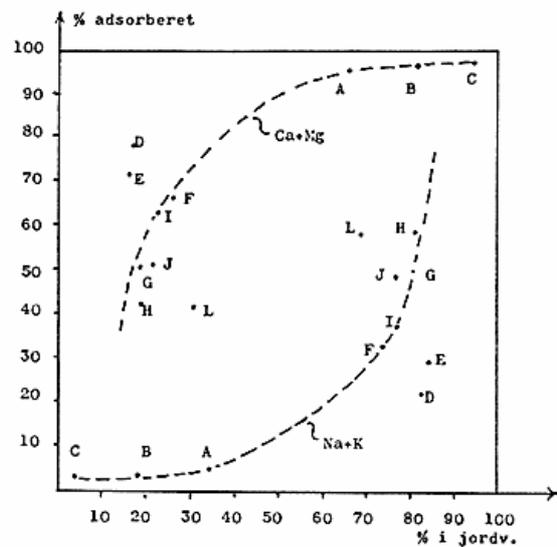


Abb. 15. Procent ads. Kationer gegenüber Procent Kationen im Bodenwasser.

Fig. 15. Procent ads. Kationer i relation til procent kationer i jordvæsken.

kende være bestemt af de faktorer, der i øjeblikket hersker på den pågældende lokalitet, og man vil dermed ikke ud fra fordelingsmønsteret kunne sige noget om miljøet på sedimentationstidspunktet.

#### Literatur

- Benjaminsen, J. og Jensen, J. (1955): En eltrometrisk metode til bestemmelse af klorindholdet i jord. »Tidsskrift for planteavl«. Kbh.
- CRC. Handbook of Chemistry and Physics. 53.ed. 1972-73.
- Hansen, Kaj (1962): The Structure of the salt marsh Area at Ballum, SW. Jylland. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening. 15,1.
- Jacobsen, N. Kingo (1964): Træk af Tøndermarskens naturgeografi med særligt henblik på moforgenese. Fol. Geogr. Dan. VII, 1. Kbh.
- Jacobsen, N. Kingo (1969): Landskabsformerne, Medd. f. Skal.-Lab. XXII, Kbh.
- Jacobsen, N. Kingo (1972): Rejsbymarsken. Fol. Geogr. Dan. XII, 1. Kbh.
- Kjær, B. (1968): Vejledning ved øvelser på agriskulturmisk laboratorium. KVL, Kbh.
- Moberg, J. P. og Ole K. Borggaard, (1973): Øvelsesvejledning til Geologi og Jordbundslære I. KVL. Kbh.
- Moberg, J. P. (1973): Øvelsesvejledning til Geologi og Jordbundslære II. KVL. Kbh.
- Nielsen, Niels (1935): Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Studien über die Marschbildung auf der Halbinsel Skalling. Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Medd. XII, 4. Kbh.
- Prange, W., G. Brümmel und E. Weber (1974): Untersuchungen zur Kartierung und Klassifizierung der Böden in der Marsch. Meyniana 25. Kiel.
- Scheffer, P. und Paul Schachtschabel (1973): Lehrbuch der Bodenkunde. 8. Aufl. Stuttgart.