

Tabelle Nr. VII.

Milligramm O₂ pro Liter und pro Stunde

Tiervol. in ccm	Blau	Grau	Tiervol. in ccm	Blau	Grau
1. Temperatur = 17,4° C. (Februarversuch)			2. Temperatur = 16,9° C. (Februarversuch)		
1,1	2,784	2,176	0,8	1,680	0,554
1,2	4,000	3,040	1,0	3,216	2,832
1,5	3,808	2,880	1,3	4,992	1,504
1,9	4,768	4,288	1,5	4,016	1,216
2,0	4,464	3,840	1,7	4,768	2,422
3. Temperatur = 16,5° C. (Märzversuch)			4. Temperatur = 23,5° C. (Juliversuch)		
0,9	4,170	3,840	1,1	9,580	5,364
1,3	3,840	5,420 (?)	1,3	10,324	10,496 (?)
1,7	5,076	4,536	1,5	11,520	4,908
1,8	5,076	3,500	1,5	4,544	3,962
1,8	5,120	2,560			

Tabelle Nr. VIII.

Tierlänge cm	Gesamtgewicht in mg	Chitin : Kalk	Gesamtgewicht in mg	Chitin : Kalk
Je 5 Tiere	Blau		Grau	
2,3	4,90	1 : 3,37	4,61	1 : 3,59
2,7	7,03	1 : 3,29	6,86	1 : 3,27

Ueber Schichtbau, petrographische Eigenschaften und praktische Beurteilung des Marschuntergrundes.

Von Helmut G. F. Winkler, Kiel.

A. Einleitung.

Obwohl W. Wetzel zuerst 1924 (1) und ausführlicher 1930 (2) darge-
 tan hat, daß das Aufbaumaterial unserer schleswig-holsteinischen allu-
 vialen Marsch hauptsächlich aus den Stoffen herzuleiten ist, die zuvor
 von den diluvialen Aufschüttungsvorgängen in Gestalt von Geschiebe-
 mergel und Schmelzwasserabsätzen bereitgestellt waren, werden gelegent-
 lich auch neuerdings noch frühere Anschauungen wiederholt, nach denen
 fluviatiler Zufuhr in postglazialer Zeit eine wesentliche Bedeutung zuge-
 sprochen wird (3 u. 4). So habe ich, nachdem schon Meynerts (5) ein
 Querprofil durch den Karolinenkoog in Norderdithmarschen mitgeteilt hat,
 wobei die Wetzelschen Anschauungen bestätigt worden sind, eine zweite
 Reihe von Entnahmestellen weiter südlich zum Gegenstand eines sediment-
 petrographischen Studiums gemacht, das mir zur Stellungnahme zu obiger,
 sowie zu weiteren z. T. praktischen Fragen dienen soll.

B. Die Gewinnung und die sedimentpetrographischen Untersuchungsmethoden der Proben¹⁾.

Es lag im Geologischen Institut der Universität zu Kiel bereits mit dem Schlagbohrzeug gewonnenes Material von 6 Bohrstellen vor, die in Süderdithmarschen in einer Linie diagonal zum Küstenverlauf angeordnet sind. Die „älteste“, d. h. die am weitesten nach Osten gelegene Entnahmestelle (Bohrpunkt I) liegt auf dem Hof des Bauern Hermann Behrens in Rösthusen. Dann folgen zwei Bohrungen auf Hof Bielenberg in



Norderwisch; und zwar liegt Bohrung II westlich und Bohrung III östlich des Hauses noch im Bereich der alten Wurth. (Hier wurden zwei Bohrungen nahe beieinander gesetzt, um festzustellen, welche sedimentpetrographischen Merkmale etwa auf das künstliche Aufschüttungsgebilde einer Warft zu beziehen sind.) Die Bohrung VI liegt einige Kilometer nordwestlicher in Norderbusenwurth am Graben im Nordteil des Ortes. Dieser Graben befindet sich östlich der Landstraße, die auf einem ehemaligen Deich entlang führt. Somit ist also diese Bohrung noch inner-

¹⁾ Es wurden möglichst einfache und schnell durchzuführende Methoden gewählt, deren Genauigkeiten für die Praxis vielfach ausreichen.

halb des alten Deiches gelegen. Wir verlassen nun dieses alte Marschland und betreten den nächst jüngeren Koogstreifen. Er enthält den Bohrpunkt VII südlich des Ortes Eesch am großen Prielzug. (Es soll hier die Einwirkung von Prielen auf die Sedimentbeschaffenheit untersucht werden.) Endlich gelangen wir auf noch nicht eingedeichtes, aber „reifes“ Watt, das schon mit Andel und Wiesengras bestanden ist. Hier, in der Nähe des Meldorfer Hafens, liegt Bohrpunkt IX. Zur Vervollständigung der Bohrprofilinie schalte ich noch 3 Bohrstellen ein: VIII liegt am westlichen Ausgang des Dorfes Eesch; Bohrstelle V erreichen wir, wenn wir von der Landstraße Meldorf-Marne zwei Kilometer hinter Norderbusenwurth im rechten Winkel abbiegen und einen Kilometer nach Osten gehen. (Vergl. Karte.) Bohrstelle IV liegt neben der Straße, die von Trennewurth nach Norderdonn führt und zwar 2,5 km von Trennewurth entfernt.

Die Bohrtiefe unseres Schlagbohrgerätes beträgt durchschnittlich 2,70 m. Jedes erbohrte Profil setzt sich aus 7—9 Proben zusammen, die im Abstand von durchschnittlich 30 cm dem Sediment entnommen sind; so kamen im ganzen rund 70 Gesteinsproben zur Untersuchung, die alle lufttrocken waren.

1. Mechanische Analyse.

Ausgangsmaterial war jeweils 1 g einer Sedimentprobe, die zum größten Teil bereits einer chemischen Bestimmung hatte dienen müssen. (Siehe später.) Die dabei entfernten (höchstens 8 %) Sedimentteile dürften auf alle Korngrößen etwa gleichmäßig verteilbar sein.

Das einfache Trennungsverfahren, das Wetzel (2) bei Untersuchung gleichartigen Materials anwandte, (Abschlämmung des „Tons“, Siebung mit Siebsatz 0,5 mm, 0,2 mm, 0,15 mm zur Gewinnung und gewichtsmäßigen Erfassung des Mittelsandes, „Feinsandes“ und „Staubes“ *) wurde abgeändert hinsichtlich des Staub- bzw. des Tonanteiles. Es ergab sich nämlich, daß in der durch Siebung erhaltenen Staubfraktion trotz vorheriger Schlämmung auch „Ton“bestandteile enthalten sind. Der „Staub“ wurde deshalb nochmals geschlämmt und die 2. gefundene Tonmenge von der Staubfraktion abgezogen und zur 1. Tonbestimmung addiert. Auch so ist die Genauigkeit der Korngrößentrennung natürlich wesentlich geringer als bei Anwendung verschiedener moderner Methoden, die reichlichere Proben voraussetzen, als mit dem Schlagbohrzeug erzielbar. Aber unsere 70 Proben konnten auf dem gewählten Wege in völlig gleicher Weise den verschiedenen, nicht bloß mechanisch-analytischen Prüfungen unterworfen werden.

Der Gewichtsverlust beträgt bei dieser Art der mechanischen Analyse 1—3 %, wie aus den später folgenden Tabellen ersichtlich ist.

2. Chemische Analysen.

Von besonderem Interesse ist für die chemische Charakterisierung der Marschsedimente der Gehalt an CaCO_3 und FeS — vergl. Wetzel (2),

*) Unter „Ton“ versteht Wetzel alle Korngrößen $< 0,03$ mm Durchm. Diese Fraktion enthält zur Hauptsache wirklichen Ton und Schluff. „Feinsand“ bedeutet etwa grober Feinsand und „Staub“ etwa feiner Feinsand. — Man muß aber in Zukunft bestrebt sein, auch Wattsedimente in die übrigen Fraktionen zu zerlegen: Feinsand $200-20 \mu \varnothing$, Schluff $20-2 \mu \varnothing$, Ton $> 2 \mu \varnothing$.

S. 36. Es mußte, infolge Umfanges der mit Schlagbohrer geförderten Sedimentmengen, mit kleinen Gewichtsmengen gearbeitet werden. Deshalb wurde die Kalkbestimmung maßanalytisch (durch Bestimmung des HCl-Verbrauchs) durchgeführt und die FeS-Bestimmung in Gestalt von kolorimetrischer Ermittlung des Gehaltes des Sedimentes an Eisen in Form leicht zersetzlicher Verbindungen²⁾).

Die Maßanalyse wurde nach einer Vorschrift von Kappen (6), das kolorimetrische Verfahren nach Alten und Weiland (7) durchgeführt.

Der Kalkbestimmung haftet der Mangel an, daß durch Bestimmung des HCl-Verbrauchs nicht allein auf CaCO_3 , sondern gleichzeitig auf MgCO_3 und FeS geschlossen wird, schließlich auch, trotz geringer Säurekonzentration auf ein wenig Tonsubstanz. Da sich $\text{MgCO}_3 + \text{FeS}$ zu CaCO_3 in meinen Sedimenten etwa wie 1 zu 10 verhalten, muß von den durch die Maßanalyse ermittelten „Kalk“-Prozenten etwa $\frac{1}{10}$ abgezogen werden, um den wahren CaCO_3 -Gehalt zu ermitteln³⁾.

3. Mikroskopierung.

Die Mikropräparate der getrockneten Sedimente in Canadabalsam sind ohne weiteres herstellbar, nur eine Vorsichtsmaßnahme mag der Erwähnung wert sein. Da sich äußerst zarte Skelettelemente von Pflanzen und Tieren finden, die möglichst unversehrt im mikroskopischen Bilde erscheinen sollen, hat es sich als praktisch erwiesen, mit einer sauberen Messerspitze vorsichtig etwas Material abzubrockeln und nicht zu schaben.

Es wurde in der Regel bei 325facher und 650facher Vergrößerung gearbeitet. Geachtet wurde besonders darauf, ob etwa organische Bestandteile vorkommen, die sicher fluviatiler Herkunft sind und ob sich Wetzels Angaben bestätigen, daß mehrere regelmäßig auftretende Arten von mineralischen, klastischen Gemengteilen nur aufgefaßt werden können als frisches, nur umgelagertes Diluvialmaterial.

4. Farbbestimmung.

In Anlehnung an Pratjes (8) erstmalige Versuche, frische Meeressedimente mit den Ostwaldschen Farbenindizes zu kennzeichnen, wandte auch ich die Testfarben des Ostwaldschen Atlas auf meine Proben an. (Bedeutung der Symbole siehe Pratje (8) und Farbenfibel von Ostwald.)

Es schien mir von besonderem Interesse, jedes Sediment in trockenem und feuchtem Zustande farbmäßig zu vergleichen. Für die Fälle der vorliegenden Sedimentfarben reicht freilich das Farbtonmaterial des Ostwaldschen Atlas nicht aus.

²⁾ In den oberflächlichsten Proben (also im „Boden“) sind diese leichtzersetzlichen Verbindungen natürlich nicht mehr FeS. Auch ist hier eine Anreicherung leichtzersetzlicher Fe-Verbindungen infolge Verwitterung von Silikaten möglich. Andererseits ist auch Abwanderung von Eisensalzen möglich. So wurde in den nachfolgenden Tabellen auch das in den oberflächlichen Proben gefundene Eisen schematisch auf FeS bezogen, der hauptsächlichen Ausgangsverbindung.

³⁾ Die Ausführung dieses Teiles meiner Arbeit ermöglichten mir freundlicherweise Herr Prof. Dr. Dix und Herr Dr. Rauterberg von den Landwirtschaftlichen Instituten der Kieler Universität, wofür ihnen aufrichtig gedankt sei.

C. Untersuchungsergebnisse.

I. Ergebnisse der mechanischen Analyse.

1. Tabellarische Uebersicht der Korngrößenzusammensetzungen. (Die Hauptkorngröße ist jeweils durch eine fettgedruckte Prozentzahl hervorgehoben.)

Entnahmetiefe in cm	Prozentuale Gewichtsanteile an:				Entnahmetiefe in cm	Prozentuale Gewichtsanteile an:			
	»Tone unter 0,08 mm	»Staub« 0,08—0,16 mm	»Feinsand« 0,2—0,15 mm	Mittelsand 0,5—0,2 mm		»Tone unter 0,08 mm	»Staub« 0,08—0,16 mm	»Feinsand« 0,2—0,15 mm	Mittelsand 0,5—0,2 mm
I. Rösthusen.					II. Norderwisch.				
0—30	28,5	29,5	34,5	4,5	0—30	32	28	32	6
30—60	21	26	44	6	30—60	25	33	33	7
60—100	25	30	38	4	60—100	28	33,5	31	5,5
100—130	23,5	32	36	5	100—130	28	32	32	6
130—170	23,5	25,5	38	11	130—170	28	23	39	8
170—200	25	27	36	10	170—200	25	26	44	2
200—230	20	38	39	0,5	200—270	16	32	48	1
250—270	17	37	43	0,5					
III. Norderwisch, Warft.					IV. Oestl. Trennewurth.				
0—30	19	25	45	6	0—30	17,5	44	35	2,5
30—60	20	34	37	6	30—60	22	39	36	2
60—100	19	36	35	7	60—100	10	33	54	2
100—150	28	34	34	1	100—130	11	37	48	3
150—200	28	36	33	1	130—160	11	31	52	5
200—240	20,5	34	39	3,5	160—120	10,5	31,5	52	5
240—270	12	40	43	2	200—230	8,5	28,5	60	2
					230—270	8,5	30	59	1,5
					270—300	7,5	30,5	59	2
V. Nordwestl. Barlt.					VI. Norderbusenwurth.				
0—30	19,5	43	33	2,5	0—30	17	21	48	12
30—60	18,5	39,5	35	5	30—60	12	32	40	18
60—100	12,5	46	38	2,5	60—100	12	25	50	11
100—130	18	48	31	2	100—130	14	17	66	1
130—160	14	47	36	1	130—160	12	43	42,5	0,5
160—200	14	39	44,5	0,5	160—200	9	27	32	30
200—230	14,5	41	42	1,5	200—230	7	18	29	44
230—270	13	48,5	36	2	230—270	7	19	51	21
VII. Prielzug Eesch.					VIII. Dorf Eesch.				
0—30	17	27	39	4,5	0—30	21	35	40	3
30—60	17	39	35	5	30—60	19	31	45	4
60—100	20	48	27	2,5	60—100	20,5	36	40	2,5
100—130	23	39	30,5	4	100—130	14,5	39	43	2
130—170	31	35	27	3	130—160	13	38	45	2,5
170—200	45	27	23	1	160—200	12,5	36	48	2
IX. Grünland neben der Fahrrinne nach Meldorf.					200—230	11	35	52	1
0—30	14	43	38	3	230—270	12	40,5	44,5	2
20—60	14	47	36,5	0,5					
60—100	13	50,5	33	1,5					
100—130	15	43	39	1					
130—160	13,5	43,5	39	1					
160—200	14	47	36	1					
200—230	10	53	34	1					
230—270	18	52	27	1					

2. Ergebnisse von allgemeinerer Gültigkeit.

Vertikalgliederung der einzelnen Schichtprofile: Die mechanische Analyse zeigt, daß, entsprechend den Angaben Wetzels, vorwiegend Feinsand die Hauptkorngröße ist (Sein Anteil schwankt zwischen 31 und 66 %) Hierauf folgt der Anteil an Staub (24—48,5 %), dann der an Ton (7—28,5 %) und endlich der an Mittelsand (0,5—11 %). Marschenschlick besteht also zur Hauptsache aus Feinsand, einem erheblichen Teil an Staub und Ton und einer meist nur kleinen Beimengung von Mittelsand (durchschnittlich 4,8 %) *). In dem Profil VI werden in der Tiefe Schichten mit reichlich Mittelsand (44 %!), also „sandiges Watt“ im landläufigen Sinne, angetroffen. Ton bzw. starktoniger Schlick wurde nur in 2 von 70 Fällen angetroffen.

Die Schwankung des Feinsandgehaltes bis zur untersuchten Tiefe ist an keine allgemeingültige Regel gebunden. Das Gleiche gilt für Staub und Mittelsand. Eine Anreicherung von Mittelsand nach der Tiefe, wie gelegentlich angenommen wurde, läßt sich im Bereich unserer Bohrungen nicht erkennen. Verschiedentlich findet sich in mittlerer Tiefe (1—2 m oder 0—1 m) eine Anreicherung von Mittelsand. Bei der Verteilung der tonigen Teilchen besteht insofern eine Regelmäßigkeit, als sie sich nach dem Liegenden hin verringern. Es blieb also gegen Ende des Anschlickungsvorganges mehr Ton liegen als zuvor.

Horizontale Verteilung der Sedimentvarietäten: Ein Vergleich der jeweils innerhalb eines Koogstreifens liegenden Bohrungen läßt erkennen, daß der Tonanteil (am deutlichsten in den tieferen erbohrten Schichten, weniger deutlich in den hangenden) immer meerwärts abnimmt und daß die Summe von Fein- + Mittelsand entsprechend steigt⁴⁾. (In letzter Hinsicht fällt nur Bohrung V aus dem Rahmen, da sie ungewöhnlich reich an Staubteilen ist.)

Von den meerwärts gelegenen Bohrungen entspricht VIII etwa dem Anschlickungsmilieu von IV im älteren Koog. Dagegen sind VII und IX offenbar Ausnahmen, die durch die besonderen Sedimentationsverhältnisse im Bereich der Priele bedingt sind. (Vergl. Karte und den nächsten Abschnitt.)

3. Abweichungen vom sedimentpetrographischen „Normalprofil“ *)

Betrachten wir die Zusammensetzung von Bohrung III, Warftgelände bei Norderwisch, so fällt uns auf, daß der Anteil an Mittelsand im

*) Die Fraktionsbezeichnungen sind auch hier, wie in der ganzen Arbeit, im Sinne Wetzels gebraucht.

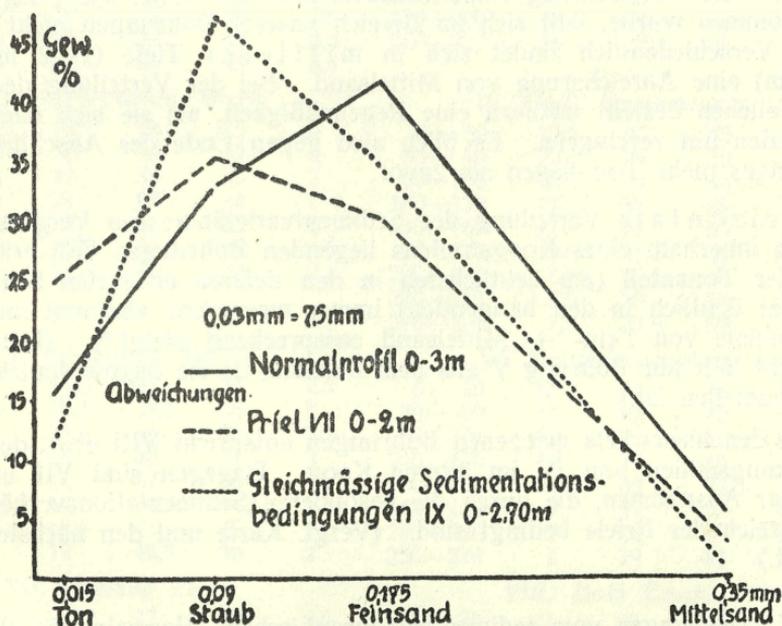
⁴⁾ Dieser Umstand verdient bei den zur Zeit aktuellen Landgewinnungsplänen Beachtung. Man wird im allgemeinen bei Eindeichung schmaler Streifen von Sommerkögen tonreicheren Boden gewinnen, als wenn man zu viel Vorland mit hereinnimmt, das im uneingedeichten Zustand noch weiterhin an Tonbestandteilen bereichert werden kann.

*) Es soll darunter nur das normale Profil der untersuchten Sedimente verstanden sein.

Bereich von 0—100 cm Bohrtiefe durchweg einen Wert besitzt, der viel größer als der der liegenden Schichten ist. Gleichzeitig ist der Tongehalt von 0—100 cm verhältnismäßig gering und erhöht sich unvermittelt nach dem Liegenden zu.

Da nun das dicht benachbarte Profil II diese Eigenarten nicht hat, möchte ich annehmen, daß der oberste Meter künstlicher Auftrag ist, der teils ursprünglich grobkörniger war (? Entnahme aus tieferem Sediment), teils vielleicht auch nachträglich einer gewissen Ausschläm- mung unterlag.

Bohrung VII (im Bereich des Prielzuges bei Eesch) läßt die auffallende Tatsache erkennen, daß der Tongehalt genau entgegengesetzt dem Normalbefund (S. 8) von unten nach oben fortschreitend abnimmt; nämlich von dem Extremwert 45 % auf 17 %.



Wir haben es hier mit einem Prielbereich zu tun, in dem das eigentliche Prielbett nur einen kleinen und wie Wrage (9, S. 83) ausführt, wechselnden Raum eingenommen hatte. „Vor allem für das Randschlickwatt und für das Nordgehänge der Marner Plate ist die Tatsache charakteristisch, daß sich gerade in der Umgebung der Priele das tiefste Schlickwatt findet. . . . Diese Tatsache wird vor allem erklärlich, wenn man an die dauernde Veränderung und oft völlige Verlagerung des Prielbettes denkt verbunden mit den starken, mäanderförmigen Krümmungen. Dadurch entstehen bald da, bald dort stille Buchten, tote Arme oder tief ausgekolkte und ausgewaschene Stellen, die bei einer Verlagerung des Stromes ruhig vollschlickten können.“ Hieraus verstehen wir die stark

tonige Sedimentation im Prielbereich, während das eigentliche Bett sandigen Grund haben kann. Daß die Tonsedimentation nach oben ausklingt, erklärt sich offenbar daraus, daß der Priel seine Funktion einbüßt und gewöhnlicher Wattsedimentation Platz macht.

Endlich bleibt noch Bohrung IX, Anschlickungsbereich längs der Meldorfer Fahrrinne, zu betrachten. Es handelt sich hier um ein sehr junges Sediment. Hier sind die Korngrößenverhältnisse von oben bis unten so gleichmäßig, daß sich gleichmäßige, ziemlich ruhige Sedimentationsbedingungen widerspiegeln, die aber hier durch den Menschen in ihrer Gleichförmigkeit erhalten wurden (Offenhaltung der Fahrrinne).

Von dem Prielprofil (VII) weicht dieses Sediment wesentlich nur durch etwas geringeren Tongehalt ab. Auch das ist verständlich, da es sich bei der Fahrrinne nicht um einen rein natürlichen Priel handelt. (Graphische Darstellung I.)

II. Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung.

O. Jessen (11) meinte, daß ein Elbwasserstrom mit dem Verlauf von Brunsbüttel über Meldorf zum Karolinenkoog bestanden habe.

Wenn diese Annahme für die letzten zwei Jahrtausende stimmte, dann müßte ich den fluviatilen Einfluß mikroskopisch nachweisen können.

Die Bohrpunkte liegen geographisch so, daß einige höchst wahrscheinlich in den Bereich dieses gedachten Stromes fallen müßten. Die Untersuchung der Ablagerungen zeigt aber, daß weder ein fluviatiler noch ein brackischer Einfluß erkennbar ist. Alle Sedimente sind eindeutig mariner Herkunft. Denn eine Menge typisch-mariner Diatomeen, mariner Schwammnadeln, Foraminiferen, Stachel und Panzerreste von Seeigeln waren in jeder Probe nachweisbar. Dagegen findet sich nichts, was irgend welche Zweifel an der marinen Herkunft aufkommen läßt. —

Das Mikroskop gibt uns Auskunft über die Erscheinungsformen des Kalkgehaltes; denn wir erkennen außer den erwähnten Bruchstücken von Seeigeln, rezenten Foraminiferen auch Teile von Krebspanzern und vor allem Fasern und Faserpakete von marinen Muschelschalen, sowie Neubildungen von Kalkspat, die wahrscheinlich Wiederausscheidungen von solchem Karbonat sind, das als feinstfaseriger und z. T. aragonitischer Muschelschalenbaustoff besonders der Auflösung unterlag.

Außerdem konnten die weiteren Angaben Wetzels (2) bestätigt werden, daß überall Kalkgebilde vorkommen, die dem von der Nordsee aufgearbeiteten Geschiebemergel entstammen; nämlich Kreideforaminiferen und Kalzitkristalle von anderer Art, als die schon erwähnten Neubildungen.

Der Kalkgehalt beruht somit auf dem Kalk des Geschiebemergels und auf Skelettresten rezenter, meerischer Lebewesen.

Da sogar die kalkigen Feinstbestandteile des Geschiebemergels unverändert in das Wattsediment übergegangen sind, ist es nicht verwunderlich, daß auch der übrige bunte Mineralreichtum des Geschiebemergels in den mikroskopischen Präparaten wiederkehrt.

III. Ergebnisse der chemischen Analysen.

1) Tabellarische Uebersicht über die Verteilung des Kalkes und des Eisensulfids. (Die um etwa $\frac{1}{10}$ zu hohen Kalkgehalte sind nicht umgerechnet — vergl. S. 219, Text und bezüglich der FeS-Gehalte Anmerkung! Die Werte in den beiden obersten Proben haben insofern eine etwas von den übrigen Werten abweichende Bedeutung, als es sich nicht mehr um Sediment, sondern um „Boden“ handelt.)

Entnahmetiefe in cm	CaCO ₃ %	FeS %	Entnahmetiefe in cm	CaCO ₃ %	FeS %
---------------------	---------------------	-------	---------------------	---------------------	-------

I. Rösthusen.

0—30	1,2	0,39
30—60	1,7	0,41
60—100	5,7	0,24
100—130	4,6	0,52
130—170	7,5	0,20
170—200	8,2	0,44
200—240	7,8	0,94
240—270	8,5	0,69

II. Norderwisch.

0—30	1,0	0,37
30—60	2,4	0,28
60—100	4,0	0,20
130—170	7,4	0,36
170—200	6,6	0,41
230—270	7,4	0,37

III. Norderwisch, Warft.

0—30	1,4	0,28
30—60	5,0	0,35
60—100	7,0	0,10
100—150	7,2	0,26
150—200	9,0	0,12
200—240	9,2	0,23
240—270	8,4	0,35

IV. Oestl. Trennewurth.

0—30	0,6	0,17
30—60	0,6	0,11
60—100	2,0	0,10
100—130	5,6	0,09
130—160	6,6	0,10
160—200	6,0	0,16
200—230	5,2	0,13
230—260	5,6	0,14
260—300	5,6	0,14

V. Nordwestl. Barlt.

0—30	1,0	0,23
30—E0	1,2	0,18
60—100	2,8	0,17
100—130	7,2	0,08
130—160	7,4	0,08
160—200	7,0	0,14
200—230	7,8	0,20
230—270	7,4	0,22

VI. Norderbusenwurth.

0—30	1,4	0,09
30—60	2,4	0,06
60—100	4,6	0,07
100—130	6,0	0,08
130—160	3,4	0,07
160—200	3,4	0,07
200—230	2,6	0,07
230—270	4,0	0,08

VII. Prielzug Eesch.

0—30	2,8	0,47
30—60	5,2	0,41
60—100	6,6	0,25
100—130	5,8	0,38
130—170	5,8	0,57
170—200	6,0	0,49

VIII. Dorf Eesch.

0—30	1,8	0,07
30—60	3,2	0,09
60—100	4,0	0,09
100—130	4,7	0,08
130—160	4,7	0,07
160—200	5,8	0,08
200—230	5,6	0,09
230—270	6,6	0,11

IX. Grünland neben der Fahrrinne nach Meldorf.

0—30	4,6	0,09
30—60	4,6	0,09
60—100	5,1	0,08
100—130	5,6	0,08
130—160	5,6	0,06
160—200	6,0	0,10
200—230	6,2	0,11
230—270	7,1	0,12

2) Kalkgehalt.

Alle 9 Bohrungen zeigen unterhalb 0,6 m gegebenenfalls 0,9 m einen Kalkgehalt zwischen 3 und 9 %. Als Durchschnittsgehalt ergibt sich mithin 5,1 %.

Die Hangendzone (0—60 cm, gegebenenfalls etwas tiefer; bei meerwärtsgelegenen Profilen dagegen nur in 0—30 cm Tiefe) zeigt einen verminderten Kalkgehalt, der wesentlich durch nachträgliche Auslaugung und Pflanzenverbrauch erklärt werden muß. Der niedrigste Prozentsatz war 0,6. Ein vollständiges Fehlen des Kalkes konnte ich selbst in den ältesten Marschteilen des Untersuchungsgebietes nicht feststellen.

An der unteren Grenze der Entkalkungszone findet sich nach vorstehenden Analysenbefunden keine Anreicherungszone infolge von Wiederausfällung des Kalkes etwa nach Art eines mitteldeutschen Lößprofils.

Das mag einerseits durch das ständige Schwanken des Grundwasserspiegels mit der Ebbe und Flut erklärt werden und andererseits dadurch, daß infolge der regen Wasserzirkulation das kalkhaltige Sickerwasser, wenn es auf das Grundwasser stößt, durch Gräben und Priele ins Meer geführt wird.

Vergleichen wir die Entkalkungszonen der Bohrungen I, II, IV, V, VI mit der von Bohrung III, so zeigt sich, daß III bei 30—60 cm, im Gegensatz zu höchstens 2,4 % bei den anderen, schon 5 % Kalk aufweist. Auch das kann, wie frühere Eigentümlichkeiten von Profil III, mit dem künstlich aufgetragenen Material einer Warft erklärt werden. Man wird vermutlich vor etwa 600 Jahren auf den alten Marschboden junges, besonders kalkreiches Material aufgeworfen haben. Der einstige Kalkgehalt dieser Aufschüttung ist dann in den letzten 600 Jahren bis 30 cm Tiefe auf 1,4 % gesunken.⁵⁾

Bei den Profilen VII und VIII stellen wir ebenfalls eine Entkalkung der Oberschicht fest, die aber nicht so weitgehend wie bei den anderen ist. Das erklärt sich daraus, daß wir es hier mit noch jungen Marschteilen zu tun haben, die, wie am Verlauf der Deiche und ihrer Bauzeit festgestellt wurde, höchstens 350 Jahre alt sind. — Noch gar keine Entkalkung hat Profil IX erlitten, da es das jüngste ist.

Der Kalkgehalt der in dieser Hinsicht als unverändert anzunehmenden Schichten (von 60 bzw. 100 cm an abwärts) schwankt, trotz seiner groben Uebereinstimmung der Größenordnung nach, doch merklich.

Es findet sich in der Literatur die Annahme, daß der Kalkgehalt mit der Feinheit der Sedimentteilchen zunimmt; also Tonreichtum parallel Kalkreichtum. Nach unseren Befunden könnte man fast umgekehrt sagen, daß tonarme Sedimente (freilich die tiefsten Schichten) besonders kalkreich seien. Aber es besteht in Wirklichkeit wohl keine zwangsläufige Beziehung zwischen Kalkgehalt und den hier vorliegenden Korngrößengruppierungen, sondern der Kalkgehalt steigt in der Regel nach dem Liegenden zu an. Das erklärt sich aus den in den tieferen Schichten häufig auftretenden mikro-

⁵⁾ Van Bemmelen hat an Dollartpoldern festgestellt, daß in 23 Jahren ein Prozent Kalk durch Verwitterung verschwindet; jedoch scheint in unserem Gebiet die Kalkabnahme langsamer erfolgt zu sein.

skopischen und z. T. sogar megaskopischen rezenten Kalkskeletten, was wiederum zur Hauptsache biologisch erklärt werden kann.

3) Eisensulfidgehalt.

Es ist bekannt, daß sich FeS oft in Schlick- und Schlammablagerungen bildet, Außerdem enthält der Marschenschlick auch noch FeS₂ (Pyrit) in Form von kleinen Körnchen und Kügelchen. Dieses Doppel-Schwefeleisen ist als Mineral aus dem Ausgangsmaterial, der Grundmoräne, in den Schlick gekommen. FeS₂ ist durch meine Untersuchungsmethode nicht mit erfaßt worden und bleibe zunächst unberücksichtigt.

In den festlandsnäheren Bohrprofilen wurden die höchsten FeS-Werte gefunden (maximal 0,9 %); der durchschnittliche FeS-Gehalt der festlandsnäheren Marsch ist 0,25 %. Die festlandsfernere Marsch (Bohrstellen VI, VIII und IX) weist nur etwa den dritten Teil auf.

Die vertikale Verteilung des FeS-Gehaltes läßt bei allen Bohrprofilen ein zweimaliges Maximum erkennen; einerseits nahe der Oberfläche,⁶⁾ andererseits in einer Tiefe von etwa 2 m an abwärts. Das obere Maximum erklärt sich daraus, daß in den letzten, nur langsam abgelagerten Schlickabsätzen, die häufig auch tonreicher sind, die Sulfidbakterien ihre Tätigkeit besser entfalten können. Nicht ebenso verständlich ist das Maximum in der Tiefe.

Dieser Sulfidreichtum in der Tiefe gepaart mit manchmal groberer Körnung der Sedimente rechtfertigt gewissermaßen den ortsüblichen Namen „Blausand“, da das feinverteilte FeS einen bläulichen Farbton (?) bedingen soll.

IV. Die Farben der Sedimente.

Tabellarische Uebersicht der Sedimentfarben, gekennzeichnet durch die Ostwaldschen Symbole.

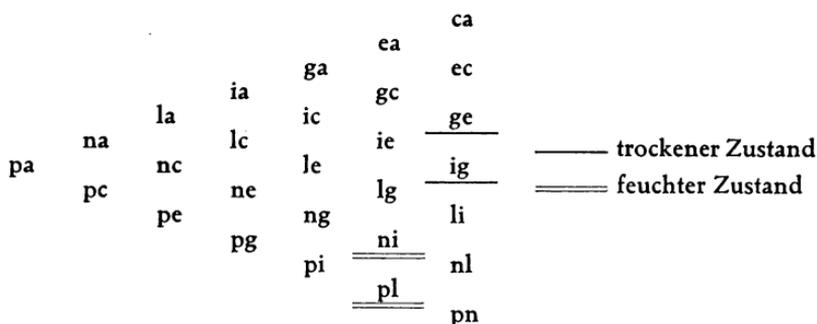
Bohr- stelle	Entnahme- tiefe cm	Kalk- Gehalt	FeS ₂ Gehalt	Ton- Gehalt	Farbe	
					naß	trocken
III	200—240	9,2	0,23	25	08pl	04ge/04ig ⁷⁾
I	250—270	8,5	0,69	17	08pl	04ge/04ig
III	240—270	8,4	0,35	12	08pl	04ge/04ig
V	200—230	7,8	0,20	13,5	08ni	04ge/04ig
V	230—270	7,4	0,22	13	04ni	04ge/04ig
II	200—270	7,4	0,37	16	08ni	04ge
IX	230—270	7,1	0,12	18	04ni	04ge/04ig
VII	230—270	6,6	0,11	12	04ni	04ge/04ig
IX	200—230	6,2	0,11	10	04ni	04ge/04ig
VII	170—200	6,0	0,49	45	08pl	04ge
IX	170—200	6,0	0,10	14	04ni	04ge/04ig
IV	230—270	5,6	0,14	8,5	08ni	04ge/04ig
IV	270—300	5,6	0,13	7,5	04ni	04ge/04ig
VIII	200—230	5,6	0,09	11	04ni	04ge/04ig
IV	200—230	5,2	0,13	8,5	08pl	04ge/04ig

⁶⁾ In der Ackerkrume und auch in der tiefer reichenden Oxydationszone ist natürlich kein FeS als solches mehr vorhanden.

⁷⁾ 04ge/04ig bedeutet, daß die Farbe des Sedimentes zwischen den beiden Testfarben des Atlas liegt; ist z. B. ge fett gedruckt, so neigt die Farbe mehr nach ge als nach ig hin.

Verfolgt man die Farbänderung der Profile mit der Tiefe, so geht die braune Farbe der Ackerkrume in eine hellere, gelbliche über und schließlich bei etwa 2 m in ein Blaugrau. Der Luftsauerstoff dringt also, transportiert vom Bodenwasser, bis in die letztgenannte Tiefe oxydierend ein. Erst bei etwa 2 m beginnen also die Sedimente, die noch ihre ursprüngliche Farbe besitzen. Nur diese eignen sich deshalb zu einer Farbbestimmung, die etwa zur Charakterisierung des Sedimentes selbst dienen könnte.

Ich gebe im folgenden das Dreiecksdiagramm der trüben Farben im Sinne Ostwalds wieder und zeichne die bei unseren Sedimenten auftretenden Farbbereiche aus.



Wir erkennen aus dem Diagramm deutlich, daß sich die Farben der unverwitterten Sedimente, die trockenere, sowie die feuchten, nur in je zwei Farbgruppen bewegen. Ferner ist die eigentliche Spektrumsfarbe ein Gelb (bald heller, bald dunkler, wie aus den in der Tabelle angegebenen Ziffern 04 bzw. 08 hervorgeht — vergl. Farbenfibel), das durch die verschiedene Beimischung von Schwarz und Weiß abgeändert wird.

Ich hatte die Hoffnung, daß die Schwankungen des Kalkgehaltes im Farbton wenigstens der feuchten Proben zum Ausdruck kommen würden; aber es muß doch festgestellt werden, daß Unterschiede zwischen 5 und 9 % Kalk nicht parallel mit Farbunterschieden gehen. Es müssen demnach andere Faktoren ausschlaggebender für die Farbe sein. Die mir wichtig erscheinenden Faktoren sind in der Tabelle aufgeführt. Sie bedingen durch 4 faches Zusammenspiel jedesmal die Farbe 08pl des feuchten Sediments:

- 1) Viel Kalk; mittlerer FeS-Gehalt; viel Ton.
- 2) Viel Kalk; viel FeS; mittlerer Tongehalt.
- 3) Mittlerer Kalkgehalt; viel FeS; sehr viel Ton.
- 4) Mittlerer Kalkgehalt; wenig FeS; sehr wenig Ton.

Die Farben der trockenere Sedimente geben noch weniger Anhaltspunkte zur Beurteilung.

V. Landwirtschaftliche Folgerungen.

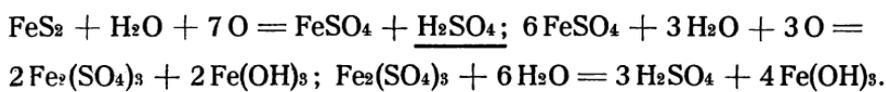
Der sehr fruchtbare Boden der Marsch erleidet durch die intensive Bewirtschaftung und die natürliche Auslaugung eine vergleichsweise schnelle Abnahme der Nährsalze. Gerade an dem ursprünglich so reichlichen Kalk macht sich bald früher, bald später Mangel geltend; der Boden erleidet so-

wohl chemische wie physikalische Verschlechterung; denn er wird zu dicht und zu säurehaltig.

Um den Boden wieder ertragreicher zu machen, hat man früher durch mühsame Handarbeit Material des unverbrauchten Sediments der Tiefe auf die Ackerkrume geworfen. Heute leisten dies Maschinen, die sog. „Blau-sandmaschinen“, von denen in Dithmarschen allein 5 in Betrieb sind. Diese Maschinen drehen ein Rohr in den Boden, in dem eine sich drehende Schnecke die Sedimente aus meistens 2—2,5 m Tiefe an die Oberfläche fördert, (die Tiefe ist einstellbar) wo sie ebenfalls maschinell in einer etwa 4 cm starken Schicht über das Feld verteilt werden.

Man hat also Wattablagerungen auf die Ackerkrume geworfen, die nach vorstehenden Untersuchungen bis 9% Kalk enthalten können. Andererseits haben wir aber gerade in derselben Tiefe oft eine Anreicherung des FeS-Gehaltes festgestellt. Das beeinträchtigt das Maß der Bodenverbesserung; denn FeS bildet bei reichem Zutritt von Luft einerseits rein chemisch, andererseits durch Vermittelung von Bakterien freie Schwefelsäure.

Außerdem ist im Wattsediment, wie die mikroskopische Untersuchung zeigte, ein nicht geringer Gehalt an FeS₂ vorhanden, welches sich bei Einwirkung von Luft und Wasser, also wenn es an die Oberfläche kommt, folgendermaßen umsetzt:



Es haben sich demnach aus einem Molekül FeS₂ zwei Moleküle freie Schwefelsäure gebildet und vorübergehend auch Ferrosulfat. Beides sind Stoffe, die Gifte für Pflanzenwurzeln und für die so wichtigen Kleinlebewesen sind.

Das Wesentliche ist also, daß in dem zur Veredlung des Bodens aufgeworfenen Material sich auch Schadstoffe bilden.

Nun ist aber zum Glück genügend Kalk im aufgeworfenen Wattsediment vorhanden, um die Schwefelsäure wieder unschädlich zu machen, indem CaSO₄ gebildet wird, wobei natürlich eine entsprechende Menge an Kalk verbraucht wird. (Die vollständige Neutralisation ist bei allen untersuchten Proben möglich.)

Es würden aber Schichten mit höherem FeS-Gehalt bei gleichzeitig niedrigerem Kalkgehalt einen Transport an die Oberfläche nicht lohnen. —

In dem Namen Blausand und Blausandmaschine dürfte der Gedanke stecken, daß man aus Gründen der mechanischen Bodenverbesserung, nicht zu feinkörnige Sedimente zu fördern wünscht.

Meine mechanischen Analysen haben gezeigt, daß in den bisher bevorzugten Entnahmetiefen von 2—2,5 m in der Regel sowohl reichlich Feinsand als auch reichlich Kalk vorhanden sind.

Die Schwankungen der Korngrößen und des Chemismus zeigen immerhin wie nötig es ist, vor jedem Pütten den betreffenden Untergrund auf

seine diesbezüglichen Eigenschaften hin eingehend zu untersuchen, zumal die Farbeigenschaften, wie gezeigt, nicht eindeutig sind.⁸⁾

Zum Schluß der Arbeit fühle ich mich verpflichtet, Herrn Prof. Dr. W. Wetzel-Kiel für die Anregung zu vorliegender Arbeit und Beratung bei ihrer Ausführung aufrichtigst zu danken.

Literaturverzeichnis.

1. Wetzel, W.: Trischen, eine Studie zur Geologie der Gegenwart. Zeitschr.: Nordelbingen. Bd. 3. Flensburg 1924.
2. —: Beiträge zur Sedimentpetrographie des Nordseebodens usw. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen Abt. Kiel XXI. Bd. 1930.
3. Krey: Das Wattengebiet, die Marschen u. Halligen an der schlesw.-holsteinischen Nordseeküste. Zentralblatt der Bauverwaltung. Jg. 38. Berlin 1918.
4. Delff: Woher stammt der neuauflandende Boden im Wattenmeer? Aufsatz in der Kieler Neuesten Nachrichten, August 1933.
5. Meynerts: Chronik des Karolinenkoogs. Dithm. Landesschule Lunden. Folge 2. 1930.
6. Kappen: Die Bodenazidität. Jul. Springer, Berlin 1929.
7. Alten, Hille, Weiland: Kolorimetrische Eisenbestimmungen mit Sulfo-salizylsäure. Zeitschr. für anorganische und allgemeine Chemie. Bd. 215. S. 81. 1933.
8. Pratie: Der Verbleib des Abbruchmaterials der Samlandküste. Schriften der Phys.-ökon. Gesellschaft zu Königsberg in Pr. 67. Bd. Heft 3/4. 1932.
9. Wrage, W.: Das Wattenmeer zwischen Trischen und Friedrichskoog. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte. 48. Bd. Nr. 5. Hamburg 1930.
10. Jessen, O.: Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit. Ferd. Enke. Stuttgart 1922.
11. Blanck: Handbuch der Bodenlehre. Jul. Springer, Berlin 1932.
12. Schütt, H.: Ueber Sedimentbildung an der Küste des nordd. Wattenmeeres. 11. 1929.
13. Handbuch der vergl. Stratigraphie Deutschlands. Alluvium 1931. Siehe dort weitere Literaturangaben.

⁸⁾ Außerdem bleibt immerhin zu berücksichtigen, daß man vielleicht mit mehr Vorteil Geestmergel herbeischaffen kann, der den Boden verjüngt und zugleich erhöht. (Vergl. W. Wetzel in Heimat, Mai 1934.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein](#)

Jahr/Year: 1935-36

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Winkler Helmut G.F.

Artikel/Article: [Ueber Schichtbau, petrographische Eigenschaften und praktische Beurteilung des Marschuntergrundes. 216-229](#)