

33  
XXV

**Schriften des  
Naturwissenschaftlichen Vereins  
für Schleswig-Holstein**

**Band XXV**

**Karl-Gripp-Festschrift**

**Im Auftrage des Vereins herausgegeben  
von R. Weyl,  
E. W. Guenther und G. P. R. Martin**

*H. Tischer*

*24. VII. 51*

**Kiel 1951**

**Verlag Lipsius & Tischer**

INSTITUT FÜR UR- UND FRÜHGESCHICHTE  
AM DER UNIVERSITÄT KIEL

8024/49

## Schwermineralverwitterung in schleswig-holsteinischen Böden

Von Richard WEYL, Kiel

Mit 4 Abbildungen.

Mineraluntersuchungen an Bodenprofilen erstrecken sich gewöhnlich auf die häufigeren, für den Stoffhaushalt des Bodens wichtigen Komponenten, während die nur mit einigen Prozenten vorkommenden akzessorischen Bestandteile weniger Beachtung finden. Aber gerade eine Betrachtung dieser Bestandteile verspricht wichtige Merkmale für die Kennzeichnung von Bodenprofilen zu liefern, wie dies beispielsweise Untersuchungen von C. H. EDELMAN (1936) zeigten. Zudem sind es die Akzessorien, welche die Hauptmasse der immer häufiger zur Charakterisierung von Sedimentgesteinen herangezogenen „Schwerminerale“ bilden, und die Ausdeutung von Schwermineralassoziationen wird zweifellos erleichtert, wenn das Verhalten der Schwerminerale im Verwitterungsprozeß näher bekannt ist. Es ist daher beabsichtigt, Verwitterungsprofile verschiedener Ausgangsgesteine, Klimate und Zeiten einer Untersuchung auf ihren Schwermineralgehalt zu unterziehen. Für die zur Gewinnung der Proben notwendigen Geländefahrten gewährte die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft eine Reisekostenbeihilfe, für die schon hier geziemend gedankt sei.

Rezente schleswig-holsteinische Bodenprofile erscheinen als Ausgang für die Untersuchung besonders geeignet, da das Material — Geschiebemergel, Schmelzwassersande, Flugsande — auf Grund seiner Herkunft vom fennoskandischen Grundgebirge eine große Anzahl verschiedener Minerale führt und die Ablagerungsbedingungen in einem für die Untersuchung ausreichenden Maße bekannt sind. Der Gang der Aufbereitung und Untersuchung ist der bei Schwermineralarbeiten übliche, so daß er hier nicht näher erörtert zu werden braucht. Da es beim Vergleich der Proben in den Profilen auf eine statistische Erfassung der Komponenten ankam, durfte nur eine eng begrenzte Korngröße (0,2—0,1 mm Dm) zur Gewinnung der Schwerminerale herangezogen werden, weil sonst bei unterschiedlichem Korn primäre Mengenunterschiede das Bild der Schwermineralverteilung so stark beeinflussen können, daß die Auswirkungen der Verwitterung durch die einer voraufgegangenen mechanischen Auslese überdeckt werden können.

Das Ergebnis der Schwermineralzählungen (je Probe ca. 200 durchsichtige Körner) ist in den Tabellen und Figuren dargestellt. Es läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

1) In Braunerde auf Geschiebemergel bzw. Geschiebelehm ist keine merkliche Verminderung des Mineralbestandes festzustellen.

2) Braunerden auf Schmelzwassersanden können einen leichten Rückgang des Hornblende- und Pyroxenanteiles unter gleichzeitiger relativer Anreicherung der übrigen Gemengteile aufweisen. Da unter diesen allein der Granat mit höheren Prozentwerten am Aufbau der Schwermineralgesellschaft beteiligt ist, tritt die Anreicherung nur in den Granatwerten in Erscheinung.

3) Podsolprofile zeigen einen sehr viel energischeren Abbau der Minerale vor allem im A-Horizont. Pyroxene und Hornblenden können fast völlig verschwinden, Epidot wird stark vermindert, Granat und die übrigen metamorphen Minerale und insbesondere die stabilen Minerale Turmalin, Zirkon und Rutil werden relativ erheblich angereichert. In einem Falle (Profil VI) zeigt auch bereits der Granat im obersten Teil des A-Horizontes eine erhebliche, durch Verwitterung bedingte Verminderung. Ein interglazialer Podsol von Schulau zeigt dieselben Verhältnisse wie die rezenten Podsolprofile.

4) Der einzige, bisher untersuchte gleiartige Boden läßt nur in dem auflagernden, sekundären Podsol eine beschränkte Verminderung der Hornblenden und Pyroxene erkennen, während sich in dem eigentlichen, stark gleiartigen Boden der Mineralbestand des Ausgangsmateriales (Geschiebemergel) erhalten hat.

5) In allen untersuchten Bodenprofilen ist der Mineralabbau auf die obersten Bodenhorizonte beschränkt und geht nicht in die Tiefe.

Neben der rein statistischen Auswertung wurde der Zustand der verschiedenen Minerale beobachtet. Pyroxene, Hornblenden, Epidot und Granat zeigen die bekannten, vielfach beschriebenen Reliktformen (EDELMAN und DOEGLAS 1932, gute Abbildungen auch bei ZOEBELEIN 1940). Bei den Pyroxenen fanden sie sich schon im sonst völlig unverändert erscheinenden Material des C-Horizontes. Die anderen Minerale ließen eine deutliche Zunahme der Reliktformen und der Ätzungsstärke in den oberen Bodenhorizonten erkennen. Um einen Maßstab hierfür zu gewinnen, wurde ein „Ätzungswert“ gebildet, der zwar nicht frei von subjektiven Beobachtungsfehlern ist, trotzdem aber einen brauchbaren Gradmesser für die Verwitterungsintensität darstellen dürfte:

Beim Auszählen wurden die Minerale jedes für sich in 3 Gruppen eingeteilt: Ungeätzt, geätzt und stark geätzt. Die Summe dieser 3 Gruppen wurde auf 100 umgerechnet und dann aus dem Wert der stark geätzten Mineralkörner + der Hälfte der mäßig geätzten ein Ätzungswert gebildet. Er kann theoretisch maximal 100 betragen, wenn sämtliche Körner eines Mineralen stark geätzt sind.

#### Erläuterung zu nebenstehenden Abbildungen 1—4:

Abb. 1. Schwerminerale in einer Braunerde auf Geschiebemergel, Laboe. (Tabelle 1, Profil III.)

Abb. 2. Schwerminerale in einer Braunerde auf Schmelzwassersanden, Vierth. (Tabelle 1, Profil IV.)

Abb. 3. Schwerminerale in einem zweistöckigen interglazialen Podsol auf Schmelzwassersand, Schulau. (Tabelle 1, Profil IX.)

Abb. 4. Verteilung der Schwerminerale im Sylter Kaolinsand in Bezug auf den Prozentgehalt stabiler Minerale. (Tabelle 3.)

Abkürzungen zu Abb. 1—4:

Stab. = Stabile Minerale Turmalin, Zirkon, Rutil; Ep. = Epidot; Gr. = Granat; H. = Hornblende; Di. = Disthen.

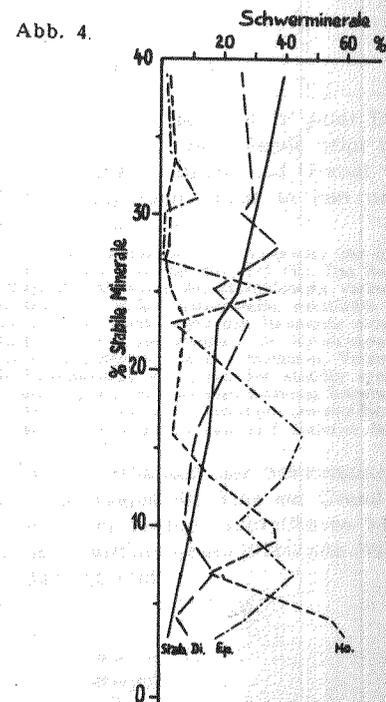
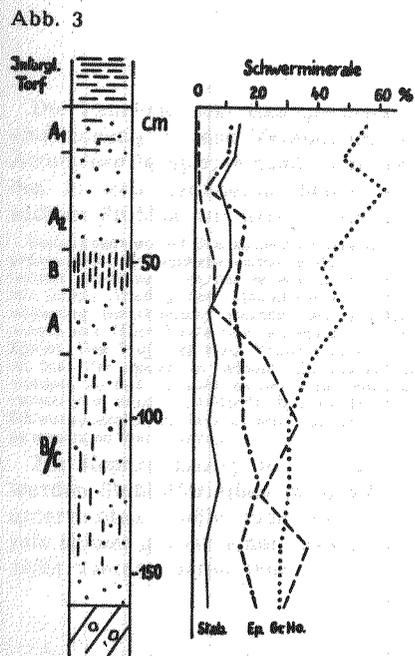
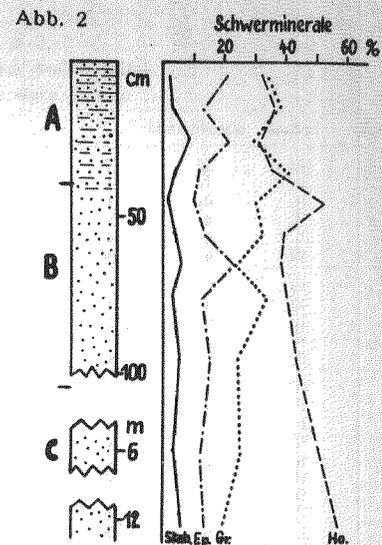
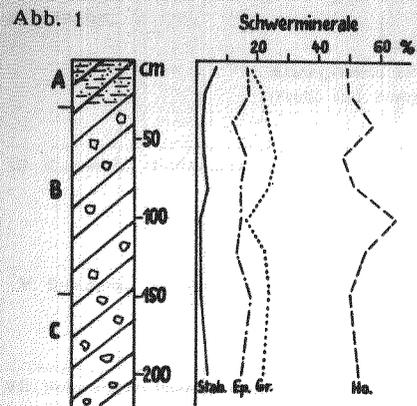


Abb. 1—4. Erläuterung nebenstehend.

Das Ergebnis der Auszählung einiger Ätzungswerte ist in nachstehender Tabelle aufgezeigt.

Tabelle 2.  
Ätzungswerte in einigen Bodenprofilen.  
(Profil und Probentiefe siehe Tabelle 1)

		Hornblende	Granat	Epidot
III. Braunerde, Bordesholm	1)	17	14	23
	2)	11	14	14
	3)	10	8	7
	4)	6	8	11
	5)	5	7	8
	6)	10	19	3
V. Braunerde, Borgdorf.	1)	3	16	6
	2)	6	12	2
	3)	9	5	9
	4)	3	6	7
	5)	2	6	5
VII. Sekundärer Podsol, Innien.	1)	47	9	12
	2)	10	3	10
	3)	0	4	5
	4)	3	7	1
	5)	6	3	3
	6)	4	0	3
	7)	5	6	3
	8)	3	7	0
	9)	0	5	0
IX. Interglazialer Podsol, Schulau.	1)	65	14	28
	2)	50	11	19
	3)	38	6	10
	4)	16	3	8
	5)	8	7	4
	6)	5	6	2

Die Zunahme des Ätzungswertes der einzelnen Minerale steht in guter Übereinstimmung mit den Veränderungen des Prozentanteiles. Hornblende zeigt hohe Ätzungswerte entsprechend ihrer starken Verminderung, Epidot und Granat werden in weit geringerem Maße angeätzt und unterliegen daher in den untersuchten Profilen nur gelegentlich einer Verminderung.

Bemerkenswert ist das übereinstimmende Auftreten von Abweichungen im Ätzungswert und in der prozentualen Zusammensetzung in den Profilen von Bordesholm (III) und Borgdorf (V). Das Bordesholmer Profil zeigt in der untersten Probe eine sprunghafte Abnahme der Hornblendens verbunden mit einem Anstieg des Ätzungswertes. Dies könnte damit auf eine horizontweise verstärkte Verwitterung zurückgeführt werden. Die Borgdorfer Braunerde (V) zeigt gegen das Hangende eine Zunahme der Hornblende und unregelmäßige Änderungen in den Ätzungswerten für Hornblende und Epidot. Das Profil ist einer Kiesgrubenwand an einem stark geneigten Hang entnommen. Vermutlich ist hier der Boden in seinem Mineralbestand durch Zuwanderung von oben her ständig erneuert worden, so daß es nicht zu der sonst üblichen Verminderung der Hornblendens kommen konnte und verschiedlen stark verwitterte Bodenteile miteinander vermengt wurden. Derartige „Anomalien“ im Schwermineralprofil lassen sich vermutlich zur Erkennung von Solifluktionen und anderen Bodenbewegungen heranziehen.

Zur Kennzeichnung der unterschiedlichen Verwitterbarkeit der Schwerminerale wurden Stabilitätsreihen (z. B. SINDOWSKI 1949) aufgestellt. Eine auf Grund der untersuchten Profile aufstellbare Stabilitätsreihe der leichter angreifbaren Minerale stimmt gut mit einer aus anderem Material ermittelten Stabilitätsreihe (WEYL 1950) überein, deren Werte in Klammern beigefügt sind:

- 1) Pyroxene
- 2) Hornblende (2—5)
- 3) Epidot (6—15)
- 4) Granat (8—20)

**Tabelle 1.**  
**Die Schwermineralführung schleswig-holsteinischer Bodenprofile.**

Durchsichtige Schwerminerale im gegenseitigen prozentualen Verhältnis  
(+ = unter 1%)

Tiefe in cm	Horizont	Profilbeschreibung	Proben- Nr.	Tiefe in cm	Durchsichtige Schwerminerale im gegenseitigen prozentualen Verhältnis (+ = unter 1%)																
					Tourmalin	Zirkon	Rutil	Hornblende	Monokl. Pyroxen	Rhomb. Pyroxen	Titanit	Granat	Epidot	Zoisit	Staurolith	Disthen	Sillimanit	Andalusit	Topas	Korund	Vesuvian
<b>Braunerde auf Geschiebemergel, Howacht.</b>																					
0—40	A	Grauer, humoser sandiger Lehm	I,1	15	+	+	1	49	2	—	2	29	12	+	1	2	+	—	—	+	
			I,2	30	3	1	1	50	1	+	2	22	15	1	1	—	—	+	—	—	+
			I,3	50	1	+	1	57	+	—	+	29	9	—	—	1	—	—	—	—	—
			I,4	65	2	—	2	57	3	+	1	20	11	1	—	2	—	—	—	—	+
40—155	(B)	Braungelber, sandiger Lehm	I,5	90	+	—	—	59	4	—	3	20	10	+	1	2	+	—	—	—	
			I,6	110	2	+	1	56	+	—	1	21	13	+	+	+	+	—	—	—	
			I,7	135	+	2	1	45	2	1	1	25	19	—	2	+	1	—	—	—	—
			I,8	155	1	1	1	39	4	1	1	20	27	—	3	—	+	+	—	—	—
155—300	(B/C)	Gelbbrauner Geschiebemergel	I,9	175	3	1	+	51	4	—	2	20	13	—	1	1	1	+	—	—	
			I,10	200	4	—	2	61	1	+	1	13	13	+	—	2	—	+	—	—	
300—400	C	Grauer Geschiebemergel	I,11	300	3	—	2	46	2	1	3	27	15	1	+	1	—	—	—	—	
			I,12	400	1	2	—	51	3	—	1	21	17	+	+	1	—	—	—	+	
<b>Braunerde auf Geschiebemergel, Laboe.</b>																					
0—30	A	Grauer, humoser sandiger Lehm	II,1	5	1	3	2	49	1	+	3	19	17	1	—	2	+	1	—	—	
			II,2	20	+	+	+	50	4	—	+	22	17	—	2	—	2	+	—	—	
			II,3	40	+	+	+	57	+	—	—	24	12	—	—	2	+	+	—	—	
			II,4	60	—	2	+	48	+	1	1	26	16	—	2	—	+	+	—	—	
30—150	(B)	Brauner bis gelber Geschiebelehm	II,5	80	1	+	+	51	2	+	3	24	15	—	2	+	—	—	—		
			II,6	100	—	—	+	64	+	—	+	17	15	—	+	—	1	—	—		
			II,7	120	+	—	+	55	1	1	2	22	14	+	—	1	+	+	—		
ab 150	(B/C)	gelber Geschiebemergel	II,8	150	—	+	+	50	3	—	1	24	18	—	1	1	+	—	—		
			II,9	200	2	—	2	53	1	+	2	22	15	—	+	1	+	—	—		
<b>Vollreife Braunerde auf Schmelzwassersand, Bordesheim.</b>																					
0—25	A	dunkelbrauner, stark humoser, lehmiger Sand	III,1	5	—	2	1	47	2	1	2	29	15	—	—	1	—	—	—		
			III,2	15	1	1	1	52	3	1	2	22	14	—	1	1	1	—	—		
25—60	(B)	Oben schwach humoser lehmiger Sand	III,3	30	+	+	+	57	2	+	2	21	13	—	1	1	+	—	—		
			III,4	50	+	2	1	49	+	1	2	24	17	—	—	+	+	—	—		
65—100	(B/C)	braun-gelber, lehmiger Sand	III,5	75	1	—	—	60	1	1	+	23	9	—	2	2	+	—	—		
			III,6	100	1	4	1	31	4	1	2	34	17	—	2	2	1	—	—		
<b>Braunerde auf Schmelzwassersand, Vieth.</b>																					
0—40	A	Grauer, humoser, kiesiger Sand	IV,1	10	1	—	1	32	1	+	8	34	20	—	1	1	+	—	—	1	
			IV,2	15	1	—	2	36	2	+	4	38	13	—	1	2	+	—	—	—	
			IV,3	25	1	5	2	31	2	2	4	30	20	+	+	1	—	+	—	—	
			IV,4	35	+	3	+	36	1	1	4	40	11	+	+	1	—	—	—	—	
40—110	(B)	Gelblichgrauer, kiesiger Sand	IV,5	45	+	+	+	51	1	1	2	30	10	—	1	2	1	—	—		
			IV,6	55	2	1	+	39	3	3	4	32	13	—	2	1	—	—	—		
			IV,7	65	3	+	2	38	+	+	4	24	22	—	+	3	—	—	—		
			IV,8	75	1	—	2	40	2	1	5	33	12	—	1	1	+	+	—		
ab 110	C	Grauer, kalkhaltiger kiesiger Sand	IV,9	95	1	2	2	43	4	1	3	24	14	+	3	2	+	—	—		
			IV,10	600	—	—	3	51	4	1	2	25	11	—	+	1	+	—	—		
			IV,11	2000	1	1	2	56	2	1	2	20	12	1	—	1	—	—	—		
<b>Umgelagerte Braunerde auf Schmelzwassersand, Borgdorf b. Nortorf.</b>																					
0—30	A	Dunkelbrauner humoser Sand mit einzelnen Geschieben	V,1	5	2	+	+	50	3	+	2	17	19	—	2	3	—	+	—		
			V,2	15	2	+	—	47	—	+	3	23	19	—	2	3	+	—	—		
30—40	(B)	Braungelber Sand	V,3	30	3	+	+	48	4	1	+	19	18	—	3	+	+	—	—		
			V,4	45	+	—	—	40	2	+	3	21	22	+	+	4	2	1	—		
40—100	(B/C)	Gelb. Sand, nach unt. heller werdend	V,5	75	3	+	1	40	2	+	1	23	20	1	1	6	—	+	—		
			V,6	120	5	1	1	39	3	1	1	20	23	—	3	1	2	—	—		
ab 100	C	Braungelber Sand	V,7	65	2	+	+	34	3	—	+	31	20	+	3	3	2	+	—		
<b>Podsol auf Flugsand, Lieth bei Elmshorn.</b>																					
0—30	A	Schwarzer, humoser Sand	VI,1	5	7	13	5	5	—	—	6	31	9	+	9	10	4	+	—		
			VI,2	15	7	5	5	1	—	—	2	54	2	1	6	11	3	3	—	—	
			VI,3	25	5	—	1	16	1	1	—	42	19	—	5	5	4	+	—		
30—50	B	Lockerer Ortstein	VI,4	35	9	+	1	15	1	2	1	34	25	+	4	3	2	1	—		
			VI,5	45	5	3	1	30	3	+	1	37	12	+	2	3	3	—	—		
ab 50	B/C	Gelber Flugsand	VI,6	55	3	1	1	34	3	+	3	31	15	+	1	4	2	1	—		
			VI,7	65	2	+	+	34	3	—	+	31	20	+	3	3	2	+	—		
<b>Podsol auf Flugsand über Blockpackung, Lürschau bei Schleswig.</b>																					
0—15	A <sub>1</sub>	Humoser Sand	VII,1	5	3	—	—	18	1	1	2	54	14	—	1	1	—	—	1		
			VII,2	20	3	+	+	21	—	1	2	52	18	+	2	1	2	—	—		
15—50	A <sub>2</sub>	Bleichsand	VII,3	40	2	+	1	33	2	+	5	38	11	—	2	3	1	+	—		
			VII,4	55	2	2	1	36	2	1	3	36	12	+	1	2	+	—	—		
50—70	B	Orterde	VII,5	70	1	1	1	27	+	+	4	45	16	1	1	1	+	—	—		
ab 70	C	Blockpackung	VII,5	70	1	1	1	27	+	+	4	45	16	1	1	1	+	—	—		
<b>Sekundärer Podsol auf saale-eiszeitlichem Geschiebemergel, Innien.</b>																					
0—5	A <sub>0</sub>	Auflagehumus	VIII,1	10	2	5	4	9	1	—	5	44	21	+	4	4	+	—	—		
			VIII,2	20	5	—	4	27	3	2	2	30	24	—	4	4	3	—	—		
5—15	A <sub>1</sub>	Humoser lehmiger Sand	VIII,3	30	1	3	1	34	2	1	4	22	24	2	2	3	1	—	—		
			VIII,4	40	1	—	—	49	2	—	1	26	15	1	1	3	1	—	—		
15—25	A <sub>2</sub>	Schwach gebleichter lehmiger Sand	VIII,5	50	1	1	2	45	4	1	1	23	19	1	1	1	—	—			
			VIII,6	60	2	+	1	43	2	—	3	28	15	1	1	3	+	—	+		
25—35	B	Orterde	VIII,7	80	+	+	1	41	3	2	2	36	11	+	1	1	+	—	—		
			VIII,8	120	3	1	2	37	4	1	4	31	11	—	+	3	3	—	—		
35—100	B/C	Geschiebelehm	VIII,9	160	2	1	1	45	4	2	2	22	15	—	2	1	2	—	—		
ab 100	C	Geschiebemergel	VIII,9	160	2	1	1	45	4	2	2	22	15	—	2	1	2	—	—		

Durchschnittliche Schwerminerale im gegenseitigen prozentualen Verhältnis  
(+ = unter 1%)

Tiefe in cm	Horizont	Profilbeschreibung	Proben-Nr. in cm	Turnalin	Zirkon	Rutil	Hornblende	Monokl. Pyroxen	Rhomb. Pyroxen	Titanit	Granat	Epidot	Zoisit	Staurolith	Disthen	Sillimanit	Andalusit	Topas	Korund	Vesuvian	Übrige
<b>Zweistückiger interglazialer Podsol auf Schmelzwassersand, Schulau.</b>																					
Interglazialer Torf																					
0-15	A <sub>1</sub>	Bleichsand, stellenweise humos	IX.1 5	10	1	3	1	—	—	4	55	12	+	5	5	2	+	1	—	—	—
15-45	A <sub>2</sub>	Bleichsand	IX.2 15	5	2	6	1	—	—	1	48	11	1	10	11	2	2	—	—	—	—
45-60	B	Orterde	IX.3 25	1	3	4	1	—	—	4	61	5	1	8	7	4	1	—	—	—	—
60-75	A	Bleichsand	IX.4 35	7	2	2	3	—	—	2	53	16	—	7	7	1	1	—	—	—	—
75-160	B/C	Gelblicher Sand mit Rostlagen	IX.5 50	6	2	7	7	—	—	4	42	15	—	7	7	3	2	—	—	—	—
			IX.6 65	3	1	7	1	+	+	5	49	13	—	6	8	2	1	—	—	—	—
			IX.7 80	4	2	1	23	1	1	3	39	16	—	5	4	1	+	+	+	+	—
			IX.8 100	4	—	2	25	—	1	2	32	21	1	6	3	+	+	+	+	+	—
			IX.9 120	4	—	2	25	—	1	4	31	16	1	6	3	+	+	+	+	+	—
			IX.10 140	1	+	2	38	—	+	3	29	16	1	5	2	+	+	+	+	+	—
			IX.11 170	2	+	3	30	—	+	1	29	21	2	3	2	+	+	+	+	+	—
		Geschiebemeigel																			

**Podsolierter gleitartiger Boden auf Geschiebelehm, Dosenmoor bei Einfeld.**

Tiefe in cm	Horizont	Profilbeschreibung	Proben-Nr. in cm	Turnalin	Zirkon	Rutil	Hornblende	Monokl. Pyroxen	Rhomb. Pyroxen	Titanit	Granat	Epidot	Zoisit	Staurolith	Disthen	Sillimanit	Andalusit	Topas	Korund	Vesuvian	Übrige
0-5	A <sub>0</sub>	Heidetrockentorf	X.1 5	3	2	1	32	1	—	2	39	18	—	1	+	+	+	+	+	+	—
5-15	A	Bleichsand	X.2 15	+	2	1	40	3	1	1	31	18	+	1	+	+	+	+	+	+	—
15-70	B <sub>g</sub>	stark gleitartiger Boden	X.3 30	2	+	+	43	2	2	2	31	16	+	—	+	+	+	+	+	+	—
			X.4 40	+	+	+	49	4	1	4	28	12	—	1	+	+	+	+	+	+	—
			X.5 60	2	2	1	50	2	2	4	23	11	1	1	1	1	1	1	1	1	—

Zur Ermittlung von Stabilitätsunterschieden der weniger leicht angreifbaren Minerale sind die untersuchten Bodenprofile dagegen weniger geeignet, so daß auf die vorgenannte Arbeit verwiesen sei. Die natürliche Löslichkeit der Minerale stimmt nach diesen Beobachtungen keineswegs mit dem Lösungsverhalten bei Anwendung hochkonzentrierter Säuren überein, über das STEINRIEDE (1931) im Handbuch der Bodenkunde berichtet. Eine Übertragung von Laboratoriumsergebnissen auf die Verhältnisse in der Natur ist daher auch in diesem Falle nur sehr bedingt möglich.

Während die untersuchten rezente und interglaziale Profile im ganzen eine recht mäßige Verwitterung der Schwerminerale erkennen lassen, so ist diese bei den schleswig-holsteinischen Kaolinsanden sehr viel intensiver. Schon W. WETZEL (1931) wies auf die sehr energische Verwitterungsauslese in den Sylter Kaolinsanden hin. Eigene Untersuchungen am Liether Vorkommen (WEYL 1949) zeigten, daß die Verwitterung der Schwerminerale erst nach Ablagerung der Sande erfolgt ist, was mit den Feststellungen E. KOCH's (1927) übereinstimmt, daß die Kaolinisierung der Sande in situ erfolgt sei.

Die Sylter Kaolinsande sind, abgesehen von einem offenbar primär sehr viel geringerem Granatgehalt, in ihrer Schwermineralführung den Liether Sanden recht ähnlich (Tabelle 3). Da in diesen Sanden kein eigentliches Bodenprofil aufgestellt werden kann, wurden die Proben in der Tabelle und in Fig. 4 in der Reihenfolge zunehmender Verarmung an Schwermineralen angeordnet. Sie zeigen, daß die Hauptmasse der Kaolinsande einer sehr starken Mineralauslese unterlegen ist, der merkwürdigerweise die Feldspäte z. T. weitgehend widerstanden, wie schon W. WETZEL (1931) festgestellt hat. Nur unter besonders günstigen Bedingungen konnte sich der ursprüngliche Schwermineralgehalt erhalten, wie z. B. in den vererzten Sandlagen von Klein-Afrika (Probe 2, 3).

Als kennzeichnend für die Kaolinsande dürfen auf Grund verschiedener sedimentpetrographischer Untersuchungen (W. WETZEL 1931, R. KUHN 1938, R. WEYL 1949) die intensive Bleichung verbunden mit einer ± starken Kaolinisierung der Feldspäte und einer starken Auslese unter den Schwermineralen gelten. Diese intensive Verwitterung ist aber zweifellos ein Vorgang, der nicht auf ein so enges Gebiet wie Schleswig-Holstein begrenzt gewesen sein kann, sondern als klimatisch bedingt eine weitere Verbreitung gehabt haben muß. Wenn WIRTZ und ILLIES (Arbeit in Druck) diese Verwitterung nun neuerdings ins Günz-Mindelinterglazial verlegen und dem Kaolinsand ein günzzeitliches Alter zulegen, so ist es zumindest sehr wahrscheinlich, daß andernorts im gleichen Interglazial ähnliche Verwitterungserscheinungen anzutreffen sein werden. Es kann sogar die Forderung aufgestellt werden, daß einwandfrei datierte Günzablagerungen Mitteleuropas ähnliche Verwitterungserscheinungen aufweisen wie die schleswig-holsteinischen Kaolinsande, wenn die von WIRTZ und ILLIES gegebene Gliederung richtig ist. Diese Frage zu klären, ist eines der Ziele der z. Z. laufenden Untersuchungen über die Schwermineralverwitterung in Bodenprofilen und Sedimenten verschiedener Klimabereiche.

Tabelle 3.

Kornverteilung und Schwermineralführung  
Sylter Kaolinsande.

Nr.	Fundort	Kornverteilung in mm Dm.						% Schwer- minerale im Feinsand 0,2-0,1	Opak	Durchsichtige Schwerminerale im gegenseitigen prozentualen Verhältnis														
		0,5	0,5-0,4	0,4-0,3	0,3-0,2	0,2-0,1	0,1			Turalin	Zirkon	Rutil	Hornblende	Monokl. Pyroxen	Rhomb. Pyroxen	Titanit	Granat	Epidot	Zoisit	Staurolith	Disthen	Sillimanit	Andalusit	Ubrige
		Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.																	
1.	Morsum	Sp.	0,5	14,5	78,0	7,0	0,1	55	2	1	—	60	1	—	—	1	18	1	1	9	2	1	3	
2.	Morsum	—	0,5	11,0	39,5	49,0	0,2	70	3	—	1	57	—	—	1	27	3	3	5	1	—	—		
3.	Morsum	—	—	—	—	—	0,3	50	5	+	4	38	—	—	2	32	2	1	10	3	2	+		
4.	Morsum	Sp.	2,5	70,5	27,0	0,1	85	6	+	4	37	+	—	—	—	3	1	8	3	+	—	+		
5.	Tinum	0,7	1,5	6,0	75,5	15,6	0,2	99	7	2	4	17	+	+	1	40	4	4	10	5	—	4		
6.	Morsum	—	1,3	28,5	46,0	24,2	0,5	56	3	—	4	16	—	—	+	44	2	6	17	8	—	—		
7.	Morsum	24,8	0,6	5,0	33,8	28,6	7,2	95	5	1	10	5	1	—	2	3	47	1	7	12	5	+		
8.	Morsum	21,5	1,0	6,0	27,0	34,0	10,5	185	7	7	11	4	1	—	1	+	37	1	7	18	5	+		
9.	Morsum	Tonlage mit geringem Feinsandanteil						0,3	500	8	11	12	2	—	3	1	12	1	9	30	9	1	1	
10.	Rotes Kliff	19,0	13,3	23,3	23,3	16,1	5,0	170	9	6	8	8	—	—	1	1	5	+	18	29	10	3	1	
11.	Morsum	18,4	15,1	30,8	14,2	2,0	19,5	2,4	450	5	8	14	1	—	8	2	1	—	16	33	11	1	—	
12.	Keitum	18,8	6,0	24,0	31,1	14,0	6,2	1,1	220	18	4	8	3	—	4	1	2	+	16	26	17	+	+	
13.	Morsum	Tonlage mit geringem Feinsandanteil						2,5	550	6	9	14	+	—	10	+	1	—	19	31	8	+	+	
14.	Keitum	22,8	1,8	11,4	34,0	26,0	4,0	0,7	300	11	15	13	3	—	3	—	2	—	13	26	10	3	+	
15.	Rotes Kliff	55,0	5,8	11,4	15,6	10,6	1,6	1,2	240	12	2	14	3	—	5	2	—	—	14	38	7	1	—	
16.	Rotes Kliff	—	Sp.	0,2	1,5	69,5	28,8	0,2	140	19	1	14	5	—	+	1	4	+	17	28	10	+	—	

## Zusammenfassung

Der Abbau der Schwerminerale ist in den verschiedenen Böden Schleswig-Holsteins verschieden stark. In Podsolböden ist die Verwitterung intensiv, in Braunerden und gleitartigen Böden dagegen nur schwach.

Die Verwitterbarkeit der einzelnen Minerale ist ebenfalls unterschiedlich. Pyroxen und Hornblende sind besonders instabil, Epidot und Granat mäßig stabil, die übrigen häufigeren Schwerminerale dagegen stabil. Die Stabilitätsreihe ist die gleiche wie anderwärts ermittelt.

In den Sylter Kaolinsanden ist der Schwermineralabbau besonders weit vorgeschritten. Hiern wird eine gewisse Schwierigkeit für die Annahme eines ganz-eiszeitlichen Alters der Kaolinsande gesehen.

## Schritten:

- EDELMANN, C. H.: Sedimentpetrologische Onderzoekingen, III. Über allochthone Bestandteile einiger sogenannter Verwitterungsprofile Mittel-Deutschlands, Wageningen 1936.
- EDELMANN, C. H. und DOEGELAS, D. J.: Reliktstrukturen detritischer Pyroxene und Amphibole, Min.-Petr. Mitt. 42, 1932.
- KOCH, E.: Beiträge zur Geologie des Untergrundes von Hamburg und Umgebung, Mitt. Min.-Geol. Staatsinst. Hamburg, 9, 1927.
- KUHN, R.: Über den Mineralgehalt der Salzone, Schrift. a. d. Min.-Petr. Inst. Kiel, 1936.
- SINDOWSKI, F. K. H.: Results and Problems of Heavy Mineral Analysis in Germany, Journ. Sed. Petrol. 19, 1949.
- STEINRIEDE, F.: Die Mineralbestandteile des Bodens und die Methoden ihrer Erkennung, Handbuch der Bodenkunde, VII, Berlin 1931.
- WETZEL, W.: Die Sedimentpetrographie des Sylter Terrärs, Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein, 19, 1931.
- WEYL, R.: Jungtertiäre Schichten im Zetstein von Lühn, Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, 24, 1949.
- WEYL, R.: Schwermineralverwitterung und ihr Einfluß auf die Mineralführung klassischer Sedimente, Erdöl und Kohle, 3, 1950.
- WIRTZ, D. und ILLIES, H.: Pilo-Pilsockkugeln und Günzzeit in Nordwestdeutschland, Eiszeit und Gegenwart, 1, (im Druck).
- ZOEBELIN, H. K.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im niederbayrischen Terril (Blett Parakritzen), N. Jb. etc. Berl. Bd. 84, B. 1940.

## Nachtrag:

- Nach Drucklegung erhielt ich die Arbeit:  
H. W. VAN DER MARREL, Mineralogical composition of a heath podzol profile, Soil Science 67, 1949.  
Der Verfasser hat an einem Podsolprofil der Niederlande übereinstimmende Ergebnisse erzielt und diese ausführlich dargestellt.