

7. Beiträge zur Kenntnis der Verwitterung in Podsolböden aus dem mittleren Norrland.

Von

Olof Tamm.

Verf. hat schon im Jahre 1913 eine kurze, vorläufige Mitteilung über die Bodenverwitterung in der Gegend von Ragunda (II) geliefert. Die dort skizzierten Untersuchungen sind dann fortgesetzt worden, und haben sich allmählich erweitert. Um die Geschwindigkeit der Podsolierung zu bestimmen, was in der erwähnten Mitteilung, das Hauptziel war, zeigte es sich notwendig auch die Beziehungen zwischen Podsolierung und Geologie, Topographie, Vegetation klarzulegen. Auch schien es wünschenswert, durch Analysen besser als es vorher geschehen war, festzustellen, was für Verwitterungsprozesse eigentlich bei der Podsolierung tätig sind.

Es ist also eine umfassende Aufgabe, die nur durch mehrjährige Arbeit gelöst werden kann. Da aber die chemisch-analytischen und mineralogischen Untersuchungen, die bisher vorgenommen worden sind, schon gewisse Schlüsse über die Natur der Verwitterungserscheinungen im Podsolboden gestatten, wird hier das Resultat dieser Forschungen vor den übrigen Teilen der Untersuchung veröffentlicht.

Wenn man von den Niederungen mit mehr oder weniger versumpften Böden absieht, kann man die meisten norrländischen Böden dem normalen Podsoltypus zurechnen. Dieser ist als ein im Grossen und Ganzen sehr gleichmässiger Eisenpodsol, mit einer 4—10 cm (selten mehr oder weniger) mächtigen, weissen Bleichsandschicht, entwickelt. Unter der Bleichsandschicht kommt die rotgelbe Orterde, die allmählich bei 25 bis 50 cm Tiefe in den unveränderten Untergrund übergeht. Wo der Boden aus schwerem Ton oder toniger Moräne entstanden ist, oder in steilen Abhängen und bei Quellen, findet man Ausnahmen von dem beschriebenen Typus; auch wo die Vegetation nicht der typische Nadelwald mit *Myrtillus niger*, *Vaccinium vitis idæa*, *Hylocomium parietinum* und *proliferum* als Hauptkonstituenten der Bodenflora ist, kommt es vor, dass der Boden einen anderen Charakter als den gewöhnlichen hat.

Da aber die weitaus meisten Böden in Nadelwäldern mit der beschriebenen Vegetation entstanden sind, sind die Ausnahmen von dem beschriebenen Typus relativ wenig verbreitet. In diesen Wäldern finden sich auch die mächtigsten Rohhumusschichten, die gewöhnlich eine Mächtigkeit von 5—10 cm haben. Die Grenzen zwischen Rohhumus und Bleichsand (Bleicherde dürfte ein richtigerer Name sein, denn oft ist die Schicht gar nicht sandig) und zwischen Bleichsand und Orterde sind sehr scharf. Über Bleichsand, Ortstein etc. vgl. P. E. MÜLLER (9), H. HESSELMAN (5) p. 47, B. FROSTERUS (4).

Im mittleren Norrland kann man wegen der Landhebung, annähernde Masse für das Alter der Böden berechnen, wenn man nur deren Höhe über dem Meeresniveau kennt. Auch kennt man durch Arbeiten von DE GEER (3), LIDÉN (8), CARLZON (1), SANDEGREN (10), ungefähr die Dauer der Postglacialzeit, und kann also auch bei Böden über der marinen Grenze das Alter schätzen. Es ist einleuchtend, dass diese Alterbestimmungen grossen Wert für die Beurteilung der Bodenprozesse besitzen. Im folgenden wird bei jedem untersuchten Profil das wahrscheinliche Alter beigefügt.

Im allgemeinen sind von den untersuchten Profilen Proben aus der Bleicherde, Orterde, die immer locker und durchlässig war, und dem Untergrund bei möglichst geringer Tiefe, gesammelt. Die Proben von Bleicherde wurden genau so gesammelt, dass sie die durchschnittliche Zusammensetzung der Bleicherdeschicht im Profil wiedergaben.¹ In ein paar Fällen, Profil 1 und 7, wurden Generalproben aus etwa zehn Profilen entnommen. — Es hat sich indessen gezeigt, dass, wie eine Probe auch genommen wurde, ihre Zusammensetzung sehr regelmässig ist.

Die Analysen sind vom Verf. teils im Laboratorium des geologischen Instituts der Hochschule Stockholms, teils im Laboratorium des geologischen Instituts der Universität Uppsala ausgeführt.

Für die liebenswürdigste Förderung meiner Arbeit, möchte ich hier Herrn Professor Dr. G. DE GEER, Herrn Professor Dr. A. G. HÖGBOM, Herrn Professor Dr. P. D. QUENSEL und Herrn Professor Dr. R. SERNANDER meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Profil 1. (Håsjö, Jämtland).

Typisches Rohhumusprofil auf Moräne. Ein flaches Plateau ungefähr 320 m über dem Meeresniveau, also über der marinen Grenze. Alter: 7000—8000 Jahre. Die Moräne ist sandig, mit viel Geschiebe. Unter der Moräne: grober Porphygranit (»Refsundgranit»). Mittlere Dicke der Bleicherde: 7,6 cm, die Orterde 10 cm (ungefähr). Die Analysen Nr. 1—3 der Tabellenbeilage zeigen die Bleicherde, die Orterde und den Untergrund. Die Analysenproben sind durch ein 2 mm Drahtnetz gesiebt worden.

¹ In der Orterde, die immer eine unregelmässige Entwicklung aufzeigt, ist es schwieriger, eine wirklich representative Probe zu nehmen.

Um die verschiedenen Analysen vergleichen zu können, sind sie auch als humus- und wasserfrei berechnet wiedergegeben.

Ein Vergleich der Analysen zeigt, dass sich die Orterde in chemischer Hinsicht kaum vom Untergrund unterscheidet. Nur ein geringes Zunehmen von Eisen, Aluminium und Phosphorsäure kann bemerkt werden. Unter dem Mikroskop zeigen sich die Mineralkörner in der Orterde von einer in Salzsäure leichtlöslichen Haut aus Limonit bedeckt, der die Schicht ihre rotgelbe Farbe verdankt.

Die Minerale in der Orterde scheinen ganz unverwittert zu sein; die Verwitterung dürfte hier am leichtesten die Limonitkrusten angegriffen haben, da das Eisen immer zuerst in Lösung zu gehen pflegt.

Die Anreicherung von Aluminium in der Orterde deutet einen Kolloidtransport an. Wenn ein solcher vorliegt, dürfte die Orterde auch kolloidale Kieselsäure enthalten (vielleicht Alumokieselsäure). Auch Humussäuren werden, wie bekannt, in der Orterde angereichert. Der Glühverlust ist auch in dieser Schicht oft grösser als in der Bleicherde, trotzdem dass diese gewöhnlich etwas Rohhumus enthält.

Die Bleicherde hat einen ganz verschiedenen Charakter. Die Kieselsäure ist bis 81,54 % angereichert. Diese Vermehrung muss jedoch nur scheinbar sein, denn die Kieselsäure wird bei der Verwitterung, die in der Bleicherde vorgeht, vermutlich auch etwas ausgelaugt. Da aber die Verwitterung in saurer Lösung (Humussäuren, Kohlensäure) geschieht, nimmt die Kieselsäure vielleicht weniger ab, als die Basen. Man darf annehmen, dass der Quarz dieser Verwitterung ganz widersteht, dass aber die meisten anderen Minerale mehr oder weniger angegriffen werden.

Aus der Vergleichung der Zusammensetzung der Bleicherde mit der des Untergrunds geht hervor, dass hauptsächlich die Magnesia- und Eisenminerale bei der Verwitterung in der Bleicherde abnehmen. Merkwürdig ist dagegen die Widerstandsfähigkeit der Feldspat. Nach den Analysen ist der Gehalt an K_2O , Na_2O und CaO in der Bleicherde ungefähr derselbe wie im Untergrund. Aus dem Verhältnis von Na_2O zu CaO , wovon auch ein Teil als Apatit, Titanit, Epidot etc. gebunden sein muss, geht hervor, dass der vorhandene Plagioklas sehr sauer, hauptsächlich Albit bis Oligoklas, sein dürfte. Die Schlüsse, die hier betreffs der Verwitterung der Feldspate gezogen werden können, gelten also gar nicht für die basischen Glieder der Albit-Anortitreihe.

Um die Feldspate der Bleicherde zu studieren, ist diese mit einer guten Lupe und Mikroskop untersucht worden. Die Feldspate zeigten sich mit einer weissen Verwitterungskruste bedeckt, die jedoch im Vergleich mit dem unveränderten Feldspat kaum eine quantitativ bedeutende Menge ausmachte. Über die Verwitterung der Feldspate, vgl. weiter unten.

Auf folgende Weise sind Versuche gemacht worden, um rein mineralogisch die Verwitterungserscheinungen in der Bleicherde zu charakterisieren. Zwei Proben von 10 gr, die eine von der Bleicherde, die andere vom Untergrund, wurden vermittle der THOULET'schen Lösung mehreren

Scheidungen unterworfen, bis die erhaltenen Fraktionen bei fortgesetzten Scheidungen ihre Gewichte nicht merklich änderten. Die gebrauchten Lösungen hatten die spez. Gew. 2,50, resp. 2,75, und 3,05. Hierdurch wurde eine Fraktion erhalten, die spez. leichter als Feldspat war; es zeigte sich indessen immer, dass sie aus etwas Humus mit mitgerissenen Teilen von Quarz und Feldspat bestand. Die Fraktion war quantitativ unbedeutend und wurde darum sowohl in diesem Profil, wie in den übrigen ausser Acht gelassen. Die Fraktion, spez. Gew. 2,50—2,75, dürfte den Quarz und den Feldspat enthalten, die Fraktion 2,75—3,05 den Glimmer mit Chlorit, endlich die Fraktion spez. Gew. 3,05 alle schwereren Minerale. Selbstverständlich waren die verschiedenen Fraktionen nicht von Verunreinigungen mit höherem oder niedrigerem spez. Gewicht frei, dürften aber doch eine gewisse Vorstellung vom Mineralbestand in der Probe geben. Es kamen nämlich selten Körner aus dichten Gesteinen vor. Solche Körner pflegten zuweilen in der Glimmerfraktion aufzutreten.

In den schwereren Fraktionen wurden unter dem Mikroskop einige Minerale, die rasch bestimmt werden konnten, gezählt. Diese waren Hornblende (gemeine Hornblende), die durch grüne Farbe und starken Pleochroismus, Biotit, der durch Form und Farbe, Muscovit, der durch Form und Interferenzbild, und Magnetit, der durch Undurchsichtigkeit und schwarze Farbe auch in reflektiertem Licht leicht erkennbar ist. Bei diesen Untersuchungen wurden 1000—2000 Mineralkörner, auf 10—12 Gesichtsfelder verteilt, gezählt. Die Gesichtsfelder wurden auf verschiedenen Teile des Preparats, das aus einer in einem Öl von dem mittleren Brechungsvermögen des Quarzes eingebetteten Probe bestand, gewählt. Auch gelang es, viele andere Minerale zu bestimmen, Granat z. B. durch starke Lichtbrechung und Isotropie, Apatit, durch starke Lichtbrechung und schwache Doppelbrechung, Quarz durch Lichtbrechung, Feldspate durch Lichtbrechung, Spaltrisse, Zwillingsstruktur etc. Schwieriger war es, Epidot und Pyroxene zu bestimmen und Titanit, Zirkon und Rutil zu unterscheiden. Durch Einbetten in Flüssigkeiten von verschiedener Lichtbrechung, kommt man bei den nicht zu stark lichtbrechenden Mineralen, ziemlich leicht zu Resultaten.

Leider kann man Quarz nicht immer leicht von Feldspaten unterscheiden. Zu diesem Zweck sind Färbungsversuche ausgeführt worden, aber bisher ohne zuverlässige Resultate.

Das Resultat der Scheidungen und Zählungen ist:

Tab. 1.

Spez. Gew.	Bleicherde %	Untergrund %
< 2,75	97,60	95,60
2,75—3,05	0,88	1,93
> 3,05	1,52	2,47

	Bleicherde %	Untergrund %
Hornblende	0,2	0,8
Biotit	0,03	0,3
Muscovit	0,1	0,2
Magnetit	0,2	0,2
Apatit	Spur	0,24
Pyroxene)		
Granat)		
Epidot)		
Titanit)	1,2	1,5
Zirkon)		
Rutil etc.)		

Der Apatit ist aus der P_2O_5 -Bestimmung berechnet. Der Biotit enthält etwas Chlorit.¹

Ein Abnehmen von Biotit, Hornblende und Apatit, vielleicht auch Pyroxen in der Bleicherde im Vergleich mit dem Untergrund, geht aus Tab. 1 unzweideutig hervor.

Mit der chemischen Analyse, zeigt auch Tab. 1 Übereinstimmung; eben die Mg- und Fe-reichen Minerale, Biotit und Hornblende sind ausgelaugt.

Es scheint bei dieser Untersuchung, als ob die Verwitterung kaum die Minerale umwandelt, sondern auflöst. Unter dem Mikroskop zeigen sich auch in der Bleicherde die dunklen Minerale überraschend klar und ohne irgend eine Verwitterungskruste. Zuweilen kann man an den Hornblendekörnern eine äussere, gebleichte, also eisenärmere, Zone bemerken, aber in der Regel sind sie ganz wie im Untergrund. Dass MgO fast ebenso wie Fe_2O_3 (FeO) ausgelaugt wird, deutet auch auf eine vollständige Auflösung der Mg-Fe-reichen Minerale hin.

Proben aus dem Untergrund zeigen sich unter dem Mikroskop durch winzige Mengen Limonit pigmentiert; es ist offenbar dies, was die braune Farbe eines normalen, durchlüfteten Sandes verursacht. Durch Extraktion mit Salzsäure, verschwindet diese Farbe völlig, und die Probe nimmt ungefähr die grauweiße Farbe der Bleicherde an. Dagegen kann man keine Veränderung der Farbe durch das Entfernen der dunklen Minerale bemerken. Wenn gegläht, sind sowohl Untergrund wie Orterde stark durch Fe_2O_3 gefärbt; die Bleicherde dagegen sehr schwach.

Es ist offenbar, dass eine Bleicherde durch Auswitterung von etwas Limonit, dem Untergrund mehr ähnlich werden könnte. Dagegen kann nicht der ursprüngliche Mineralbestand wieder hergestellt werden, und

¹ Die Glimmer können wegen ihrer Form nicht mit den anderen Mineralkörnern verglichen werden. Durch der Zählung der Glimmerkörner dürfte man doch relative Zahlen für den Glimmergehalt erhalten, die mit den entsprechenden Zahlen für andere Proben vergleichbar sind. Bei Magnetit ist der Gehalt unter Rücksichtnehmung der hohen spez. Gew. berechnet worden.

durch eine Analyse muss man eine alte Bleicherde konstatieren können. Dies dürfte bei einer Diskussion der Geschichte der Podsolierung von Bedeutung sein.

Profil 2. (Döviken, Ragunda, Jämtland).

Typisches Rohhumusprofil auf Sand. Terrasse, 159 m über dem Meeresniveau. Alter: ungefähr 6000 Jahre. Mittlere Dicke der Bleichsandschicht 5—6 cm, der Orterde 10 cm.

Die Analysen Nr. 4—6 der Tabellenbeilage sind Bleichsand, Orterde bezw. Untergrund in Profil 2. Die Übereinstimmung der Veränderungen, die in verschiedenen Schichten in diesem Profil geschehen sind, mit denen in Profil 1 ist so gross, dass die ganze Diskussion der Analysenwerte, die in Profil 1 mitgeteilt wurde, ohne weiteres für Profil 2 gelten kann. Man kann jedoch beim Sande nicht im selben Mass wie bei der Moräne, Profil 1, sicher sein, dass die Bleicherde ursprünglich die Zusammensetzung des Untergrunds gehabt hat. Dass die Übereinstimmung doch so gross ist, deutet eine grosse Regelmässigkeit in diesen Verwitterungserscheinungen an.

Ein Scheiden der Mineralen und ein mikroskopisches Zählen derselben auf die S. 186 beschriebene Weise ergab:

Tab. 2.

Spez. Gew.	Bleichsand	Untergrund
	%	%
< 2,75	97,48	87,55
2,75—3,05	1,20	8,45
> 3,05	1,32	3,70
Hornblende	0,4	1,5
Biotit	0,1	3,0
Muscovit	0,1	Spur
Magnetit	0,2	0,4
Apatit	0,1	0,5
Pyroxene)		
Granat)		
Epidot)	0,8	1,1
Titanit)		
Zirkon)		
Rutil)		

Auch diese Untersuchungen geben dasselbe Resultat, wie in Profil 1. Der grosse Unterschied zwischen Biotit im Bleichsand und im Untergrund beruht jedoch wahrscheinlich auf primären Ursachen. Beim Sand, können die Schichten sich chemisch und mineralogisch stark unterscheiden, wegen

der Korngrösse und anderer Faktoren, die von der Stromstärke des Wassers, das den Sand abgelagert hat, abhängen.

Profil 3—6. (Pålgård, Ragunda, Jämtland).

Profile in Lehm.¹ Diese Profile sind auf derselben Lehmlagerung auf eine Linie von cirka 100 m Länge genommen.²

Profil 3 und 4 sind typische Rohhumusprofile mit Bleichsand von einer mittleren Dicke von 5 cm und ziemlich schwach gefärbten Orterde von 5—7 cm Dicke. Sie liegen cirka 141 m über dem Meeresniveau. Alter ungefähr 5000—6000 Jahre.

Profil 5 und 6 waren bis zum Jahre 1796 von dem Hochwasserstand des Ragundasees bedeckt, und sind darum völlig unverwittert.³

Die Analysen sind als Nr. 7—18 der Tabellenbeilage wiedergegeben.

Die Übereinstimmung der Analysen aller von der Verwitterung unveränderten Proben, auch wenn sie nahezu in der Oberfläche der Ablagerung genommen sind, ist auffallend gut. Man kann darum diese acht Analysenproben als an verschiedenen Punkten derselben Lehms, der den Untergrund in Profil 3 und 4 bildet, genommene Proben ansehen. Ein Mittel von diesen acht Analysen dürfte also einen zuverlässigen Wert der Zusammensetzung des Lehms geben, und man kann sogar den durchschnittlichen Fehler im Mittel und in jeder Bestimmung beurteilen. Tab. 3 enthält das Mittel und die durchschnittlichen Fehler:

Tab. 3.

	Mittel aus 8 Analysen	Durchschnittlicher Fehler jeder Bestimmung
SiO	75,59 ± 0,07	± 0,19
Al ₂ O ₃	11,88	
Fe ₂ O ₃	3,59 ± 0,15	± 0,42
TiO ₂	0,58 ± 0,01	± 0,03
CaO	2,14 ± 0,02	± 0,05
MgO	1,30 ± 0,02	± 0,05
Na ₂ O	2,06 ± 0,07	± 0,21
Fe ₂ O	2,73 ± 0,06	± 0,18
P ₂ O ₅	0,12	

S:a 99,99

¹ Mit Lehm wird hier die »Mjåla« der schwedischen Geologen bezeichnet. Diese ist eine sehr feinkörnige, lössähnliche Ablagerung, die zwischen feinem Sand und Thon steht.

² Der Boden war ganz flach, aber durch das Ufer des alten Sees (vgl. weiter unten) in zwei Terrassen auf verschiedenen Niveaus geteilt.

³ Vgl. O. TAMM (11). Diese Profile (5 u. 6) wurden eben darum so genau untersucht, um sicher zu konstatieren, dass der Lehm unter der Hochwasserlinie des alten Sees völlig unverwittert war. Der See wurde im Jahre 1796 abgelassen. Vgl. z. B. HÖGBOM (7), AHLMANN (2) u. a.

Die Phosphorsäure ist nur in zwei Analysen bestimmt, die Fehler sind darum für diesen Stoff nicht berechnet. Für Al_2O_3 sind wahrscheinlich die Analysenfehler ziemlich gross, darum sind auch in diesem Fall die Fehler nicht bestimmt worden.

In den Fehlern kommen teils die Analysenfehler zum Ausdruck, teils die Variationen der Zusammensetzung des Lehms. Dass das Eisen die grösste Variation zeigt, ist ganz natürlich, da dieser Stoff immer sehr leicht transportabel ist. Die grossen Fehler der Alkalibestimmungen gegen die der MgO und CaO werden teilweise von den etwas grösseren Analysenfehlern erklärt; vielleicht variiert auch der Gehalt an verschiedenen Feldspaten etwas.

Selbstverständlich können die Schlüsse auf die Grösse der Fehler jeder Bestimmung im Untergrund nicht für die verwitterten Schichten oder andere Ablagerungen gelten, aber es ist sehr auffallend, wie gut z. B. die Analysen von verschiedenen Untergründen, verschiedenen Bleicherden u. s. w., die in dieser Arbeit angegeben sind, mit einander übereinstimmen.

Die Orterde in Profil 3 und 4 scheint etwas mehr mit Eisen angereichert zu sein als in den vorher beschriebenen Profilen, trotzdem, dass die Farbe in Profil 3 u. 4 etwas schwächer ist. Möglicherweise hängt dies mit der etwas geringeren Mächtigkeit der Orterde im Lehm zusammen. Dieselben Mengen (vgl. weiter unten) werden dann in einer dünneren Zone abgesetzt, die darum verhältnismässig reich wird. Der Lehm würde dann wie ein im Vergleich mit dem Sande besseres Filtrum der Kolloide wirken.

Die Analysen der Bleicherde (Profil 3 u. 4) zeigten, dass die Verwitterung, die da geschehen ist, qualitativ und quantitativ fast identisch mit der Verwitterung in den vorher beschriebenen Profilen ist. Die Kieselsäure ist scheinbar um 5 % vermehrt, das Eisen und Magnesium ist bis auf weniger als die Hälfte ausgelaugt u. s. w.

Den Lehm mineralogisch auf die vorher beschriebene Weise zu untersuchen geht nicht wegen der geringen Korngrösse. Direkte mikroskopische Rechnungen haben auch nicht mit Erfolg vorgenommen werden können. Die mikroskopischen Untersuchungen, die gemacht worden sind, haben indessen gezeigt, dass der Lehm im Grossen und Ganzen aus denselben Mineralen wie die Moräne, Profil 1, und der Sand, Profil 2, besteht. Der Biotit und die Hornblende haben in der Bleicherde sehr merklich abgenommen. Man darf daraus schliessen, dass sich in der Bleicherde hier wie in Profil 1 u. 2 dieselben Prozesse abgespielt haben.

Dies ist ein ziemlich merkwürdiges Resultat, da der Lehm sicher für Wasser weniger durchlässig ist als der Sand; man darf vielleicht annehmen, dass die oberste Schicht des Lehms wegen Spalten und Wurzelrissen ungefähr gleich durchlässig wie Sand ist. Die Gleichförmigkeit des Grades der Verwitterung in Sand und Lehm ist ein interessantes Komplement zu der grossen Gleichförmigkeit der Ausbildung der Bleicherde auf Sand und Lehm in diesen Gegenden.

Profil 7. (Lögdö, nahe der Mündung der Indalsälf, Medelpad).

Typisches Rohhumusprofil auf Sand. Terasse, 6–7 m über dem Meeresniveau. Alter 700–800 Jahre (ungefähr). Mittlere Dicke der Bleicherde 2,9 cm, der Orterde 7,3 cm.

Die Analysen Nr. 19–23 der Tabellenbeilage stammen aus diesem Profil. Der Untergrund war teils feinsandig, teils grobsandig. Proben von diesen beiden Typen sind analysiert worden. Bei der Vergleichung mit dem Bleichsand und der Orterde ist am besten das Mittel aus diesen beiden Analysen, Nr. 23, zu verwenden.

Die Verwitterungserscheinungen in diesem Profil scheinen ganz dieselben wie in den vorigen Profilen zu sein. Eine Scheidung mit der THOULET'schen Lösung und Zählen unter dem Mikroskop, ergab als Resultat:

Tab. 4.

Spez. Gew.	Bleicherde %	Untergrund		Mittel aus a) und b)
		a) Feiner Sand %	b) Grober Sand %	
< 2,75	94,68	86,70	90,54	
2,75—3,05	2,76	8,78	7,64	
> 3,05	2,56	4,62	1,82	
Hornblende	0,9	1,4	0,4	0,9
Biotit	0,3	2,0	1,0	1,5
Muscovit	1,2	2,0	0,7	1,4
Magnetit	0,4	0,3	0,1	0,2
Apatit	0,16	0,7	0,4	0,55
Pyroxene) 1,5	2,6	1,4	2,0
Granat				
Epidot?				
Titanit				
Zirkon				
Rutil?				

Die Untersuchung zeigt ungefähr dasselbe, wie in Profil 1–2. Der primäre Mineralbestand im groben Sand ist von dem im feinen etwas verschieden.

Profil 8. (Terasse am Prästberget, Ragunda, Jämtland).

Rohhumusprofil auf Schwemmsand während der Entleerung des Ragundasees abgelagert. Erosionsterrasse, von Schwemmsand bedeckt, etwa 116 m über dem Meeresniveau. Alter 116 Jahre. (1912).

Das Profil wurde ursprünglich untersucht, um die anfangende Podsolierung zu studieren (O. TAMM l. c.) Man konnte eine beginnende Bleichsandbildung bemerken. Auch eine schwache Färbung der sich entwickelnden Orterde wurde wahrgenommen. Indessen ist es unsicher, ob die Analysenproben einen richtigen Ausdruck für die Verwitterung angeben, denn es war nicht leicht, die Proben zu nehmen. Die Analysen sind hier mitgenommen, nur um die Kenntnis der Zusammensetzung der Sandböden Norrlands zu vervollständigen.

Nr. 24—26 der Tabellenbeilage geben die Analysen wieder.

Der Untergrund stimmt sehr genau mit dem Untergrund in Profil 2 überein. Scheidung und Zählen einer Probe des Untergrunds ergab:

Tab. 5.

Spez. Gew.	%	%
< 2,75	89,81	(89,85)
2,75—3,05	6,42	(8,45)
> 3,05	3,20	(3,70)
Hornblende	1,2	(1,5)
Biotit	3,2	(3,0)
Muscovit	Spur	(Spur)
Magnetit	0,2	(0,4)
Apatit	0,5	(0,5)
Pyroxene	} 1,3	(1,1)
Granat		
Epidot		
Titanit		
Zirkon		
Rutil		

Die Werte für den Untergrund, Profil 2, sind in Klammern angegeben.

Da kein wirklicher, ausgeprägter Bleichsand in diesem Profil vorliegt, wurde keine weitere Arbeit vorgenommen um die Minerale in der verwitterten Schicht zu bestimmen.

Die Verwitterung der Feldspate durch Humussäuren.

Die Feldspate in der Bleicherde zeigen sich, wie unter Profil 1 erwähnt, oft durch eine dünne, weisse Verwitterungskruste überzogen. Die Analysen deuten jedoch keine Kaolinisierung an. Zur weiteren Klärung dieser Frage wird hier folgende Diskussion der Alkali- und Aluminiumbestimmungen gegeben.

Man darf wohl im unverwitterten Untergrund den Gehalt an K_2O als ein Mass des Ortoklases, Na_2O des Albites und CaO des Anortites ansehen. (Bei CaO wird der CaO -Gehalt des Apatites abgezogen). Freilich hält der Biotit und Muscovit etwas K_2O , die Hornblende etwas Na_2O und die Hornblende, der Epidot u. s. w. etwas CaO , aber diese Minerale treten quantitativ gegen die Feldspate sehr zurück. Wenn man die Menge Al_2O_3 berechnet, die erforderlich ist, um mit K_2O , Na_2O und CaO die drei Feldspate zu bilden, und diese Menge von der in der Analyse erhaltenen abzieht, entsteht immer ein Überschuss. Dieser ist ein Ausdruck teils für Verunreinigungen in Al_2O_3 , wie Mangan und Zirkon, teils für den Gehalt an Al_2O_3 in den dunklen Mineralen, teils für den Gehalt an Aluminiummineralen, wie Kaolin. Der Überschuss ist immer zu niedrig berechnet, weil die Feldspate etwas zu hoch berechnet sind.

Die absolute Grösse des Al_2O_3 -Überschusses ist der geringen Genauigkeit wegen von wenig Wert, aber eine Vergleichung zwischen ihr und einem auf dieselbe Weise für die Bleicherde berechneten Überschuss dürfte von Interesse sein. Wenn in der Bleicherde eine Kaolinisierung vorliegt, muss dies mit sich bringen, dass die Alkalien abnehmen und dass das Aluminium scheinbar vermehrt wird. Dies dürfte in doppeltem Mass eine Vermehrung des Al_2O_3 -Gehalts der Bleicherde verursachen. In Tab. 6 sind die Werte des Al_2O_3 -Überschusses für Bleicherde und Untergrund der Profile 1, 2, 3, 4 und 7 angegeben. Für Profil 3—4 ist das Mittel der beiden Bleicherdeanalysen und der acht Untergrundanalysen angegeben. Dieser Wert ist also von einer weit höheren Genauigkeit als die übrigen.

Tab. 6.

	Al_2O_3 -Überschuss in %	
	Bleicherde	Untergrund
Profil 1 (Moräne) . . .	0,23	1,57
Profil 2 (Sand)	0,50	0,65
Profil 3, 4 (Lehm) . . .	1,25	1,96
Profil 7 (Sand)	0,60	0,85

Die Tabelle zeigt, dass der Al_2O_3 Überschuss in *allen* untersuchten Bleicherden *kleiner* als in den entsprechenden Untergründen ist. Eine Kaolinisierung scheint also nicht vorzuliegen, sondern es scheint sogar, als ob das Aluminium etwas mehr als die Alkalien ausgelaugt werde. Dies beruht wahrscheinlich darauf, dass Aluminium mehr als die Alkalien ein Konstituent der dunklen Minerale ist.

Um die Verwitterung der Feldspate durch Humussäuren (Rohhumus) zu studieren kann man den Angriff der Humuslösungen auf festes Gestein untersuchen. (Vgl. hierüber FROSTERUS, 4, p. 111). Einige solche Untersuchungen sind vom Verf. gemacht worden. Die erste ist an einer Probe von Vängegranit von Fiby, Uppland, ausgeführt worden.

Die Probe, die ich von Prof. R. SERNANDER bekommen habe, war für diese Untersuchung sehr passend, da der Vängegranit zu unseren sauersten Graniten gehört (Analysen des Vängegranits finden sich bei HOLMQUIST, 6, p. 186) und also nur sauren Plagioklas, und sehr wenig dunkle Minerale enthält. Die Probe war dazu ungewöhnlich intensiv verwittert; die Humusverwitterung nebst Frostverwitterung hatte auf dem Felsen etwas Grus, mit Rohhumus sehr innig gemengt, hervorgerufen. Die Feldspate waren von weissen, 3—5 mm dicken Krusten bedeckt.

Um diese weissen Verwitterungskrusten vom unverwitterten Feldspat zu trennen, wurden sie mit einem Platinspatel losgetrennt, was sehr leicht geschah, und darauf geschlämmt. Dabei sanken viele unverwitterte Feldspatsplitter zu Boden. Die Suspension wurde zuerst dekantiert und dann filtriert. Wenn nicht Ammoniumchlorid oder irgend ein anderer Elektrolyt zugesetzt wurde, ging die Suspension durch den Filter hindurch. Das durch Ammoniumchlorid koagulierte Pulver wurde angesammelt, gewaschen und getrocknet. Da nur 0,35 gr erhalten werden konnte, und diese kleine Menge sowohl zur Wasserbestimmung als Bauschanalyse verwendet werden sollte, wurde die JANNASCH'sche Borsäuremethode gebraucht. Diese Methode ist etwas weniger exakt als die Sodamethode, dazu werden ja die Analysenfehler bei der Verwendung von so wenig Substanz prozentuell hoch. Um die Analysenfehler in den Alkalibestimmungen möglichst zu reduzieren, wurden nur Platingeräte gebraucht. Die Analyse wird in Tab. 7 angegeben.

Tab. 7.

	%
Glühverlust (Wasser)	1,9
SiO ₂	65,0
Al ₂ O ₃	20,0
CaO	1,5
MgO	0,4
Na ₂ O	6,2
K ₂ O	<u>6,9</u>
	Sum 101,9

Die Summe ist etwas zu hoch ausgefallen; wegen des Mangels an Substanz, konnte keine Kontrollbestimmung ausgeführt werden.

Magnesium findet sich wahrscheinlich nur als Verunreinigung (Einschlüsse im ursprünglichen Material oder dergl.). Auch vielleicht das Wasser; weder das Magnesium noch das Wasser ist von einem für Feldspat ungewöhnlichen Gehalt. Der Glühverlust enthält dazu hygroskopisches Wasser und vielleicht auch Spuren von Humus, die nicht so leicht zu entfernen waren.

Wenn CaO als Anortit berechnet wird, Na₂O als Albit und K₂O als Ortoklas, während der Glühverlust und MgO abgezogen werden, erhält man folgende Mineralzusammensetzung:

	%
Ortoklas	40,9
Albit	52,6
Anortit	7,5
	S:a 101,0

Wenn diese Berechnung richtig ist, müssen die aus der Mineralzusammensetzung berechneten Mengen von SiO_2 und Al_2O_3 mit den gefundenen übereinstimmen. Dies ist in der Tat der Fall. Aus dem Mineralgehalt wird berechnet:

Al_2O_3	20,4 % (gefunden 20,0 %)
SiO_2	65,8 » (» 65,0 »)

Die Übereinstimmung ist auffallend gut, besonders wenn man bedenkt, dass ein kleiner Analysenfehler in der Alkalibestimmung einen grossen Fehler in der Mineralberechnung verursacht. Man kann hieraus schliessen, dass die Berechnung richtig ist, und es scheint also, als ob das weisse Pulver aus *chemisch* unverändertem Feldspat bestände.

Um die Veränderung des Feldspates in dem untersuchten Vängegranit noch näher zu beleuchten, sind Dünnschliffe, teils von einem verwitterten, teils von einem unverwitterten Stücke untersucht worden. Diese Schliffe sind dann mit einem Schliff von Vängegranit in den Sammlungen des geol. Instituts der Universität Uppsala verglichen worden.

Das Resultat der mikroskopischen Untersuchung war:

Der Vängegranit besteht aus 1) Quarz, der ziemlich undulös ist. 2) Feldspat, der aus Mikroklin, Pertit und etwas Plagioklas besteht. Der Plagioklas ist sauer, ungefähr Oligoklasalbit (nach Bestimmung des Br.-Vermögens). Er war ziemlich verändert. Zwischen den Feldspaten gibt es oft Zonen mit zertrümmertem Quarz, Mörtelstruktur. 3) Ein stark chloritisierter Biotit.

Im verwitterten Stück war der Biotit zum grossen Teil verschwunden. Die zurückgebliebenen, skelettartigen Reste waren mit Limonit bedeckt. Es scheint also, als ob das Eisen als Limonit ausgewittert und darauf aufgelöst würde. Die Feldspate, besonders der Mikroklin, waren fast völlig unverändert. Es war also sehr schwierig eine durchgreifendere Umwandlung sogar der Plagioklase im verwitterten Granit im Vergleich zum unverwitterten sicher zu konstatieren. Der Quarz war selbstverständlich völlig unverändert. Eine Bildung von Kaolin oder Zeoliten konnte nicht nachgewiesen werden.

Da die untersuchten Schliffe unbedingt die Richtigkeit der Analyse bestätigen, darf der Schluss gezogen werden, dass bei der Humusverwitterung von sauren Feldspaten eine etwaige Umwandlung in Kaolin, Muscovit oder Zeolite, nicht stattfindet, wenigstens nicht im unsrem Klima. Der chemische Angriff auf die Feldspate der stattfindet, dürfte also nur in einer Auflösung nicht einer Umwandlung resultieren.

Die untersuchte Verwitterungskruste war auf einem trockenen Felsen entstanden. Es sind auch einige verwitterte Blöckchen, die in Torfmooren gelegen sind, studiert worden.

Das erste, das ich von Prof. H. HESSELMAN bekommen habe, stammt aus einem Moor in Hamra, Dalarna. Das Gestein ist ein mittelkörniger Granit mit undulösem Quarz, etwas Mikroklin, sehr viel Pertit, etwas Plagioklas, und Biotit, der stark chloritisiert ist. Der Plagioklas war ziemlich umgewandelt; nach dem Brechungsvermögen dürfte er ein Oligoklasalbit sein. Die Zwillingslamellen sind zuweilen gebogen, auch kommt Mörtelstruktur vor. Der Granit ist also durch Druck ziemlich metamorphosiert. Ein Vergleich der Verwitterungskruste mit dem unverwitterten Gestein unter dem Mikroskop gestattet nicht sicher, eine Differenz in der Umwandlung der Feldspate zu konstatieren. Die Verwitterungskruste ist freilich 1 cm dick und ganz weissgrau, während das frische Gestein rot ist, aber die Krystallflächen der Feldspate zeigen sich unter der Lupe noch deutlich wahrnehmbar. Etwaige Neubildungen von Kaolin oder dergleichen sind nicht konstatiert worden. Der Biotit war etwas angegriffen und von Limonit pigmentiert.

Es scheint also, als ob die Verwitterung hauptsächlich eine Veränderung der Farbe verursacht hätte, vielleicht ist etwas Feldspat ausgelaugt worden, aber kaum umgewandelt. Das Resultat stimmt also vollständig mit den im Vorigen gefundenen überein.

Das zweite Blöckchen, der aus einem Moor in der Gegend von Skellefteå von Herrn Dr. N. ZENZÉN gefunden wurde, habe ich von Herrn Professor A. G. HÖGBOM bekommen.

Das Gestein war ein stark umgewandelter Porphyrit, mit grossen (1 bis 2 cm) Einsprenglingen von Labrador in einer Grundmasse von Quarz, Ortoklas, Mikroklin, Plagioklas, brauner Hornblende, Skapolith, teilweise chloritisiertem Biotit, etwas Magnetit, Epidot. Durch den Angriff der Humussäuren im Moorwasser, war das Gestein tief verwittert. Das merkwürdige dabei war, dass die Verwitterung alles mit Ausnahme der Labradoreinsprenglinge, bis zu einer Tiefe von ein paar Centimetern und mehr, aufgelöst hatte. Die Einsprenglinge sind dagegen geblieben, und stehen aus dem Blöckchen wenigstens 1 cm hervor.

Fig. 1 und 2 zeigen das Blöckchen, das sich in den Sammlungen des geologischen Instituts, Uppsala, findet.

Das Blöckchen ist ein schönes Beispiel für die Tatsache, dass die Humussäureverwitterung die Minerale vorzugsweise auflöst und nicht umwandelt. Es ist auch interessant, dass ein Plagioklas, der so basisch wie Labrador ist, stabil gegen die Moorverwitterung sein kann. Die Labradortafeln sind noch mit ihren ursprünglichen Krystallflächen beibehalten. Die feinkörnige Grundmasse dagegen ist viel mehr angegriffen, dabei sind alle ihre Minerale entweder chemisch aufgelöst oder, wie wahrscheinlich der Quarz, durch die Auslaugung der Nachbarminerale, freigemacht.

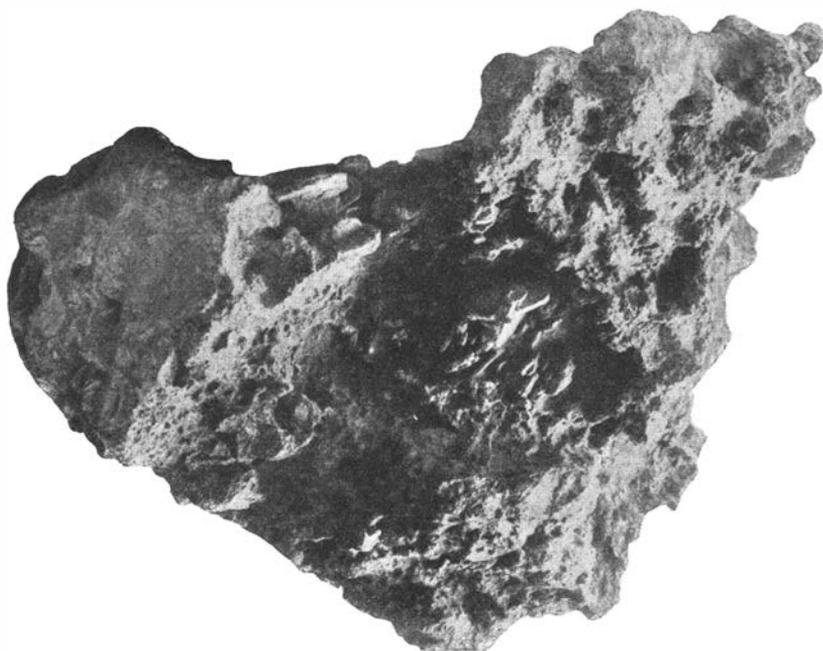


Photo Verf.

Fig. 1. Porphyritgeschiebe, durch Humussäuren stark angegriffen. Die dunkle Partie links zeigt einen Rest der ursprünglichen Oberfläche des Geschiebes, welche, im Moränenboden eingesenkt, der Verwitterung entzogen gewesen ist. In der Mitte ragen die Plagioklas einsprenglinge, welche von den Humussäuren nicht angegriffen sind, aus der skapolitisierten Grundmasse hervor (vgl. Fig. 2). Längenssstab $\frac{1}{4}$.

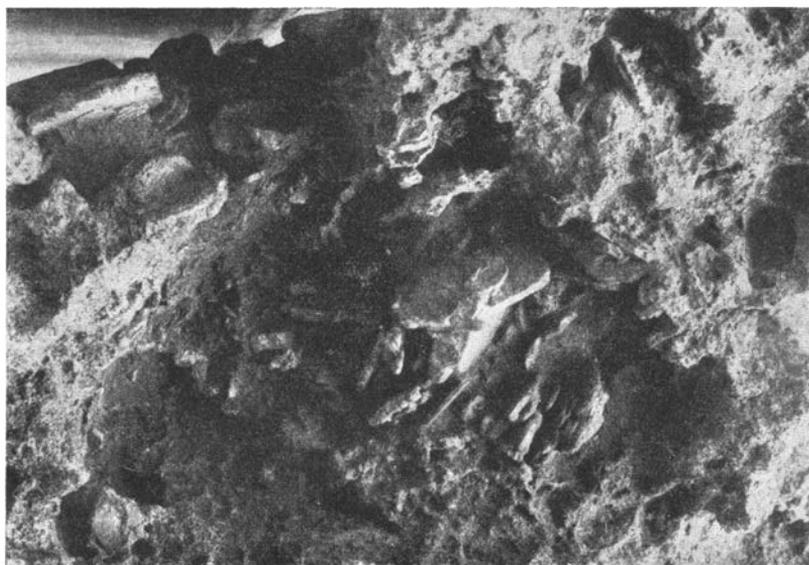


Photo Verf.

Fig. 2. Durch Verwitterung herauspräparierte Feldspateinsprenglinge aus dem Porphyritgeschiebe Fig. 1. Annähernd natürliche Grösse.

Berechnung der ausgelaugten Basenmengen in der Bleicherde.¹

Um quantitativ bestimmen zu können, wie gross die chemischen Veränderungen sind, die aus einem Material von der Zusammensetzung des Untergrunds eine Bleicherde gemacht haben, sind drei Dinge nötig. Zuerst muss man genau die Zusammensetzung der Bleicherde und des Untergrunds kennen. Man muss natürlich auch sicher sein, dass die Analyse des Untergrunds auch dem ursprünglichen Material der Bleicherde genau entspricht. Zum zweiten muss man in einem Bodenprofil arbeiten, wo keine Unterschlammung der feineren Bodenteile vorgekommen ist. Zum dritten muss man den Gehalt irgend eines Stoffes der bei der Verwitterung keiner Auslaugung unterworfen worden ist, kennen. Als solcher Stoff würde z. B. der Quarz passen.

Die beiden ersten Bedingungen sind bei den Lehmprofilen, 3 u. 4 möglichst erfüllt. Die ursprüngliche Zusammensetzung des Materials ist durch acht Analysen bestimmt, die der jetzigen Bleicherde durch zwei. Der Lehm dürfte zu feinkörnig sein, um ein Durchschlammung zu gestatten; wenigstens hat sich nichts desgleichen durch mechanische Analysen nachweisen lassen. Tab. 8 enthält vier mechanische Analysen vor Profil 3.

Tab. 8.

Korngrösse	Bleicherde	Orterde	Untergrund	
	10—15 cm. tief %	15—25 cm. tief %	50 cm. tief %	100 cm. tief %
> 0,2 mm	0,6	1,6	0,0	0,2
0,2—0,02 mm	61,7	65,3	72,5	86,5
0,02—0,002 mm	30,2	27,5	23,4	10,6
< 0,002 mm	7,5	5,5	4,2	2,6

Der Gehalt an feinkörnigen Bestandteilen nimmt gegen die Tiefe kontinuierlich ab. Wenn eine Unterschlammung stattgefunden hätte, dürften die Verhältnisse entgegengesetzt sein.

Die dritte Bedingung, die Kenntnis des Quarzgehaltes, kann leider nicht genau erfüllt werden. Es ist indessen trotzdem gelungen, für die ausgelaugten Basenmengen einen Minimum- und einen Maximumwert zu berechnen.

Die Minimumwerte wurden auf folgende Weise erhalten:

Wenn man annimmt, dass der Kieselsäuregehalt bei der Verwitterung keiner Veränderung ausgesetzt war, kann man berechnen, dass ein Material von der Zusammensetzung des Untergrunds bei der Verwitterung eine

¹ Bei den folgenden Berechnungen ist kein Rücksicht zu zufällig in den obersten Bodenschichten vorhandenen Mengen löslicher Stoffen genommen. In diesen Podsolböden, wo die Auslaugung stark dominiert, dürften diese Stoffen in der Bauschanalyse kaum bemerkbar sein.

Verminderung von 6,5 % erlitten hat. Die zurückbleibenden 93,5 Pro-
zente sind dann nach der Bleicherdeanalyse auf folgende Weise durch-
schnittlich auf die verschiedenen Stoffe verteilt:

Tab. 9.

	Prozente vom ursprünglichen Material In der Bleicherde zurück- bleibende Mengen	Ausgelaugte Mengen
Al ₂ O ₃	9,60	2,28
Fe ₂ O ₃	1,44	2,15
TiO ₂	0,59	0,00
CaO	1,65	0,49
MgO	0,60	0,70
Na ₂ O	1,77	0,29
K ₂ O	2,37	0,36
P ₂ O ₅	0,02	0,10
	Σ: a 18,04	6,4

Durch Subtraktion von dem Untergrund, erhält man die ausgelaugten
Mengen. Da die Voraussetzung, dass die Kieselsäure nicht ausgelaugt
wird, offenbar nicht statthaft ist, müssen die erhaltenen Werte der Berech-
nungsmethode wegen, *Minima* sein.

Die Maximumwerte wurden auf folgende Weise berechnet:

Wenn K₂O, Na₂O und CaO als Ortoklas, Albit, Anortit und Apatit
berechnet werden, und alle die übrigen Basen als Ortosilikate, erhält man
einen annähernden Wert des Quarzgehaltes dadurch, dass man die diesen
Silikaten entsprechende Menge Kieselsäure von dem gefundenen Wert
subtrahiert.

Die Genauigkeit dieser Berechnung ist freilich nicht so gross, aber
da die dunklen Minerale, die teils Metasilikate, teils Ortosilikate und noch
basischere Silikate, teils etwas Magnetit, sind, eine quantitativ relativ
unbedeutende Rolle spielen, dürfte die Berechnung einen gewissen Wert
haben, besonders beim Vergleich von verschiedenen Analysen, auf dieselbe
Weise berechnet. Für die Bleicherde Profil 3 u. 4 (Mittel aus den beiden
Bleicherdeanalysen) ist der Quarzgehalt 53,9 %; für den Untergrund (Mittel
aus den acht Analysen) ist derselbe 44,4 %. Einige Berechnungen nach
verschiedenen Methoden, wo Magnesium und Eisen als bekannte Minerale
wie Biotit u. a. berechnet wurden, gaben sehr ähnliche Werte. Jedenfalls
dürfte die Differenz zwischen den Gehalten an Quarz viel genauer als die
Werte selbst sein, da die Fehler bei den Berechnungen nach derselben
Richtung gehen.

Mit Hilfe dieser Quarzgehalte, können nun die ausgelaugten Quanti-
täten berechnet werden, wobei hauptsächlich die Differenz zwischen den
Quarzprozenten entscheidend ist. Wenn also die im ursprünglichen Ma-
terial gefundenen 44,4 Prozente Quarz in der Bleicherde, wo sie 53,9 Pro-

zente ausmachen, zurückbleiben, erhält man als Wert der totalen zurückbleibenden Menge 82,5 %. Diese 82,5 Prozente verteilen sich nach der Bleicherdeanalyse auf folgende Weise:

Tab. 10.

	In der Bleicherde zurückbleibende Mengen	Prozente vom ursprünglichen Material	
		Ausgelaugte Mengen Maxima	Ausgelaugte Mengen Minima
SiO ₂	66,57	9,02	—
Al ₂ O ₃	8,46	3,42	2,28
Fe ₂ O ₃	1,27	2,32	2,15
TiO ₂	0,52	0,06	0,00
CaO	1,47	0,67	0,49
MgO	0,53	0,77	0,70
Na ₂ O	1,56	0,50	0,29
K ₂ O	2,08	0,65	0,36
P ₂ O ₅	0,02	0,10	0,10
Sia	82,48	17,51	6,37

Durch Subtraktion der zurückbleibenden Mengen von den ursprünglichen erhält man die ausgelaugten. Zum Vergleich sind auch die Minima in der Tabelle angegeben.

Die Berechnungsmethode der sogen. Maximumwerte fusst offenbar auf einer Annahme, dass die zurückbleibenden Silikate durchschnittlich gleich kieselsäurereich wie die ausgelaugten sind. Im Gegensatz hierzu ist es wahrscheinlich, ja ziemlich sicher, dass die ausgelaugte Menge durchschnittlich basischer als die zurückbleibende ist. In diesem Falle müssen die Silikate in dem Rest etwas kieselsäurereicher als im ursprünglichen Material sein. Darum ist der Quarzgehalt der Bleicherde etwas zu hoch berechnet, und folglich sind die in Tab. 10 berechneten, zurückbleibenden Mengen Minima und die ausgelaugten Mengen *Maxima*.

Ein Vergleich von den Maximum- und Minimumwerten der ausgelaugten Basen zeigt, dass die Differenzen ziemlich klein sind. Da die Minima also einen grosser Prozentsatz der wahren Werten ausmachen, dürfte ein wahrscheinlicher Mittelwert auf folgende Weise berechnet werden können.

Im Vorigen ist als wahrscheinlich hervorgehoben, dass die Minerale aufgelöst und nicht umgewandelt werden. Die den Minimumwerten entsprechende Menge Kieselsäure dürfte dann berechnet werden können, wenn man annimmt, dass K₂O, Na₂O und CaO als Feldspate und Apatit und die übrigen Basen durchschnittlich als Orthosilikate ausgelaugt worden. Man erhält dann 6,3 % Kieselsäure, die die ausgelaugte Menge Kieselsäure repräsentiert. Die totale, ausgelaugte Menge dürfte dann ungefähr 12,7 % sein (6,3 % SiO₂ und 6,4 % Basen). Wenn also die zurückbleibende

Menge ungefähr 87,3 % ist, können mit Hilfe dieses Wertes die ausgelaugten Basenmengen approximativ korrigiert werden. Man erhält:

Tab. 11.

	Prozente vom ursprünglichen Material In der Bleicherde zurück- bleibende Mengen	Ausgelaugte Mengen
Al ₂ O ₃	8,96	2,92
Fe ₂ O ₃	1,35	2,24
TiO ₂	0,55	0,03
CaO	1,55	0,59
MgO	0,56	0,74
Na ₂ O	1,65	0,41
K ₂ O	2,21	0,52
P ₂ O ₅	0,02	0,10
	<u>Summe</u> 16,9	<u>7,5</u>

Der Wert 7,5 der Summe der ausgelaugten Mengen ist fast dem Mittelwert zwischen dem Maximumwert und dem Minimumwert, 7,4 gleich. Da bei dieser Berechnungsmethode die beiden Tatsachen, dass die Kieselsäure ausgelaugt werden dürfte und dass der Rückstand kieselsäurereichere Silikate als das unverwitterte Material enthält, zum Ausdruck kommen, dürfte der Wert 7,5 % für die Summe der ausgelaugten Basen (und P₂O₅) wahrscheinlich sein.

Tab. 12 enthält die ausgelaugten Mengen jedes Stoffes in Prozenten des Gehaltes desselben Stoffes im unverwitterten Material.

Tab. 12.

	%
Al ₂ O ₃	24
Fe ₂ O ₃	62
CaO	28
CaO (a's Silikat)	24
MgO	57
Na ₂ O	20
K ₂ O	19
P ₂ O ₅	83

Für CaO ist auch ein für die Apatitverwitterung korrigierter Wert angegeben, das also dem silikatgebundenen Kalke entspricht.

Tab. 12 dürfte ziemlich zuverlässige Masse der Resistenz der verschiedenen Stoffe gegen die Verwitterung enthalten. Der Kalk, das Aluminium und die Alkalien zeigen ungefähr dieselben Auslaugungsprozente, man könnte vielleicht Verwitterungsgrade sagen. Eisen und Magnesium

zeigen einen weit höheren Verwitterungsgrad. Der totale Verwitterungsgrad der Basen ist 37 %.

Die hier angeführten Berechnungen gelten natürlich eigentlich nur für Profil 3 und 4. Bei den übrigen Profilen gestattet die Genauigkeit des Analysenmaterials eine ähnliche Berechnung nicht. Auch kann man nicht sicher sein, dass nicht die Verschlammung der feinen Korngrößen störend auf das Resultat der chemischen Verwitterung eingewirkt hat. Wegen der sehr grossen Übereinstimmung der Analysen mit denen in Profil 3 u. 4 dürfte es jedoch kaum zu gewagt sein, anzunehmen, dass ungefähr dieselben Mengen wie in Profil 3 u. 4 auch in den übrigen Bleicherden ausgelaugt sind.

In Profil 7 ist das wahrscheinliche Alter des Bleichsandes 700 bis 800 Jahre. Die durchschnittliche Dicke der Bleichsandschicht ist 2,9 cm. Man kann also berechnen wie viel von den Basen und der Phosphorsäure pro Jahr und □-m im Mittel ausgelaugt ist. Man erhält:

Tab. 13.

Al_2O_3	18	gr	pro	Jahr	und	□-m.
Fe_2O_3	15	»	»	»	»	»
CaO	3,6	»	»	»	»	»
MgO	4,7	»	»	»	»	»
Na_2O	2,5	»	»	»	»	»
K_2O	3,2	»	»	»	»	»
P_2O_5	1,2	»	»	»	»	»
S:a 48,2 gr pro Jahr und □-m.						

Bei P_2O_5 ist der Wert aus der Analysen, Profil 7, berechnet.

Von diesen Mengen dürften Eisen, Aluminium und Phosphorsäure zum grossen Teil in der Orterde absorbiert werden, während Calcium, Magnesium und Alkalien grösstenteils ins Grundwasser gelangen. Wenn die Hälfte des Niederschlags, der ungefähr 450 mm pro Jahr ausmacht, im Boden hinuntersinkt, dürfte das Grundwasser durch die Humusverwitterung in den obersten Schichten des Bodens, folgende Konzentrationen bekommen:

CaO	0,014	gr	pro	Liter
MgO	0,021	»	»	»
Na_2O	0,011	»	»	»
K_2O	0,014	»	»	»

Diese Konzentrationen sind für an löslichen Stoffen arme Quellwässer nicht selten.

Die Berechnung der jährlich ausgelaugten Mengen und der Konzentrationen im Grundwasser, darf natürlich nur als eine sehr grobe Schätzung

angesehen werden. Indessen dürfte hierdurch eine Möglichkeit entstehen, eine Vorstellung von den jährlich in unseren Wäldern durch Verwitterung freigemachten Pflanzennährstoffen zu gewinnen.

Schlussfolgerungen.

Aus den vorliegenden Untersuchungen dürfte folgende Schlüsse gezogen werden können.

1. Die chemische Zusammensetzung von unverwitterten Böden im mittleren Norrland (vielleicht mit Ausnahme von Thonen, die nicht untersucht worden sind) scheint sehr gleichförmig zu sein.

2. Auch die chemischen und mineralogischen Eigenschaften der durch Rohhumus verwitterten Schichten (Bleicherden) sind sehr gleich, wenn die Bleicherde typisch ist.

3. Die chemischen Prozesse, die sich bei der Rohhumusverwitterung abspielen, dürften in einer Auflösung, nicht in einer Umwandlung der Minerale bestehen. Hierbei sind Apatit und die dunklen Minerale wie Biotit und Hornblende am leichtesten löslich; dagegen werden die Feldspate quantitativ unbedeutend angegriffen. Eine etwaige Kaolinisierung hat sich — auch in Fällen, wo der Feldspat verhältnissmässig viel angegriffen gewesen ist — nicht nachweisen lassen.

4. Eine Schätzung der Grössen der bei der Bleicherdebildung geschehenen Veränderungen des ursprünglichen Materials, hat ergeben, dass bei der Bleicherdebildung ungefähr 7,5 % Basen (in Prozente vom ursprünglichen Material gerechnet) gelöst werden.

Litteratur.

1. AHLMANN, CARLZON, SANDEGREN. The Quaternary history of the Ragunda region, Jämtland. G. F. F. Bd 34, p. 343—364 (1912).
2. AHLMANN, H. Ragundasjön, I. Sv. Geol. Unders. Ser. Ca, n:o 12 (1915).
3. DE GEER, G. Geochronology of the last 12000 years. Compt. rend. du XI Congrès géologique international, p. 241—253 (1910).
4. FROSTERUS, B. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten. Geol. Komm. i Finland, geotekn. medd. n:o 14 (1914).
5. HESSELMAN, H. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt, 7, p. 25—68 (1910).
6. HOLMQUIST, P. J. Studien über die Granite von Schweden. Bull. of the Geol. Inst. of the univers. of Upsala, VII, p. 77—269 (1904—1905).
7. HÖGBOM, A. G. Om Ragundadalens geologi. Sv. Geol. Unders. Ser. C. n:o 182 (1899).
8. LIDÉN, R. Om isavsmältningen och den postglaciala landhöjningen i Ångermanland. G. F. F. Bd 33, p. 271—280 (1911).
9. MÜLLER, P. E. Studien über die natürlichen Humusformen. Berlin (1887).
10. SANDEGREN, R. Ragundasjön III. Sv. Geol. Unders., Ser. Ca, n:o 12 (1915).
11. TAMM, O. Markvittringen i Ragundatrakten. G. F. F. Bd 35, p. 197—207 (1913).

Gedruckt 28/6 1915.



Tabellenbeilage.¹

	Profil 1 (1-3). Moräne.						Profil 2 (4-6). ² Sand.						Profil 3 (7-10). Lehm.						Profil 4 (11-12). Lehm.					
	Bleicherde		Orterde		Untergrund		Bleicherde		Orterde		Untergrund		Bleicherde		Orterde		Untergrund 50 cm tief		Untergrund 100 cm tief		Bleicherde		Orterde	
	1	1 a	2	2 a	3	3 a	4	4 a	5	5 a	6	6 a	7	7 a	8	8 a	9	9 a	10	10 a	11	11 a	12	12 a
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Glühverlust	4,15	—	7,30	—	3,49	—	1,59	—	3,62	—	1,62	—	4,94	—	6,02	—	2,47	—	1,63	—	4,45	—	6,73	—
SiO ₂	79,14	82,54	70,28	75,90	74,15	76,78	78,01	79,27	71,11	73,79	73,82	75,02	76,93	80,93	68,95	73,35	73,30	75,18	74,44	75,66	77,09	80,69	68,93	73,91
Al ₂ O ₃	9,21	9,60	11,46	12,38	10,82	11,21	10,89	11,06	12,92	13,42	11,80	12,00	9,72	10,22	12,36	13,14	11,75	12,05	11,89	12,08	9,86	10,32	11,63	12,48
Fe ₂ O ₃	1,25	1,30	3,89	4,20	3,88	4,02	1,10	1,12	3,13	3,25	3,12	3,17	1,42	1,49	4,70	5,04	4,05	4,16	3,30	3,36	1,49	1,56	5,04	5,40
TiO ₂	0,45	0,47	0,44	0,47	0,44	0,46	0,36	0,36	0,36	0,38	0,41	0,41	0,64	0,67	0,52	0,55	0,56	0,58	0,54	0,55	0,57	0,60	0,60	0,64
CaO	1,77	1,86	1,74	1,88	1,86	1,93	1,25	1,27	1,48	1,54	2,10	2,14	1,80	1,88	2,04	2,17	2,03	2,08	2,01	2,04	1,59	1,66	1,91	2,05
MgO	0,52	0,59	0,96	1,04	1,05	1,09	0,48	0,48	0,85	0,87	1,05	1,07	0,62	0,65	1,30	1,38	1,42	1,45	1,28	1,30	0,59	0,62	1,18	1,27
Na ₂ O	1,89	1,98	1,62	1,75	1,99	2,06	2,56	2,60	2,63	2,73	2,74	2,79	1,69	1,76	1,59	1,68	1,73	1,77	2,12	2,15	1,92	2,01	1,95	2,09
K ₂ O	2,41	2,53	2,36	2,55	2,45	2,54	3,71	3,77	3,54	3,66	3,11	3,17	2,38	2,50	2,65	2,81	2,49	2,55	2,80	2,85	2,46	2,57	2,32	2,47
P ₂ O ₅	Spur	Spur	0,19	0,20	0,11	0,11	0,05	0,05	0,36	0,38	0,23	0,23	0,02	0,02	0,04	0,04	n. b.	n. b.	0,12	0,12	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe	100,79	100,87	100,24	100,34	100,24	100,23							100,16	100,12	100,17	100,15	99,80	99,82	100,13	100,11	100,02	100,03	100,29	100,31

	Profil 5 (13-16). Lehm.								Profil 6 (17-18). Lehm.				Profil 7 (19-23). Sand.						Profil 8 (24-26). ² Sand.								
	Lehm 10-15 cm tief		Lehm 20-25 cm tief		Lehm 50 cm tief		Lehm 100 cm tief		Lehm 10-15 cm tief		Lehm 20-25 cm tief		Bleicherde		Orterde		Untergrund feinsandig		Untergrund grobsandig		Mittel v. 21 a u. 22 a	Sand, 5 cm tief Bleicherdebildung angefangen		Sand, 10-15 cm tief Etwas rotgefärbt		Untergrund 20-25 cm tief	
	13	13 a	14	14 a	15	15 a	16	16 a	17	17 a	18	18 a	19	19 a	20	20 a	21	21 a	22	22 a	23	24	24 a	25	25 a	26	26 a
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Glühverlust	4,63	—	2,24	—	2,30	—	2,13	—	3,89	—	2,75	—	5,29	—	3,60	—	1,78	—	1,36	—	—	4,51	—	1,56	—	1,28	—
SiO ₂	72,46	75,98	73,70	75,53	73,75	75,50	75,19	76,83	71,73	74,64	73,30	75,37	74,66	78,85	72,13	74,60	73,77	75,12	73,79	74,80	74,96	73,17	76,63	74,76	75,95	75,90	76,88
Al ₂ O ₃	11,70	12,28	11,66	11,95	11,49	11,76	11,73	11,99	11,79	12,28	11,95	11,92	10,64	11,24	11,44	11,86	11,76	11,98	12,65	12,82	12,40	10,99	11,51	11,49	11,67	10,94	11,08
Fe ₂ O ₃	2,70	2,83	3,78	3,88	3,84	3,93	2,74	2,80	3,89	4,05	3,65	3,75	1,42	1,50	3,80	3,93	3,22	3,28	2,58	2,61	2,95	2,55	2,67	2,70	2,74	2,64	2,67
TiO ₂	0,45	0,47	0,55	0,57	0,61	0,62	0,51	0,52	0,56	0,59	0,57	0,58	0,41	0,43	0,44	0,45	0,28	0,29	0,35	0,35	0,32	0,39	0,41	0,36	0,37	0,32	0,33
CaO	2,14	2,24	2,10	2,15	2,11	2,16	2,04	2,09	2,10	2,19	2,09	2,16	2,00	2,11	2,38	2,46	2,35	2,39	2,00	2,03	2,21	1,60	1,68	1,56	1,58	1,60	1,62
MgO	1,23	1,29	1,23	1,26	1,29	1,32	1,15	1,18	1,33	1,38	1,25	1,29	0,44	0,46	1,18	1,23	1,21	1,23	0,96	0,97	1,10	0,50	0,52	0,84	0,85	0,96	0,98
Na ₂ O	2,01	2,11	1,79	1,83	1,70	1,74	2,03	2,07	2,25	2,34	2,39	2,46	2,18	2,30	1,96	2,04	1,62	1,65	3,06	3,10	2,37	3,14	3,28	3,51	3,56	2,70	2,74
K ₂ O	2,36	2,47	2,81	2,88	2,87	2,94	2,92	2,98	2,47	2,57	2,55	2,62	2,83	2,99	2,76	2,87	3,03	3,08	3,28	3,32	3,20	3,15	3,30	3,22	3,28	3,46	3,50
P ₂ O ₅	0,11	0,11	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,07	0,08	0,22	0,23	0,34	0,34	0,20	0,20	0,27	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,20	0,20
Summe	99,79	99,78	99,86	100,05	99,96	99,95	100,44	100,46	100,01	100,04	100,14	100,15	99,93	99,96	99,91	99,67	99,36	99,36	100,23	100,20	99,78						

¹ Jede Analyse ist auch, als wasser- und humusfrei berechnet, unter a angegeben.² Einige Analysen wurden nach der Fluorwasserstoffmethode ausgeführt. Die Kieselsäure ist dann aus der Differenz berechnet. Wo solche Analysen vorliegen, wird selbstverständlich keine Summe angegeben. Die Alkalien sind immer nach LAWRENCE-SMITH's Methode bestimmt.