

SUOMEN GEOLOGINEN TOIMIKUNTA

BULLETIN
DE LA
COMMISSION GÉOLOGIQUE
DE FINLANDE

N:o 128

SUOMEN GEOLOGISEN SEURAN JULKAISUJA
MEDDELANDEN FRÅN GEOLOGISKA SÄLLSKAPET I FINLAND
COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FINLANDE

XV

AVEC 43 FIGURES DANS LE TEXTE ET 2 PLANCHES



HELSINKI
JUN 1943

Tekijät vastaavat yksin kirjoitustensa sisällyksestä.

Författarna äro ensamma ansvariga för sina uppsatser innehåll.

Les auteurs sont seuls responsables de leurs articles.

SUOMEN GEOLOGINEN TOIMIKUNTA
BULLETIN DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DE FINLANDE N:o 128

SUOMEN GEOLOGISEN SEURAN JULKAISUJA
MEDDELANDEN FRÅN GEOLOGISKA SÄLLSKAPET
I FINLAND
COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FINLANDE

XV

AVEC 43 FIGURES DANS LE TEXTE ET 2 PLANCHES

HELSINKI
JUN 1943
IMPRIMERIE DE L'ÉTAT

VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

ALUEVAIKUUNNIT
MÄÄRÄT
JÄRJESTYKSET

SISÄLLYSLUETTELO. — INNEHÄLLSFÖRTECKNING.

1. O. V. LUMIALA, Zwei Moorprofile aus Siilinjärvi, dem nördlichsten bekannten Fundort fossiler <i>Trapa natans</i> in Finnland	2
2. TH. G. SAHAMA, KALERVO RANKAMA und VOITTO HEINÄSUO, Röntgenspektrographische Bestimmung des Tantals	21
3. KALERVO RANKAMA, The Niobium and Tantalum Content of Three Finnish Archaean Granites	34
4. ADOLF A. TH. METZGER, Ueber die normative und modale Zusammensetzung einiger Portland- und Brownmillerit-Cemente	40
5. ERKKI KIVINEN, Ein mit Moräne bedecktes Tonvorkommen auf der Karelischen Landenge	76
6. OLAVI ERÄMETSÄ, TH. G. SAHAMA und VILJO KANULA, Spektrographische Bestimmungen an Rubidium und Caesium in einigen finnischen Mineralien und Gesteinen	80
7. GUNNAR BRANDER, Neue Beiträge zur Kenntnis der interglazialen Bildungen in Finnland	87
8. ESA HYYPPÄ, Beiträge zur Kenntnis der Ladoga- und Ancylustransgression	139
9. PENTTI ESKOLA, Ein natürliches System der Mineralien	179

1.	Gedruckt	1940
2.	.. .....	1941
3.	.. .....	1941
4.	.. .....	1940
5.	.. .....	1941
6.	.. .....	1941
7.	.. .....	1941
8.	.. .....	1942
9.	.. .....	1943

1.

ZWEI MOORPROFILE AUS SIILINJÄRVI, DEM NÖRDLICHSTEN BEKANNTEN FUNDORT FOSSILER TRAPA NATANS IN FINNLAND.

O. V. LUMIALA.

In ihrer Arbeit »Die fossile Diatomeenflora in Österbotten« erörtern BACKMAN und CLEVE-EULER (1922, S. 21) neben einer Reihe von österbottischen Mooren auch das Moor Mikansuo im nördlichen Teil des jetzigen Kirchspiels Siilinjärvi, bei der Grenze gegen Lapinlahti, etwa 30 km N von Kuopio, gleich westlich von der Bahnlinie (63° 10' n. Br., 2° 34' östlich von Helsinki). Gelegentlich seiner Mooruntersuchungen in der Provinz Savo und im nordwestlichen Karelrien entnahm Verfasser des vorliegenden Aufsatzes auch dem genannten Moor eine Serie von Proben, in der Bestrebung, weitere Aufklärung bezüglich des Vorkommens von *Trapa natans*, des Alters des betreffenden Horizontes sowie der Verhältnisse zu erhalten, die zur Zeit der Sedimentation der im Moor angetroffenen, eine Salzwasserphase angehenden Kieselalgen geherrscht haben.

Das Moor Mikansuo ist ein ganz kleiner, von Ackerland umgebener Moorfleck, auf welchen die Kultur ihre deformierende Wirkung, u. a. durch Torfausstiche und Beschickung des Moorbodens mit Lehm zu Anbauzwecken, ausgeübt hat. Seine Oberflächenvegetation entspricht daher nicht mehr den natürlichen Bedingungen. Dagegen sind die Moorsedimente, mit Ausnahme der aller oberflächlichsten, mehrerorts vollständig und im ursprünglichen Zustand erhalten. Ihre Dicke beträgt etwa 4 m, wovon nahezu die Hälfte auf Lehmsandschichten entfällt. Aus der im Anschluss an das Pollendiagramm wiedergegebenen Torfschichtenfolge (Abb. 2) ersieht man die Art der Sedimente. Über der Moräne beginnt in etwa 390 cm Tiefe eine 180 cm dicke Lehmsandschicht, gefolgt von Feindetritus, Grobdetritus und schliesslich, nach einer eingeschalteten dünnen Dy—Torfdyschicht, von einem spärlich Torfmoosreste enthaltenden Seggentorf. Nach der Schichtenfolge zu schliessen handelt es sich also unzweideutig um ein Verwachsungsmoor.

Das Pollendiagramm zeigt einen relativ klarumrissenen Aufbau (Abb. 2). Die Prozentspalte der Fichte ist wie üblich zweiteilig, der untere Teil nur einige Prozente breit und unterbrochen, der obere dagegen von etwa 130 cm beginnend einheitlich und stark, mit zwei

Optima bald nach dem Allgemeinwerden der Fichte. Ebenso ist die *Pinus*-Spalte vom normalen Typ mit einer deutlichen Maximalkulmination bei 220—240 cm und einer zweiten schwächeren in der Höhe des Fichtenoptimums. Die Prozentspalte der Birke ist einheitlich und erringt sich einen beträchtlichen Anteil in nahezu sämtlichen Sedimenten des Moores. Sie ist am breitesten auf der Strecke der untersten 100 cm, verschmälert sich etwas während der folgenden 150 cm und dann rascher, und zwar bedeutend, gegen die Oberfläche des Moores. Die Prozentspalte der Erle zeigt neben den gewöhnlichen Zügen die hin und wieder auftretende Eigenheit, dass sie auch bei der *Pinus*-Kulmination einheitlich bleibt und hier nicht einmal Anzeichen einer Verschmälerung zu erkennen gibt. Die Prozentspalte der Edellaubbäume erstreckt sich mit mehreren Unterbrechungen von 50 cm hinab bis zum Grund der Schichtenfolge; der Kulminationspunkt sowohl in bezug auf die Linde als die übrigen Arten liegt in der Höhe von 120—180 cm. Beachtung dürfte hier das Auftreten der Linde unterhalb der *Pinus*-Kulmination verdienen, ferner wohl auch der rein *Ulmus*- und *Corylus*-beherrschte Edellaubpollenbestand der ältesten Schichten.

Die Datierung des jüngeren Diagrammabschnittes bereitet im Lichte unserer heutigen Kenntnisse keine grossen Schwierigkeiten, denn die dazu erforderlichen Anhaltspunkte sind aus dem Diagramm verhältnismässig leicht zu ermitteln. Den ersten deutlichen Anhaltspunkt bieten uns das Allgemeinwerden der Fichte etwa in der Höhe von 130—110 cm und der in einer Verschmälerung der Prozentspalte der Erle und der edlen Laubbäume zum Ausdruck kommende Rückgang des Artenbestandes der Wälder. Dieses Niveau hat sich am Ende der Litorinaperiode, etwa um das Jahr 1000 v. Chr. gebildet (FROMM 1938; SAURAMO 1939; LUMIALA 1939). Ebenso klar wie die Datierung des Allgemeinwerdens der Fichte ist auch die Versetzung des Edellaubmaximums in das Wärmeoptimum der Litorinaperiode, das bei 210 cm mit dem Beginn des *Pinus*-Maximums endigt. Von hier an wird aber die Datierung der älteren Diagrammteile schon verwickelter. Die Zugehörigkeit des *Pinus*-Optimums zur Ancylusperiode erscheint natürlich, ebenso die der älteren Sedimente (260—390 cm) am nächsten wohl zu den Y IV- und Rha-Perioden. Die Gegend wurde ja nach SAURAMO (1937) erst während der Y IV-Periode vom Eis befreit. Als verdächtige Faktoren ergaben sich bei der Datierung indessen die einheitliche Prozentspalte der Fichte vom *Pinus*-Maximum hinab bis zum Grunde, das zusammenhängende Auftreten der Erle in der gleichen Sedimentenfolge, die verhältnismässig schwache, obwohl durchaus deutliche Kulmination der Kiefer sowie vor allem der Umstand, dass in den dem oberen Teil des *Pinus*-

Maximums entsprechenden Sedimenten Salzigkeit indizierende Diatomeen gefunden wurden, die sich nicht in die Ancyclusphase einordnen lassen (vgl. BACKMAN und CLEVE-EULER 1922). Es schien also klar, dass die Datierung dieser Schichtenfolge ohne Vergleichsmaterial aus der Umgebung unsicher bleiben würde. Aus diesem Grunde wurde im Sommer 1938 dem südlich vom Mikansuo-Moor gelegenen Moor Törönniitynsuo eine entsprechende Probenfolge entnommen.

Das Moor Törönniitynsuo ist ein ähnliches kleines Beckenmoor wie das Moor Mikansuo, liegt aber etwas höher, von Moränenanhöhen umgeben. Die Oberflächenvegetation befindet sich zum grossen Teil noch im Naturzustand; von wichtigsten Arten seien erwähnt *Chamaedaphne*, *Ledum*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Eriophorum vaginatum*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum magellanicum* und *S. Russowii*. Der Schichtenaufbau des Moores weicht einigermaßen von dem des Mikansuo-Moores ab. Zuunterst lagert auf dem Moränengrund eine Lehmsandschicht bis hinauf zu 305 cm, wo das Sediment durch Vermittlung eines sehr schwachen limnotelmatischen Kontaktes in einen moosreichen Torf übergeht. Dieser ist nur auf einer ganz geringen Strecke von reinerer Beschaffenheit, denn schon in der Höhe von 290 cm geht er in einen *Musci—Sphagnum—Carex*-Mischtorf über. Bei 265 cm beginnt ein reiner *Sphagnum—Carex*-Torf und erstreckt sich bis 245 cm. Hier erhält er Beimischung von Geweberesten des *Eriophorum*-Typs in 30 cm dicker Lage. Etwa 50 cm weiter oben (bei 165 cm) beginnt ein *Eriophorum—Carex*-Torf, der näher bei der Oberfläche über eine eingeschaltete Mischtorfschicht in einen *Eriophorum—Sphagnum*-Torf übergeht.

Das Pollendiagramm dieses Moores (Abb. 1) erinnert in hohem Grade an das entsprechende Diagramm vom Mikansuo-Moor, die Koordinierung der beiden Diagramme ist also leicht. Als wichtigste Unterschiede ergeben sich das deutliche und beträchtliche Anschwellen der Prozentspalte der Kiefer auf der Strecke 260—380 cm und der Abbruch der Erle bei 250—300 cm. Das Allgemeinwerden der Fichte (1000 v. Chr.) entspricht durchaus demjenigen im Mikansuo-Diagramm, ebenso das Auftreten der Edellaubbäume in der Litorinaphase. Nur seiner Eigenheit halber sei hier das im Diagramm hervortretende kräftige Vorkommen der Linde (12 %) am Ende der Litorinaperiode erwähnt, derlei man in einem finnischen Pollendiagramm nur selten begegnet. Die Versetzung des *Pinus*-Optimums in die Ancyclusperiode in der vom Diagramm angedeuteten Weise erscheint hier natürlicher als im Mikansuo-Diagramm, denn hier entspricht ihm eine typische Einschnürung der Prozentspalte der Erle, wie sie in den meisten ostfinnischen Diagrammen anzutreffen

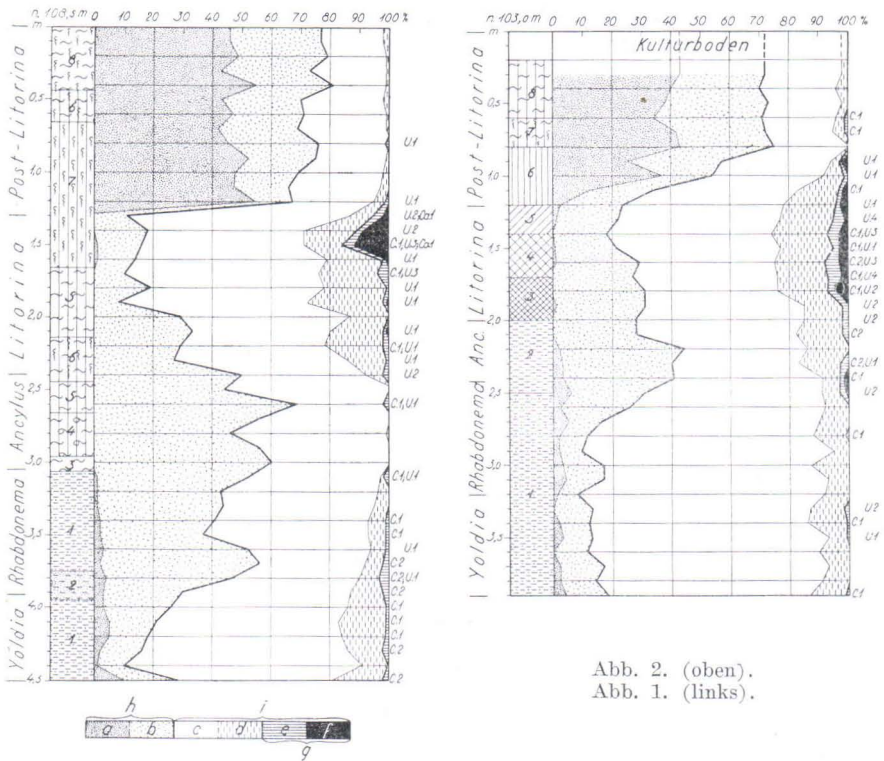


Abb. 2. (oben).

Abb. 1. (links).

Abb. 1. Torfprofil und Pollendiagramm des Törönmitynsuo—Mooses. Zeichenerklärungen: 1 = toniger Schluff, 2 = lehmiger Sand, 3 = *Sphagnum*-Torf, 4 = *Musci-Sphagnum-Carex*-Torf, 5 = *Sphagnum-Carex*-Torf, 6 = *Eriophorum-Sphagnum-Carex*-Torf, 7 = *Eriophorum-Carex*-Torf, 8 = *Eriophorum-Sphagnum*-Torf; a = Prozentspalte von *Picea*, b = *Pinus*, c = *Betula*, d = *Alnus*, e = edle Laubbäume (ohne *Tilia*), f = *Tilia*, g = gesamt. Prozentanteil der edlen Laubbäume, h = der Nadelbäume, und i = der übrigen Laubbäume; C. 1 = *Corylus* 1%, Ca = *Carpinus*, U = *Ulmus*.

Abb. 2. Torfprofil und Pollendiagramm des Mikansuo—Mooses. Zeichenerklärungen 1 = toniger Schluff, 2 = Ton, 3 = Feindetritusgyttja, 4 = Grobdetritusgyttja, 5 = limnischer Dy, 6 = *Carex*-Torf, 7 = *Eriophorum-Carex*-Torf, 8 = *Carex-Sphagnum*-Torf. Sonst wie in Abb. 1.

ist (vgl. z. B. KILPI 1937, S. 66, 67, 82, 84, 88 und 99). Die Pollenverhältnisse der unterhalb des *Pinus*-Optimums gelegenen Sedimente liefern uns keine Sicherheit bei der Datierung.

Auch von den limnischen Sedimenten dieses Mooses wurden Diatomeenanalysen durchgeführt, die an ihrem Teil zur weiteren Klärung der Verhältnisse beitragen. Die ältesten Schichten, 450—420 cm, enthalten nach der Analyse nur Süswasserdiatomeen (vgl. Tab.); wichtigste Arten sind hier *Eunotia robusta* var. *tetraodon*, *Pinnularia appendiculata* (nördliche Arten), *Diploneis domblittensis*,

Melosira granulata, *M. islandica* ssp. *helvetica*, *Amphora ovalis*, *Campylodiscus noricus* var. *hibernica*, *Epithemia turgida*, *E. zebra*, *Rhopalodia gibba* und *Stauroneis phoenicenteron*. In der Höhe von 410—370 cm begegnet man dagegen Anzeichen salzigen Wassers: *Endictya oceanica*, *Grammatophora marina*, *G. oceanica*, *Nitzschia obtusa*, *Rhopalodia gibberula* und *Rhabdonema arcuatum*, ausserdem Brackwasserarten: *Amphora coffaeiformis*, *Gyrosigma balticum* und *Mastogloia Smithii* var. *amphicephala*. Der übrige Artenbestand gleicht sonst demjenigen des vorhergehenden Niveaus, die nördlichen Arten, *Eunotia robusta* var. *tetraodon* und *Pinnularia appendiculata* befinden sich aber hier in starker Abnahme, desgleichen *Stauroneis phoenicenteron*. Bei 380—370 cm treten ausserdem einige neue Arten in reichlichen Anteilen hinzu, z. B. *Gyrosigma Kützingiana*, *Melosira italica* und *Rhopalodia gibba*. Ihre Bedeutung erhöht sich im folgenden Niveau (370—310 cm), wo neben ihnen *Diploneis domblittensis*, *Melosira granulata*, *Amphora ovalis*, *Campylodiscus noricus* var. *hibernica*, *Epithemia zebra* und *Tabellaria fenestrata* nach wie vor als dominierende Arten auftreten. Die Diatomeenflora des Moores Törönniitynsuo spiegelt also die Sedimentationstätigkeit von drei verschiedenen Wasserphasen wider; die erste war offenbar süss und das Klima zu jener Zeit verhältnismässig kühl, die zweite war salzig und in ihrem späteren Teil zum Teil brackisch, verbunden mit einer bedeutenden Klimaerwärmung, und die dritte abermals süss, indem in den ihr entsprechenden Sedimenten überhaupt keine Salz- bzw. Brackwasserarten und äusserst spärlich auch boreale Arten angetroffen wurden. — Das Auftreten der Salzwasserarten in den Sedimenten des Moores gilt als Ausweis dafür, dass das Becken des Törönniitynsuo-Moores zu der entsprechenden Zeit mit dem Meere in Verbindung gestanden hat. Vorhin wurde schon erwähnt, dass das Gebiet gemäss SAURAMO erst während der Y IV-Phase vom Landeis befreit wurde; dabei ist offenbar, dass das Meer entweder am Ende der genannten Periode oder im Anfang der Rha-Periode sich in Form einer Bucht bis hierher erstreckt hat. Diese Feststellung passt sehr gut auf die Pollenverhältnisse des Pollendiagramms ein und danach ist wahrscheinlich, dass die Meeresverbindung vorwiegend während der Rha-Periode bestehend gewesen ist. Dadurch ergibt sich die Datierung des Törönniitynsuo- und damit zugleich auch die des Mikansuo-Diagramms, denn die entsprechenden Punkte sind in ihnen leicht erkennbar. Was die im letzteren Diagramm bei 190—240 cm vorkommenden Salz- und Brackwasserdiatomeen (*Nitzschia scalaris*, *Bacillaria paradoxa*, *Gyrosigma balticum*, *Nitzschia dubia* und *Rhoicosphaenia curvata*) betrifft, kann als ziemlich sicher angesehen werden, dass sie, in einem Niveau gelegen,

das in bezug auf die Pollenverhältnisse dem Ende der Ancyclusperiode entspricht, sich nicht in situ befinden, sondern allochthone Verunreinigungen darstellen. In den Mikansuo-Becken mündet noch heutigentags ein Bach, der vormals, als der Wasserspiegel von der Höhe des Törönniitynsuo-Moores zum gegenwärtigen Niveau des Mikansuo-Moores herabsank, die Rha-zeitlichen Sedimente zu erodieren begann und diese zusammen mit anderen Erosionsprodukten dem Mikansuo-Becken zuführte (vgl. BACKMAN und CLEVE-EULER 1922). Dagegen entspricht das Vorkommen von *Gyrosigma balticum* bei 310 cm im Mikansuo-Moor auch nach dem Pollendiagramm recht vorzüglich der Entstehungsphase der Salzwassersedimente im Törönniitynsuo-Moor.

Auf Grund des Obigen lassen sich die Wasserspiegelschwankungen der Mikansuo-Gegend folgenderweise charakterisieren. Nach ihrer Befreiung vom Landeis sind jene Gegenden den grössten Teil von Gewässern eingenommen gewesen, die durch Vermittlung des Kallavesi in Verbindung mit dem Ur-Saimaa standen. Nach der Diatomeenflora zu schliessen hat es sich um eine Phase süssen und relativ kalten Wassers gehandelt. Am Ende der Y IV- Periode überschritt der zurückweichende Eisrand die die Gewässersysteme des Saimaa und des Päijänne heute trennende Wasserscheide und gleichzeitig trat das in Frage stehende Gewässergebiet in eine Wasserwegverbindung mit dem Meer (vgl. SAURAMO 1940, S. 56). Diese ist nach dem spärlichen Vorkommen der Salzwasserdiatomeen zu schliessen offenbar verhältnismässig schmal und eng gewesen und lag wahrscheinlich am oberen Ende des Saimaa-Systems bei Osmani im heutigen Kiuruvesi (SAURAMO 1940, S. 181) oder bei Vaaraslahti in Pielavesi; die erstere Verbindung kann zunächst allein bestanden haben, bei fortschreitender Landhebung ist aber die Aufrechterhaltung des Kontaktes auf das Strombett von Selkäysjärvi bei Vaaraslahti übergegangen, wo man deutliche Erosionsspuren fliessenden Wassers als Anzeichen einer späteren Abflussphase gewahren kann. Nach dem Pollendiagramm wurde die Verbindung mit dem Meere etwa bei der Grenze der Y IV- und der Rha-Periode erreicht; darauf deutet das Vorkommen starken Salzgehalt fordernder Arten (vgl. oben S. 5). War doch der Salzgehalt in der Ostsee der der Ancyclusperiode vorangegangenen Meeresphase während der Rha I- Phase am höchsten (AARIO 1932; SAURAMO 1934, S. 53—54; 1940). Die Austrocknung des Törönniitynsuo-Moores und die in den Sedimenten des Mikansuo-Moores stattfindende Materialveränderung im Anfang der Ancyclusperiode sind Indikatoren einer Senkung des Wasserspiegels. Diese kann wohl in erster Hand nur dadurch hervorgerufen worden sein, dass gegen Ende der Rha-Periode im Meere eine Regres-

sion stattgefunden hat (SAURAMO 1940, S. 118 und 161). Weil der Saimaa—Päijänne—Komplex noch während der Ancylyseeephase im gleichen Niveau mit der Ostsee lag, hat sich jene Regression auch im Seebereich bemerkbar gemacht. Ausserdem deutet die langsame Abnahme der Salzwasser indizierenden Kieselalgen auf einen entsprechenden und offenbar auch gleichzeitigen Vorgang im Bereich des Rha-Meeress hin, dessen Wasserverbindung mit dem Ozean sich dabei allmählich zu einem Strombett verengte und schliesslich vollends abgeschnürt wurde. — Beim Mikansuo-Moor hat die See-phase ziemlich unverändert bis zum Anfang der Litorinaperiode fortgedauert, wo die Bildung der Lehmsedimente aufhört und sich statt dessen Feindetritus zu bilden beginnt. Dies bedeutet offenbar die Abschnürung des Mikansuo-Beckens zu einer kleinen Bucht. Indem der Moorgrund heute etwa bei 99 m und das Uferniveau des Suur-Saimaa (nach den Isobasen bei HELLAAKOSKI 1922) in der Gegend ungefähr im Niveau von 104.5 m liegt, kann diese Sedimentationsänderung gleichbedeutend mit der Entstehung der südlichen Abflüsse des Saimaa, und zwar am wahrscheinlichsten der Matkuslampi-Rinne (vgl. HELLAAKOSKI 1936, S. 80) sein, oder sie kann sich geradezu von einer Klimaveränderung herleiten, die eine beträchtliche Mengenzunahme des organischen Sedimentationsmaterials in dem schon damals seichten Mikansuo-Becken und dadurch die genannte Sedimentationsänderung verursacht hat.

Bei der Betrachtung der Holzartenverhältnisse der Wälder auf Grund der vorliegenden Diagramme wird die Aufmerksamkeit in erster Linie auf zwei Umstände gelenkt, nämlich erstens auf das hohe Teilprozent der Fichte in der postlitorinalen Zeit und zweitens auf den ebenfalls unerwartet hohen Anteil der Edellaubbäume während der Litorinaperiode. Das reichliche Vorkommen der Fichte erklärt sich durch die östlich-kontinentale Lage dieser Moore sowie den auch gegenwärtig nährstoffreichen Grund, welche zusammen auch heute noch die zum grossen Teil fichtenbeherrschte Bewaldung des Gebietes bedingen. Sonderbarer ist hingegen der Pollenanteil der edlen Laubbäume. Vergleicht man die vorliegenden Diagramme mit den entsprechenden mittel-, west- und südfinnischen Diagrammen, so begegnet man ähnlichen Verhältnissen nur in manchen süd- und südwestfinnischen Mooren sowie auf der Karelischen Landenge (AUER 1924; HYYPPÄ 1932 und 1937; AUROLA 1938). Etwas östlicher aus dem Binnenland stammende Diagramme deuten das Vorkommen von Edellaubbäumen im allgemeinen nur mit 1—3 % an, desgleichen die von KILPI (1937) aus der Gegend um Sotkamo ermittelten Diagramme. Es ist also offenbar, dass diejenigen Standortsfaktoren, die gegenwärtig die Existenz des in bezug auf seine

Vegetation viele Anknüpfungspunkte an die südfinnischen Hainzentren aufweisende Hainzentrums von Kuopio bedingen, schon zur Litorinazeit die Kuopio-Gegend vom übrigen Binnenland als ein besonderes Hainzentrum von abweichender Üppigkeit abgetrennt haben.

Ein gegenseitiger Vergleich der Pollenverhältnisse der beiden Diagramme lässt deutlich den Anteil der Umgebung an der Pollen- und zugleich der daraus ersichtlichen Waldzusammensetzung des Gebietes hervortreten. Am deutlichsten zeigt sich dieses in der Erlenspalte, die sich im Mikansuo-Diagramm zusammenhängend über die Ancyclusperiode hinweg erstreckt, im Törönniitynsuo-Diagramm aber an der entsprechenden Stelle unterbrochen ist. Vergegenwärtigen wir uns aber, dass sich die Sedimente des Mikansuo-Moores während der Ancyclusperiode relativ nahe beim Ufer ins Wasser absetzten, während die Torfschichten des Törönniitynsuo-Moores zur gleichen Zeit in einer von Moränenhügeln umgebenen Beckenvertiefung entstanden, erscheint der konstatierte Unterschied durchaus natürlich. Von den gleichen Gründen leitet sich auch die reichlichere Menge des Kiefernpollens in der Rha- und der Ancyclusperiode her. Das Mikansuo-Profil kann denn auch als Vertreter der den mittelfinnischen nährstoffreichen Ufergegenden eigenen Moorprofile angesehen werden, während das Törönniitynsuo-Profil einem ziemlich typischen Moorprofil des Moränengeländes entspricht (vgl. LUMIALA 1939). Ferner dürfte das Vorkommen von Fichtenpollen in den lehmhaltigen Sedimenten des Moorgrundes der Beachtung wert sein. Man stellt fest, dass sein Auftreten in beiden Mooren ungefähr gleichzeitig mit der Sedimentation des Lehms und des Lehmsandes, die also auf ein grösseres und zugleich tieferes Wasser hindeutet, aufhört, wenngleich dies in den beiden Profilen zeitlich auf ganz verschiedene Phasen entfällt. Dies trägt zur Stütze der schon früher geäußerten Annahme bei, nach welcher der Fichtenpollen in Wassersedimenten eine erhebliche Anreicherung erfährt, ganz unabhängig davon, ob er sich von Fernflug oder vom Vorkommen der Fichte an den Ufern des betreffenden Gewässergebietes selbst herleitet.

Ausser über den Baumpollen sei im vorliegenden Zusammenhang einiges auch über die übrige Flora der Moorumgebungen erwähnt. In den Bodenschichten des Mikansuo-Moores (390—260 cm) enthält der Pollenbestand neben dem Baumpollen folgende Arten: *Sphagnum*-Sporen spärlich, desgleichen *Lycopodium*- und Polypodiaceensporen sowie Pollen der Gramineen, *Salix* und Erikazeen. Weiter begegnet man in diesen Sandlehmschichten Gewebefragmenten vom *Carex*- und *Eriophorum*-Typ. Pollen des *Quercus*-Typs ergab sich in der Probe bei 370 cm und in den Sedimenten der Litorinaphase des öfteren.

Bei 280 cm wurde eine stattliche Sporentetrade gefunden, die in bezug auf Grösse und Struktur sehr an *Osmunda* erinnert. Etwa bei 260 cm mischen sich dem Pollenbestand eine kleine Caryophyllazee und *Hippophaë* bei; letztere ist auch in den drei folgenden Proben spärlich vertreten. In der vorletzten Lehmsandprobe ergab sich ein vereinzelt Pollenkorn von *Typha*. Beim Übergang zur Seichtwassersedimentation finden sich in den Schichten reichlich Sternhaare der Nymphaeazeen sowie Pollen sowohl von *Nuphar* als von *Nymphaea* ein. Weiter wurde in diesen Detritusproben Umbelliferenpollen gefunden. Im limnotelmatischen Kontakt und etwas darunterhalb gibt es reichlich Gewebereste von *Carex*, *Eriophorum* und *Equisetum*, desgleichen von Moosen (*Drepanocladus* sp.) Die Besonderheit des Moores, die *Trapa*-Schicht (BACKMAN und CLEVE-EULER 1922, S. 21), zeigt den reichsten Gehalt an Nüssen bei 140—150 cm, wo die Nussschalen einen wesentlichen Teil des Sedimentes bilden. Die Schicht entfällt im Pollendiagramm auf die Zeit kurz vor dem eigentlichen Allgemeinwerden der Fichte, also auf das Ende der Litorinaperiode, und zwar scheint die Art aus diesem Becken gleichzeitig mit der eintretenden Klimaverschlechterung und der endgültigen Verlandung des Beckens verschwunden zu sein. AUER (1924, S. 52 und 123) ist bezüglich der *Trapa*-Vorkommnisse des Vanajavesi-Gebietes zu dem Ergebnis gekommen, dass die wichtigste Ursache des relativ raschen Verschwindens dieser Pflanze eben in der Klimaverschlechterung zu suchen ist. Zu dem gleichen Resultat ist teilweise auch APINIS (1940, S. 20—26) gekommen, obwohl er daneben auch die Bedeutung der Standortsfaktoren (vgl. AARIO 1932), u. a. einer hinreichenden Wasser- und Sichttiefe sowie der Konkurrenz für das Gedeihen der Art hervorhebt. Aus dem Mikansuo-Moor scheint die Art etwas früher verschwunden zu sein als aus der Vanajavesi-Gegend. Ihre Ausbreitung so weit nördlich wie auf die Höhe von Siilinjärvi dürfte durch Vermittlung des Menschen stattgefunden haben (vgl. SUNDELIN 1920; AUER 1924; APINIS 1940).

In den Lehmsandsedimenten am Grunde des Törönniitynsuo-Moores (bei 450—310 cm) ist die Zusammensetzung des Nichtbaumpollenbestandes in grossen Zügen die gleiche wie im Mikansuo-Moor, doch übertrifft er den entsprechenden Pollenbestand des letzteren Moores sowohl an Reichlichkeit als (in geringerem Masse) an Artenzahl. So ist z.B. der Caryophyllazeen-Typus in diesen Proben etwas reichlicher vertreten und als neu hinzugekommene Arten kann man Chenopodiazeen-pollen sowie solchen des Cruciferen-Typs nebst *Myriophyllum* und *Rubus chamaemorus*, dazu noch »Stacheln« von *Ceratophyllum* erwähnen. *Hippophaë* tritt verhältnismässig zahlreich von 400 cm beginnend auf (das Optimum entfällt auf das 310

cm-Niveau). Auch der Pollenbestand der Torfschichten ist etwas artenreicher als im Mikansuo-Moor; als neu hinzukommende Arten seien erwähnt *Menyanthes* bei 240 cm und *Selaginella* (Sporen) bei 240—230 cm.

Unter dem in diesen Mooren angetroffenen Nichtbaumpollen beanspruchen das grösste Interesse *Hippophaë* und unter den sonstigen pflanzlichen Resten neben den *Trapa*-Nüssen die »Stacheln« von *Ceratophyllum*. Diese beiden sind in den Sedimenten des Törönniytynsuo-Moores zu finden, im Mikansuo-Moor aber nur *Hippophaë*. Ihr Hauptauftreten entfällt nach dem Pollendiagramm auf Rha und Ancylus. Nach PALMGREN (1912, S. 138 und 141) ist *Hippophaë* eine Art, die heute konkurrenzfreie Meeresuferstandorte bevorzugt. Die Nordgrenze ihrer rezenten Verbreitung im Ostseebereich liegt im nördlichsten Teil des Bottnischen Meerbusens und an der norwegischen Atlantküste etwa bei 67°56' n. Br. (LAGERBERG—LINKOLA—VÄÄNÄNEN 1939, S. 921). Nach dem heutigen Vorkommen der Art zu schliessen herrschten zur Zeit ihres relativ reichlichen Auftretens während der Rha-Periode in der Gegend des Mikansuo-Moores zumindest die gleichen klimatischen Verhältnisse wie an der gegenwärtigen Nordgrenze der Art. AARIO (1940, S. 106—107) erörtert in seiner kürzlich erschienenen Arbeit u. a. die Rha-zeitliche Vegetation und kommt zu dem Schluss, dass damals im allgemeinen subarktische Birkenwälder oder birkenbeherrschte Mischwälder vorherrschten. Dem gegenwärtigen Verbreitungsbild der Art gemäss gehört indessen *Hippophaë* nicht zum Artenbestand derjenigen Gebiete, die durch subarktische Birkenwälder oder nördliche birkenbeherrschte Mischwälder gekennzeichnet sind. Sie ist zwar in gewissem Masse kältebeständig (vgl. AARIO 1940, S. 104), ihr erwähntes relativ reichliches Vorkommen in den Sedimenten der Rha-Periode deutet jedoch darauf, dass das damalige Klima wenigstens im Hinblick auf seine Temperaturverhältnisse das Vorkommen bezüglich ihrer Holzartenzusammensetzung den heutigen Wäldern Mittelfinnlands entsprechender Wälder ermöglichte. Eine Stütze hierfür ergibt sich auch in dem Auftreten von *Ceratophyllum* in den derzeitigen Sedimenten, vom Anfang der Rha-Periode beginnend. Die gegenwärtige Nordgrenze von *Ceratophyllum* fällt annähernd mit derjenigen von *Hippophaë* (etwa 66° n. Br.) zusammen, obwohl man auch ein paar erheblich weit nördlich vorgeschobene Vorkommnisse kennt (nördlichster Fundort bei 69°34' n. Br.; LAGERBERG—LINKOLA—VÄÄNÄNEN 1939, S. 505). Ferner ist zu berücksichtigen, dass diese Arten zu der Zeit, als sie sich aktiv ausbreiteten und dabei nach dem Schwinden des Landeises auch unsere Breiten erreichten, Anspruch auf noch günstigere klimatische Verhältnisse gemacht haben dürften als an der

Nordgrenze ihrer heutigen Verbreitung, zu welcher sie wie es die Fossilfunde zeigen, beim Eintritt eines das Umsichgreifen der Nadelwälder ermöglichenden Klimas beweislich zurückgewichen sind. Die in den untersuchten Mooren unterhalb des Rha-Niveaus gefundene Pollenflora deutet auf teilweise arktische oder alpine Verhältnisse nur in den aller untersten Schichten hin, z. B. im Törönniitynsuo bei 450—430 cm, wo man einer deutlich birkenbeherrschten Pollenflora begegnet. Das damals geherrschte kühle Klima spiegelt sich zum Teil auch in den nördlich betonten Kieselalgen wider, die in den genannten Sedimenten bis zu 25 % gefunden wurden, aber diese Kälteperiode scheint auch nach dem Ausweis der Diatomeenflora von nur kurzer Dauer gewesen zu sein. Schon in den Sedimenten aus dem Anfang der Rha-Periode macht sich nämlich eine bedeutende Verminderung sowohl der Arten- als der Individuenzahl dieses borealen Diatomeenelements bemerkbar. Und ausserdem erringt sich die Kiefer schon im Anfang der Rha-Periode einen so grossen Anteil im Pollendiagramm, dass man auf ihr vorzügliches Gedeihen in der Gegend schliessen muss. Diese Tatsachen machen es wahrscheinlich, dass wenigstens in Mittelfinnland während der Rha-Periode, und zwar schon von ihrem Anbeginn, ein hinsichtlich seines Temperaturstandes zumindest den rezenten mittelfinnischen Verhältnissen entsprechendes, recht wahrscheinlich aber sogar einigermaßen günstigeres Klima geherrscht hat.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. M. SAURAMO, sei bestens gedankt für die wertvollen Angaben und Anleitungen, die ich von ihm empfangen durfte. Desgleichen danke ich den Herren Doz. L. AARIO und Doz. E. HYYPPÄ für viele das vorliegende Thema betreffende und zur Förderung desselben beigetragene Besprechungen. Ferner schulde ich Dank Herrn Mag. phil. K. MÖLDER, der die Diatomeen der beiden Moore bestimmte und sie nach ökologischen Gesichtspunkten gruppierete. — Die Übersetzung der Arbeit ins Deutsche hat Herr H. EDELMANN besorgt.

Erklärungen zu der Tabelle:

Die Zahlen 350,340 usw. geben die Tiefen in cm an, aus denen die betr. Proben entnommen sind (vgl. die Pollendiagramme). Die Zahlen in den Spalten bedeuten die Individuenzahl in Prozenten von 250 bzw. 200 (bei individuenarmen Proben von mindestens 60) gezählten Individuen. Ein + zeigt an, dass die betreffende Art zu weniger als 1 % in der Probe vorkommt oder in sehr individuenarmen Proben überhaupt vertreten ist. S = Salzwasserarten, B = Brackwasserarten, N = nördliche Arten, G = Grosseceformen, I = Indifferenten.

LITERATURVERZEICHNIS.

- AARIO, LEO, 1932, Pflanzentopographische und paläogeographische Mooruntersuchungen in N-Satakunta. *Fennia*, 55, N:o 1, S. 1—179.
- 1940, Waldgrenzen und subrezentent Pollenspektren in Petsamo Lappland. *Ann. Acad. Scient. Fenn.*, Ser. A., Tom. 54, N:o 8, S. 1—120.
- APINIS, ARV., 1940, Untersuchungen über die Ökologie der *Trapa L.* I Teil. Systematische Zugehörigkeit, Geschichte, Standortsverhältnisse und die Verbreitung der Pflanze in Lettland. *Acta Horti Bot. Univ. Latviensis*, XIII, N:o 4, S. 7—83.
- AUER, VÄINÖ, 1924, Die postglaziale Geschichte des Vanajavesisees. *Bull. Comm. Géol. Finl.*, 69, S. 1—156.
- AUROLA, ERKKI, 1938, Die postglaziale Entwicklung des südwestlichen Finnlands. (Diss.) *Bull. Comm. Géol. Finl.*, 121, S. 1—166.
- BACKMAN, A. L. und CLEVE-EULER, ASTRID, 1922, Die fossile Diatoméenflora in Österbotten. *Acta For. Fenn.*, 22, S. 1—73.
- FROMM, ERIK, 1938, Geochronologisch datierte Pollendiagramme und Diatoméenanalysen aus Ångermanland. *Geol. För. Förh.*, 60, S. 365—381.
- HELLAAKOSKI, AARO, 1922, Suursaimaa. *Fennia*, 43, N:o 4, S. 1—122. (Mit deutsch. Referat)
- 1936, Das Alter des Vuoksi. *Compt. Rend. Soc. Géol. Finl.*, IX, N:o 3, S. 74—106.
- HYYPÄ, ESA, 1932, Die postglazialen Niveauverschiebungen auf der Karelichen Landenge. (Diss.) *Fennia*, 56, N:o 1, S. 1—241.
- 1937, The post-glacial changes of shore-line in South Finland. *Bull. Comm. Géol. Finl.*, 120, S. 1—225.
- KILPI, SAMPO, 1937, Das Sotkamo-Gebiet in spätglazialer Zeit. (Diss.) *Bull. Comm. Géol. Finl.*, 117, S. 1—118.
- LAGERBERG, TORSTEN, LINKOLA, K. und VÄÄNÄNEN, HEIKKI 1939, Pohjolan luonnonkasvit. Teil II, S. 281—945. Porvoo—Helsinki.
- LUMIALA, O. V., 1939, Das Moor Vanhalammensuo (Kuusamo, Korvasvaara). *Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo*, 12, N:o 3, S. 1—16.
- PALMGREN, ALVAR, 1912, *Hippophaës rhamnoides* auf Åland. *Acta Soc. F. Fl. Fenn.*, 36, N:o 3, S. 1—188.
- SAURAMO, MATTI, 1934, Zur spätquartären Geschichte der Ostsee. (Vorl. Mitt.) *Bull. Comm. Géol. Finl.*, 104, S. 1—60.
- 1937, Das System der spätglazialen Strandlinien in südlichen Finnland. *Soc. Scient. Fenn. Comm. Phys.-Math.*, IX, N:o 10, S. 1—22.
- 1939, The mode of the land upheaval in Fenno-Skandia during Late-Quaternary time. *Compt. Rend. Soc. Géol. Finl.*, 13, N:o 3, S. 1—26.
- 1940, Suomen luonnon kehitys jääkaudesta nykyaikaan. S. 1—286. Porvoo—Helsinki.
- SUNDELIN, UNO, 1920, Om stenålderfolkets och sjönötens invandring till småländska höglandet. *Ymer*, 1920, N:o 2—3, S. 131—195.

2.

RÖNTGENSPEKTROGRAPHISCHE BESTIMMUNG DES
TANTALS

VON

TH. G. SAHAMA, KALERVO RANKAMA UND VOITTO HEINÄSUO.

INHALT.

	Seite
VORWORT	22
HERSTELLUNG UND AUFNEHMEN DER EICHPRÄPARATE	23
AUFSTELLUNG DER SCHWÄRZUNGSKURVEN	26
DIE EICHKURVEN	29
METHODE DER S-KURVENABSTÄNDE	31
GENAUIGKEIT DER TANTALBESTIMMUNG	31
LITERATUR	33

VORVORT.

Die bekanntlich sehr mühevoll Bestimmung des Tantals auf chemischem Wege hat den Analytiker dazu geführt, spektrographische Methoden zum qualitativen Nachweis und in neuester Zeit auch zur quantitativen Bestimmung desselben heranzuziehen. Für die optische Spektrographie sind vor allem zwei Methoden angegeben worden. Breckpot und Creffier (1937) haben Tantal in einem Oxydgemisch von Nb und Ta bestimmt. Die Bestimmung erfolgte im Kohlebogen von 2 Amp. Stromstärke (Creffier 1938) mit Graphit-elektroden. Sie bestimmten das Intensitätsverhältnis von einer Anzahl ultravioletter Nb- und Ta-Linien bei verschiedenen Ta-Gehalten und konnten auf Grund der gewonnenen Werte eine Eichkurve für Konzentrationen von 1 % Ta an aufwärts aufstellen. Später hat Schliessmann (1939) das Intensitätsverhältnis $\text{Fe } 2387.46 / \text{Ta } 2387.1$ mit bekannten Eisengehalten zur funktenspektrographischen Ta-Bestimmung in Stahl und Eisen überprüft. Die photometrisch erfassbare Grenze des Nachweises der Methode liegt nach ihm ebenfalls bei 1 % Ta.

Die beiden oben beschriebenen optisch-spektrographischen Methoden sind wegen der geringen Empfindlichkeit bei der Untersuchung von Mineralen und Gesteinen nur in seltenen Ausnahmefällen ohne chemische Vorbehandlung des Materials anwendbar. Wenn man aber die spektrographische Analyse mit einer chemischen Anreicherung des Tantals und Niobs verknüpft, kann man die Empfindlichkeit stark genug erhöhen, um die in den Gesteinen üblichen Konzentrationsbereiche erfassen zu können. Einer derartigen Arbeitsweise haben sich v. Hevesy, Alexander und Würstlin (1929 und 1930) bedient und dabei die röntgenspektrographische Methode gewählt. Hinsichtlich des Tantals haben v. Hevesy und Böhm (1927) die röntgenspektrographische Arbeitsvorschrift in den Einzelheiten gegeben. Als Vergleichselement wird von den genannten Forschern Erbium benutzt und dabei das Intensitätsverhältnis der Linien $\text{TaL}\alpha_1$ und $\text{ErL}\beta_2$ als Grundlage für die Ta-Bestimmung genommen. Der zu analysierenden Probe, die sich suspendiert in Lösung befindet, wird soviel Er-Lösung bekannten Gehalts zugefügt, bis die genannten Linien

intensitätsgleich sind. Dies ist erreicht, wenn das Gewichtsverhältnis von Er_2O_3 und Ta_2O_5 in der aufgenommenen Mischung gleich 4.7 : 1 ist.

Die erörterte Methode von v. Hevesy und Böhm erfordert für jede einzelne Analyse eine gewisse Reihe von Aufnahmen mit verschiedenen Er-Gehalten. Wie aus den oben angeführten Arbeiten von v. Hevesy, Alexander und Würstlin (*op. cit.*) sowie aus einer vorläufigen Untersuchung von Rankama, über die er in naher Zukunft in dieser Zeitschrift berichten wird, hervorgeht, ist der Geochemiker in den weitaus meisten Fällen darauf angewiesen, die röntgenspektrographische Analyse aus einer sehr kleinen Menge des chemischen Anreicherungsprodukts auszuführen. Soweit es sich nun um Materialmengen handelt, die nur einige Milligramm betragen, ist es als Vorteil zu betrachten, wenn man die quantitative Auswertung des Ta-Gehalts auf Grund einer einzigen Aufnahme — mit etwaigen Parallelaufnahmen — durchführen kann. Weil aber jedoch in der Praxis die Grössenordnung des Ta-Gehalts öfters gänzlich unbekannt ist, empfiehlt es sich, zuerst eine rohe Orientierungsaufnahme ohne Vergleichsstoff zu machen. Bei einer derartigen Arbeitsweise ist man jedenfalls imstande, die quantitative Bestimmung mit zwei Aufnahmen durchzuführen, ein Umstand, der besonders bei grösseren Analysen reihen von erheblicher Erleichterung ist.

Aus dem erörterten Grunde wurde in der vorliegenden Arbeit die Aufgabe gestellt, die Methode von v. Hevesy und Böhm, die als eine Art Nullmethode zu bezeichnen ist, derart weiter zu entwickeln, dass man aus dem gemessenen Intensitätsverhältnis der Linien $\text{ErL}\beta_2$ und $\text{TaL}\alpha_1$ und aus der zugesetzten Er_2O_3 -Menge den Gehalt an Ta_2O_5 berechnen kann. M. a. W., es wurde die Aufgabe gestellt, das Intensitätsverhältnis der betr. Linien als Funktion des entsprechenden Konzentrationsverhältnisses mit der für die Ta-Bestimmungen zur Verfügung stehenden Apparatur und unter ähnlichen Aufnahmebedingungen aufzuzeichnen. Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist demgemäss mit der Aufstellung einer Eichkurve in der optischen Spektrographie analog.

HERSTELLUNG UND AUFNEHMEN DER EICHPRÄPARATE.

Zur Herstellung der Eichung lag ein Erbiumpräparat in Oxydform vor, das der eine von uns dem freundlichen Entgegenkommen des Herrn Dr. Dr.-Ing. Wilh. Feit (Berlin-Zehlendorff-West) verdankt. Nach einer brieflichen Mitteilung von ihm ist das Präparat von Frau

Dr. Ida Noddack (Freiburg i. Br.) röntgenspektrographisch untersucht und sind als Verunreinigungen 2 % Tu_2O_3 sowie Spuren von Y gefunden worden. Das angewandte Ta_2O_5 -Präparat stammt von der Firma Dr. Fraenkel und Dr. Landau und enthält nach Angaben der Firma 0.3 % Nb_2O_5 sowie 0.7 % Fe_2O_3 . Das Präparat von TiO_2 , das als Grundsubstanz für die Eichung diente, ist röntgenspektrographisch Ta-frei. Von diesen Präparaten wurden zwei Reihen Eichmischungen hergestellt. Dies geschah in der Weise, dass die betr. Oxyde in Lösung gebracht wurden und zwar Er_2O_3 mit conc. HNO_3 , Ta_2O_5 durch Aufschliessen mit K_2CO_3 sowie TiO_2 durch Aufschliessen mit $K_2S_2O_7$. Diese Lösungen wurden in bestimmten Verhältnissen gemischt, mit Ammoniak in geringem Überschuss gefällt, filtriert und gegläht sowie eine kurze Zeit in kleinen Achatmörsern gerieben. Die erste der Eichreihen enthält kein Erbium und zeigt folgende Gehalte an Ta_2O_5 in TiO_2 :

0.3 % Ta_2O_5	10.0 % Ta_2O_5
0.6	13.0
1.0	16.0
3.0	20.0
6.0	23.0

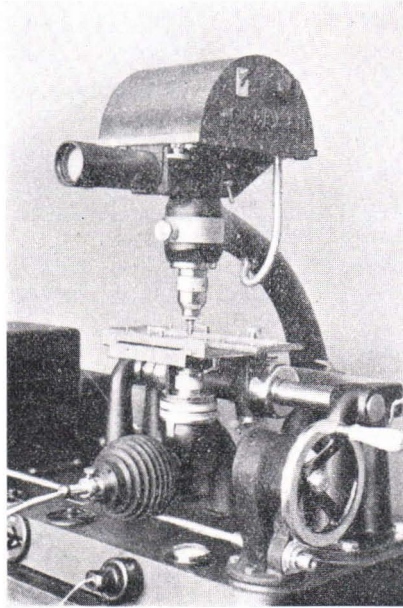
Die Eichreihe diente dem visuellen Vergleich zur ersten rohen Orientierung.

Die Mischungen der zweiten Eichreihe enthielten alle 25 % Er_2O_3 und zeigten folgende Gehalte an Ta_2O_5 in TiO_2 :

0.3 % Ta_2O_5	6.0 % Ta_2O_5
0.45	8.0
0.6	10.0
1.0	13.0
2.0	16.0
3.0	20.0
4.0	23.0
5.0	

Sämtliche Mischungen wurden auf Kupferanode mit 45 KV effektiver Spannung und etwa 8–10 MA Strom mehrere male aufgenommen. Der Kalkspatkristall der Drehkristallkamera wurde zwischen $13\frac{1}{2}$ und $16\frac{1}{2}$ Grad geschwenkt und der Film eine halbe Stunde belichtet. Wegen der genügenden Härte der angeregten Röntgenstrahlen wurden die Aufnahmen ohne Vakuum in der Kamera gemacht.

Von den erhaltenen Spektrogrammen wurden mit einem von Herrn Mag. Phil. Lars E. Lindfors (Helsinki) gebauten selbstregistrierenden Photometer mit Sperrschicht-Zelle (Fig. 1) Registramme hergestellt und aus diesen die Resultate berechnet.



Teilansicht.



Totalansicht.

Fig. 1. Selbstregistrierender Photometer nach Lindfors.

AUFSTELLUNG DER SCHWÄRZUNGSKURVEN.

Bei der Schwenkung des Kalkspatkristalls zwischen $13\frac{1}{2}$ und $16\frac{1}{2}$ Grad erhält man auf dem Film folgende Linien:

ErL β_4	1596	XE
ErL β_1	1583.4	
ErL β_3	1556	
TaL α_1	1518.3	
ErL β_2	1511.2	

Ausserdem ist das CuK α -Dubblett der Anode sowie die WL α_1 -Linie der W-Spirale sichtbar. Wenn man nun nach der Methode von v. Hevesy und Böhm (*op. cit.*) durch stufenweise Zusetzung der Vergleichslösung dasjenige Konzentrationsverhältnis aufsucht, bei dem die Linien TaL α_1 und ErL β_2 gleiche Intensität zeigen, spielt der Vorgang der Schwärzung des Films gar keine Rolle. Wenn dagegen nach der vorliegenden Aufgabe das Intensitätsverhältnis der beiden Linien, das ja im allgemeinen nicht gleich eins ist, als Mass für das Konzentrationsverhältnis beider Stoffe verwendet wird, muss man unbedingt den Verlauf der Schwärzungskurve für jeden einzelnen Film berücksichtigen. Dabei ist aber ausserdem darauf zu beachten, dass die Schwärzung des Untergrundes, die bei den Röntgenaufnahmen stets eine erhebliche ist, ihren nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Schwärzung der Linien ausübt. Wie vor allem von Strock anlässlich seiner Lithiumbestimmungen (1936 a und b) hervorgehoben und später ausführlich dargelegt worden (1938), kann man bei der praktischen Aufzeichnung einer Schwärzungskurve aus der Photometerkurve des Films nicht einfach von dem Ausschlag der Linie den Ausschlag des Untergrundes an der betr. Stelle subtrahieren.

Um den praktischen Einfluss der von Strock dargelegten Erscheinung auf den vorliegenden Fall klarzulegen, wurde ein Versuch gemacht, das Spektrum in der Längsrichtung der Linien stufenweise in bekannten Verhältnissen zu schwächen. Weil die Methode mit dem rotierenden Stufensektor der optischen Spektrographie aus technischen Gründen nicht durchführbar erscheint, wurde aus Aluminiumfolien bekannter Dicke ein treppenartiger Schirm gebaut, der dicht vor den Film gestellt wurde. Das 10 mm breite Spektrum wurde derart in fünf Stufen zerlegt, dass die erste ohne Schirm belichtet wurde, während vor den übrigen Stufen 0.004, 0.009, 0.019 und 0.044 cm dicke Folien standen. Die relativen Intensitäten der Stufen, ausgedrückt in Prozenten der unabgeschirmten Stufe, die doch ihrerseits

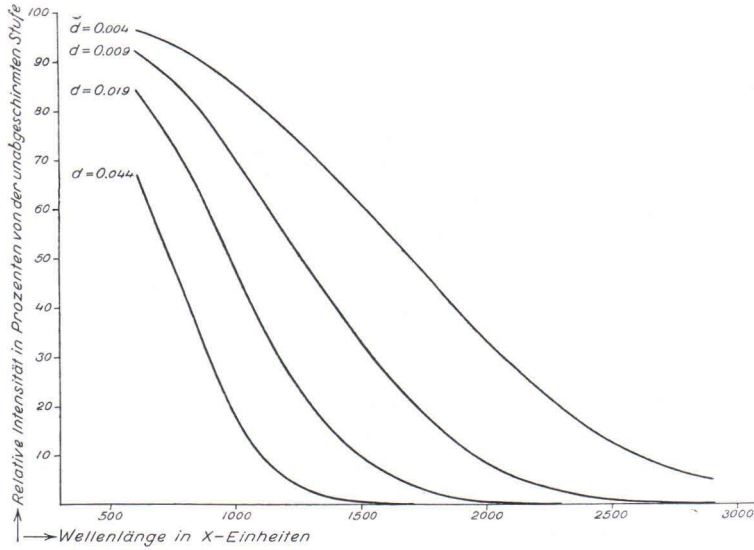


Fig. 2. Relative Intensitäten der vier durch Aluminiumfolien abgeschirmten Stufen einer Stufenaufnahme in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Nach Daten von Jönsson.

von der Wellenlänge abhängig sind, wurden auf Grund der Daten von Jönsson (1928) ausgerechnet und in Fig. 2 graphisch dargestellt. Wie aus der Figur ersichtlich, zeigen die Kurven einen ziemlich steilen Verlauf. In dem vorliegenden Wellenlängenbereich zwischen etwa 1500—1600 XE absorbiert die unterste Stufe des Schirmes mit der 0.044 cm dicken Folie die Strahlung beinahe vollständig und kommt demgemäss bei der Aufzeichnung der Schwärzungskurven nicht in Anwendung. Die relativen Intensitäten sind nach den Daten von Jönsson für die oben erwähnten Linien folgende:

Linie	Relative Intensität der Stufe				
	1	2	3	4	5
ErL β_2	100	60.7	32.5	9.4	0.4
TaL α_1	100	60.4	32.2	9.2	0.4
ErL β_3	100	58.5	30.0	7.9	0.3
ErL β_1	100	56.9	28.2	6.9	0.2
ErL β_4	100	56.3	27.4	6.5	0.2

Macht man nun einen Versuch, die Schwärzungskurve auf Grund irgendeiner Linie einer Stufenaufnahme aufzuzeichnen, und misst man den Galvanometeraussschlag vom Gipfel der Linie bis zum Untergrund, so erhält man, wie von Strock (*op. cit.*) dargelegt, eine Kurve, die am oberen Ende einen fallenden Verlauf zeigt. Dieser Umstand

ist u. a. aus der beigefügten Fig. 3 zu ersehen, die die Ausschläge der $\text{ErL}\beta_2$ -Linie für die vier ersten Stufen darstellt. Dagegen wird der Verlauf normal — am oberen Ende jedoch flach — steigend, wenn die Messung des Ausschlags bis zu dem unbelichteten Filmschleier ausgedehnt wird. Diejenigen Gesetze und besonders die praktisch wichtigen Folgen, denen die Schwärzungen der Linie und des Untergrundes unterstehen, sind wohl vorläufig noch nicht in allen Einzelheiten bekannt. Aus dem Grunde ist der heutige Analytiker darauf angewiesen, die Messung der Photometerkurve einfach auf eine bestimmte Weise auszuführen und diese Art der Messung durch die ganze Analysenreihe hindurch, sowohl für die Eichungen als auch für die Analysenaufnahmen, konstant beizubehalten. Demgemäss wurde in der vorliegenden Arbeit die Messung der Linien immer vom Gipfel bis zu dem unbelichteten Filmschleier erstreckt.

Die zur Aufstellung der Schwärzungskurven benötigten Schwärzungsmarken wurden auf zweierlei Weise erzeugt. Analog mit dem Verfahren von Bauer (1935) in der optischen Spektrographie wurden auf die ohne Stufenblende exponierten Filme gesonderte Aufnahmen von dem weiter oben erwähnten Erbiumoxyd mit Stufenblende gemacht. Als Schwärzungsmarke wurde die Linie $\text{ErL}\beta_2$ in den vier Stufen verwendet und dadurch das Intensitätsverhältnis von $\text{ErL}\beta_2$ und $\text{TaLa}\alpha_1$ aus dem zu untersuchenden Spektrum gebildet.

Weil aber diese Arbeitsweise für jeden einzelnen Film eine gesonderte Schwärzungsaufnahme erfordert, wurde von einer mit dem Verfahren von Minami (1936) ähnlichen Methode Gebrauch gemacht, nach dem das konstante Intensitätsverhältnis der Röntgenlinien eines Elementes als Grundlage für die Schwärzungskurve dient. Wie weiter oben erörtert, erhält man in dem vorliegenden Wellenlängenbereich vier Linien der L-Serie des Erbiums, die doch miteinander in konstantem Intensitätsverhältnis stehen. Setzt man z. B. die Intensität der Linie $\text{ErL}\beta_1$ gleich 100, so kann man diejenigen der übrigen β -Linien entsprechend umrechnen und die so erhaltenen relativen Intensitäten als Abzissen für die Schwärzungskurve wählen. Dabei wurden aber nicht, wie bei Minami, die wahren Intensitäten gebraucht, sondern diejenigen relativen Intensitäten, die unter den betr. Arbeitsbedingungen tatsächlich auf dem Film beobachtet werden, und zwar ohne weitere Korrekturen als die durch die Schwärzung bedingte. Um

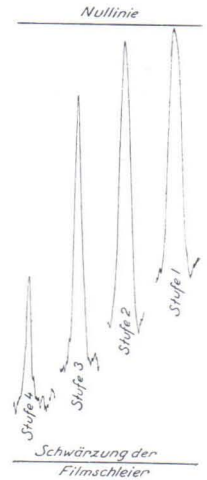


Fig. 3. Galvanometerausschläge der vier ersten Stufen der $\text{ErL}\beta_2$ -Linie.

diese relativen Intensitäten der β -Linien in der L-Serie des Erbiums zu bestimmen, wurde das Er_2O_3 -Präparat fünfmal mit der Stufenblende aufgenommen, die einzelnen Stufen wurden photometriert und die Schwärzungskurven in der in Fig. 4 angedeuteten Weise

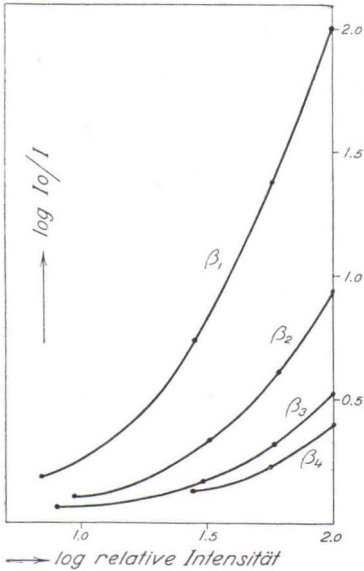


Fig. 4. Schwärzungskurven der β -Linien in der L-Serie des Erbiums.

aufgezeichnet. Als Abzissen dienten die relativen Intensitäten einzelner Stufen nach der Tabelle auf Seite 27 und als Ordinaten die Logarithmen der Intensitätsverhältnisse I_0/I , wo I_0 = Galvanometerausschlag des durch den unbelichteten Filmschleier hindurchgetretenen Lichtes in dem Photometer und I = Intensität des durch die Linie auf die Photozelle geratene Lichtes. Durch Messung des horizontalen Abstandes zwischen den Kurven der β_1 -Linie und der übrigen β -Linien und durch Gleichsetzung der relativen Intensität der $\text{ErL}\beta_1$ -Linie mit 100 konnten die relativen Intensitäten der $\text{ErL}\beta_2$ -, $\text{ErL}\beta_3$ - und $\text{ErL}\beta_4$ -Linien bestimmt werden. Als Mittelwerte aus den fünf Aufnahmen ergaben sich:

$$\begin{aligned} \text{ErL}\beta_1 & 100; & \text{ErL}\beta_3 & 46; \\ \text{ErL}\beta_2 & 74; & \text{ErL}\beta_4 & 33; \end{aligned}$$

Weil die Schwärzungskurven der betr. Linien nicht immer streng parallel verlaufen, sind die erhaltenen Werte nicht als sehr genau zu betrachten. Für den vorliegenden Fall ist aber die Genauigkeit durchaus genügend, soweit man nur dafür sorgt, dass für sämtliche Aufnahmen die gleichen Intensitäten gebraucht werden.

DIE EICKURVEN.

In der oben angeführten Weise wurden aus den 2 bis 4 mal wiederholten Aufnahmen der Mischungen der zweiten Eichreihe die Intensitätsverhältnisse von $\text{ErL}\beta_1$, $\text{ErL}\beta_2$, $\text{ErL}\beta_3$ und $\text{ErL}\beta_4$ einerseits, sowie $\text{TaL}\alpha_1$ andererseits gebildet und in die Fig. 5 eingetragen. Als Abzissen für die Kurven der Fig. wurden die Gewichtsverhältnisse von Er_2O_3 und Ta_2O_5 der betr. Mischungen gewählt.

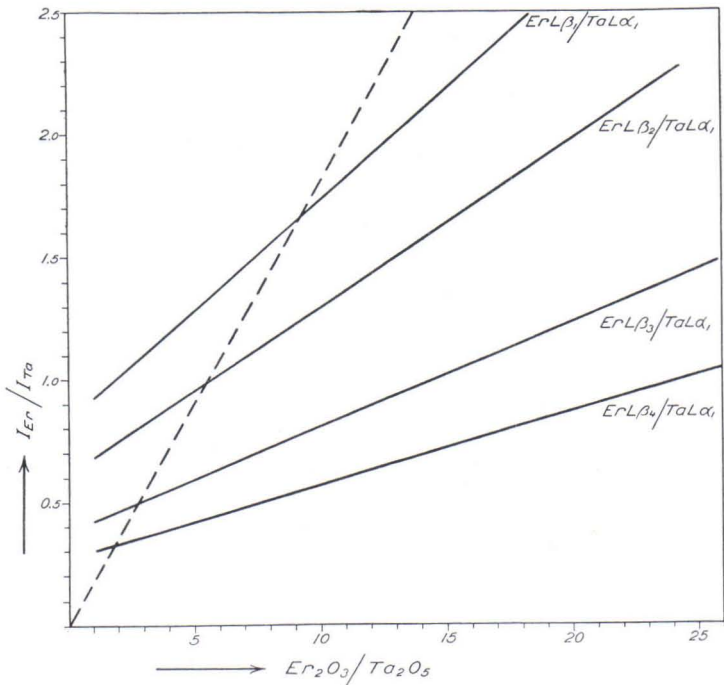


Fig. 5. Eichkurven für die Intensitätsverhältnisse $ErL\beta_1/TaL\alpha_1$, $ErL\beta_2/TaL\alpha_1$, $ErL\beta_3/TaL\alpha_1$ sowie $ErL\beta_4/TaL\alpha_1$.

Wie aus der Fig. ersichtlich, liegt das Konzentrationsverhältnis von Er_2O_3 und Ta_2O_5 , das dem Intensitätsverhältnis von $ErL\beta_2/TaL\alpha_1 = 1$ entspricht, bei etwa 5.6. Diese Zahl weicht von der von v. Hevesy und Böhm angegebenen 4.7 merklich ab. Die Ursachen für diese Abweichung sind wohl in der hier angewandten pulsierenden Spannung sowie in den sonstigen Verschiedenheiten der Apparatur zu suchen. Um nun zu ergründen, ob das von v. Hevesy und Böhm festgestellte Konzentrationsverhältnis bei Intensitätsgleichheit der betr. Linien auch bei unserer Apparatur mit der gleichen Spannung gilt, wurden diejenigen Eichmischungen, die neben Erbium 4.0 % resp. 5.0 % Ta_2O_5 enthielten, mit einer Spannung von etwa 21 KV zweimal aufgenommen. Bei diesen Aufnahmen wurde aber beobachtet, dass die Intensitätsverhältnisse der $ErL\beta$ -Linien und $TaL\alpha_1$ -Linie, die mit 45 KV Spannung wahrzunehmen sind, auch bei 21 KV herrschen und dass demgemäss, wie von v. Hevesy und Böhm erörtert, das Intensitätsverhältnis von $ErL\beta_2$ und $TaL\alpha_1$ gegen Änderung der Spannung ziemlich unempfindlich ist.

Wenn man nun das bei unserer Apparatur festgestellte gewichtsprozentische Konzentrationsverhältnis von Er_2O_3 und Ta_2O_5 bei Intensitätsgleichheit der Linien $\text{ErL}\beta_2$ und $\text{TaL}\alpha_1$ gleich 5.6 setzt und dabei annimmt, dass die Intensität einer Röntgenlinie direkt proportional mit der Konzentration ist, so müsste wohl die Eichkurve für $\text{ErL}\beta_2/\text{TaL}\alpha_1$ theoretisch auf der in Fig. 5 gestrichelt gezeichneten Gerade verlaufen. Dass dies aber tatsächlich nicht der Fall ist, ist aus der Fig. ersichtlich. Die Divergenz dieser theoretischen und andererseits tatsächlich festgestellten Eichkurven für das betr. Intensitätsverhältnis ist wohl in dem Einfluss der Grundschwärzung und in der dadurch bedingten Art der Messung der Photometerkurven begründet. Wenn man auf der Photometerkurve zwei Linien vor sich hat, die die gleiche Grundschwärzung zeigen und deren Intensitätsverhältnis von 1 : 1 abweicht, ist das zahlenmäßige Verhältnis der Intensitäten der beiden Linien offenbar davon abhängig, ob man die Messung vom Gipfel der Linie bis zu dem Untergrunde oder bis zu dem Ausschlag des unbelichteten Filmschleiers erstreckt.

METHODE DER S-KURVENABSTÄNDE.

Ausser dem oben erörterten Verfahren durch Bildung des Intensitätsverhältnisses der $\text{ErL}\beta$ -Linien und der $\text{TaL}\alpha_1$ -Linie kann man natürlich auch in der Röntgenspektrographie die von Strock (*op. cit.*) angewandte Methode bei der optisch-spektrographischen Bestimmung des Lithiums verwenden. Zu dem Zweck wurde ein Teil der Mischungen der zweiten Eichreihe mit der Stufenblende aufgenommen, die Schwärzungskurven (S-Kurven) für die $\text{L}\beta$ -Linien des Erbiums sowie für die $\text{TaL}\alpha_1$ -Linie in konstanter Skala aufgezeichnet und die horizontalen Abstände zwischen der Ta-Kurve und den einzelnen Er-Kurven bei der Ordinate 0.2 gemessen. Diese Messresultate, etwa in Millimeter ausgedrückt, wurden in Abhängigkeit von dem Konzentrationsverhältnis $\text{Er}_2\text{O}_3/\text{Ta}_2\text{O}_5$ als neue Eichkurven aufgestellt. Dabei liess sich feststellen, dass diese Methode für den vorliegenden Zweck ebenso gut brauchbar ist wie das weiter oben besprochene Verfahren.

GENAUIGKEIT DER TANTALBESTIMMUNG.

Zur Prüfung der Genauigkeit des weiter oben erläuterten Verfahrens bei der Bestimmung des Tantals wurde auf ähnliche Weise

wie bei den Eichpräparaten eine Oxydmischung mit 15.19 % Er_2O_3 , 2.57 % Ta_2O_5 und 82.25 % TiO_2 hergestellt und diese Mischung fünfmal aufgenommen. Die erhaltenen Resultate sind folgende:

Film No.	Ta_2O_5	Fehler
I	2.72 %	+ 6.0 %
II	2.76	+ 7.6
III	2.76	+ 7.6
IV	2.61	+ 1.6
V	2.59	+ 0.8

Wie ersichtlich, beträgt die erreichbare Genauigkeit in dem betr. Konzentrationsbereich, der wohl öfters bei der Anwendung der chemischen Anreicherungsverfahren von Rankama vorkommt, grösser als etwa 10 %. Diese Genauigkeit ist für geochemische Aufgaben als vollständig befriedigend zu betrachten.

Für die bereitwillige Unterstützung bei der Arbeit sind die Verfasser Herrn Stud. Phil. Viljo Kanula zu Dank verpflichtet.

Geochemisches Laboratorium, Mineralogisch-Geologisches Institut der Universität Helsinki. Dezember 1940.

LITERATUR.

- BAUER, HERBERT, Quantitative Spektralanalyse schwer verdampfbarer Stoffe im Lichtbogen untersucht am Lanthanoxyd. Zeitschr. anorg. allg. Chem., Bd. 221, S. 209, 1935.
- BRECKPOT, R. et CREFFIER, J., Le dosage spectrographique du niobium et du tantale. Ann. Soc. Sci. Bruxelles, T. LVII, série I, S. 290, 1937.
- CREFFIER, J., Over de spectraalanalyse van Niobium en Tantaal, Naturwetenschappelijk Tijdschrift, XX, Congres-nummer, blz. 63, 1938.
- V. HEVESY, G. und BÖHM, J., Die quantitative Bestimmung des Tantals auf röntgenspektroskopischem Wege, Zeitschr. anorg. allg. Chem., Bd. 164, S. 69, 1927.
- V. HEVESY, G., ALEXANDER, E. und WÜRSTLIN, K., Über das Häufigkeitsverhältnis Niob-Tantal in Titanmineralien, Zeitschr. anorg. allg. Chem., Bd. 181, S. 95, 1929.
- Die Häufigkeit der Elemente der Vanadiumgruppe in Eruptivgesteinen, Zeitschr. anorg. allg. Chem., Bd. 194, S. 316, 1930.
- JÖNSSON, EDVIN, Absorptionsmessungen im langwelligen Röntgengebiet und Gesetze der Absorption, Uppsala Univ. Årsskrift, Matematik och Naturvetenskap, 1, 1928.
- MINAMI, E., Gehalte an seltenen Erden in europäischen und japanischen Tonschiefern, Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Neue Folge, Bd. 1, S. 155, 1935.
- SCHLISSMANN, OTTO, Zur spektralanalytischen Bestimmung von Niob und Tantal in hochlegierten Eisen- und Stahlproben, Spectrochimica Acta, Bd. 1, S. 239, 1939.
- STROCK, LESTER W., Zur Geochemie des Lithiums, Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Neue Folge, Bd. 1, S. 171, 1936 (a).
- Spectrum Analysis with the Carbon Arc Cathode Layer, Published by Adam Hilger, Ltd., London, 1936 (b).
- Contribution to the Knowledge of the Photographic Latent Image and Development Process, Skr. Norske Videnskaps-Akademi Oslo, I. Mat.-Naturv. klasse, No. 10, 1938.
-

3.

THE NIOBIUM AND TANTALUM CONTENT OF THREE
FINNISH ARCHAEOAN GRANITES

(A PRELIMINARY REPORT)

BY

KALERVO RANKAMA

ABSTRACT.

The main features of a new method of chemical pre-enrichment for the determination of niobium and tantalum in rocks are presented together with Nb and Ta determinations of three Finnish Archaean granites, carried out by the use of the said method in combination with X-Ray spectrography.

CONTENTS:

	Page
INTRODUCTION	34
METHOD OF ANALYSIS	35
CHEMICAL PRE-ENRICHMENT	35
X-RAY SPECTROGRAPHIC DETERMINATION.....	36
RESULTS OF THE ANALYSES	37
CONCLUSIONS	37
ACKNOWLEDGMENTS	38
REFERENCES	39

INTRODUCTION.

Due to the lack of suitable methods for the determination of niobium and tantalum in rocks, our present knowledge regarding the geochemistry of these elements is in many respects inadequate. The present methods of analysis for the determination and separation of niobium and tantalum have been worked out for comparatively large amounts of these elements, such as are found in most of the niobium and tantalum minerals proper. Converted to a micro scale, even the best of these methods tend to grow inaccurate and, accordingly, the determination by their use of mere traces of niobium and tantalum present in the rocks will be more or less hazard-

ous. Even the methods of spectrum analysis, highly sensitive for a large number of elements, fail in the case of tantalum. As for niobium, van Tongeren (1938, p. 80) has determined percentages as low as $3 \cdot 10^{-3}$ % Nb_2O_5 by the aid of optical spectrography. We may also note that Goldschmidt and Bauer have carried out extensive studies on the geochemistry of niobium based on determinations made by the use of optical spectrography (*cf.* Goldschmidt, 1937 a, p. 54). Their results have, however, not yet been published.

The possibilities of analysis by X-Rays in connection with a suitable chemical pre-enrichment have been used by v. Hevesy (v. Hevesy, Alexander und Würstlin, 1930) for the determination of Nb and Ta in a mixture of Caledonian and Variskian intrusive rocks of Central Europe. Due to the modification of the X-Ray analysis used by v. Hevesy and co-workers, the amount of the rock mixture had to be very large, 500 g. being taken for the pre-enrichment.

Recently, the use of phenylarsonic acid, $\text{C}_6\text{H}_5\text{AsO}(\text{OH})_2$, for the detection of small amounts of the earth acids in minerals, rocks, and metals has been introduced by Alimarin and Fried (1937). The precipitation of Nb and Ta being quantitative, this method was thought to be suitable to enrich the earth acids present in the rocks for an X-Ray analysis. For this purpose, a method based on the use of phenylarsonic acid was worked out, the main features of which will be given below. The earth acid precipitates from a few Finnish Archaean granites were submitted to an X-Ray spectrum analysis, and the Nb and Ta values obtained from them will be presented as the first from a series of determinations dealing with the investigation of the geochemistry of niobium and tantalum, more especially in the Finnish Archaean formations. This report being only a preliminary one, all the details of the analytical methods *etc.* will be discussed in a later paper.

METHOD OF ANALYSIS.

CHEMICAL PRE-ENRICHMENT.

10 g. of the finely-ground rock powder were treated with hydrofluoric and sulfuric acids in a platinum basin on steam-bath. The excess of H_2F_2 was expelled and the fluorides converted into sulfates. The salts were taken up in 20 per cent tartaric acid, and the insoluble residue fused with $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$, the melt being dissolved in tartaric acid (*cf.* Alimarin und Fried, 1937, p. 22). After addition

of strong hydrochloric acid Nb and Ta were precipitated from a boiling solution by an excess of phenylarsonic acid. The precipitate was allowed to stand for several days, after which it was filtered off and washed with cold dilute HCl. Any precipitate adhering to the walls of the beaker was dissolved in strong ammonia and re-precipitated. The combined precipitates were ignited to a constant weight.

In order to separate co-precipitated titania from the earth acids, the pyrosulfate-tannin method described by Schoeller (1937, p. 111), the pyrogallol method given by Alimarin and Fried (1937, p. 21), and the salicylic acid method by Müller (1911, p. 1506) — the latter successfully used by Lokka (1928, p. 35) when analyzing wilkites, and by v. Hevesy, Alexander, and Würstlin (1929, p. 96; 1930, p. 317) — were compared with one another. X-Ray analyses showed the superiority of the salicylic acid method, which was used accordingly. The insoluble residue from the salicylate treatment was filtered off, ignited, and weighed. From these residues the X-Ray analyses were carried out.

X-RAY SPECTROGRAPHIC DETERMINATION.

The X-Ray exposures were made with a vacuum spectrograph. The apparatus was that used previously by Sahama and Vähätalo (1939 a and b) in rare-earth investigations. For the X-Ray analyses, the material to be analyzed was mixed with pure erbium and yttrium oxides. The weighing was carried out by means of a micro-balance, and the mixtures were thoroughly homogenized. The mixture was rubbed on the surface of a pure copper plate in the head of the anode. The exposures were made with 45 kV and 8 to 10 mA the time of exposure being 30 minutes. In niobium determinations the crystal was rocked between 6° and 9° , in tantalum determinations between $13^\circ.5$ and $16^\circ.5$. Due to the sufficient hardness of the X-Ray radiation, it was unnecessary to evacuate the camera. For the analyses the intensities of the lines $TaL\alpha_1$ and $ErL\beta_2$, $NbK\alpha_1$ and $YK\beta_1$ used by v. Hevesy (v. Hevesy and Böhm, 1927, p. 71; v. Hevesy, Alexander and Würstlin, 1929, p. 97) were compared in photograms made by the aid of a photoelectric self-registering micro-photometer. The determination of tantalum has been described elsewhere (*cf.* Sahama, Rankama und Heinäsuo, 1941); while that of niobium used here will be described in a later paper.

RESULTS OF THE ANALYSES.

Table I presents the earth acid percentages of the three granites investigated. The granites of Bodom and Nattanen belong to the group of the youngest Archaean granites of Finland (Sederholm's Group 3). The granite of Mahnala, Hämeenkylä, near Helsinki, represents here the older Archaean granites. The Nattanen granite has been analyzed chemically by Nordensvan (Mikkola, 1928, p. 9) and, later, investigated by Sahama and Vähätalo (1939 b, pp. 64—66) and by Rankama (1939, pp. 16—19) as to its minor constituents. The lanthanide composition of the Bodom granite has been previously studied by Sahama and Vähätalo (1939 b, pp. 63—65).

TABLE I.

Rock	Nb ₂ O ₅ %	Ta ₂ O ₅ %
Bodom granite	0.0100	0.0026
Nattanen granite	0.0045	0.0021
Mahnala granite	0.0011	0.0002

CONCLUSIONS.

Goldschmidt (1937 b, p. 662) gives for the Nb₂O₅ percentage of granite the value 0.005 %. Taking the average of the Nb₂O₅ contents of the above three granites, 0.0052 %, we find, fortuitously, a close agreement with the value presented by Goldschmidt.

TABLE II.

Rock	% Nb	% Ta	Nb: Ta
Bodom granite	0.0070	0.0021	3.33
Nattanen granite	0.0032	0.0017	1.88
Mahnala granite	0.0008	0.0002	4.0
Granite, Goldschmidt (1937b, p. 662)	0.005	n. d.	—
Igneous rocks, average. Goldschmidt (1937a, pp. 100—101)	0.002	(0.0015)	1.33
Mixture of igneous rocks. v. Hevesy, Alexander und Würstlin (1930, p. 318)	0.000032	0.000024	1.33

In Table II the results from the analyses are presented in respect of the Nb and Ta atoms. This table also contains some of the values from recent analyses found in literature. The values obtained by v. Hevesy and his co-workers, according to Goldschmidt (1937a, p. 54) are too small.

The average ratio Nb : Ta calculated from the three granite analyses is 3.07. This is of the same order of magnitude as the ratio Nb : Ta (appr. 4 to 5) found by Bjørlykke in magmatic granite pegmatites of Southern Norway (1937, p. 245).

Due to the widely differing earth acid contents in granites of various ages, as seen in Table I, it might well be possible to use niobium and tantalum as pilot elements for the geochemical classification of granites. As has been pointed out before (Sahama and Rankama, 1938, p. 8), such a classification of the granites must, however, be made with due regard to the fact that all the granites are not of a purely magmatic origin. This opinion regarding origin of the granites has been stressed by Eskola (1932).

ACKNOWLEDGMENTS.

The author's thanks are due to Dr. Th. G. Sahama for his keen interest and advice, which in many ways facilitated the carrying out of this study. Most of the X-Ray exposures have been made by Dr. Sahama and Mr. Viljo Kanula. For this valuable help the author wishes to express his gratitude to his above-mentioned colleagues.

Geochemical Laboratory, The Mineralogical and Geological Institute of the University, Helsinki, December 1940.

REFERENCES.

- ALIMARIN, I. P. und FRIED, B. I.: Ein neues Verfahren zum Nachweis geringer Mengen Niob und Tantal in Mineralien, Gesteinen und Metallen. Mikrochemie, Bd. 23, p. 17. 1937.
- BJØRLYKKE, HARALD: The Granite Pegmatites of Southern Norway. Amer. Mineral., Vol. 22, p. 241. 1937.
- ESKOLA, PENTTI: On the Origin of Granitic Magmas. Min. Petr. Mitt., Bd. 42, p. 455. 1932.
- GOLDSCHMIDT, V. M.: Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente IX, Die Mengenverhältnisse der Elemente und der Atom-Arten. Skr. Norske Vid.-Akad., Oslo, Mat.-Naturv. Kl., No. 4, 1937. (1937a).
- : The Principles of Distribution of Chemical Elements in Minerals and Rocks. Journ. Chem. Soc., p. 655. 1937. (1937b).
- V. HEVESY, G., ALEXANDER, E. und WÜRSTLIN, K.: Über das Häufigkeitsverhältnis Niob-Tantal in Titanmineralien. Zeitschr. anorg. allg. Chemie, Bd. 181, p. 95. 1929.
- — — —: Die Häufigkeit der Elemente der Vanadiumgruppe in Eruptivgesteinen. Zeitschr. anorg. allg. Chemie, Bd. 194, p. 316. 1930.
- und BÖHM, J.: Die quantitative Bestimmung des Tantals auf röntgenspektroskopischem Wege. Zeitschr. anorg. allg. Chemie, Bd. 164, p. 69. 1927.
- LOKKA, LAURI: Über Wiikit. Bull. Comm. géol. Finlande N:o 82. 1928.
- MIKKOLA, ERKKI: Ueber den Nattanengranit im finnischen Lapplande. Fennia 50, N:o 12. 1928.
- MÜLLER, JOHN HUGHES: The Action of Salicylic Acid Upon the Metallic Acids. Journ. Am. Chem. Soc., Vol. 33, p. 1506. 1911.
- RANKAMA, KALERVO: On the Composition of the Residue from Silica in Rock-Analysis. C. R. Soc. géol. Finlande N:o 14; Bull. Comm. géol. Finlande N:o 126, p. 3. 1939.
- SAHAMA, TH. G. and RANKAMA, KALERVO: Preliminary Notes on the Geochemical Properties of the Maarianvaara Granite. C. R. Soc. géol. Finlande N:o 13; Bull. Comm. géol. Finlande N:o 125, p. 5. 1938.
- RANKAMA, KALERVO und HEINÄSUO, VOITTO: Röntgenspektrographische Bestimmung des Tantals. C. R. Soc. géol. Finlande N:o 15; Bull. Comm. géol. Finlande N:o 128, p. 21. 1941.
- and VÄHÄTALO, VEIKKO: The Rare Earth Content of Wiikite. C. R. Soc. géol. Finlande N:o 13; Bull. Comm. géol. Finlande N:o 125, p. 1. 1939. (1939a).
- — — —: X-Ray Spectrographic Study of the Rare Earths in Some Finnish Eruptive Rocks and Minerals. C. R. Soc. géol. Finlande N:o 14; Bull. Comm. géol. Finlande N:o 126, p. 50. 1939 (1939b).
- SCHOELLER, W. R.: The Analytical Chemistry of Tantalum and Niobium. London 1937.
- VAN TONGEREN, W.: Contributions to the Knowledge of the Chemical Composition of the Earth's Crust in the East Indian Archipelago, I. The Spectrographic Determination of the Elements According to Arc Methods in the Range 3 600—5 000 Å. II. On the Occurrence of Rarer Elements in the Netherlands East Indies. Amsterdam 1938.
-

UEBER DIE NORMATIVE UND MODALE ZUSAMMENSETZUNG EINIGER PORTLAND- UND BROWN-MILLERIT-CEMENTE.

VON

ADOLF A. T. METZGER.

Im Rahmen einer umfassenden cementtechnischen Forschungsarbeit, die während der Jahre 1938—40 im Laboratorium und der Materialprüfungsanstalt der Pargas Kalkbergs A. G. durchgeführt wurden, wurde der Verfasser damit beauftragt, die Struktur und Mineralzusammensetzung einiger in den Werken Pargas und Ihalainen (bei Lappeenranta) des Konzerns hergestellten Cemente mikroskopisch zu untersuchen. Diese Studien richteten sich bald auf das Problem der Erfassung des Mineralbestandes, auch in quantitativer Hinsicht. Es wurde dabei gefunden, dass die gebräuchliche Methode von Bogue, den Mineralbestand aus der Analyse zu berechnen, Ergebnisse zeitigte, die sich mit dem mikroskopischen Befund nicht vereinen liessen. Dieses veranlasste den Verfasser, sich dem Problem von einer bisher dem Cementchemiker fremd gebliebenen Seite her zu nähern, nämlich vom Standpunkt des Gesteinsforschers aus. Das Ergebnis war überraschend gut mit dem mikroskopischen Befund übereinstimmend. Dadurch erscheint es berechtigt, den eingeschlagenen Weg weiteren Kreisen zugänglich zu machen, wenn auch nur zu dem Zweck, die Diskussion dieser dem Cementchemiker ungewohnten Berechnungsarten zu veranlassen. Der Verfasser ist sich nämlich wohl bewusst, dass die nachstehenden Ausführungen nur einen Versuch darstellen können, neues Licht auf die Mineralzusammensetzung der Cemente zu werfen. Ob dieser Versuch erfolgreich sein wird, kann nur eine Diskussion der Ergebnisse zeigen.

Die mikroskopischen Arbeiten wurden vorwiegend an Anschliffen ausgeführt, die nach den bewährten Methoden von Tavasci (1934) behandelt wurden. Die optische Ausrüstung bestand in einem grossen Winkel-Zeiss-Mikroskop, das für sowohl Durchlicht wie Auflicht aus-

gerüstet ist. Ausser den Anschliffen wurden auch Dünnschliffe hergestellt. Bei der Herstellung der letzteren wurde insofern von den bisher bekannten Methoden abgewichen, als völlig trocken auf Schleifpapier geschliffen wurde, wobei zuletzt auf einem Papier mit Eisenoxyd poliert wurde. Bei diesem Verfahren konnte soweit dünn geschliffen werden, dass der Belit das Weiss oder Gelbweiss der I. Ordnung zeigte. Die Schliffe waren also 0.015—0.018 mm dick. Bei dieser Dicke lassen sich schon sehr viel mehr Beobachtungen machen, als bei den gewöhnlichen Klinkerschliffen von 0.020—0.025 mm Dicke. Die Politur der Anschliffe wurde auf einer mit Zinnasche belegten Filzscheibe hergestellt, die gerade so angefeuchtet wird, dass die Zinnasche beim Rotieren nicht herausfliegt.

Es wurden eingehend zwei Typen von Portlandcement und zwei Brownmilleritcemente untersucht. Der eine Portlandcement stammte aus dem Werk Pargas, der zweite aus dem Werk Ihalainen (bei Lappeenranta). Die Brownmilleritcemente umfassten einen Ferraricement und einen Albertcement, beide aus dem Werk Ihalainen. Die technischen Eigenschaften dieser Cemente, im Vergleich zu einander, sind neulich von B. Geitlin (1940) näher beschrieben worden. Zum Vergleich wurden mikroskopische Untersuchungen an Portlancementklinkern aus der Fabrik von Portkunda (Estland) und aus Aalborg (Dänemark) vorgenommen.

DIE CHEMISCHEN ANALYSEN.

In der Tabelle I sind die chemischen Analysen der hier näher betrachteten Cemente zusammengestellt. Bei den Analysen 2, 3, 6 und

Tab. I.

	N:o 2		N:o 3		N:o 4		N:o 5		N:o 6		N:o 7	
	%	M. P.	%	M. P.	%	M. P.	%	M. P.	%	M. P.	%	M. P.
SiO ₂ .	20.22	0.3367	20.54	0.3420	22.17	0.3691	22.92	0.3801	21.33	0.3552	19.33	0.3219
Al ₂ O ₃	5.55	.0544	5.25	.0515	6.02	.0591	6.58	.0644	3.73	.0362	4.41	.0433
Fe ₂ O ₃	2.04	.0128	2.37	.0148	3.22	.0202	3.24	.0203	4.24	.0266	6.06	.0380
FeO ..	0.18	.0025	0.58	.0081	n. b.		n. b.	—	0.68	.0095	0.53	.0074
MgO .	2.02	.0501	1.98	.0491	1.59	.0394	1.58	.0392	2.56	.0632	1.64	.0407
CaO ..	57.11	1.0184	60.63	1.0812	64.83	1.1560	63.62	1.1342	62.01	1.1058	60.15	1.0717
Na ₂ O	0.92	.0148	0.72	.0116	0.58	.0094	0.65	.0105	0.20	.0032	0.54	.0087
K ₂ O .	0.81	.0086	0.86	.0091	0.70	.0074	0.62	.0066	0.89	.0095	0.82	.0087
H ₂ O .	0.75	.0416	1.60	.0888	0.45		0.38		0.81	.0450	1.33	.0738
SO ₃ ..	2.90	.0362	2.88	.0360	0.29	.0036	0.34	.0042	2.14	.0267	2.96	.0370
CO ₂ ..	0.50	.0114	0.80	.0182	n. b.		n. b.		0.44	.0100	0.84	.0191
fr. CaO	1.78	.0317	2.49	.0444	n. b.		n. b.		0.38	.0068	2.19	.0391
Unl. ..	6.00		0.21		0.05		0.04		0.12		0.17	
	100.78		100.91		99.90		99.97		99.53		100.97	

- N:o 2 Portlandcement, Generalprobe, Pargas. Analyse Lab. Pargas.
 N:o 3 Portlandcement, Generalprobe, Ihalainen, Anal. Lab. Pargas.
 N:o 4 Portlandcement, Klinker, Ihalainen, Analyse Lab. Ihalainen.
 N:o 5 Portlandcement, Klinker, Ihalainen, Analyse Lab. Ihalainen.
 N:o 6 Ferraricement, Generalprobe, Ihalainen, Anal. Lab. Pargas.
 N:o 7 Albertcement, Generalprobe, Ihalainen, Analyse Lab. Pargas.

7 handelt es sich um Generalproben von Material, das zu den technischen Versuchen verwendet wurde. Die Analysen sind mit aller Sorgfalt von den Herren L. G. Lindblad und L. Ullstedt ausgeführt. Die Analysen 4 und 5 sind Betriebsanalysen und als solche nicht so vollständig wie die übrigen.

In der Tabelle sind ausser den Prohundertzahlen der Analysen, je in der darauf folgenden Spalte die Molekularproportionen angegeben. Diese, dem Gesteinschemiker geläufigen, dem Cementchemiker aber weniger in der Anwendung vertrauten, Zahlen erhält man bekanntlich durch Division der Prohundertwerte mit den zu den einzelnen Oxyden jeweils gehörenden Molekulargewichten. Die Bestimmung der Molekularproportionen wird wesentlich dadurch erleichtert, dass dieselben von verschiedenen Verfassern bereits in Tabellen zusammengestellt worden sind. Wir benutzten mit Vorteil die Tabellen, die von H. von Philipsborn (1935) herausgegeben sind, und welche namentlich in den SiO_2 -Werten genügend tief herabgehen. Einen Nachteil, den diese sonst sehr genauen und schön gedruckten Tabellen haben, ist der Umstand, dass die einzelnen Oxyde nicht der in der Analyse gebräuchlichen Reihenfolge nach angeordnet sind, was z. B. in den Tabellen von H. von Eckermann (1925) der Fall ist. Kurzgefasste Tabellen finden sich auch bei A Holmes (1921). Aus den Tabellen lassen sich die Molekularproportionen ohne weiteres ablesen. Man kann natürlich auch eine gute Rechenmaschine mit Vorteil verwenden, oder auch einen Rechenschieber, z. B. den für Chemiker von Albert Nestler. Diese Molekularproportionen sind nun die Grundlage für alle weiteren Berechnungen. Ein solches Verfahren ist in der Mineralogie und Petrographie allgemein üblich. Es ist aber ausserdem verhältnismässig einfacher und übersichtlicher als z. B. das Verfahren von Bogue (vergl. Lea & Desch [1935, S. 99]) das sich auf die Prohundertzahlen der Analyse direkt aufbaut.

Die behandelten Portlandcemente sind normale solche, d. h. die Menge der Tonerde ist grösser als die des Ferrieisens. Die Molekularproportionen für Al_2O_3 sind 3—4 mal grösser als die für Fe_2O_3 . Im Gegensatz hierzu stehen die Brownmilleritcemente, unter welcher Bezeichnung Geitlin (1940) Ferrari-, Albert- und ähnliche Cemente zusammenfasst. In ihnen strebt man dazu, molekularproportionelles

Gleichgewicht zwischen Tonerde und Eisen zu erreichen. Auf die Gründe hierfür werden wir weiter unten zurückkommen. In unserem Fall ist das Ideal des Gleichgewichtes in keinem der beiden Fälle erreicht, im Ferraricement weniger als im Albertcement. Im ersteren ist das Verhältnis $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$ 1,36 und im Albertcement 1,12. Dass das Gleichgewicht nicht ganz erreicht worden ist beruht sicher z. T. darauf, dass im Rohschlamm alles Fe als Ferrieisen bestimmt worden ist. Es liegt aber zum Teil auch als FeO vor, wie die von uns besonders angeregte Trennung der verschiedenwertigen Fe-gruppen zeigt. Andererseits dürfte es überhaupt schwer sein ein genaues Gleichgewicht einzuhalten. Man arbeitet dann schon sicherer mit einem gewissen Überschuss an Ferrieisen.

Grosses Gewicht legten wir auf die Bestimmung der Alkalien. Diese werden in der Cementchemie auch heute noch im allgemeinen noch als ziemlich unbedeutend betrachtet. Erst die neueren Untersuchungen von Bogue (1938, S. 64—66, 69—70, 135—136) werfen ein ziemlich scharfes Licht auf die scheinbare »Unbedeutsamkeit« der Alkalien. Dies stimmt voll mit dem überein, was wir bei unseren Untersuchungen gefunden haben. Wir gehen soweit zu behaupten, dass man aus einer Analyse ohne Alkalibestimmung überhaupt keine gerechtfertigte Mineralzusammensetzung bestimmen kann.

Es wäre wünschenswert gewesen auch TiO_2 zu bestimmen. Leider wurde uns im Gang der Arbeiten, die auch ohnedies eine ziemliche Belastung unserer Arbeitskräfte waren, keine Gelegenheit hierzu. Wie wir an einem anderen Beispiel unten zeigen werden, hat auch dieser Bestandteil eine nicht zu verachtende Bedeutung, wenn auch nicht ganz so bedeutend wie die Alkalien.

DIE MIKROSKOPISCHE STRUKTUREN.

Sämtlich untersuchten Klinker zeigten eine sehr feinkörnige Masse mit porphyrischer Struktur. Die Hauptbestandteile bilden zwei idiomorph entwickelte kristalline Phasen, die in einer dichten Grundmasse liegen. Diese kristallinen Phasen sind der mehr oder weniger prismatische Alit Ca_3SiO_5 und der rundlich-körnige Belit Ca_2SiO_4 . Die Grundmasse kann in zwei Bestandteile zerlegt werden, nämlich den stets hellreflektierenden, im Dünnschliff pleochroitischen, Brownmillerit $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$ und einen durch destilliertes Wasser leicht ätzbaren Anteil. Wir bezeichnen diesen allgemein hin nach Brownmiller (1938) als die metastabile Phase. Wir vermeiden es ausdrücklich von »Glas« zu sprechen, denn nach den Ausführungen von Brownmiller (1938) (siehe auch Bogue 1938, S. 72—73) kann es

sich kaum um ein Glas im petrographisch-mineralogischen Sinne handeln.

Als Beispiel für die Struktur bringen wir die Abbildungen 1—3, die im Anhang auf den Tafeln zu finden sind. Die Abbildungen sind laufend genummert, es erübrigt daher, immer wieder die Tafeln anzugeben. Abb. 1 zeigt uns den Portlandcement von Ihalainen. Die prismatisch eckigen grauen Kristalle sind Alit Ca_3SiO_5 . Rechts erscheinen einige rundlich eckige Kristalle von Belit $\alpha\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$. Die Grundmasse erscheint weiss mit wenigen Schatten. Die Poren sind schwarz. Die Alitkristalle bilden zusammengewachsene Aggregate. Einzelne Kristalle kommen mehr selten vor.

Der Ferrariment von Ihalainen (Abb. 2) unterscheidet sich von dem Portlandcement zunächst durch das stärkere Hervortreten der Grundmasse. Durch ihr Anwachsen trennen sich die Alitkristalle gern voneinander. Sie bilden seltner zusammenhängende Gruppen. Der Belit (unten links und rechts) bildet die normalen rundlichen Körner, die bisweilen ziemlich anwachsen können. Die Grundmasse zeigt wenig Schatten.

Schliesslich tritt im Albertcement (Abb. 3) die Grundmasse noch stärker in Erscheinung. Die Alite liegen mehr getrennt, haben aber gleichzeitig Neigung zu korrodierten Formen. Die Prismen treten nicht mehr so scharf hervor. Auch die Belite zeigen korrodierte Kristalle (links oben). Die Grundmasse zeigt keine Schatten, sondern ist stets hell weiss.

Die drei Cementtypen unterscheiden sich in der Struktur also hauptsächlich durch das verschieden starke Hervortreten der Grundmasse, und einer damit folgenden Korrosion der Silikatkristalle. Dies kann wohl dadurch erklärt werden, dass die zunehmende Grundmasse gleichsam als vermehrtes Flussmittel wirkt.

Der Alit Ca_3SiO_5 bildet, wie gesagt, vorwiegend die gewohnten Prismen. Abb. 4 zeigt uns Alite aus dem Portlandcement von Ihalainen. Die Vereinigung der einzelnen Kristalle zu Aggregaten ist deutlich. In der folgenden Abb. 5 sehen wir, wie die Alite des Ferrarimentes sich von einander getrennt haben, und nun zumeist frei in der Grundmasse herumschwimmen. Die Idiomorphie ist noch gewahrt. Sie geht erst im Albertcement verloren. Vorwiegend im Portlandcement sieht man öfters rundliche Einschlüsse im Alit, wie sie Abb. 4 und Abb. 6 (links oben) zeigen. Diese erhalten bei der Ätzung denselben Farbton wie der Wirkkristall, nur in einer helleren oder dunkleren Schattierung. Es ist sonst kein struktureller Unterschied zu entdecken. Auf Grund von Vergleichen mit Dünnschliffen kamen wir zu dem Schluss, dass es sich hier um Alitindividuen handelt, die

entweder von dem grösseren Kristall umwachsen wurden, oder in denselben aus der Schliffebene heraus hineinstossen. Solche Einschlüsse sind seltener im Ferrari- und Albertcement.

Im Portlandcement von Ihalainen zeigt der Belit Ca_2SiO_4 , der hier überwiegend in der α -Form auftritt, deutliche Neigung zur Idiomorphie, d. h. zur Entwicklung von Kristallkanten. Abb. 6 zeigt uns eine typische Stelle. Die für die α -Modifikation typischen Streifungen sind ebenfalls schön entwickelt. Vergleichen wir damit die Belite des Ferraricementes, so bemerken wir nur ganz ausnahmsweise scharfe Kristallkanten. Die Individuen haben gerundete, zuweilen gezahnte Formen. Abb. 7 zeigt eine Gruppe solcher Belite. In der Mitte oben sehen wir die gezahnte Oberfläche. Die einzelnen Lamellen schiessen aus dem Kristall hervor. Die Grundmasse dringt zwischen sie ein. Diese Erscheinung war regelmässig in dem Portlandcementklinker von Portkunda (Abb. 8) zu beobachten. Wird im Schliff ein solcher gezahnter Belit gerade an der Oberfläche getroffen, so sieht es aus als ob gesonderte Lamellen in der Grundmasse lägen, wie es Abb. 8 links und rechts oben zeigt. Im Portlandcemntklinker von Ihalainen kommen bisweilen makroskopisch bemerkbara gelbe Streifen vor. Unter dem Mikroskop zeigt es sich, dass diese gelben Streifen aus Belit in der β -Modifikation bestehen. Abb. 9 zeigt uns unregelmässig Körner ohne regelmässige Begrenzung, ohne Streifung und voll von Einschlüssen. Das Vorkommen dieser Streifen deutet auf eine zu langsame Kühlung hin. Der Belit konnte sich von der α -Form in die β -Form umlagern.

Wir kommen nun zu der Grundmasse. Wie bereits erwähnt besteht dieselbe teils aus Brownmillerit $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{SiO}_{10}$, teils aus der metastabilen Phase. Die letztere lässt sich leicht durch dest. Wasser ätzen und nimmt dann graubraune bis braune Farbe an. In den meisten Fällen erscheinen die geätzten Partien ohne bestimmte Formen. In gewissen Fällen aber beobachtet man deutlich eine prismatische Ausbildung der metastabilen Phase. Abb. 10 gibt eine Stelle aus dem Portlandcement von Ihalainen wieder. Die dunklen Partien des Bildes sind die durch doppelte Ätzung stark angegriffenen Silikate. In der Grundmasse kann man deutlich zwischen dem hellen (weissen) Brownmillerit und der dunklen (grauen) metastabilen Phase unterscheiden. Diese Erscheinung ist nicht auf den Klinker von Ihalainen beschränkt. In dem von uns untersuchten Portlandklinker von Aalborg (Dänemark) konnten wir dieselbe Erscheinung feststellen, wie es Abb. 12 zeigt.

Es erhebt sich nun die Frage, ob die prismatische Entwicklung der metastabilen Phase wirklich einer eigenen Idiomorphie entspricht,

oder ob diese Form durch andere Umstände hervorgerufen ist. Der Brownmillerit ist rhombisch. Man kann daher den Gedanken nicht von der Hand weisen, dass annähernd parallel angeordnete Prismen von Brownmillerit die zwischen ihnen liegende instabile Phaseformend beeinflussen müssen. In diesem Falle muss die instabile Phase eben auch prismatische Querschnitte zeigen. Andererseits gibt es in unserem Bilde, Abb. 10, Stellen, an denen die weisse Brownmilleritmasse offenbar nicht parallele Prismen bilden kann, sondern vielmehr ihre Längenerstreckung schräg und schief gegen die dunklen Prismen hat. Deutlich sehen wir es im oberen Teil der Mitte und am oberen Rande der Abb. Auch in der Abb. 12 scheinen die weissen Felder nicht immer parallele Prismen zu bilden. Wir kommen also zu der Auffassung, dass es sich tatsächlich um Prismen handelt, die der metastabilen Phase als eine Form der Ausbildung zuzurechnen sind. In gewissem Sinne ähnelt die Erscheinung den Bildern bei Tavasci (1934, Abb. 42—43, der die dunklere Phase als $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ auffasst. In dem von Tavasci veröffentlichten Bildern erscheint allerdings der Brownmillerit als der formgebende. Unsere Auffassung erscheint uns aber für die vorliegenden Fälle die annehmbarere Deutung darzustellen.

Nun ist es die Frage, ob sich diese prismatischen Teile der metastabilen Phase mit den Prismen decken, die Bogue (1938, Abb. III) in einem Klinker von Portlandcement gefunden hat, und als die Verbindung $\text{Ca}_8\text{Na}_2\text{Al}_6\text{O}_{18}$ gedeutet hat. Es kann nicht von der Hand gewiesen werden, dass die Ähnlichkeit ausserordentlich gross ist. Ob es sich aber tatsächlich um dieselbe Verbindung handelt, ist heute nicht exakt zu beweisen. Wir möchten aber auf folgenden Umstand hinweisen. Wie wir weiter unten noch zeigen werden, kann aus ganz bestimmten Gründen die Verbindung $\text{Ca}_8\text{Na}_2\text{Al}_6\text{O}_{18}$ nur in ganz geringen Mengen vorkommen. Während ihr Anteil im Portlandklinker noch um 8 % herum schwankt, ist sie im Albertklinker nur etwa 1 %. Wir behandelten nun in der Ätzung eine grössere Menge Albertklinker in derselben Weise wie den Portlandklinker der Abb. 10. Es zeigte sich da, dass die Grundmasse stets sehr hell und klar blieb. Abb. 11 gibt eine typische Stelle wieder. Dunkle Einschlüsse im Brownmillerit fanden sich nicht. Wir ziehen den Schluss, dass hier die Verbindung $\text{Ca}_8\text{Na}_2\text{Al}_6\text{O}_{18}$ nur in so geringen Mengen vorkommt, dass sie nicht in Erscheinung tritt. Vielleicht kann dieses als indirekter Beweis für die Annahme, dass die prismatische Phase $\text{Ca}_8\text{Na}_2\text{Al}_6\text{O}_{18}$ sei, betrachtet werden.

Nun hat Bogue angenommen, dass auch KA einen gewissen Anteil an der prismatischen Phase haben kann. Allerdings liegen hier noch keine experimentellen Daten vor. Wir halten es jedoch kaum für

wahrscheinlich, dass KA in dieser Phase eingeschlossen vorkommt. Es gibt genügend Möglichkeiten, dass diese Verbindung an anderen Stellen der metastabilen Phase sitzt. Zumal ja bei weitem nicht alle Teile derselben prismatischer Natur sind. Auch Tavasci (1938, S. 118) hat Bedenken gegen die Annahme, dass die Alkalien gemeinsam die prismatische Phase bilden sollen.

Es sei in diesem Zusammenhang auch auf eine Beobachtung von Parker (1938, S. 116) aufmerksam gemacht. Es fand, dass in einem Klinker mit $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ + »Glas« beim Ätzen das Aluminat dunkel wurde und das »Glas« hell blieb, während in einem Klinker mit $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$ + »Glas« der Brownmillerit hell blieb und das »Glas« dunkel war. Er zieht daraus den Schluss, dass beim Untersuchen eines Klinkers im Auflicht die hellen Partien als Brownmillerit oder »Glas« und die dunkleren als Trikalziumaluminat oder »Glas« gedeutet werden müssen. Erst eine Kontrolle im Dünnschliff könnte entscheiden, welches das Richtige wäre. Wir möchten dazu bemerken, dass diese scheinbare Umkehrung der Reflektierungsverhältnisse wohl darauf beruht, dass das Auge eben nur zwischen hell und dunkel unterscheidet, die Qualität der Farbe aber nicht leicht analysieren kann. Würde man das hell des »Glases« im ersten Falle mit dem Hell des Brownmillerits vergleichen können, so würde man vielleicht doch einen Unterschied der Helligkeit zu gunsten des letzteren finden. Hier würden die Farbenanalyse mit den Ostwaldschen Tafeln wahrscheinlich weiterhelfen. Leider sind die Objekte aber so klein an Fläche und so unregelmässig verteilt, dass eine Anwendung der Methode schwierig ist. Jedenfalls dürfte es gemein hin richtig sein, den hellen Bestandteil der Grundmasse als Brownmillerit aufzufassen.

Die mikroskopischen Beobachtungen zeigen, dass die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale zwischen den drei Cementtypen durch die verschiedene Natur der Grundmasse bedingt sind.

DIE BERECHNUNG DER NORM.

Die Mineralzusammensetzung eines Gesteins kann auf zwei verschiedenen Wegen ermittelt werden. Die eine Methode ist die der geometrischen Analyse nach der Methode von Rosivall. Sie gibt uns den sichersten Aufschluss über die Zusammensetzung des Gesteins, da die optischen Methoden den Mineralbestand am besten erkennen lassen. Wir nennen die sich aus dieser Methode ergebende Zusammensetzung des Gesteins den *M o d u s*. Die modale Zusammensetzung gibt uns eine sichere Grundlage für die Beurteilung des Gesteins. Die andere Methode ist die der Berechnung der Mineralanteile aus der

chemischen Analyse. Diese ist bei den komplizierten Silikatgesteinen nur dann erfolgreich möglich, wenn man die chemische Zusammensetzung der einzelnen Minerale kennt. Diese entsprechen selten ganz den für die Komponenten angenommenen stöchiometrischen Formeln, namentlich schon deswegen, weil ein Teil der Oxyde sich gegenseitig vertreten können. Man kann daher allein aus einer Gesteinsanalyse den Mineralbestand nur selten zufriedenstellend klären. Aus diesem Grunde hat man, zuerst in Amerika durch Cross, Iddings, Pirsson und Washington (1903), ein System von Standardmineralen eingeführt, das zu einer normalisierten Gesteinszusammensetzung führt, die dann zum Vergleich von Gesteinsanalysen unter einander erfolgreich verwendet werden kann. Diese Mineralzusammensetzung aus Standardmineralen nennt man in der Petrographie die *N o r m*. Die normative Zusammensetzung entspricht natürlich nur in beschränkter Masse der wirklichen modalen. Als Vergleichsbasis ist sie aber sehr praktisch.

Die in der Cementindustrie allgemein verwendete Methode von Bogue, die Zusammensetzung eines Cementes durch die vier Komponenten Ca_3SiO_5 , Ca_2SiO_4 , $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$ und $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ auszudrücken, ist auch eine normative. Nur ist sie insofern unvollständig, als sie keine Rücksicht auf die Nebengemengteile nimmt, deren Bedeutung jedoch, wie wir unten zeigen werden, nicht zu unterschätzen ist.

Wenn wir nun die Methode der Normberechnung auch auf Cemente, es gilt dies für sowohl porrtlanditische, wie aluminatische, anwenden, so bemerken wir zunächst, dass hier, trotz der vielseitigen Mineralausbildung, die Verhältnisse doch einfacher liegen als bei den Silikatgesteinen. Die vorkommenden Minerale haben einen wenig komplizierten Aufbau, aus höchstens drei Oxydgruppen pro Mineral. Hierdurch wird erreicht, dass der Unterschied zwischen dem Modus und der Norm gering bleibt, d. h. dass die Norm den modalen Verhältnissen recht nahe kommen muss.

Bei Auswahl der Normminerale folgen wir natürlich weitgehend den beobachteten natürlichen Verhältnissen. In erster Linie haben wir die beiden Silikate Ca_3SiO_5 und Ca_2SiO_4 . Sie bilden die kristalline idiomorphe Phase. Dann haben wir in der Grundmasse den Brownmillerit $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$. Dazu kommt dann noch die metastabile Phase. Deren Natur ist in hohem Grade abhängig von den Alkalien. Wir nehmen nun an, dass diese in Übereinstimmung mit den Darlegungen von Bogue (1938) in den Komponenten $\text{Ca}_8\text{Na}_2\text{Al}_3\text{O}_{18}$ und $\text{K}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ vorliegen. Bleibt nach Bildung dieser Verbindungen noch Tonerde im Überschuss, so wird sich diese im $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ wiederfinden. Öfters ist es aber der Fall, dass die Tonerde nicht zur Sättigung der Alkalien im obigen Sinne ausreicht. Dann muss eben ein Teil derselben als

Silikate vorliegen. Nach unseren heutigen Kenntnissen kommen eigentlich nur CaK_2SiO_5 und Na_4SiO_4 in Frage. Die weiteren Bestandteile müssen Periklas MgO , Wüstit FeO und Perowskit CaTiO_3 , sowie freier Kalk CaO und Gips CaSO_4 , der hier als Anhydrid gerechnet wird, sein. Wir geben nun hier ein Verzeichnis der Normminerale. Ausser ihren Bezeichnung, die mit den in der Cementchemie üblichen übereinstimmen, geben wir noch das Molekulargewicht und diejenige Molekularproportion an, von der bei der Berechnung auszugehen ist.

Tab. II. Normminerale:

Bezeichng.	Formel	Mol. Gew.	Ausg. Mol. P.
C_3S	Ca_3SiO_5	228,30	SiO_2
C_2S	Ca_2SiO_4	172,22	SiO_2
C_4AF	$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$	485,94	Fe_2O_3
C_2F	$\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$	271,84	Fe_2O_3
C_3A	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	270,18	Al_2O_3
C_8NA_3	$\text{Ca}_8\text{Na}_2\text{Al}_6\text{O}_{18}$	816,45	Na_2O
KA	$\text{K}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	196,14	K_2O
N_2S	Na_4SiO_4	184,05	SiO_2
CKS	CaK_2SiO_4	210,34	K_2O
CT	CaTiO_3	135,98	TiO_2
M	MgO	40,32	MgO
F'	FeO	71,84	FeO
C'	CaO	56,08	CaO
Cso_4	CaSO_4	136,14	SO_3

Wir haben in die Reihe der Normminerale auch den Dikalziumferrit aufgenommen, welcher aber natürlich nur dann angenommen werden kann, wenn Al_2O_3 in der Molekularproportion hinter Fe_2O_3 zurückbleibt. Die Normminerale können in zwei Gruppen geteilt werden, nämlich in die Silikate und den Rest. Die ersteren entsprechen dem Alit + Belit im Modus und die zweite dem Celit + Grundmasse.

Das Prinzip der Berechnung ist nun dieses. Aus den Molekularproportionen werden für die betreffenden Oxyde so grosse Mengen zusammengestellt, dass die entsprechenden Normminerale gebildet werden. Hierbei muss ein ganz bestimmter Weg beschritten werden, damit eine folgerichtige Entwicklung eingehalten wird. Schliesslich werden die in der Tab. II genannten Ausgangs-Molekularproportionen mit dem Molekulargewicht der betreffenden Minerale multipliziert. So erhält man die Prohundertzahlen der Normminerale. Deren Summe soll sich, wenn die Berechnung richtig ist, der Analysensumme stark

nähern. Das Berechnungsverfahren wird am einfachsten an einem Beispiel erläutert. Wir wählen die bei Lea und Desch (1935) auf S. 99 angeführte Analyse von Portlandcement. Die nachfolgende Tab. III veranschauligt den Gang der Berechnung. Oben sind die Prohundertwerte der Analyse angegeben. Darunter stehen die Molekularproportionen. Rechts finden sich die Normminerale. Links steht eine Nummerfolge, die angibt in welcher Reihenfolge das Verfahren fortschreitet.

Tab. III.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Gl. V.	freier CaO
	22.90	0.24	4.50	3.11	0.79	64.10	0.54	0.64	2.37	0.81 = 100.0	0.90 = 0.0161
	0,3813	0.0030	0.0441	0.0195	0.0196	1.1430	0.0087	0.0068	0.0296		
11	0.2056					0.6168				C ₃ S	228.30 × 0.2056 = 46.94
10	0.1729					0.3458				C ₂ S	172.22 × 0.1729 = 29.78
4			0.0195	0.0195		0.0780				C ₄ AF	485.94 × 0.0195 = 9.48
7										C ₃ A	— —
5			0.0195			0.0520	0.0065			C ₈ NA ₃	816.45 × 0.0065 = 5.30
6			0.0051					0.0051		KA	196.14 × 0.0051 = 1.00
8	0.0011						0.0022			N ₂ S	184.05 × 0.0011 = 0.20
9	0.0017					0.0017		0.0017		CKS	210.34 × 0.0017 = 0.36
12					0,0196					M	40.32 × 0.0196 = 0.79
3		0.0030				0.0030				CT	135.98 × 0.0030 = 0.41
2						0.0161				C'	56.08 × 0.0161 = 0.90
1						0.0296			0.0296	Cso ₄	136.14 × 0.0296 = 3.89
	0.3813	0.0030	0.0441	0.0195	0.0196	1.1430	0.0087	0.0068	0.0296		99.05

Man berechne wie folgt:

- 1) Die M. P. SO₃ wird mit der gleichen Menge CaO zu CaSO₄ zusammengestellt.
- 2) Die Menge der freien CaO wird in die Kolumne CaO als verbraucht eingetragen.

- 3) TiO_2 wird mit der gleichen Menge CaO zu Perowskit CT vereinigt.
 4) Die M. P. Fe_2O_3 wird mit der gleichen Menge Al_2O_3 und der vierfachen Menge CaO zu Brownmillerit C_4AF zusammengestellt.

Reicht Al_2O_3 nicht aus um Fe_2O_3 zu Brownmillerit zu sättigen, so wird der Überschuss an Fe_2O_3 mit 2 Teilen CaO zu C_2F vereinigt,

Hiermit ist alles Fe_2O_3 verbraucht.

- 5)–6) Na_2O und K_2O werden nun mit dem Rest von Al_2O_3 zur Bildung der Verbindungen C_3NA_3 und KA zusammengestellt. Reicht nach Bildung des Brownmillerits die vorhandene Tonerde nicht mehr aus, um die Alkalien zu sättigen, d. h. Al_2O_3 ist kleiner als $3\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, so wird ein Teil der Alkalien nicht an Al_2O_3 gebunden sein. Bezeichnen wir die gesuchte Menge C_3AN_3 mit x und die gesuchte Menge KA mit y , so berechnen wir nach folgenden Gleichungen:

$$3x + y = \text{M. P. Al}_2\text{O}_3 \quad (\text{I})$$

$$\frac{x}{y} = \frac{\text{M. P. N}_2\text{O}}{\text{M. P. K}_2\text{O}} \quad (\text{II})$$

woraus folgt:

$$x = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}}{3\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}} \quad (\text{III})$$

$$y = \frac{\text{K}_2\text{O} \cdot x}{\text{Na}_2\text{O}} \quad (\text{IV})$$

Die so gefundene Verteilung der Alkalien wird nun so behandelt, dass $x\text{Na}_2\text{O}$ mit $3x\text{Al}_2\text{O}_3$ und $8x \text{CaO}$ zu C_3NA_3 vereinigt wird, und $y\text{K}_2\text{O}$ mit $y\text{Al}_2\text{O}_3$ zu KA. Die übrig bleibende Alkalimenge wird nach 8–9 behandelt. Al_2O_3 ist nun verbraucht.

- 7) Reicht wiederum Al_2O_3 aus um die Alkalien in oben angegebener Weise zu sättigen und bleibt danach noch weiter Al_2O_3 übrig, so wird dieser Überschuss mit der dreifachen Menge CaO zu C_3A vereinigt. In unserem Beispiel ist die Tonerdemenge zu gering, es kann also keine Verbindung zu C_3A stattfinden.
 8) Der Rest von Na_2O wird mit seinem halben Wert an SiO_2 zu N_2O gebunden.
 9) Der Rest von K_2O wird mit ebensogrossen Mengen CaO und SiO_2 zu CKS vereinigt.
 10)–11) Wir haben nun alle die Mengen CaO und SiO_2 verbraucht, die an Alkalien, Aluminat und Brownmillerit, bisweilen auch Dikalziumferrit, sowie im Gips, freien Kalk und Perowskit gebunden sind. Was nunmehr als Rest an CaO und SiO_2 vorliegt, muss

die beiden Silikate C_3S und C_2S bilden. Bezeichnen wir das erstere mit x das letztere mit y , so haben wir folgende Gleichungen:

$$3x + 2y = \text{M. P. CaO} \quad (\text{V})$$

$$x + y = \text{M. P. SiO}_2 \quad (\text{VI}),$$

woraus sich wiederum ergibt:

$$x = \text{CaO} - 2\text{SiO}_2 \quad (\text{VII})$$

$$y = \text{SiO}_2 - x \quad (\text{VIII})$$

Die sich ergebenden Werte für z und y geben die Verteilung der SiO_2 auf die beiden Silikate. Somit ist x mit der dreifachen Menge von CaO zu C_3S , und y mit der doppelten Menge CaO zu C_2S zu vereinen.

12) Schliesslich ist MgO als Periklas M zu berechnen. Liegt auch FeO vor, so wird dieses als Wüstit F' angesetzt.

Es sind nun alle in der Analyse vorkommende Werte auf die verschiedenen Minerale verteilt worden. Die so verbrauchten Molekularproportionen müssen addiert die ursprüngliche Gesamtziffer erreichen (unterste Reihe im Schema). Nun werden die Prohundertzahlen der Minerale berechnet, indem die in der Tab. II als Ausgangswerte bezeichneten Molekularproportionen mit den den einzelnen Mineralen entsprechenden Molekulargewichten multipliziert werden. Wie wir sehen ist das Ergebnis das folgende:

C_3S	46,94	
C_2S	29,78	76,72 = $\Sigma\text{sil.}$
C_4AF	9,48	
C_8NA_3	5,30	
KA	1,00	
N_2S	0,20	
CKS	0,36	
M	0,79	
CT	0,41	
C'	0,90	18,44 = $\Sigma\text{liq.}$
	95,16	
Cso_3		3,89
		99,05

Fügen wir zur Summe 99,05 noch die ausser Acht gelassene 0,81 % Gl. Verl. hinzu so erhalten wir 99,86, welches also nahe an die Analysensumme herankommt.

Es ist natürlich nicht notwendig jedesmal das in Tab. III wieder-gegebene Schema aufzustellen. Bei einiger Gewöhnung an die Berechnungsweise wird ein jeder schon die ihm am bequemste Art der Durchführung herausfinden. Für Gesteinsanalysen gibt es fertige Tabellen zur Bestimmung der Normmineralwerte aus den Molekularproportionen. Solche Tabellen gibt es bisher nicht für die Cementminerale. Der Verf. ist jedoch dabei solche Tabellen herzustellen und hofft dieselben der Öffentlichkeit in Bälde übergeben zu können. Es kann aber auch mit genügende Genauigkeit auf einem Rechenschieber gerechnet werden. Bequem geht es auch auf einer Multiplikationsmaschine. Wichtig ist es aber, dass der Gang der Berechnung eingehalten wird.

Oft wird es vorteilhaft sein die Norm so umzurechnen, dass man den Gips auslässt. Dadurch bekommt man die Werte für den Klinker, was für Vergleichszwecke stets interessanter ist.

Der Leser wird schon bemerkt haben, dass in der Norm zwei Eigenheiten im Mineralbestand scharf zum Ausdruck kommen, nämlich einmal die Abhängigkeit des Auftretens von C_3A vom Verhältnis der nach der Brownmilleritbildung nachbleibenden Tonerde zu den Alkalien, und zweitens die Abhängigkeit des Verhältnisses von C_3S zu C_2S vom Verbrauch an CaO und SiO_2 , nicht nur in Brownmillerit und C_3A , wie Bogue es nimmt, sondern auch in den Alkaliverbindungen, Perowskit u. a. Accessorien. In dieser Hinsicht unterscheidet sich diese Art der Normberechnung weitgehend von der von Bogue. Wir stellen gegenüber:

	Norm:	Bogue:
C_3S	46,94	42,0
C_2S	29,78	34,0
sil	<u>76,72</u>	<u>76,0</u>
C_4AF	9,48	9,6
C_3A	—	6,7
Rest	8,06	—
	<u>17,54</u>	<u>16,3</u>

Der Rest in der Norm ist ohne freien CaO gerechnet. Wie wir sehen ist die Summe der Silikate in diesem Falle ziemlich gleich. Was aber wichtiger ist, ist das Verhältnis der Silikate zu einander. So ist in der Norm $C_3S : C_2S$ 1,58, während derselbe Wert nach Bogue 1,35 ist. Bogue gibt also zuwenig C_3S und zu viel C_2S an. Wir werden unten Beispiele sehen, wo dies viel ausgeprägter ist.

Nach Bogue soll der Cement auch C_3A enthalten. Dies ist nach der Norm nicht der Fall. Wir werden sehen, dass dies fast immer so ist. Die Tonerde geht in die Alkaliverbindungen ein. Dies wird bestätigt durch die oft beachtete Tatsache, dass C_3A nur sehr selten in technischen Cementklinkern beobachtet wird, worauf ja auch Bogue (1938) und Swayze (1938) hingewiesen haben.

In der nun folgenden Tab. IV sind die Normen der Analysen der Tab. I zusammengestellt. Sie sind so berechnet, dass sie dem Klinker entsprechen. Die Analysen 4 und 5 sind nicht umgerechnet, da sie schon direkt Klinker betreffen.

Tab. IV.

	2	3	4	5	6	7
C_3S	43,75	55,32	56,68	42,60	61,51	59,52
C_2S	31,79	20,50	20,80	33,32	17,35	12,24
Σ . sil.	75,54	75,82	77,48	75,92	78,86	71,77
C_4AF	7,01	8,26	9,82	9,86	13,66	19,77
C_3A	—	—	0,89	1,62	—	—
C_3NA_3	10,69	8,43	7,67	8,57	1,48	1,14
KA	1,50	1,59	1,45	1,29	1,02	0,28
N_2S	0,33	0,19	—	—	0,14	0,73
CKS	0,45	0,34	—	—	1,02	1,66
M	2,28	2,11	1,54	1,58	2,71	1,76
F'	0,20	0,62	—	—	0,72	0,58
C'	2,01	2,65	—	—	0,40	2,35
Σ . liq.	24,47	24,19	21,37	22,92	21,15	28,27
Σ	100,01	100,01	98,85	98,84	100,01	100,03

Beim näheren Studium dieser Normen bemerken wir zunächst dass C_3A nur in der Norm der zwei Klinker 4 und 5 vorkommt, auch da nur in beschränkten Mengen. C_3NA_3 kommt in bedeutenden Mengen im Portlandcement Analysen 2—5 vor, sinkt aber auffallend in den Brownmilleritcementen 5—6. KA hält sich mehr konstant in allen Analysen, ausser im Albertcement Analyse 7. Aber auch im Ferraricement ist der KA-Wert etwas geringer als in den Portlandcementen.

Bekanntlich ist C_3A ein Bestandteil im Portlandcement, der infolge seiner hohen Wärmeentwicklung, seinem starken Schwund beim Trocknen und seiner geringen Widerstandskraft gegen sulphathaltiges Wasser, Meerwasser und andere angreifende Flüssigkeiten, in gewissen Fällen durchaus nicht erwünscht ist. Nun ist seine Existenz im Klinker nur selten wirklich beobachtet. Man hat daher den Schluss ge-

zogen das C_3A sitze in dem sogenannten »Glas«, welches mit Brownmillerit den Raum zwischen den Silikaten einnimmt. Die Tatsache, dass dieses Glas das Spektrum des C_3A , wie es Steele und Davey (1929) fanden, zeigte, schien diese Annahme zu bestätigen, Nun hat aber Brownmiller (1938) zeigen können, dass auch »Gläser« ohne Al_2O_3 dieses C_3A -Spektrum zeigen, obgleich diese Verbindung auf keinen Fall vorliegen kann. Brownmiller erklärt diese Erscheinung dahin, dass die als Glas angesehene Phase kein Glas im mineralogischen Sinne sein kann, sondern eine metastabile Struktur in der Fe, Al und Si gegeneinander ausgetauscht werden können, ohne dass sie dadurch wesentlich geändert wird. Die sich vertretenden Elemente haben nämlich ungefähr gleiche Atomgrösse. Nun macht Bogue (1938) schon darauf aufmerksam, dass die Verbindung C_8NA_3 als 3 Moleküle C_3A aufgefasst werden kann, in denen ein Atom Ca durch Na_2 ersetzt ist. Auch nach den Darlegungen von Büsser (1938) muss die kristallochemische Struktur von C_8NA_3 derjenigen von C_3A vollständig ähnlich sein. Wenn dies nun einmal der Fall ist, dann sind wir auch berechtigt anzunehmen, dass die beiden Verbindungen auch in ihren übrigen physikochemischen Eigenschaften, namentlich in der hohen Aktivität des Ca übereinstimmen. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die oben erwähnten nachteiligen Eigenschaften in denjenigen Fällen, wo C_3A fehlt, der Verbindung C_8NA_3 zuzuschreiben sind, welches unserer Meinung nach das Gewöhnliche ist.

Um nun den nachteiligen Eigenschaften von C_8NA_3 im Verein mit oder ohne C_3A entgegenzutreten hat nun Ferrari (1921), den älteren Spuren von Michaelis folgend, den Brennvorgang so geführt, dass dem Rohschlamm soviel Fe_2O_3 zugesetzt wurde, wie erforderlich war, um alle Tonerde in Brownmillerit zu binden. Hiermit verfolgte er zwei Ziele, einmal wird die Bildung von C_3A bzw. C_8NA_3 und KA vollständig vermieden, und zweitens werden die CaO-Mengen, die in diesen Verbindungen sonst gebunden würden, für die Silikatbildung zur Verfügung gestellt. Der aus dem Ferrariment entwickelte Albertcement, nach seinem ersten Hersteller Albert (1937) genannt, unterscheidet sich von dem vorigen durch geringeren Gehalt an SiO_2 und höherem Gehalt an Brownmillerit.

Wird die Proportionierung von Tonerde und Eisen richtig vorgenommen, so müssen die Alkalien in die beiden Silikate N_2S und CKS gedrängt werden. Sie werden dadurch die geringst mögliche Menge CaO binden, also den geringsten Schaden in der Mineralbildung anrichten.

Die Analysen 6 und 7 haben das Ideal nicht ganz erreicht. Die Tendenz ist aber deutlich. Während im Portlandcement 3 das Ver-

hältnis der Alkalikalkaluminat zu den Alkalikalksilikaten 10,02 : 0,53 ist, ist dasselbe Verhältnis im Ferraricement 2,50 : 1,16 und im Albertcement 1,42 : 2,39. Die Veränderung läuft also auf die Alkalikalksilikate zu. Gleichzeitig steigt die Brownillerit-Menge. Im Ferraricement steigt die Summe der Silikate und ist der normative Gehalt an C_3S am höchsten in diesem Cement. Die Freimachung des CaO zur Silikatbildung kommt natürlich auch in dem Verhältnis der beiden Silikate zueinander zum Ausdruck. Das Verhältnis C_3S zu C_2S ist in den einzelnen Analysen das folgende:

2	3	4	5	6	7
1,38	2,70	2,73	1,28	3,55	4,85

Dies zeigt also hier sehr deutlich wie die Lösung des Kalkes aus den Aluminaten notwendig zum Anwachsen der C_3S führen muss. Die beiden Brownilleritemente sind nicht mit der höchst möglichen Kalksättigung erbrannt worden, sonst wäre die Trisilikatmenge noch höher.

DIE PETROGRAPHISCHEN PARAMETER.

Die Berechnung der Norm führt zu einem an und für sich vielseitigen und übersichtlichen Ergebnis. Sie ist aber etwas umständlich und zeitraubend. Ausserdem eignet sie sich selten ohne weitere Umrechnung zu übersichtlichen graphischen Darstellungen. In der Petrographie verwendet man in solchen Fällen verschieden Parameter, die aus den Molekularproportionen berechnet werden. Wir folgen hier einem Parametersystem, das P. Niggli (1924 Grubenmann u. Niggli) entwickelt hat. Wir müssen jedoch mit Rücksicht auf die speziellen Eigenheiten der Cemente gewisse Änderungen vornehmen.

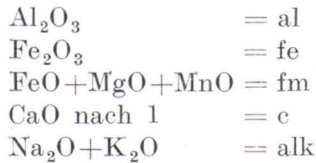
Diese Veränderungen betreffen in erster Linie das F_2O_3 , welches in Gesteinsanalysen mit FeO und MgO vereinigt wird. Dieses wäre bei den CEMENTEN wenig zweckmässig, da Ferrieisen mit Tonerde zusammen geht und wichtige Minerale bildet unabhängig von sowohl FeO wie MgO . Wir behandeln daher Fe_2O_3 für sich allein. Eine weitere Abänderung betrifft den freien Kalk, der ja in Gesteinen niemals zu finden ist. Wir müssen für diesen einen neuen Parameter einführen.

Die Berechnung der Parameter.

Wir gehen wiederum von den Molekularproportionen aus. Die Summe der Molekularproportionen von Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O und K_2O wird auf 100 umgerechnet. Hierbei werden folgende Abzüge und Zusammenschlagungen beachtet:

1) Die Molekularproportion von CaO wird vermindert um diejenige des freien CaO und der SO₃. Durch die letztere wird der Gips aus allen weiteren Berechnungen ausgeschieden. Der frei CaO wird gesondert behandelt.

2) Folgende Molekulargruppen werden berechnet:



Dieses sind die Grundparameter. Man kann al mit fe zu alfe vereinigen. Ist kein FeO vorhanden so schreibt man auch statt fm einfach m und im entgegengesetzten Falle f.

Ferner berechnen wir:

$$\begin{aligned} k &= \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}} \\ k' &= \text{alk} \cdot k \\ n' &= \text{alk} - k'. \end{aligned}$$

k ist also das Verhältnis mit welchem K₂O in alk eingeht, während k' und n' die absoluten Anteile von K₂O bzw. Na₂O in alk.

3) Wir berechnen nun die Werte für SiO₂, TiO₂ und den freien CaO. Diese werden über Summe der übrigen Oxydgruppen in folgendes Verhältnis gestellt:

$$\text{Parameter} = \frac{100 \cdot n}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$$

worin mit n die Molekularproportionen von bzw. SiO₂, TiO₂ oder dem freien CaO gemeint ist. So erhalten wir die Werte:

$$\begin{aligned} \text{si} &= \text{SiO}_2 \\ \text{ti} &= \text{TiO}_2 \\ \text{ca} &= \text{freiem CaO.} \end{aligned}$$

Diese Parameter geben an, wieviel Moleküle der betreffen Oxyde auf die Summe al+fe+fm+c+alk kommen.

Die Berechnung sei durch ein Beispiel erläutert. Wir wählen hierzu wiederum den Portlandcement bei Lea u. Desch (1935), den wir schon bei der Berechnung der Norm (Tab. III) anführten. Wir verfahren wie folgt:

1) M. P. CaO		1.1430
M. P. fr. CaO	0.0161	
M. P. SO ₃	0.0296	—0.0457
		1.0973
2) M. P. Al ₂ O ₃	0.0441	al = 3.7
M. P. Fe ₂ O ₃	0.0195	fe = 1.6
M. P. MgO	0.0196	fm = 1.6 = m
M. P. CaO nach 1)	1.0973	c = 91.8
M. P. Na ₂ O	0.0087	
M. P. K ₂ O	0.0068	0.0155 alk = 1.3
		1.1960 100.0

ferner:

$$k = \frac{0.0068}{0.0155} = 0.44$$

$$k' = 1.3 \cdot 0.44 = 0.6$$

$$n' = 1.3 - 0.6 = 0.7$$

$$3) \text{ si} = \frac{0.3813 \cdot 100}{1.1960} = 31.8$$

$$\text{ti} = \frac{0.0030 \cdot 100}{1.1960} = 0.25$$

$$\text{ca} = \frac{0.0161 \cdot 100}{1.1960} = 1.35$$

Die Parameter werden stets auf eine Decimale abgerundet, mit Ausnahme der Werte für k, ti und ca. Die Berechnung kann also bequem und mit genügender Genauigkeit auf dem Rechenschieber durchgeführt werden. Wir bringen hier in der Tab. V eine Zusammenstellung der Parameter der vorgenannten Cemente zusammen mit einigen weiteren Brownmilleritcementen.

Tab. V.

N:o	si	al	fe	fm	c	alk	k	k'	n'	ca
1	31.8	3.7	1.6	1.6	91.8	1.3	0.44	0.6	0.7	1.35
2	29.9	4.8	1.1	4.7	87.3	2.1	0.37	0.8	1.3	2.82
3	28.8	4.3	1.2	4.8	88.0	1.7	0.44	0.7	1.0	3.75
4	28.6	4.6	1.6	3.1	89.5	1.2	0.44	0.5	0.7	—
5	29.9	5.1	1.6	3.1	88.9	1.3	0.59	0.8	0.5	—
6	29.0	3.0	2.2	5.9	87.9	1.0	0.75	0.7	0.3	0.55
7	27.2	3.7	3.2	4.1	87.5	1.5	0.50	0.8	0.7	3.30
8	28.4	2.4	2.6	4.4	90.6	—	—	—	—	—
9	31.5	1.7	4.2	1.3	92.8	—	—	—	—	—

1. Portlandcement LEA u. DESCH 1935. S. 99.

2—7, Wie Tabelle I.

8. Ferraricement, Societa commerciale Ital. cem., Montaudon, Anal. Pargas.

9. Erzcement, Analyse LEA u. DESCH 1935. S. 17. Tab. 1, b.

Die si und c Parameter sind die grössten Einheiten. In den eigentlichen Portlandcementen ist al stets bedeutend grösser als fe. Im Brownmilleritcement ist al = fe oder fe grösser als al, bisweilen auch etwas kleiner als al, nämlich wenn die Sättigung mit Ferrieisen nicht voll erreicht wird.

Die Anwendung der Parameter.

Die Parameter können nun in mannigfaltiger Weise zur Beantwortung verschiedener Fragen der Konstitution der Cemente angewandt werden. Dies gilt nicht nur den Portland- und Brownmilleritcementen, sondern auch den Aluminatcementen, wie wir noch bei einer späteren Gelegenheit zeigen werden.

Das Hauptinteresse beim Bestimmen der Konstitution eines Klinkers ist, festzustellen, wieviel Ca_3SiO_5 bzw. Ca_2SiO_4 vorhanden sind. Wir gehen hierzu von c aus. Es ist offenbar, dass die Summe der Silikate abhängig ist von der Menge c, die nachbleibt, wenn die Alu-

minate und der Brownmillerit mit den ihnen eigenen c -Mengen gesättigt worden sind. Wir wissen nun, dass im Brownmillerit CaO so gebunden ist, dass auf ein Al_2O_3 drei Mole CaO und auf Fe_2O_3 ein Mol CaO kommt. Der Brownmillerit benötigt also an c die Menge von $3al+fe$. In der Verbindung $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ist c ebenfalls mit $3al$ beteiligt und in $\text{Ca}_8\text{Na}_2\text{Al}_6\text{O}_{10}$ ist dasselbe nahezu der Fall. Wir rechnen jedenfalls auch hier mit $3al$, obgleich dies eine gewisse Ungenauigkeit bedeutet, die aber angesichts der Tatsache, dass auch ein Teil c an CaK_2SiO_4 geht, welches wir völlig unbeachtet lassen, kaum von Bedeutung ist. In den meisten Fällen gleichen sich die beiden c -Posten aus. Andererseits geht ein Teil al an K_2O . Wir ziehen daher k' von al ab ehe wir weiter rechnen. Wir erhalten nun

$$c-(3(al-k')+fe) = c-(3al+fe-3k') = c' \quad (\text{IX})$$

worin c' gleich der Summe der Silikate ist. Diese Gleichung gilt jedoch nur wenn $al > fe$. Ist $fe > al$, so kommt ausser dem Brownmillerit nur $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ vor, während kein al an alk gebunden wird. In diesem Falle berechnen wir

$$c-(4fe+2[fe-al]) = c-(6fe-2al) = c' \quad (\text{IXa}).$$

Auf diesen Unterschied in der Berechnungsweise, jenachdem wie sich das Verhältnis $al : fe$ gestaltet, ist besonders zu achten.

Wir haben also nun in c' die Summe der Silikate. Das gegenseitige Verhältnis von Ca_3SiO_5 zu Ca_2SiO_4 ist nun weiter abhängig von dem Verhältnis zwischen c' und si . Es ergibt sich hierbei

$$C_2S = 6si - 2c' \quad (\text{X})$$

und ferner

$$C_3S = c' - C_2S. \quad (\text{XI})$$

Hiermit haben wir in einfacher Weise die wichtigsten Mineralbestandteile mengenmässig erfasst. Es ist nun weiter möglich auch die Brownmilleritmenge zu bestimmen. Hier haben wir wiederum zwei Fälle zu unterscheiden, nämlich den wo $al > fe$ und den wo $fe > al$. Wir untersuchen zunächst den ersteren Fall. Im Brownmillerit haben wir ausser fe ein Teil al und vier Teile c , zusammen also sechs Teile von der Grösse fe . Es ergibt sich also

$$C_4AF = 6 fe. \quad (\text{XII})$$

Ist wiederum $fe > al$, so können wir nicht fe als bestimmenden Faktor wählen. Da aber alles al im Brownmillerit zu finden ist, so wird in diesem Falle

$$C_4AF = 6 \text{ al. (XII a).}$$

Der Überschuss an fe, der gleich fe—al ist, kann als C_2F berechnet werden, nämlich

$$C_2F = 3 (\text{fe—al}). \text{ (XIII).}$$

Somit haben wir drei wichtige Komponenten in den fe-armen und vier in den fe-reichen Klinkern bestimmt. Der Rest besteht, ausser aus fm, aus den al-c-alk-Verbindungen, dem al-c-Aluminat und den alk-si-Verbindungen. Man könnte durch umständliche Berechnungen auch hier noch Einzelheiten herausbringen. Das würde aber dem Sinn der Parameter nicht mehr entsprechen. Sie sollen ja eben zu bequemen und einfachen Operationen führen. Für das Detail haben wir die Norm. Wir sehen daher von einer weiteren Ausrechnung ab und begnügen uns mit den Komponenten C_2S , C_3S , C_4AF bzw. C_2F und dem Rest.

Es ist jedoch möglich sich von den Rest ein gewisses Bild zu machen. Wir wissen, dass $\text{al} = 3n' + k' = \text{alk} + 2n'$ sein muss, wenn nur C_8NA_3 und KA vorhanden sind. Da aber al auch an fe gebunden wird, so können wir schreiben:

$$z = (\text{al—fe}) - (\text{alk} + 2n') = \text{al—fe—alk—}2n'. \text{ (XIV)}$$

Diese Grösse z kann nun entweder positiv, Null oder negativ sein. Ist sie positiv, so besagt dieses, dass ausser den Alkaliverbindungen noch al im Überschuss vorhanden ist, es daher zur Bildung von C_3A kommen muss. Ist $z = 0$ so haben wir nur alk-al-Verbindungen. Wird z wiederum negativ so müssen ein Teil der alk in Silikatform vorliegen. Es ist also möglich hierdurch eine bestimmte Auffassung von der Natur des Restes zugewinnen, wenn es auch schwer ist mengemässige Angaben zu machen.

In der Tab. VI sind nun die aus den Parametern der Tab. V hergeleiteten Mineralmengen zusammengestellt. Die Analysen 8 und 9 haben einen Überschuss von fe über al. In diesen beiden Fällen wurden also die Gleichungen IX a statt IX und XIIa statt XII angewendet. Aus der Tabelle geht wiederum deutlich hervor, wie der C_2S -Gehalt bei den Brownmilleritcementen geringer ist als bei den Portlandcementen. Dasselbe sehen wir auch in der Normtabelle IV. Der italienische Ferraricement hat den geringsten C_2S -Gehalt. Dagegen weicht der Erzcement in dieser Hinsicht von den übrigen Brownmilleritcementen, aber auch von den Portlandcementen, ab. Er führt etwa ebenso viel C_2S wie C_3S .

Tab. VI.

N:r	C ₃ S	C ₂ S	C ₄ AF	C ₂ F	Rest
1	51.9	29.0	9.6	—	9.5
2	43.2	31.0	6.6	—	19.2
3	55.1	20.9	7.2	—	16.8
4	55.2	20.4	9.6	—	14.8
5	40.9	32.6	9.6	—	16.9
6	62.4	16.4	13.2	—	8.0
7	62.7	12.6	19.2	—	5.5
8	70.8	9.6	14.4	0.6	4.5
9	39.0	37.0	10.2	7.5	6.3

Der Brownmilleritgehalt ist natürlich höher in den Cementen 6—9. Der Rest ist in den Brownmilleritcementen kleiner als in den Portlandcementen. Die Summen von C₄AF+Rest sind jedoch ziemlich gleich in beiden Typen. Das ist ja auch zu erwarten, denn es ist ja eben die Absicht gewesen, al aus den anderen Verbindungen herauszutreiben, und durch Vermehrung des Brownmillerits die anderen Anteile der Grundmasse zu reduzieren.

Man kann nun die Parameterverhältnisse auch zu graphischen Darstellungen verwenden.

Als erstes Beispiel wählen wir das der Fig. 1. In ihr haben wir ein Koordinatennetz mit der Ordinate $c' = c - (3al + fe - 3k')$ und Abscisse $fe : al + fe$. Die Ordinate gibt also an, wieviel CaO zur Bildung von Silikaten frei ist. Die beiden Silikate C₃S haben $c = c' = 100$. Alle nur aus Silikat und Brownmillerit bestehenden Cemente würden also auf der Ordinate 100 liegen. Nun kann aber c' auch negativ werden, nämlich, wenn alles c in Aluminaten oder Aluminiumsilikaten gebunden ist. Je grösser der negative Wert ist, umso reicher ist das Gemenge an al. Wir kommen so zu den für die Aluminatcemente typischen Mineralen C₂AS, C₅A₃, C₃A₂, CA, C₃A₅, CA₂. Wir finden dieselben am linken Rander unserer Figur im negativen Felde. Für C₃A und C₄AF ist $c' = 0$. Wir finden daher die erstere Verbindung im Origo, die andere auf der Ordinate 0, der Abscisse 0.50, denn fe ist in ihr genau die Hälfte der Summe der $al + fe$. Für C₂F, der frei von al ist, ist die Abscisse dann 1,0. c' ist jedoch 33,5, weshalb der Punkt für C₂F an den rechten Rand in das positive Feld fällt. Schliesslich ist c' für C₈NA₃ = -8,5. Da kein fe vorhanden, wird der Abscissenwert 0. Der Projektionspunkt liegt also am linken Rand, etwas unterhalb des Origo im negativen Feld. Ziehen wir von diesem Punkt aus über C₄AF nach C₂F eine Linie, so haben wir oberhalb derselben das Feld der portlanditischen Cemente, wie wir hier die

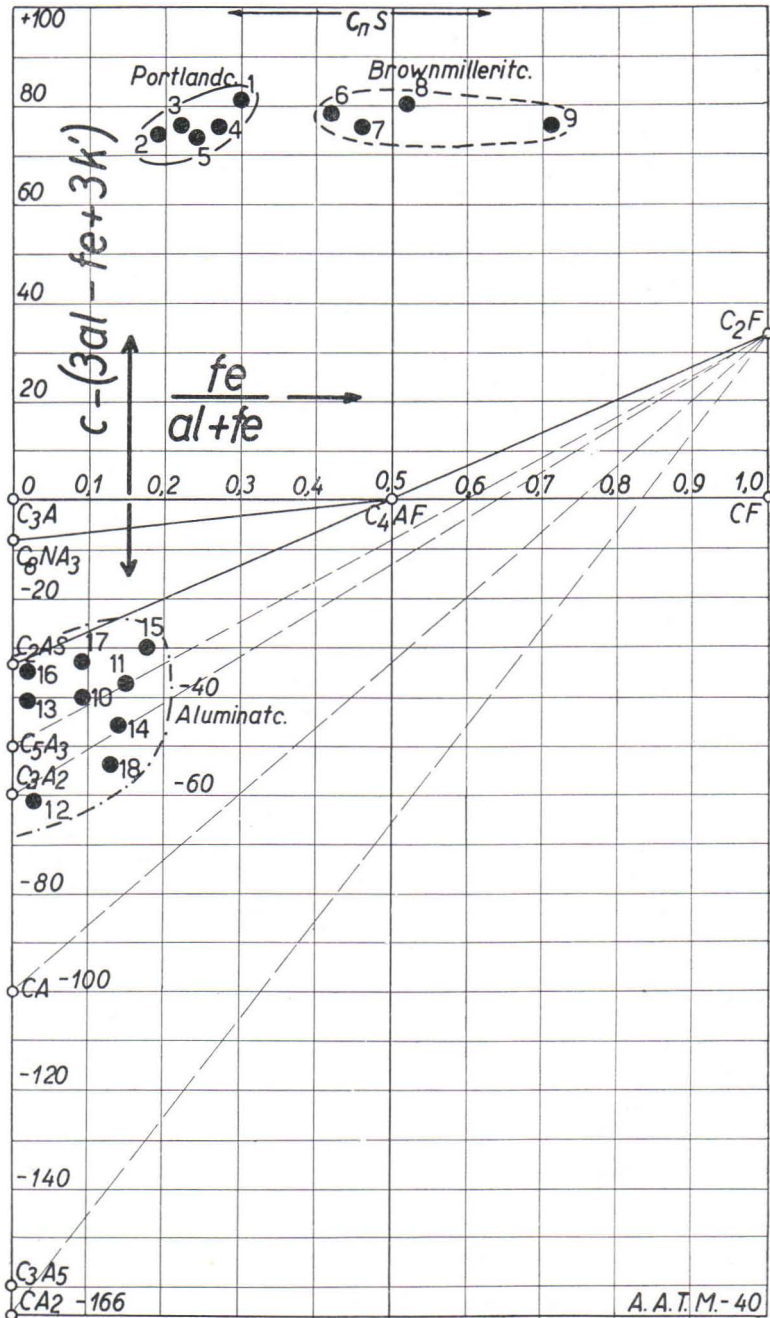


Fig. 1

Portlandcemente s. s. und die Brownmilleritcemente gemeinsam benennen wollen.

Ziehen wir weiter eine Linie von C_2F durch C_4AF nach C_2AS so liegt unterhalb derselben das Feld der aluminatischen Cemente. Wie schon gesagt, werden wir erst später bei anderer Gelegenheit auf diese sehr interessanten Cementtypen näher eingehen.

Die eigentlichen Portlandcemente fallen in ein ziemlich enges Feld etwa zwischen $x = 0,15-0,35$ und $y = 70-85$. Die Brownmilleritcemente sammeln sich um $x = 0,5$ und $y = 75-85$. Die Verteilung nach x beruht natürlich auf den verschiedenen Gehalt an Brownmillerit. Wir können aus dem Diagramm ablesen, dass bei den Portlandcementen etwa 30—40 % der Grundmasse Brownmillerit sein muss, während bei den Brownmilleritcementen 6 und 7 derselbe Wert 80—90 % sein muss. In den Cementen 8 und 9 muss ausser Brownmillerit auch C_2F vorhanden sein. Sie liegen nämlich jenseits der Brownmilleritlinie $x = 0,50$. Wir können wieder schätzen, dass der C_2F -Gehalt im Cement 8 etwa 3—4 % der Summe $C_4AF + C_2F$ ausmacht, und im Fall 9 etwa 40—45 %. Aus der Tabelle VI sehen wir, dass die richtigen Werte 3,2 % und 42 % sind.

Was nun die Summe der Silikate betrifft, so ist dieselbe für die Ferraricemente 6 und 8 höher als bei dem Durchschnitt der Portlandcemente. Beim Albertcement 7 ist c' natürlich geringer infolge des höheren Brownmilleritgehaltes. Beim Erzcement ist die Summe ebenfalls kleiner als bei den Ferraricementen.

Über die Natur der Silikate gibt uns das Diagramm Fig. 2 näheren Aufschluss. Hier haben wir wieder als Abscisse $fe + al$. Bei steigendem Brownmilleritgehalt rücken also alle Punkte wieder nach rechts. Der Brownmillerit liegt auf der Linie $x = 0,50$. Die Ordinate hat die Form $6si - 2c'$. Sie ist also der Ausdruck für den Gehalt an C_2S . Wäre nur C_3S vorhanden, so müsste der Projektionspunkt des betreffenden Cementes auf der unteren Kante liegen. Je höher der Punkt nach oben rückt umso reicher ist der Cement an C_2S . Die Figur zeigt sehr schön, wie die Brownmilleritcemente 6—8 reicher an C_3S sein müssen als die eigentlichen Portlandcemente 1—5. Weiter hat sich nunmehr der Erzcement 9, der in der vorhergehenden Figur noch gut mit den übrigen Brownmilleritcementen zusammenfiel, vollständig von diesen getrennt. Der grosse Gehalt an C_2S kommt deutlich zum Vorschein. Innerhalb der Ferrarigruppe ist der italienische Cement der an C_3S reichste. Die Figur bringt weiter die Tatsache zum Ausdruck, dass der Gehalt an dem wertvollen C_3S mit zunehmenden Brownmilleritgehalt zugenommen hat.

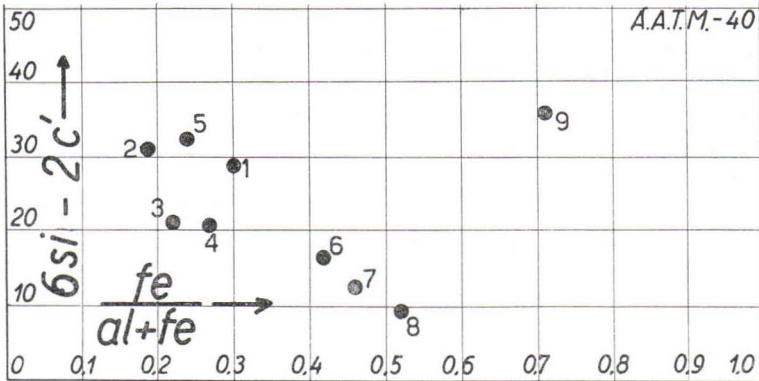


Fig. 2.

In diesem Zusammenhang sei noch eine weitere Fig. 3 gezeigt. In ihr ist die Abscisse c' , die Ordinate si . Der Projektionspunkt für C_3S ($c' = 100$, $si = 33,5$) liegt rechts auf der Kante. Von diesem Punkt aus ist eine Linie zum Origo gezogen. Dies ist die Linie der jeweils möglichen höchsten Kalksättigung. Die Projektionspunkte für die Portlandcemente 1—3 und die Brownmilleritcemente 6—9 sind eingetragen. Es zeigt sich nun, dass die Kalksättigung am höchsten in den Brownmilleritcementen, mit Ausnahme des Erzcementes, ist. Sie liegen der Linie am nächsten. Gut ist die Kalksättigung auch im Portlandcement 3, schlechter in 1 und 2. Der Erzcement zeigt die unvollständigste Kalksättigung.

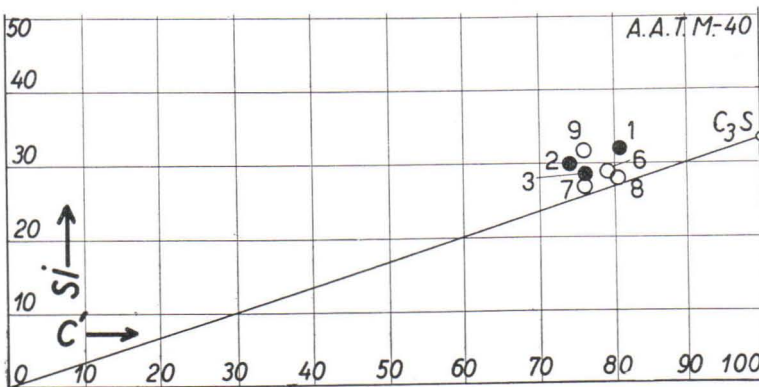


Fig. 3.

Schliesslich wollen wir noch zwei weitere Diagramme betrachten, die gewissen Aufschluss über die Natur der Grundmasse geben können. Wir beginnen mit der Fig. 4. Hier hat die Ordinate den Wert $z = al - fe - alk - 2n'$. Wird z negativ so haben wir ausser den Alkali-aluminaten auch Alkalisilikate in der Grundmasse. Ist z wiederum positiv so kommt ausser den Alkali-aluminaten noch $Ca_3Al_2O_6$ vor. Die Abscisse hat den Wert $6fe$, d. h. sie gibt die Menge des Brownmillerits an. Wir sehen, dass die meisten Cemente Alkalisilikate führen, m. a. W. al ist nicht so hoch, dass es zur Sättigung von alk in dem angenommenen Verhältnis $alk + 2n'$ ausreichte. Nur die zwei Klinker 4 und 5 fallen in das positive Feld. Sie müssen also C_3A führen. Weiter können wir sehen, dass die Alkalisilikatbildung nicht von der Menge des Brownmillerits abhängt. So führt der Cement 2 mehr Silikate als der Cement 6, trotzdem 2 ärmer an Brownmillerit ist als 6.

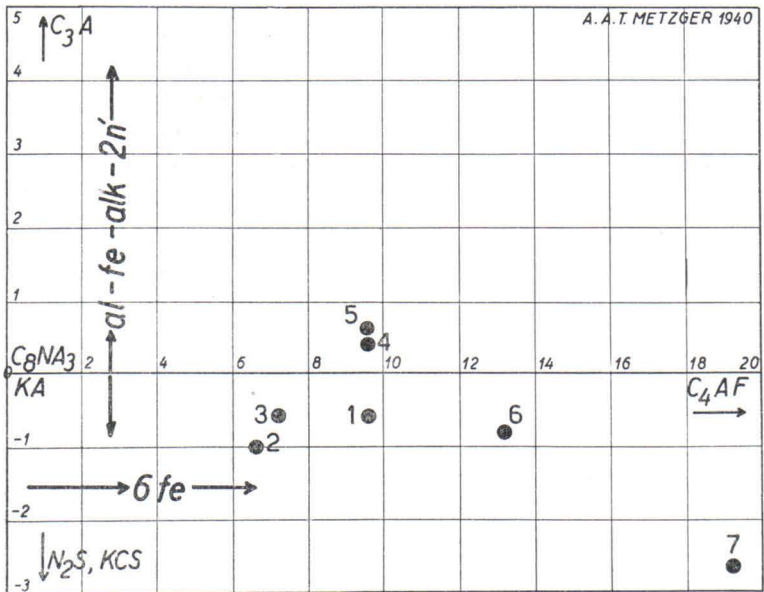


Fig. 4.

Dass die Bildung der Alkalisilikate lediglich von der al -Menge, die nach der Brownmilleritbildung nachbleibt, abhängig ist zeigt die folgende Fig. 5. In ihr ist die Ordinate dieselbe wie in der Fig. 4., also $z = al - fe - alk - 2n'$. Als Abscisse haben wir, je nachdem wir

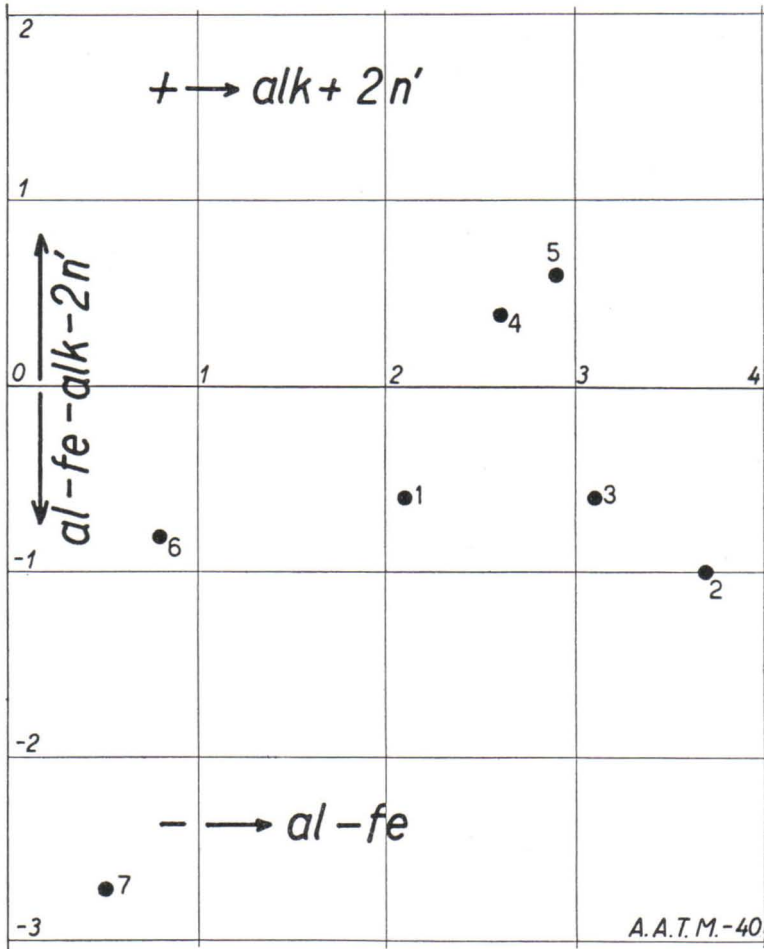


Fig. 5.

uns im positiven oder negativen Felde befinden, etwas verschiedene, aber gleichbedeutende Werte gewählt. Ist z 0 oder positiv, so ist genügend al vorhanden, um als $alk - 2n'$ an die Alkalien gebunden zu werden. $x = alk + 2n'$ ist also ein Ausdruck für die vorhandene Menge Alkalialuminat. Im anderen Falle, z negativ, so kann $alk + 2n'$ höchstens $al - fe$ sein. Im negativen Teil des Diagrammes gebrauchen wir also als Abscisse $x = al - fe$. Nun tritt die Natur der Grundmasse ohne den Brownmillerit schön hervor. Je weiter die Projektionspunkte der Cemente gegen rechts wandern, umso reicher sind die Cemente an Alkalialuminaten und wenn sie ins positive Feld fallen auch C_3A .

Je weiter nach links, umso ärmer an diesen nicht immer wünschenswerten Bestandteilen. Die Alkalien werden in die Silikate getrieben. Vergleichen wir jetzt aufs Neue die Cemente 2 und 6, so sehen wir nun, dass 2 zwar etwas mehr Alkalisilikate führt als 6, dass aber 2 gleichzeitig beinahe viermal so viel Alkalialuminate führt. Cement 6 hat also viel günstigere Verhältnisse als 2.

Es sei noch bemerkt, dass auch die Abscisse negativ werden kann, nämlich wenn $fe > al$ ist. Dann wird $al - fe - alk - 2n'$ auch stets negativ sein. Wir würden also eine Fortsetzung unseres Diagrammes nach links unten in den Quadranten $-x$, $-y$ geben. In dieser Fortsetzung gibt die Abscisse an wieviel C_2F in Klinker vorhanden ist. Leider standen keine Analysen mit fe -Überschuss, in denen die Alkalien bestimmt waren, zur Verfügung. Wir mussten also darauf verzichten, unser Diagramm in der angegebenen Richtung auszudehnen.

Hiermit wollen wir die Betrachtung der Parameterwerte abschliessen. Es können noch eine Reihe anderer Verhältnisse mit ihnen dargestellt werden. Wir haben nur einige uns speziell interessierende herausgegriffen. Ein jeder wird leicht die ihn interessierenden Kombinationen herausfinden.

VERGLEICH ZWISCHEN DER NORM, DEN PARAMETERN, DEM MODUS UND DEM BOGUE-WERTEN.

Im Vorhergehenden haben wir zwei sich ziemlich gut deckende Mineralbestände berechnet, nämlich die Norm und die Parameterwerte. Die Tatsache, dass beide gut zusammenstimmen, darf jedoch nicht ohne weiteres als Beweis dafür angesehen werden, dass wir den tatsächlichen Mineralbestand berechnet hätten. Wir dürfen nicht vergessen, dass jede rein auf die chemische Analyse gegründete Berechnung der Mineralverteilungen immer theoretisch bleibt, da die genaue Zusammensetzung der Mineralien niemals sicher bekannt ist. Ausserdem kommt für Klinker hinzu, dass wir es mit »eingefrorenen« Gleichgewichten zu tun haben. Es muss daher, wenn möglich die Mineralzusammensetzung an einer grösseren Anzahl Klinkern direkt kontrolliert werden. Wir haben dies für die drei Cemente, nämlich Portland (2), Ferrari (6) und Albert (7) des Werkes Ihalainen durchgeführt. Nach dem von Radczewski und Schwiete (1938) vorgeschlagenen Verfahren wurden 20 Klinker jeder Sorte mit einem Hirschwald-Messokular ausgemessen, doch mit der Abänderung, dass die Messlinien nur 1 mm von einander entfernt gelegt wurden. Die Vermessung war natürlich weit mehr zeitraubend als mit den von Radczewski u. Schwiete benutzten Zählwerken. Aus diesem Grunde

wurden nur drei Bestandteile bestimmt, nämlich C_3S , C_2S und Grundmasse. Die Ausmessungen wurden nur an Anschliffen durchgeführt, da diese sicherere Ergebnisse liefern, worauf ja auch Parker (1938, S. 115) aufmerksam macht. Der so berechnete *Modus* ist in den folgenden Tabellen VII—IX unter *Modus* wiedergegeben.

Tab. VII. Portlandklinker

	Norm	Modus	Parameter	Bogue:
C_3S	55.32	59.0	55.1	43.9
C_2S	20.50	18.5	20.9	25.7
Σ sil.	75.82	77.5	76.0	69.6
Σ liq.	24.47	22.5	24.0	30.4

Tab. VIII Ferrariklinker

	Norm	Modus	Parameter	Bogue
C_3S	61.51	64.2	62.4	53.2
C_2S	17.35	16.2	16.4	21.0
Σ sil.	78.86	80.4	78.8	74.2
Σ liq.	21.15	19.6	21.2	25.8

Tab. IX. Albertklinker

	Norm	Modus	Parameter	Bogue
C_3S	59.52	63.0	62.7	51.4
C_2S	12.24	11.5	12.6	16.6
Σ sil.	71.76	74.5	75.3	68.0
Σ liq.	28.27	25.5	24.7	32.0

Wir haben in den Tabellen nur die wichtigsten Bestandteile, die Silikate, deren Summe und die Grundmasse gegenübergestellt. Wir sehen, dass der *Modus* sehr nahe an die berechneten Normen, sowohl die eigentliche Norm, wie auch die Parameterwerte herankommt. Der *Modus* zeigt gewöhnlich eine um 1—2 % von den Normen abweichende Summe der Silikate. Dieser Prohundertsatz liegt in der bei derartigen Messungen gewöhnlichen Fehlergrenze. Wir können also sagen, dass die von uns berechneten *Normwerte*, sowohl Norm im eigentlichen Sinne wie Parameter, gut mit den im *Modus* gefundenen Werten übereinstimmen. Hieraus ziehen wir weiter den Schluss, dass die von uns angewendeten Berechnungsverfahren durchaus zur Bestimmung der Zusammensetzung eines Klinkers geeignet sind.

In den Tabellen haben wir ferner die nach der von Bogue eingeführten Berechnungsweise gewonnenen Mineralmengen angegeben. Es zeigt sich, dass diese sämtlich zu klein sind, und dass ausserdem das Verhältnis zwischen den beiden Hauptsilikaten nach den Bogue-Werten ein ganz anderes ist. Folgende Tabelle X zeigt uns dieses.

Tab. X $C_3S : C_2S$

	Portland	Ferrari	Albert
Norm	2.70	3.55	4.85
Modus	3.18	4.00	5.48
Parameter	2.64	3.78	4.96
Bogue	1.70	2.52	3.07

Die Bogue-Werte sind also auch hier wieder zu klein. Es ist also in den Klinkern mehr C_3S vorhanden als man nach Bogue voraussetzen kann. Schon früher ist hierauf aufmerksam gemacht worden. Man vergleiche die klare Darstellung der Verhältnisse bei Forsén (1933).

Die Mineralzusammensetzung der drei Cementtypen ist in etwas ausführlicherer graphisch in der Fig. 6 dargestellt. Jedem der drei Typen sind vier Stapel zugeordnet, einer für die Norm, einer für den Modus, einer für die Parameterwerte und einer für die Bogue-Werte. Die Silikate zeigen dasselbe, was wir soeben schon besprochen haben. Es erübrigt sich daher nochmals auf sie einzugehen. In der Grundmasse kommt, ausser im Modus, zunächst der Brownmillerit zur Darstellung. Wir sehen, dass seine Menge in allen drei Berechnungsarten ziemlich dieselbe ist. Das in den Bogue-Werten regelmässig vorkommende C_3A finden wir in der Norm in den Alkalialuminaten wieder. Der grosse Unterschied im Verhältnis der Alkalialuminate zu den Alkalisilikaten in dem Portlandcement gegenüber den Brownmilleritcementen kommt ebenfalls sehr deutlich zum Vorschein. Im übrigen zeigt das Diagramm, wie sich Norm und Parameterwerte dem Modus nähern, während die Bogue-Werte zurückbleiben.

Dieses Abweichen der Bogue-Werte von den tatsächlich wahrscheinlicheren Verhältnissen, deuten wir nun nicht dahin, dass wir der Methode von Bogue allen Wert etwa absprechen. Das wäre eine Kritik an dem Werk dieses hochverdienten Forschers, die uns völlig fern ist. Aber wie Bogue (1938) selber feststellt, werden immer neuere und genauere Berechnungsmethoden entwickelt werden. Die von uns hier vorgeschlagenen Wege werden wohl auch nicht die endgültigen sein, denn auch sie tragen die Möglichkeiten weiterer Entwicklung in sich. Sollten sie aber auch in der hier gegebenen Form Nutzen bringen, wäre der von uns erhoffte Zweck erreicht.

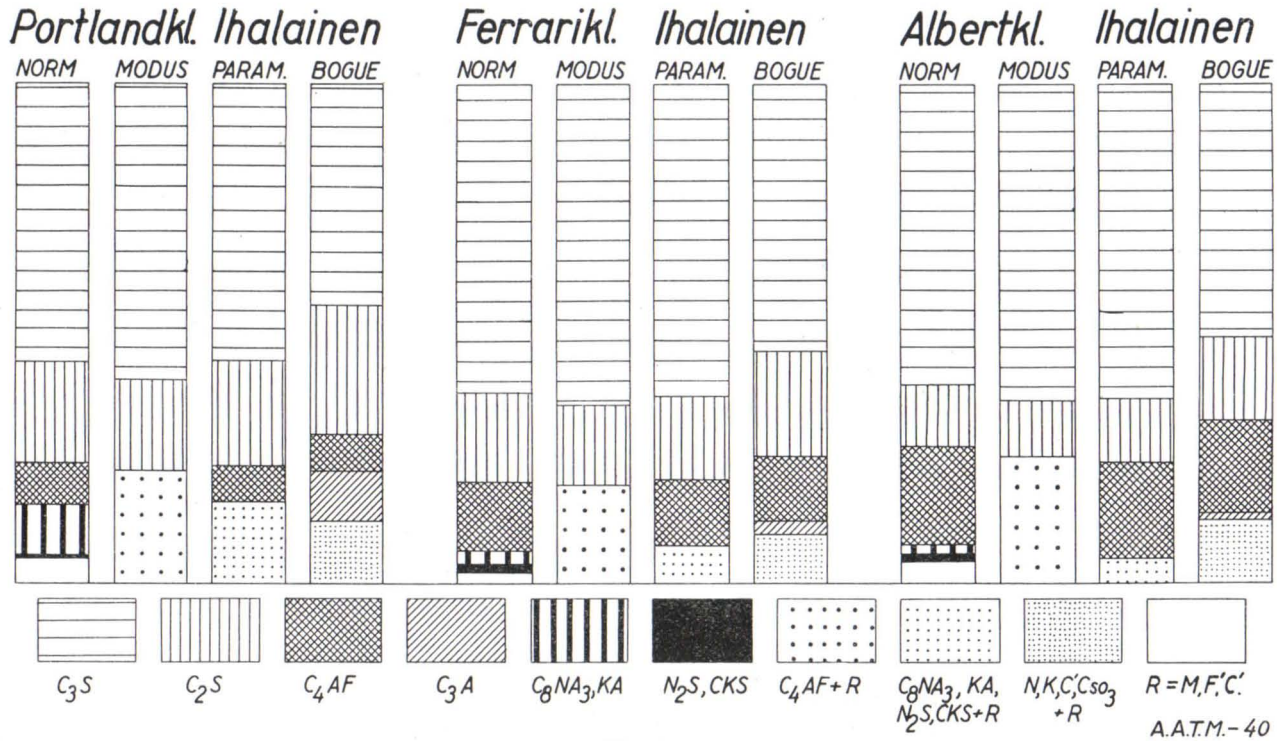


Fig. 6.

SCHLUSSWORT.

Die oben erläuterten Berechnungsweisen haben sich durch reine Übertragung der in der Petrographie allgemein anerkannten Prinzipien auf das Cementklinkerproblem ergeben. Da diese Arbeit mehr für den Cementchemiker geschrieben ist, als für den Petrographen, waren wir genötigt einen grossen Teil dem Petrographen bereits bekanntes Dinge hier ausführlich zu behandeln. Wir nehmen jedoch wohl nicht mit Unrecht an, dass es auch den Petrographen interessieren kann, wie seine Arbeitsmethoden und sein Rüstzeug auf wiederum gerade ihm im Allgemeinen fremd bleibenden Gebieten angewendet und nutzbar gemacht werden können. Es ist immer erfreulich, wenn die eine Wissenschaft der andere dienlich sein kann.

Es sind im Laufe unserer Darstellung nur Klinker besprochen worden. Es sei zum Schluss jedoch schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Parameterwerte nicht auf Klinker zu beschränken sind. Sie können auch mit Erfolg auf den Rohschlamm angewandt werden, und dann zu recht einfachen Korrektionsformeln führen. Wird, wie in vielen Werken, der Rohschlamm aus Kalkstein und Ton zusammengemahlen, so kann man zunächst die Parameter für den Ton allein, oder für den Rohschlamm in erster Zusammensetzung berechnen. Dann kann man wie folgt korrigieren. Handelt es sich um Portlandcement, so muss im Rohschlamm

$$c = 3(\text{si} - 0,5n' - k') + 4\text{fe} + 3(\text{al} - \text{fe} - \text{alk}) + 2n' + k'$$

werden. Dann wird die Silikatphase beinahe oder ganz aus C_3S bestehen. Soll wiederum ein Brownmilleritcement erbrannt werden, so muss

$$\begin{aligned} 1) \text{ al} &= \text{fe} \quad \text{und} \\ 2) c &= 3(\text{si} - 0,5n' - k') + 4\text{fe} + k' \end{aligned}$$

sein. Es könnte erscheinen, dass in der Formel für den Portlandcement die erste Klammer einen zu kleinen Wert hat, da ja nicht alle Alkalien Kieselsäure binden. Das wird aber in den meisten Fällen ausgeglichen durch den letzten Teil der Formel, der dann etwas zu gross wird. Man kommt so der Wahrheit sehr nahe. Einige Prohundert C_2S werden sich immer ergeben, aber selten theoretisch über 5 %.

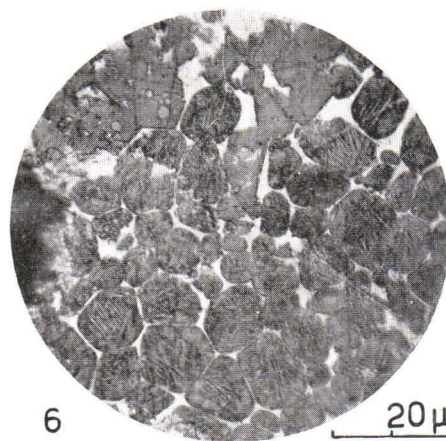
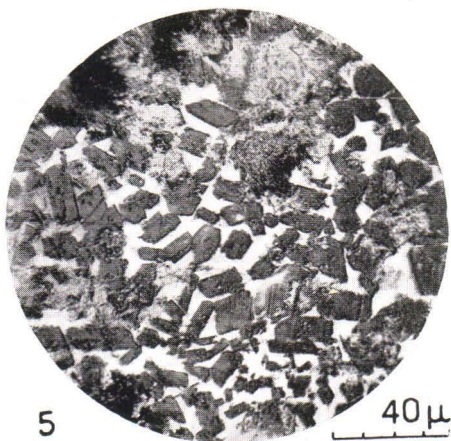
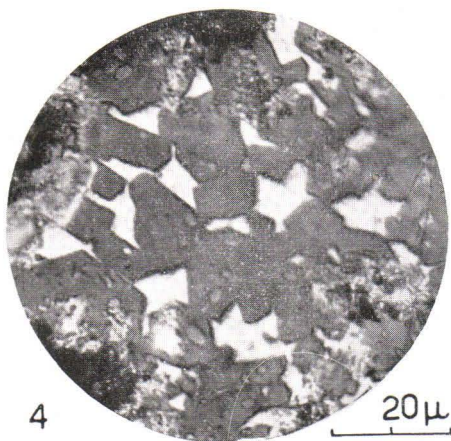
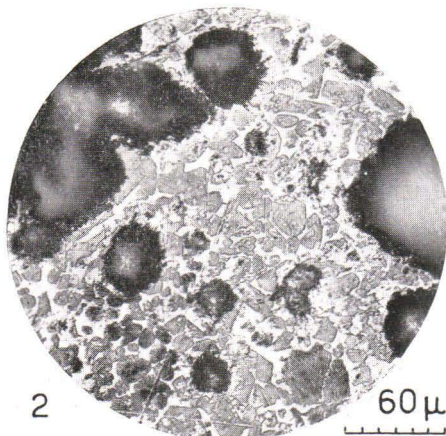
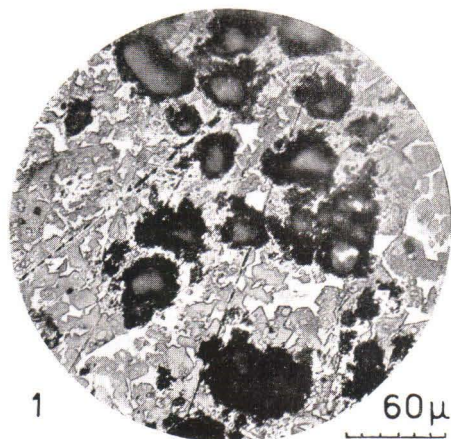
Hiermit sei unsere Darlegung abgeschlossen. Sollte sie auch weiteren Kreisen etwas von Interesse bieten, so glauben wir darin die Rechtfertigung der Veröffentlichung gefunden zu haben.

Zum Schluss dankt der Verfasser allen die an dem Zustandekommen dieser Arbeit Interesse gezeigt haben, namentlich Herrn Chefchemiker Mag. phil. B. Geitlin für die häufigen Besprechungen über unserer Ergebnisse, und Herrn Ingenieur L. G. Lindblad, der bei der Berechnung der Bogue-Werte behilflich war. Schliesslich danken wir Herrn Generaldirektor Bergrat E. Sarlin für die freundliche Erlaubnis zur Veröffentlichung der Ergebnisse.

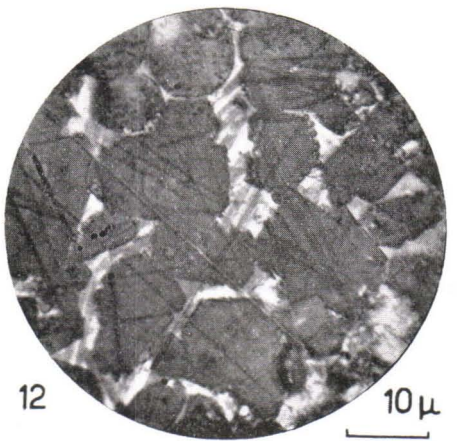
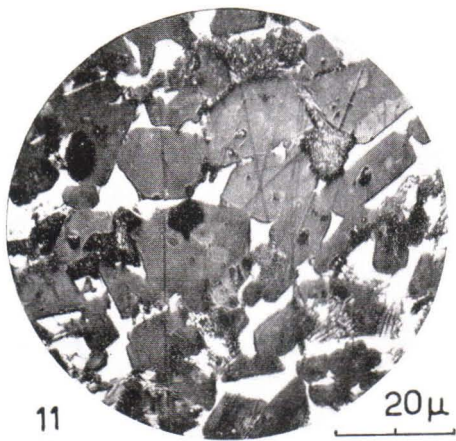
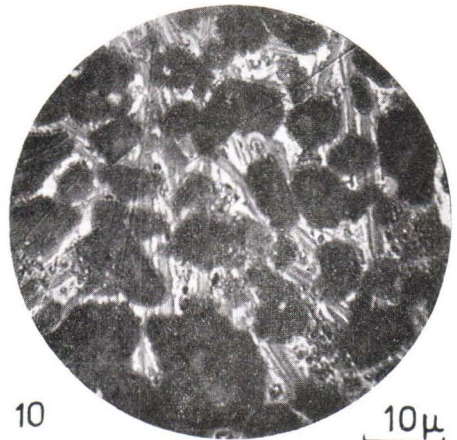
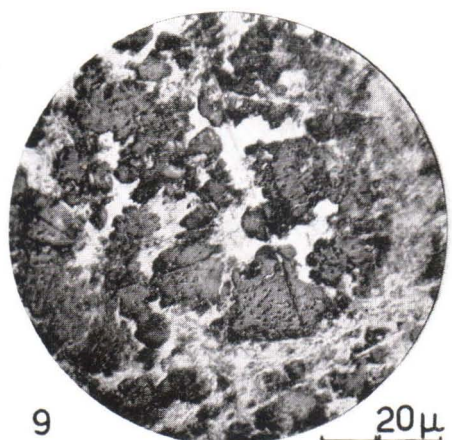
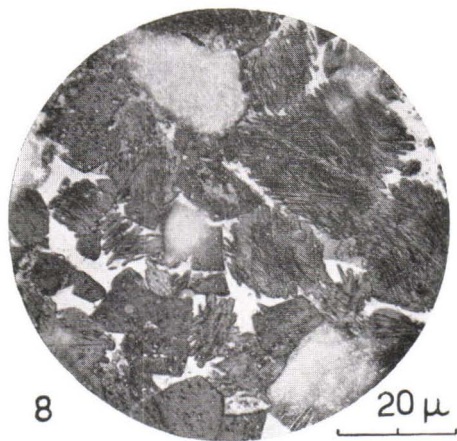
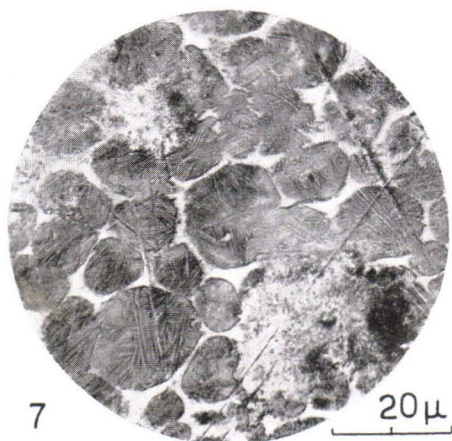
Geolog. Abt. Pargas, Dezember 1940.

LITTERATURVERZEICHNIS.

- ALBERT, H. 1937 Die Herstellung und die technischen Eigenschaften von Ferrari-Zementen. Tonindustrieverlag, Berlin.
- BOGUE, R. H. 1938 Constitution of Portland Cement Clinker. Proceed. Symposium Chem. of Cements, Stockholm, S. 59—98.
- BROWNMILLER, L. T. 1938 The Structure of the Glassy Phase in Portland-cement-Clinker. Amer. Journ. of Science 1938, 35, S. 241—259.
- BÜSSEM, W. 1938 X-Rays and Cement Chemistry. Proc. Symposium on Chemistry of Cements. Stockholm.
- CROSS, W., IDDINGS, P. J., PIRSSON, L. V. & WASHINGTON, H. S. 1903 Quantitative Classification of Igneous Rocks, Chicago.
- ECKERMANN, H. v. 1925 Molekylar proportioner. Uppsala.
- FERRARI, F. 1921 La miscela ferro-Portland-pozzolana e Di una speciale agglomerante ferrifero. Giorn. d. Chim. Industr. e applicata. Milano.
- FORSÉN, L. 1933 Om klinkerns mineral och deras bildning. Malmö.
- GEITLIN, B. 1940 Om Brownmilleritcement. Medd. fr. Pargas Kalkbergs Ab:s labor. och materialprovnganst. XXI. Helsingfors.
- GRUBENMANN, O. & NIGGLI, P. 1924 Die Gesteinsmetamorphose I. Berlin.
- HOLMES, A. 1921 Petrographic Methods and Calculations. London.
- LEA, F. M. & DESCH, C. H. 1935 The Chemistry of Cement and Concrete. London.
- PARKER, T. W. 1938 Discussion. Proc. Symposium on Chemistry of Cements. Stockholm, S. 113—118.
- PHILIPSBORN, H. v. 1935 Tabellen zur Berechnung von Mineral- und Gesteinsanalysen. Leipzig.
- RADCZEWSKI, O. E. & SCHWIETE, H. E. 1938 Zur quantitativen Bestimmung der Zementklinkerminerale unter dem Polarisationsmikroskop. Zement XXVII, 246—257, 275—280, 287—291. Berlin.
- SESTINI, Q. & SANTARELLI, L. 1931 Il ferro nella costituzione dei cementi ed i cemento al ferro. Congr. N. A. I. E. M. Zürich.
- SWAYZE, M. A. 1938 Discussion. Proc. Symposium on Chemistry of Cements, Stockholm, S. 99—112.
- TAVASCI, B. 1934 Ricerche sulla costituzione del clinker di cemento Portland. Giorn. d. Chim. Industr. e applicata. Milano.
- 1938 Discussion. Proc. Symposium on Chemistry of Cements, Stockholm, S. 118.



Adolf A. T. Metzger: Ueber die Normative und Modale Zusammensetzung einiger Portland- und Brownmillerit-Cemente.



Adolf A. T. Metzger: Ueber die Normative und Modale Zusammensetzung einiger Portland- und Brownmillerit-Cemente.

ERKLÄRUNGEN ZU TAFEL I—II.

- Abb. 1. Übersichtsbild von Portlandklinker, Ihalainen, Anschliff, 235 x. Ätzmittel: 5 Sek. 1 % HNO_3 in Amylalkohol.
- Abb. 2. Übersichtsbild von Ferrariklinker, Ihalainen, Anschliff, 235 x. Ätzmittel: wie Abb. 1.
- Abb. 3. Übersichtsbild von Albertklinker, Iahlainen, Anschliff, 235 x. Ätzmittel: wie Abb. 1.
- Abb. 4. C_3S in Portlandklinker, Ihalainen, Anschliff, 840 x, Ätzmittel wie Abb. 1.
- Abb. 5. C_3S in Ferrariklinker, Ihalainen, Anschliff, 450 x, Ätzmittel wie Abb. 1.
- Abb. 6. $\alpha\text{-C}_2\text{S}$ in Portlandklinker, Ihalainen, Anschliff, 840 x, Ätzmittel wie Abb. 1.
- Abb. 7. $\alpha\text{-C}_2\text{S}$ in Ferrariklinker, Ihalainen, Anschliff, 840 x, Ätzmittel wie Abb. 1.
- Abb. 8. $\alpha\text{-C}_2\text{S}$ in Portlandklinker, Portkunda, Anschliff, 840 x, Ätzmittel wie Abb. 1.
- Abb. 9. $\beta\text{-C}_2\text{S}$ in Portlandklinker, Ihalainen, Anschliff, 840 x, Ätzmittel wie Abb. 1.
- Abb. 10. Prismatische Ausbildung der metastabilen Phase, Portlandklinker, Ihalainen, Anschliff, 1150 x, Ätzung 15 Sek. Aqua dest. gefolgt von 5 Sek. 1 % HNO_3 in Amylalkohol.
- Abb. 11. Grundmasse in Albertklinker, Ihalainen, Anschliff, 840 x, Ätzmittel wie Abb. 10.
- Abb. 12. Prismatische Bildungen in der Grundmasse von Portlandklinker, Aalborg, Anschliff, 1150 x, Ätzmittel wie Abb. 10.

EIN MIT MORÄNE BEDECKTES TONVORKOMMEN AUF DER KARELISCHEN LANDENGE.

VON
ERKKI KIVINEN.

Bei Befestigungen im Oktober 1939 stiess ich auf der Karelischen Landenge im Dorfe Tiurinkylä im Kirchspiel Räisälä nahe dem Ufer des Pikku-Vuoksi unter dicht gepackter und grosse Steine führender Moräne Tonschichten. Nach der topographischen Karte liegt die Oberseite der Tonschichten ca. 15 m über dem gegenwärtigen Meeresspiegel. Vorkommen ähnlicher Natur haben Brander (1937) und Hyyppä (1937) auf der Karelischen Landenge angetroffen. Die Untersuchungsergebnisse über die Tonvorkommen seien in erster Linie in dem Sinne veröffentlicht, dass sie weiteres Material zu der Klärung der geologischen Geschieke jener Gegenden beibrächten.

Die moränenbedeckten Tonschichten sind in Tiuri unter dem Saum einer verhältnismässig steilrandigen, etwa 150 × 100 m grossen Moränenaufschüttung gefunden worden. Ob diese ganze Aufschüttung von Ton unterlagert ist, hat nicht festgestellt werden können. Die Moräne selbst ist ausserordentlich dicht gepackt und enthält in reichlichen Mengen auch grosse Steine. Die aus ihr entnommene Probe ist bei der Bombardierung unseres Institutes vernichtet worden, so dass sie nicht eingehender untersucht werden konnte. In dem Profil, in dem unter der Moräne Ton angetroffen wurde, schwankte die Dicke der Moränenschicht zwischen 40—150 cm. Nach der Mitte der Aufschüttung hin nahm die Dicke der Moräne zu.

Das untersuchte Profil ist folgender Art gewesen:

- 0— 40 cm steinige, harte Moräne, stellenweise mit deutlichen Auslaugungsanzeichen.
- 40—100 » braunfleckiger schwerer Ton.
- 100—105 » Sand.
- 105—130 » grauer ungeschichteter Ton.
- 130—132 » Sand.
- 132—140 » grauer ungeschichteter Ton.
- 140—142 » Sand.
- 142—200 » grauer ungeschichteter Ton, der sich weiter nach unten fortzusetzen scheint.

Die Sandschichten sind verhältnismässig grober Sand, rostig und ungleichmässig dick.

Im Schnitt wurden sowohl von der Moräne als auch von den Tonschichten in 80, 120 und 190 cm Tiefe Proben entnommen. Die Moränenprobe wurde, wie bereits erwähnt, vernichtet, aber über die Tonproben wurden zur Erklärung der zu ihrer Entstehungszeit herrschenden Verhältnisse Pollen- und Diatomeenuntersuchungen ausgeführt ¹⁾.

Die Tonproben enthielten in sehr reichlichen Mengen Pollen, und ausserdem fanden sich in ihnen Reste auch anderer Pflanzen. Der Pollengehalt der verschiedenen Proben ist folgender:

	Tonproben aus einer Tiefe von		
	80 cm	120 cm	190 cm
Picea	4 %	7 %	5 %
Pinus	27 »	51 »	45 »
Betula	66 »	40 »	49 »
Alnus	3 »	2 »	1 »

Die Diatomeenuntersuchung führte zu folgenden Ergebnissen:
Die Tonprobe aus einer Tiefe von 80 cm enthält folgende Arten:

- Coscinodiscus sp. fragm.*
- Cymbella sp. fragm.*
- Eunotia sp. fragm.*
- Hantzschia oder Nitzschia fragm.*
- Melosira islandica subspec. helvetica O. Müll. 5.*
- » *italica (Ehr.) Kütz. 1.*
- Navicula gastrum Ehr. 1.*
- Opephora Martyi Heribaud 1.*
- Pinnularia sp. fragm.*
- Stephanodiscus astraea (Ehr.) Grun. 1.*
- Tetracyclus lacustris Ralfs 1.*
- Spongia-Nadeln.*

Die Tonprobe aus einer Tiefe von 120 cm:

- Amphora ovalis v. libyca (Ehr.) Cleve 1.*
- Cymbella sp. fragm.*
- Diploneis ovalis (Hilse) Cleve 1.*
- » *sp. fragm.*

¹⁾ Die Bestimmungen sind von Mag. phil. K. SALMINEN ausgeführt worden.
²⁾ Die Zahlen 1—5 geben die relative Abundanz der Diatomeen an.

- Epithemia zebra v. porcellus* (Kütz.) Grun. 1.
Eunotia spp. 1.
Fragilaria spp. 1.
Melosira granulata (Ehr.) Ralfs 1.
 » *islandica* subspec. *helvetica* O. Müll. 5.
 » *italica* (Ehr.) Kütz. 1.
 » » *v. valida* Grun. 1.
 » *ambigua* (Grun.) O. Müll. 1.
Pinnularia spp. 1.
Stauroneis phoenicenteron Ehr. fragm.
 » *acuta* W. Smith fragm.
Stephanodiscus astraeca (Ehr.) Grun. 3.
Spongia-Nadeln.

Die Tonprobe aus einer Tiete von 190 cm:

- Amphora ovalis v. libyca* (Ehr.) Cleve 1.
Coscinodiscus sp. fragm.
Cymbella cuspidata Kütz. 1.
 » sp. 1.
Diploneis ovalis (Hilse) Cleve 1.
Epithemia turgida (Ehr.) Kütz.
 » *zebra* (Ehr.) Kütz. 1.
 » » *v. porcellus* (Kütz.) Grun. 1.
Hantzschia oder *Nitzschia* fragm.
Melosira ambigua (Grun.) O. Müll. 2.
 » *granulata* (Ehr.) Ralfs 1.
 » *islandica* subspec. *helvetica* O. Müll. 5.
 » *italica v. valida* Grun. 1.
Eunotia sp. 1.
Fragilaria spp. 1.
Navicula sp. fragm.
Pinnularia sp. 1.
Stephanodiscus astraeca (Ehr.) Grun. 3.
Spongia-Nadel.

Die Pollenuntersuchungen zeigen, dass die Tonproben sich in postglazialer Zeit abgesetzt haben, und zwar in einer Zeit, als der Rand des Inlandeises sich bereits weit zurückgezogen hatte. Nach den Diatomeenuntersuchungen haben sich diese Tonschichten in Süßwasser abgesetzt.

Die Frage danach, wie diese Tone unter die Moräne haben geraten können, ist schwer zu beantworten. Es wäre denkbar, dass die

Moräne über die Tonschichten gerutscht wäre. Dies ist jedoch nicht wahrscheinlich, wenn man in Betracht zieht, dass die auf dem Ton lagernde Moräne sehr fest gepackt gewesen ist, was sich unter anderem darin gezeigt hat, dass man sie nur schwer mit dem Spaten hat bearbeiten können. Eine andere Möglichkeit wäre, dass das Inlandeis dieses Gebiet neu überzogen und dabei auf dem Ton Moräne aufgeschüttet hätte. Demgemäss schienen also diese Tonschichten zu den interglazialen oder interstadialen Bildungen zu gehören.

SCHRIFTTUM.

- BRANDER, G. Ein Interglazialfund bei Rouhiala in Südost-Finland. Bull. Comm. Geol. Nr. 118, 1937.
- HYYPÄ, ESA. Bemerkungen über G. Branders Aufsatz »Ein Interglazialfund bei Rouhiala in Südost-Finnland« und zwei neue Tonfunde auf der karelischen Landenge. Bull. Comm. Geol. Nr. 119. 1937.

SPEKTROGRAPHISCHE BESTIMMUNGEN AN RUBIDIUM
UND CAESIUM IN EINIGEN FINNISCHEN MINERALEN
UND GESTEINEN

von

OLAVI ERÄMETSÄ, TH. G. SAHAMA und VILJO KANULA.

Unter denjenigen akzessorischen Elementen der Gesteine, deren quantitative Verbreitung und Häufigkeit in der Erdkruste erst durch die neueren, unter Heranziehung spektrographischer Analysemethoden ausgeführten Untersuchungen klargestellt worden sind, wären unter anderem die seltenen Alkalimetalle Rubidium und Caesium zu erwähnen. Von diesen ist, wie wir vor allem auf Grund der Arbeit von Goldschmidt und Mitarbeitern (1933 und 1934) wissen, das Rubidium weitaus das häufigere und stellt sogar eines der allhäufigsten der akzessorischen Elemente dar. Weil aber die quantitative Bestimmung des Rubidiums wie auch des Caesiums auf chemischem Wege zum Zweck der petrographischen Gesteinsbeschreibung wohl kaum in Frage kommt, ist es verständlich, dass man aus der petrographischen Literatur bloss über äusserst spärliche Angaben über den Gehalt an Rb und Cs verfügt. Andererseits ist aber zu erwarten, dass eine Mitberücksichtigung der beiden Metalle bei der Charakterisierung einer gegebenen Gesteinsformation mit Hilfe des betr. akzessorischen Elementbestandes das erhaltene Bild in bedeutendem Masse zu verdeutlichen vermag. Sind doch die beiden Elemente typische Repräsentanten der magmatischen Spätkristallisation und demgemäss des Grades der Differentiation auch in einem sauren Eruptivgestein. Dazu ist noch hervorzuheben, dass die beiden Metalle recht ausgeprägte Indikatoren für starke Adsorptionsvorgänge bei der Sedimentbildung im Meerwasser darstellen. Aus diesem Grunde wurden in der vorliegenden Arbeit einige finnische Eruptivgesteine und Minerale hinsichtlich ihres Gehaltes an Rb und Cs untersucht. Dies wurde vor allem in der Absicht gemacht, zu überprüfen,

in welchem Konzentrationsbereich die in Frage stehenden Metalle in den zu untersuchenden Gesteinen vorkommen und wie gross die zu erwartenden Variationen sind.

Bei der Ausführung der Analysen wurde das optisch-spektrographische Verfahren angewandt, das von Goldschmidt, Bauer und Witte (1934) entwickelt worden ist. Die Proben wurden zuerst im Kohlebogen aufgenommen und die erhaltenen Platten mit Eichaufnahmen visuell verglichen sowie die Gehalte abgeschätzt. Die Aufnahmen wurden mit einem Drei-Prismen-Glasspektrographen von Zeiss mit Kamera $f = 85$ cm in dem infraroten Spektralbereich gemacht. Die angewandten Kohleelektroden, die frei von den zu bestimmenden Metallen waren, wurden an einem Ende bis auf 2.8 mm abgedreht und mit einer 1.4 mm breiten und 6 mm tiefen Bohrung versehen. Die Stromstärke betrug etwa 8—9 amp. und die Belichtung zwei Minuten. Von dem auf dem 0.01 mm breiten Spalt scharf abgebildeten Bogen wurde nur die kathodische Glimmschicht aufgenommen. Als Vergleichsstoff für die Eichmischungen wurde ein Pollucit aus Varuträsk gebraucht, der von Frl. Thelma Berggren in Stockholm analysiert worden ist und dessen Analyse in die genaue und wertvolle Schilderung des Minerals von Quensel (1938) eingeht. Von diesem Mineral wurde durch das freundliche Entgegenkommen des Direktors der betr. Abteilung des Bolidenlaboratoriums in Stockholm, Herrn Dr. Elis Dahlström, einem von uns Originalmaterial von der analysierten Probe übergeben,¹ die die folgenden Gehalte an Rb und Cs zeigt:

Rb ₂ O	1.60 %
Cs ₂ O	30.77 »

Von diesem Pollucitmaterial wurden durch Zumischung mit Rb- bzw. Cs-freiem Quarz Verdünnungsreihen hergestellt, die die betr. Oxyde in Konzentrationen von 0.3, 0.1, 0.03, 0.01 usf. enthielten. Sowohl die zu analysierenden Proben als auch die Eichmischungen wurden mit Rb- bzw. Cs-freiem Natriumchlorid im Verhältnis 1 : 1 vermischt. Zur Abschätzung wurden die Linien Rb 7 800.30, Rb 7 947.63 und Cs 8 521.15 gebraucht. Als Plattensorte wurde Infrarot 850 hart der Agfa gewählt.

Für eine quantitativ-photometrische Bestimmung wurden sowohl die Proben als auch die Eichmischungen im folgenden Verhältnis gemischt:

¹ Die Verfasser möchten Herrn Dr. Elis Dahlström bei dieser Gelegenheit ihren herzlichsten Dank aussprechen.

Probe	100 Teile
BaCO ₃	10 »
NaCl	110 »

Das angewandte Präparat von BaCO₃ war ebenfalls frei von Rb und Cs.

Diese Mischungen, sorgfältig homogenisiert, wurden ebenfalls im Kohlebogen aufgenommen, jedoch mit veränderter optischer Anordnung. Zwecks einer für die Photometrie günstigeren Abdampfung des Materials wurden die Kohlen bis auf 2.6 mm abgedreht und mit einer Bohrung vom 6 mm Tiefe, aber nur 0.8 mm Diameter versehen. Zur gleichmässigen Beleuchtung des Spaltes wurde das Kondensorsystem nach dem Prinzip der Zwischenabbildung auf einem Schirm zwischen den beiden Kondensorlinsen angeordnet. Der Spalt wurde bis auf 0.05 mm geöffnet und die Linien durch Verstellung des Kameraobjektivs etwa 1 mm von der Scharfeinstellung auf eine etwas breitere Fläche auf der Platte erweitert. Die auf diese Weise erhaltenen Linien bewegen sich, wie die

Erfahrung zeigte, in dem steilen Abschnitt der Schwärzungskurve. Die benötigten Schwärzungsmarken für letztere wurden mittels einer Zeisschen Spaktrallampe mit Kaliumbrenner unter Anwendung eines rotierenden Stufensektors gedruckt. Die Schwärzungskurven wurden auf Grund der beiden K-Linien 7 699.02 und 7 664.95 gezeichnet.

Aus den erhaltenen Spektrogrammen der Eichmischungen wurde das Intensitätsverhältnis Rb 7 800.30/Ba 7 780.50 photometrisch gebildet und als Funktion der Konzentration des Rubidiums in Fig. 1 graphisch dargestellt. Zur Konstruktion der Eichkurve wurden Mischungen mit 0.01, 0.03, 0.05 und 0.10 % Rb₂O aufgenommen. Um nun bei den zu untersuchenden Proben eine brauchbare Schwärzung für die Rb-Linie zu erhalten, wurden diejenigen Proben, die auf Grund der visuellen Abschätzung mehr als 0.1 % Rb₂O enthielten, mit Rb-freiem Quarz verdünnt, bis der Gehalt zwischen die Grenzen 0.1 und 0.01 % Rb₂O fiel. Die Resultate wurden dementsprechend auf das ursprüngliche Material umgerechnet.

In der folgenden Tabelle sind die photometrisch ausgeführten Rb-Bestimmungen sowie die visuellen Abschätzungen des Rubidiums und Caesiums einiger Granite gegeben:

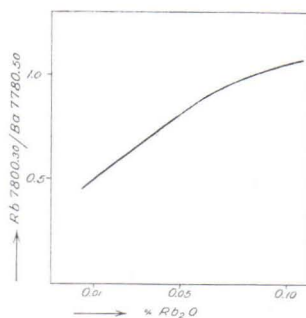


Fig. 1

Tabelle I.

Gestein	Rb ₂ O photo- metrisch %	Rb ₂ O visuell %	Cs ₂ O visuell %
Rapakivigranit, Rödgoskär, Enklinge, Kumlinge . . .	0.12	0.2	0
Rapakivigranit, Pepparn, Hammarland	0.11	0.2	0
Rapakivigranit, von Bahnhof Koirinoja, Implahiti . . .	0.25	0.2	0
Rapakivigranit, Tshasonkallio, Salmi	0.19	0.3	0
Bodomgranit, Juva, Espoo	0.11	0.1	0
Lemlandgranit, Jomala	0.07	0.07	0
Granit, Maarianvaara, Kaavi	0.11	0.1	0
Maarianvaaragranit, Ohtaansalmi, Kuusjärvi	0.08	0.09	0
Granit, Taljala, Kalvola	0.13	0.2	<0.003
Granit, Hanko	0.16	0.2	0
Granit, Pieksämäki, Suonenjoki	0.08	0.1	0
Granit, Mahnala, Hämeenkylä	0.29	0.3	0.005
Oligoklasgranit, Orijärvi, Kisko	0.03	0.06	0

Ausserdem wurde eine Anzahl verschiedener Granite ohne Vergleichstoff aufgenommen und nur visuell abgeschätzt. Ein Vergleich der visuellen und photometrischen Rb-Werte in der obigen Tabelle zeigt eine Übereinstimmung, die unter Berücksichtigung der allgemeinen Fehlergrenzen einer visuellen Abschätzung wohl als ziemlich befriedigend zu bezeichnen ist.

Die zwei ersten Proben der Tabelle I sind Repräsentanten des Rapakivigebiets von Åland. Aus dem gleichen Rapakivigebiet wurden noch zwei Proben von Föglö sowie je eine Probe von Herrö und Pörkö in Lemland, Långö in Vårdö sowie Boxö in Saltvik aufgenommen und visuell abgeschätzt. Bei allen diesen Rapakivigraniten wurde ein Gehalt von 0.2 an Rb₂O gefunden. Die gefundenen Gehalte an Rubidium in dem Rapakivigebiet von Salmi, von dem die Proben 3 und 4 der Tabelle I herkommen, scheinen etwas höher zu sein. Aus diesem Gebiet wurden eine Probe von Uuksu sowie eine von Pitkäranta aufgenommen und ebenfalls 0.2 % visuell gefunden. Dagegen wurde bei dem Rapakivigranit von Tulomajärvi nur 0.08 beobachtet. Der Rapakivigranitporphyr von Pitkäranta enthält nach der Aufnahme 0.1 % Rb₂O.

Von den jüngsten Graniten des südfinnischen Archäicums sind nur diejenigen von Bodom und Lemland photometrisch bestimmt worden. Ausserdem haben sich aber bei den Graniten von Onas und Obbnäs 0.1, sowie bei Äva 0.2 bzw. bei dem von Ganggranit Äva 0.07 gezeigt. Bei den Graniten des Maarianvaaramassivs, das an der gleichen Gruppe gehört, wurden in Übereinstimmung mit den photometrischen Befunden der Tabelle I an Hand von drei Proben

Gehalte von 0.08—0.1 gefunden. Bei den entsprechenden Graniten von Mieslahti in Paltamo und Vimpeleenvuori in Kajaani beträgt das Resultat 0.05 bzw. 0.08 %.

Von den jüngsten archaischen Graniten des nördlichen Finnlands wurden fünf Repräsentanten aufgenommen, und zwar mit einem Resultat von 0.09 bis 0.2 % Rb_2O .

Von den älteren Graniten, die zu den Gruppen I und II der Einteilung von Sederholm gehören, wurden ebenfalls einige visuell abgeschätzt. Die betr. Gehalte bewegen sich in den gleichen Mengen wie die fünf letzten der Tabelle I.

Es ist nun einzusehen, dass man auf Grund der erörterten Daten noch weitaus nicht imstande ist, irgendwelche Schlüsse über die regionale Verbreitung des Rubidiums in den finnischen Graniten zu ziehen. Berechnet man aber den Mittelwert der photometrischen Analysen von Tabelle I, so erhält man 0.13 % Rb_2O . Der Mittelwert der visuell abgeschätzten, in der Tabelle I aber nicht berücksichtigten, im ganzen 38 verschiedenen Granite beträgt in ausgezeichneter Übereinstimmung mit den photometrischen Befunden ebenfalls 0.13—0.14 % Rb_2O . Dieser Mittelwert ist nur ein wenig höher als der von Goldschmidt, Bauer und Witte (op. cit.) gegebene Mittelwert von 0.091 % Rb_2O , der aus einer künstlich hergestellten Mischung erhalten wurde. Die Divergenz der beiden Werte ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass die Rapakivigranite von Åland und Salmi, die in ziemlich reichlicher Menge in dem analysierten Material vertreten sind, einen etwas höheren Gehalt an Rubidium zeigen als die übrigen Granite im Durchschnitt. Die vier ersten Rapakivigranite der Tabelle I zeigen als Mittelwert 0.17 % Rb_2O . Zwar ist die Zahl dieser photometrischen Bestimmungen sehr klein, die visuellen Bestimmungen scheinen aber in die gleiche Richtung zu deuten. Bei den betr. Rapakivigraniten ist der visuelle Gehalt meistens etwa 0.2 % und scheint nur verhältnismässig selten unter 0.1 % zu liegen. Dagegen ist der Gehalt unter 0.1 % bei den übrigen Graniten gar keine Seltenheit.

Die allgemeine Erfahrung über die Geochemie des Rubidiums lehrt uns, dass die hauptsächlichsten Träger des Elements in den Gesteinen einerseits die Feldspäte und Feldspatvertreter sowie andererseits die Minerale der Glimmergruppe sind. Die Verteilung zwischen den Feldspäten und Glimmern wurde an Hand zweier Beispiele untersucht. Aus dem Pegmatitgranit von Luikonlahti, der zu dem Maarianvaara-massiv gehört, sowie aus einem Pegmatit von Skogsböle wurden aus der gleichen Probe sowohl Feldspat als Glimmer aufgenommen:

Pegmatitgranit von Luikonlahti.	Rb ₂ O photom.	Rb ₂ O visuell	Cs ₂ O visuell
Kalifeldspat	0.17	0.2	0
Biotit	0.35	0.3	0.003

Pegmatit, Skogsböle, Kemiö.

Albit (Cleavelandit)	0.08	0.1	0.001
Muskovit	ca. 2 1/2	stark	0.02

Die beiden Bestimmungen zeigen übereinstimmend, dass der Rubidium in den betr. Gesteinen stärker in Glimmer eingeht als in Feldspat.

Ausserdem wurde eine Anzahl von Feldspäten aus Pegmatiten auf ihren Gehalt an Rb und Cs geprüft:

Tabelle II.

	Rb ₂ O photom.	Rb ₂ O visuell	Cs ₂ O visuell
Mikroclin (grün), Paavola, Lohja	0.08	0.1	0.006
Mikroclin (rötlich), Sillböle, Kirchspiel Helsinki	0.23	0.3	0.001
Mikroclin (grün), Orijärvi, Kisko	0.6	stark	0.005
Mikroclin (grün), Hermala, Lohja	0.7	stark	0.006
Mikroclin (grau), Mårtensby, Sibbo	0.23	0.2	0
Mikroclin (rot), Skarfkyrkan, Tvärminne, Hästö-Busö, Kirchspiel Ekenäs	0.6	stark	0.003
Mikroclinperthit (rot), Kuusmilu, Kisko	0.20	0.2	0.001
Orthoklas aus Rapakivipegmatit (rot), Pyterlahti, Säkki- järvi	0.7	stark	0.003
Plagioklas, Kyllönen, Pitkäranta	0.02	0.01	0

Wie aus der Tabelle ersichtlich, sind die Gehalte an Rb₂O in den untersuchten Feldspäten ziemlich starken Variationen unterworfen. Dem Plagioklas von Kyllönen ausgeschlossen, zeigen die Pegmatitfeldspäte der Tabelle II einen durchschnittlich bedeutend höheren Gehalt als die Granite der Tabelle I.

Zum Schluss wurden noch vier Repräsentanten finnischer Phlogopite sowie ein manganreicher Pegmatitglimmer von Mattkärr in Kemiö aufgenommen:

Tabelle III.

	Rb ₂ O photom.	Cs ₂ O visuell
Phlogopit, Tallbacka, Karjaa	0.09	n. b.
Phlogopit, Simonby, Parainen	0.35	n. b.
Phlogopit, Ahvensaari, Korppoo	0.7	n. b.
Phlogopit, Lupikko, Pitkäranta	1	n. b.
Manganglimmer, Mattkärr, Kemiö	1	0.03

Zu beachten ist nun, dass die Phlogopite, die typische Kalksteinmineralien darstellen, durchschnittlich sehr Rb-reich sind. Ebenfalls der betr. Manganglimmer zeigt einen hohen Gehalt an Rb und Cs.

Was das Caesium betrifft, ist hinsichtlich der Tabelle I hervorzuheben, dass der Gehalt an Cs_2O in den untersuchten Graniten meistens unter der Empfindlichkeitsgrenze der angewandten Methode (0.001 % Cs_2O) liegt. Dagegen ist in den Feldspäten die Caesiumlinie sichtbar, und zwar in einer Stärke, die den Konzentrationsbereich von einigen Tausendstel Prozent entspricht.

Geochemisches Laboratorium, Mineralogisch-Geologisches Institut der Universität Helsinki, Februar 1941.

LITERATUR.

- GOLDSCHMIDT, V. M., BERMAN, H., HAUPTMANN, H. und PETERS, CL., Zur Geochemie der Alkalimetalle. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., S. 235, 1933.
- GOLDSCHMIDT, V. M., BAUER, H. und WITTE, H., Zur Geochemie der Alkalimetalle II, Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Neue Folge, Bd. 1, S. 39, 1934.
- QUENSEL, PERCY, Minerals of the Varuträsk Pegmatite XIII. Pollucite, Its Vein Material and Alteration Products, Geol. För. Stockholm Förh., Bd. 60, S. 612, 1938.

NEUE BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER INTERGLAZIALEN
BILDUNGEN IN FINNLAND

VON
G. BRANDER †

INHALT.

	Seite
VORWORT	88
EINLEITUNG	89
A. DIE UNTERSUCHUNG NEUAUFGEFUNDENER TONKLUMPEN AUS DER GEGEND ROUHIALA	89
I. DIE MIKROFOSSILUNTERSUCHUNG UND IHRE ERGEBNISSE	91
a. Diatomeen	91
b. Silikoflagellaten	102
c. Pollen	103
II. DAS INTERGLAZIALMEER IM LICHT DES NEUEN MATERIALS....	106
III. DIE INTERGLAZIALE WALDVEGETATION IM LICHT DES NEUEN MATERIALS	109
B. UNTERSUCHUNGEN IM SAIMAA-GEBIET	110
I. DIE UNTERSUCHUNGEN IN LAPPEENRANTA (WILLMANSTRAND) ..	110
II. DIE UNTERSUCHUNGEN IN ROUHIALA UND VUOKSENNISKA	112
III. DIE UNTERSUCHUNGEN IN SULKAVA UND PUUMALA	114
IV. DISKUSSION DES ERGEBNISSES DER MIKROFOSSILUNTERSUCHUNG	117
C. UNTERSUCHUNG VON MORÄNE AUS PARGAS (PARAINEN)	118
D. UNTERSUCHUNG VON MORÄNE AUS KARLEBY (KAARLELA) ..	120
E. UNTERSUCHUNG VON MORÄNE AUS KRISTINESTAD (KRISTINA)	126
F. DAS ZEUGNIS DER FLOREN VON KARLEBY UND KRISTINESTAD.	127
G. DIE BEDEUTUNG DER MORÄNENUNTERSUCHUNGEN BEI FORT- GESETZTEN INTERGLAZIALSTUDIEN	128
H. VERGLEICH MIT EINIGEN ANDEREN VERMUTETEN INTERGLA- ZIALFUNDEN	130
LITERATUR	137

VORWORT.

Am 11. März 1940, nur zwei Tage vor dem Friedensschluss mit Russland, fiel der Geologe Dr. phil. Gunnar Brande r in einem Alter von 37 Jahren. Während einer Reihe von Jahren hatte er sich in Österbotten mit Fragen der Landhebung befasst, aber diese Arbeitsaufgaben begannen 1936 in den Hintergrund zu treten, da sein Interesse sich durch einen Zufall interglazialen Problemen zuwandte. Im Frühjahr 1937 verteidigte er seine Dissertation: Ein Interglazialfund bei Rouhiala in Südostfinnland. Mit der ihm eigenen Energie und Gründlichkeit versuchte er schon im Sommer desselben Jahres neues Material zu beschaffen, das die Interglazialzeit in Finnland beleuchten könnte. Als Ergebnis dieser Arbeit lag bei Branders Tod vorliegende Abhandlung mit der Maschine geschrieben und völlig abgeschlossen vor. Dr. Thord Brenner und ich haben sie durchgesehen, wobei nur kleinere sprachliche Veränderungen vorgenommen worden sind. In diatomologischer Hinsicht hat Dr. Astrid Cleve-Euler auf meine Bitte das Manuskript gütigst durchgesehen, aber auch sie hat keinen Anlass zu irgendeiner wesentlichen Bemerkung gefunden. — Erst nachdem dieses Manuskript zur Übersetzung übergeben worden war, fand ich unter Branders hinterlassenen Papieren noch einige handgeschriebene Seiten, die hier als Schlusskapitel hingefügt worden sind (Kapitel H). Sie sind vielleicht schon früher geschrieben worden und bilden kein abgeschlossenes Ganzes.

Die Übersetzung dieses Aufsatzes ist von Dr. phil. Marta Römer besorgt worden.

Helsinki, im März 1941.

A. L. Backman

EINLEITUNG.

Nachdem meine Abhandlung »Ein Interglazialfund bei Rouhiala in Südostfinnland« (Brander 1937 b) ¹ gerade aus dem Druck gekommen war, empfang ich eine Sendung von 5 weiteren Tonklumpen, die man im Frühjahr 1937 in demselben Schnitt in Järvenkylä angetroffen hatte, aus dem auch die in der obengenannten Arbeit beschriebenen Proben stammten. Im Herbst (am 30. September) erhielt ich ausserdem von Dr. Thord Brenner des weiteren einen Tonklumpen, den er in einem Schnitt, 2.5 km vom vorhergehenden entfernt, gefunden hatte. Bei der Untersuchung des neuen Materials haben sich einige neue interessante Umstände herausgestellt, und da sie unsere Kenntnis der interglazialen Bildungen Finnlands auf wertvolle Weise vervollständigen, habe ich die Veröffentlichung des Untersuchungsmaterials als begründet erachtet. Ausser dem Ergebnis dieser Mikrofossiluntersuchung enthält der vorliegende Aufsatz auch eine Beschreibung über die Felduntersuchungen, die ich im Sommer 1937 an einigen in meiner Rouhiala-Untersuchung angeführten vermuteten interglazialen Fundorten ausführte, sowie das Ergebnis der Laboratoriumsuntersuchung des aus diesen beschafften Materials.

Endlich werde ich in diesem Zusammenhang über die ersten Ergebnisse meiner fortgesetzten Untersuchungen des interglazialen Finnlands berichten, welche Studien diesmal einige mikroskopisch untersuchte Moränen im südlichen Finnland und in Österbotten betreffen.

Ich benutze die Gelegenheit, Herrn Ing. A. Sandsund zu danken für die Freundlichkeit, mir das neue Material von Rouhiala zuzusenden, ferner Herrn Dr. Brenner für den Tonklumpen, den er mir zur Verfügung gestellt hat, sowie Herrn Professor A. Laitakari für die Genehmigung, die für diese Interglazialstudien nötigen vervollständigende Feldarbeiten in das Sommerprogramm einschalten zu dürfen.

A. DIE UNTERSUCHUNG NEUAUFGEFUNDENER TONKLUMPEN AUS DER GEGEND VON ROUHIALA.

Das neue Material wurde mir in einer Kiste verpackt zugesandt, und es befand sich damals in ziemlich naturfeuchtem Zustand. Obgleich die verschiedenen Blöcke auf dem Transport durch gegenseitigen Druck teilweise deformiert waren, so waren die ursprünglichen wohlabgerundeten Seiten und Kanten noch völlig sichtbar. Der

¹ Im folgenden unter der Bezeichnung »meine Rouhiala-Untersuchung« zitiert.

feuchte, hochplastische Ton im Innern der Klumpen war von besonders homogenem Aussehen, von dunkelgrauer Farbe. Die Oberflächenschicht war durch in sie eingepressten Sand und kleine Steine fester. Bevor für die Mikrofossiluntersuchung Proben herausgenommen werden konnten, wurden die Klumpen zum Trocknen hingestellt, wobei das Material hauptsächlich dasselbe Aussehen annahm, wie ich es in meiner Rouhiala-Untersuchung (S. 12) beschrieben habe. Doch konnten geringere Unterschiede in Farbe und Schichtung bei den verschiedenen Klumpen wahrgenommen werden, was aus der untenstehenden ausführlichen Beschreibung hervorgehen wird. Die verschiedenen Blöcke wurden nach der laufenden Buchstabenfolge benannt, wobei der Buchstabe A dem Klumpen, der in meiner Rouhiala-Untersuchung behandelt worden ist, vorbehalten wurde.

- B. Der Klumpen wohlabgerundet; Grösse $15 \times 9 \times 7$ cm. Das Material ziemlich deutlich geschichtet, mit abwechselnd feinen grauen und noch feineren rostbraunen Schichten, stark durch Druck beeinflusst. Da es infolge starker Frostsprengung längs den Schichtfugen und infolge der geringen Grösse des Klumpens im übrigen schwer war, reine Proben zu erhalten, begnügte ich mich mit einer Gesamtprobe. Durch den Rostgehalt war das trockene Tonpulver dieses Klumpens stark braungefärbt.
- C. Der grösste Klumpen; Grösse 25×20 cm, kantiger als die übrigen, wenngleich mit guter Kantenabrundung. Auch hier eine deutliche Rostschichtung erkennbar. Die Proben wurden an drei Stellen längs einer senkrecht zur Schichtung verlaufenden Linie, in gegenseitigem Abstand von 5 cm entnommen: C 1, C 2 (aus der Mitte) und C 3. Das trockene Tonpulver gelbgrau.
- D. Der Klumpen platt-ellipsoid; Grösse $20 \times 20 \times 10$ cm. Das Material gegenüber dem der übrigen Klumpen rein hellgrau; eine Gesamtprobe genommen.
- E. Der Klumpen stark durch Druck zertrümmert. Dichte Rostschichtung, wodurch das trockene Pulver gelblich grau. Die Proben an drei beliebig ausgewählten Stellen entnommen: E 1, E 2 und E 3.
- F. Der Klumpen stark deformiert, dürfte aber ursprünglich platt-ellipsoid gewesen sein. Das Tonpulver von ungefähr gleicher Farbe wie im vorhergehenden Fall. Die Proben von drei beliebig gewählten Stellen: F 1, F 2 und F 3.
- G. Der von Dr. Brenner erhaltene Klumpen. Seine ursprüngliche Grösse ist 25 cm im Durchmesser gewesen. Die Farbe des naturfeuchten Materials graugrün. Der Klumpen ist beim Ausgraben eines Eisenbahnschnittes durch den Distalhang eines Osrückens bei der Fabriksgebiet der AG. Kuitu, etwa 2.5 km WNW von dem in Järvenkylä gelegenen Schnitt, angetroffen worden. — Für die Untersuchung die Gesamtprobe G entnommen.

Das neue Material ist weder mechanischen noch chemischen Analysen unterzogen worden. In allen Klumpen schien der Feinheitsgrad völlig gleich zu sein, d. h. sehr hoch, nach der hohen Plastizität des Materials und der langen Zeit zu urteilen, die der Dekantierungsprozess bei der Diatomeenanreicherung in Anspruch nahm (vgl. Brander 1936 und das Analysenergebnis auf S. 12 bei Brander 1937 b). Ein Karbonatgehalt konnte in keinem Fall durch eine Salzsäureprobe nachgewiesen werden. — Ebenso wenig liessen sich irgendwelche Makrofossilien erkennen trotz genauen Suchens in dem zu Würfelchen zerkleinerten (getrockneten) Material. Das Fehlen von Makrofossilien, in erster Linie von Mollusken, stützt die Auffassung, dass der Ton verhältnismässig weit im Meere abgelagert worden ist.

Eine Probeschlammung nach Foraminiferen wurde gemäss der Anweisung von Madsen (1895) ausgeführt. Das Ergebnis war jedoch negativ.

I. DIE MIKROFOSSILUNTERSUCHUNG UND IHRE ERGEBNISSE.

Die Mikrofossiluntersuchung umfasste alle Gattungen von in Präparaten auftretenden bestimmbareren Fossilien, d. h. Diatomeen, Siliokoflagellaten und Pollen. Die Untersuchung der zwei erstgenannten wurde in denselben, in üblicher Weise angereicherten Hyraxpräparaten ausgeführt (Brander 1936); die Pollenanalyse wurde an mittels der HF-Methode angereicherten Präparaten angestellt.

Auch in der vorliegenden Probenreihe konnten Massen von Spiculae, vorzugsweise mariner Spongien, beobachtet werden.

a. Diatomeen.

Das untenstehende Verzeichnis ist das Ergebnis einer systematischen Untersuchung eines Präparates der entnommenen Proben, mit Ausnahme von Liste A, die ein Durchschnittsresultat der neun Präparate ist, die ich für meine Rouhiala-Untersuchung und in derselben untersucht habe und die hier zum Vergleich aufgenommen worden sind. Die Präparate waren sehr schalenreich, abgesehen von B, C 1, C 3 und D, die eher als arm bezeichnet werden müssen. Deren Fossilarmut beruht nicht etwa auf einer ungleichmässig ausgeführten Präparation, da die mit grösster Sorgfalt ausgeführten Kontrollschlammungen unveränderte Resultate gaben, sondern muss eine primäre Eigenschaft des Sedimentes sein. Die okular geschätzten Frequenzzahlen bedeuten wie zuvor: 6 = am reichlichsten vorkommende Form(en), 5 = reichlich, 4 = ziemlich reichlich, 3 = selten, 2 = sehr selten und 1 = ausserordentlich selten, d. h. nur eine Schale oder einige wenige Schalenfragmente.

	A	B	C			D	E			F			G	
			1	2	3		1	2	3	1	2	3		
<i>Achnanthes arctica</i> Cl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
— <i>brevipes</i> Ag.	2	1	1	2	2	2	—	1	1	—	2	3	1	3
— <i>groenlandica?</i> [Cl.] Grun.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
— <i>Hauckiana</i> Grun.	2	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>v. rostrata</i> Schulz.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>longipes</i> Ag.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>taeniata</i> Grun.	4	—	—	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>septata</i> A. Cl.	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—
<i>Actinocyclus Ehrenbergi</i> Ralfs.	3	—	—	—	—	—	2	2	2	—	2	2	2	2
— <i>v. crassa</i> [W. Sm.] Hust.	3	—	—	3	2	2	2	2	2	—	2	1	1	3
— <i>v. Ralfsi</i> [W. Sm.] Hust.	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1
— <i>v. tenella</i> [Bréb.] Hust.	2	1	1	—	—	—	1	1	1	—	—	1	—	1
<i>Actinoptychus undulatus</i> [Bail.] Ralfs	4	2	1	3	3	2	2	2	2	—	3	3	1	3
<i>Amphora commutata</i> Grun.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>crassa</i> Greg.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>ovalis</i> Kütz.	—	—	—	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>proteus</i> Greg.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>turgida</i> Greg.	3	—	—	—	—	—	2	2	2	—	—	—	1	3
<i>Anomoeoneis seriatus</i> [Bréb.] Cl. ...	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Auliscus caelatus</i> Bail.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin.	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Biddulphia rhombus</i> [E.] W. Sm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Caloneis aemula</i> [A. S.] Cl.	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— <i>amphisbaena</i> [Bory] Cl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>v. subsalina</i> [Donk.] Cl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>brevis</i> [Greg.] Cl.	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— <i>formosa</i> [Greg.] Cl.	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>liber</i> [W. Sm.] Cl.	3	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Campylodiscus angularis</i> Greg.	1	—	—	—	—	—	2	1	3	—	—	1	—	2
— <i>clypeus</i> E.	1	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1
— <i>echeneis</i> E.	2	4	2	3	3	3	—	1	—	—	2	3	1	2
— <i>Thureti</i> Bréb.	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Chaetoceros mitra</i> [Bail.] Cl.	4	6	2	2	1	4	4	4	4	—	3	4	4	3
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>pediculus</i> E.	1	—	1	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>placentula</i> E.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>v. euglypta</i> [E.] Cl.	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>v. lineata</i> [E.] Cl.	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>quarnerensis</i> Grun.	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	3
— <i>scutellum</i> E.	4	1	3	4	3	3	3	3	3	—	4	1	1	4
— <i>v. parva</i> Grun.	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— <i>v. stauroneiformis</i> W. Sm.	3	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2
<i>Coccinodiscus bathyomphalus</i> Cl. ...	3	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	1	—	—
— <i>centralis</i> E.	4	—	—	1	2	2	3	3	3	—	3	2	—	3
— <i>concinus</i> W. Sm.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>excentricus</i> E.	4	—	1	2	1	—	3	2	3	—	3	2	3	3
— <i>v. fasciculata</i> Hust.	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>lacustris</i> Grun. <i>v. septentrio-</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>nalis</i> Grun.	4	—	4	3	3	3	4	4	4	—	4	4	4	4
— <i>lineatus</i> E.	2	—	1	1	1	1	1	1	1	—	1	—	1	2
— <i>obscurus</i> A. S.	5	4	4	5	5	4	4	4	4	—	5	5	4	5
— <i>sublineatus</i> Grun.	3	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2
<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	3	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>comta</i> [E.] Kütz.	1	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>Meneghiniana</i> Kütz.	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Cymbella sinuata</i> Greg.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Dineroگرامma minor</i> [Greg.] Ralfs	2	—	1	—	—	2	—	—	—	—	3	—	2	2
— <i>v. nana</i> [Greg.] Ralfs.	4	—	—	—	—	—	3	2	—	—	—	—	—	4

	A	B	C			D	E			F			G
			1	2	3		1	2	3	1	2	3	
<i>Diploneis bomboides</i> A. S. v. <i>media</i>													
— <i>Grun.</i>	3	1	—	—	—	—	3	3	4	3	3	2	3
— <i>chersonensis</i> <i>Grun.</i>	2	—	—	—	—	1	3	2	2	2	—	2	3
— <i>didyma</i> [E.] <i>Cl.</i>	4	5	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4
— <i>domblittensis</i> [<i>Grun.</i>] <i>Cl.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>elliptica</i> [Kütz.] <i>Cl.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>interrupta</i> [Kütz.] <i>Cl.</i>	1	1	—	2	—	—	—	1	—	1	1	—	1
— <i>lineata</i> [Donk.] <i>Cl.</i> v. <i>minuta</i> Schulz	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	2
— <i>litoralis</i> [Donk.] <i>Cl.</i> v. <i>clath-</i> <i>rata</i> [Ostr.] <i>Cl.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— <i>Smithi</i> [Bréb.] <i>Cl.</i>	5	2	4	3	2	3	4	4	3	4	3	3	4
— <i>Strömi</i> <i>Hust.</i>	2	—	2	3	3	1	2	1	2	3	2	2	3
— <i>suborbicularis</i> [Greg.] <i>Cl.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2
<i>Epithemia Mülleri</i> <i>Fricke</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>sorex</i> <i>Kütz.</i>	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>turgida</i> [E.] <i>Kütz.</i>	2	3	4	5	5	5	—	—	—	4	4	—	4
— v. <i>granulata</i> [E.] <i>Grun.</i>	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
— v. <i>Westermanni</i> <i>Kütz.</i>	3	—	2	3	3	2	—	—	—	2	1	—	3
<i>Fragilaria pinnata</i> <i>E.</i>	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Grammatophora angulosa</i> <i>E.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>arcuata</i> <i>E.</i>	3	—	—	2	—	1	4	4	4	1	2	4	4
— <i>oceanica</i> <i>E.</i> incl. <i>marina</i> [Lyngb.] <i>Kütz.</i> et v. <i>macilenta</i> <i>W. Sm.</i>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Gyrosigma attenuatum</i> [Kütz.] <i>Cl.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Hyalodiscus scoticus</i> [Kütz.] <i>Grun.</i>	4	—	2	1	2	1	3	4	4	3	3	4	5
<i>Licmophora Oedipus</i> [Kütz.] <i>Grun.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Mastogloia Braunii</i> <i>Grun.</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>elliptica</i> [Ag.] <i>Cl.</i>	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>exigua</i> <i>Lewis</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>pumila</i> [<i>Grun.</i>] <i>Cl.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>Smithi</i> <i>Thw.</i> v. <i>lacustris</i> <i>Grun.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Melosira granulata</i> [E.] <i>Ralfs</i>	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— v. <i>angustissima</i> <i>Müll.</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>islandica</i> <i>O. M.</i> subsp. <i>helve-</i> <i>tica</i> <i>O. M.</i>	1	—	1	3	2	—	—	—	1	1	—	—	2
— <i>italica</i> [E.] <i>Kütz.</i>	1	—	1	2	—	—	—	—	1	—	2	—	—
— <i>Jürgensi</i> <i>Ag.</i>	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>moniliformis</i> [Müll.] <i>Ag.</i>	2	—	2	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—
— v. <i>octogona</i> <i>Grun.</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>nummuloides</i> [Dillw.] <i>Ag.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>sulcata</i> [E.] <i>Kütz.</i>	4	2	—	3	2	2	4	4	3	2	2	1	3
— <i>Westi</i> <i>W. Sm.</i> fo. <i>parva</i> <i>Brander</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Navicula abrupta</i> <i>Greg.</i>	1	—	—	—	—	—	2	2	2	1	—	2	3
— <i>ammophila</i> <i>Grun.</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— v. <i>intermedia</i> <i>Grun.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— <i>crucigera</i> <i>W. Sm.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>digitoradiata</i> [Greg.] <i>A. S.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— <i>elegans</i> <i>W. Sm.</i> fo. <i>cuspidata</i> <i>Cl.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>gastrum</i> <i>E.</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>glacialis</i> <i>Cl.</i> v. <i>septentrionalis</i> <i>Cl.</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>granulata</i> <i>Bail.</i>	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	1	2	2
— <i>Grevillei</i> <i>Ag.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	3
— <i>Hemedyi</i> <i>W. Sm.</i> v. ?	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
— <i>humerosa</i> <i>Bréb.</i>	2	2	—	2	—	—	—	—	1	1	1	—	3
— v. <i>constricta</i> <i>Cl.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
— <i>latissima</i> <i>Greg.</i>	1	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
— <i>lyra</i> <i>E.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—

	A	B	C			D	E			F			G
			1	2	3		1	2	3	1	2	3	
— v. <i>intermedia</i> Perag.	2	—	—	1	—	—	1	1	1	—	—	—	1
— <i>palpebralis</i> Bréb.	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
— <i>peregrina</i> [E.] Kütz.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
— <i>plicata</i> Donk.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>punctulata</i> W. Sm.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>pusilla</i> W. Sm.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>tumida</i> Bréb.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>variostrata</i> Krasske	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Nitzschia acuminata</i> [W. Sm.] Grun.	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>circumsuta</i> [Bail.] Grun.	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1
— <i>hungarica</i> Grun.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>marginulata</i> Grun.	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— v. <i>subconstricta</i> Cl. & Grun.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
fo. <i>minuta</i> Grun.	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	3
— <i>navicularis</i> [Bréb.] Grun.	2	1	2	4	4	1	2	—	1	2	2	1	2
— <i>obtusa</i> W. Sm.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>punctata</i> [W. Sm.] Grun.	3	3	1	4	4	2	3	2	2	3	3	2	3
— <i>scalaris</i> [E.] W. Sm.	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>sigma</i> [Kütz.] W. Sm.	4	—	2	3	2	3	—	1	1	2	2	—	4
— <i>sigmoidea</i> [E.] W. Sm.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>tryblionella</i> Hantzsch v. <i>ambi-</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>qua</i> Grun.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Opephora marina</i> [Greg.] Petit ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>Martyi</i> Hérib.	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>pacifica</i> [Grun.] Petit ..	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Pinnularia quadratarea</i> A. S.	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	3
— <i>Trevelyana</i> Donk.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Plagiogramma staurophorum</i> [Greg.]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heiberg.	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	1
<i>Pleurosigma angulatum</i> Quekett ..	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>nubecula</i> W. Sm. v. <i>intermedia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W. Sm.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Podosira Montagnei</i> Kütz.	3	—	—	—	—	—	2	4	4	2	2	3	3
<i>Rhabdonema arcuatum</i> [Lyngb.]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kütz.	4	5	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5
— <i>minutum</i> Kütz.	6	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
<i>Rhizosolenia calcar avis</i> M. Schulze	4	—	—	1	—	—	2	2	2	—	1	1	3
— <i>setigera</i> Brightw.	2	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1
<i>Rhoicosphenia curvata</i> [Kütz.] Grun.	3	—	—	2	1	—	1	1	—	—	—	—	2
<i>Rhopalodia gibba</i> [E.] O. M.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3
— v. <i>ventricosa</i> [E.] O. M.	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	2
— <i>gibberula</i> [E.] O. M.	4	—	1	1	—	1	4	3	4	3	1	3	4
<i>Stephanodiscus astraea</i> [E.] Grun.	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— v. <i>minutula</i> [Kütz.] Grun.	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Surirella striatula</i> Turpin	1	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Synedra camtschatica</i> Grun.	1	—	—	—	—	—	3	2	2	—	—	2	2
— <i>crystallina</i> [Ag.] Kütz.	3	—	2	3	2	4	3	3	3	4	4	2	5
— <i>Gailloni</i> [Bory] E.	1	—	—	—	—	—	2	2	3	—	1	2	3
— <i>pulchella</i> Kütz.	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>tabulata</i> [Ag.] Kütz.	5	—	3	3	3	4	4	4	3	4	3	2	5
— v. <i>fasciculata</i> [Kütz.] Grun. ..	2	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3
<i>Terpsinoë americana</i> [Bail.] Ralfs .	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Thalassionema nitzschiioides</i> [Grun.]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V. H.	6	—	3	4	5	4	3	3	3	3	1	2	5
<i>Thalassiosira gravida</i> Cl.	6	—	5	6	6	4	4	4	4	4	5	5	4
<i>Trachyneis aspera</i> [E.] Cl.	3	1	—	3	—	3	3	3	4	4	3	3	4
Anzahl verschiedener Formen	132	24	40	69	40	40	45	50	50	47	47	42	99
			76				58			62			

Ausser den in der Tabelle angeführten Formen sind in den Präparaten ferner eine geringe Anzahl von Spezies, die sich durch ihre ungünstige Lage, ihre Schadhaftheit usw. der Bestimmung entzogen haben, angetroffen worden. Teilweise sind sie ganz gewiss neue Arten, aber aus den oben angeführten Gründen und wegen ihres sehr spärlichen Auftretens — oft nur eine einzige Schale — lasse ich sie hier unberücksichtigt. Die einzige Ausnahme bildet eine neue *Diploneis*. Ich fand sie schon in meinen früher untersuchten Präparaten (Serie A), aber in einem einzigen und obendrein beschädigten Exemplar, weswegen ich sie dann unbeachtet liess. Da ich sie nun in zwei Präparaten des neuen Materials wiedergefunden habe, zögere ich nicht länger, sie in das Verzeichnis aufzunehmen, und da ich sie im Schrifttum weder abgebildet noch beschrieben gefunden habe, muss ich sie als neu beschreiben.

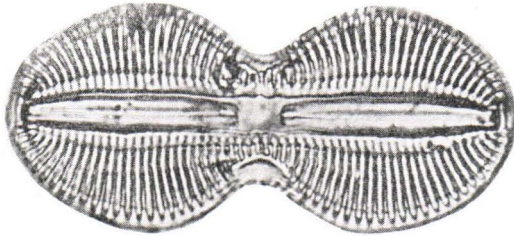


Fig. 1. *Diploneis rouhialensis* n. sp. Vergröss. 1000: 1

Diploneis rouhialensis n. sp. Schalen im Umriss linear-elliptisch, mit sehr tief eingeschnürten Seiten und breitelliptischen Schalenhälften mit breitgerundeten Enden, 60—75 μ lang, 27—29 μ breit, in der Einschnürung 14—15 μ breit. Zentralknoten mässig gross, apikal etwas verlängert. Hörner schmal, aber kräftig, parallel. Längskanäle schmal, annähernd linear, in der Aussenwand mit Fortsetzungen der Transapikalrippen, in der Innenwand mit einer Längsreihe deutlicher Poroide. Transapikalrippen kräftig, innerhalb der Schalenhälften stark radial, 10—11 in 10 μ , an den inneren Enden etwas verdickt. Kammern ungeteilt; da sie aber von ihrer Mitte aus nach aussen etwas erweitert sind und die Membran hier auch anscheinend stärker verkieselt ist, entstehen den Aussenwänden der Schalenhälften anliegende, bei schwacher Vergrösserung besonders deutlich ersichtliche mondsichelförmige Felder, die für diese Form charakteristisch sind. Die Wände der Kammerteile sind verschieden struiert, die Wände der inneren Hälften sind ohne erkennbare Struktur, die Aussenwände der randständigen Kammerhälften sind dicht, aber äusserst zart poroid, die Innenwände vermutlich von einer

Längsspalte durchzogen? — Die mittleren Kammern sind rudimentär entwickelt oder fehlen völlig.

Das neue Artenverzeichnis der Gegend von Rouhiala weist, trotzdem 12 weitere Präparate von 6 neu aufgefundenen Tonklumpen untersucht worden sind, nicht übermässig viel Neues auf. Wir vermerken 27 neu hinzugekommene Formen, aber trotzdem hat meine Artenliste von Rouhiala um nur 20 neue Formen zugenommen, weil einige in der Art unbestimmbare Familien oder andere mehr zweifelhafte Bestimmungen gestrichen worden sind¹. In dieser neuen Gestalt umfasst das Artenverzeichnis von Rouhiala 163 verschiedene Diatomeenformen.

NEUE BEITRÄGE ZU DER INTERGLAZIALEN DIATOMEENFLORA FINNLANDS.

Durch diese Untersuchung wird also mein früher veröffentlichtes Diatomeenverzeichnis von Rouhiala um folgende Spezies bereichert:

1. Marine Formen, alle für Finnland neu.

<i>Achnanthes arctica</i>	* <i>Diploneis lineata</i> v. <i>minuta</i>
— <i>groenlandica</i> ?	— <i>litoralis</i> v. <i>clathrata</i>
— <i>septata</i>	— <i>rouhialensis</i>
* <i>Auliscus caelatus</i>	* — <i>suborbicularis</i>
* <i>Biddulphia rhombus</i>	<i>Navicula Henedyi</i> v.?
	<i>Opephora marina</i>

Von diesen 11 Formen sind die drei *Achnanthes*-Arten sowie *Dipl. clathrata* Eismeerformen (Hustedt 1927—33), und es mag im besonderen hervorgehoben werden, dass Cleve-Euler (1915) *Achn. arctica*, *A. septata* und *Opephora marina* für das Weisse Meer anführt. Von den übrigen sind 4 Formen lusitanische (+), wodurch die Übereinstimmung mit dem südlichen Portlandia vermehrt wird². Auf diese Formen werden wir in späterem Zusammenhang zurückkommen.

¹ Die in meiner ersten Artenliste gestrichenen Formen sind: *Biddulphia* sp., die durch *Biddulphia rhombus* ersetzt worden ist, sowie *Triceratium* sp. Von den 6 *Chaetoceros*-Formen ist nur die besonders charakteristische *Ch. mitra* aufgenommen worden, da ich mich in den neuen Präparaten, weil die Bestimmung einzig und allein nach Sporen nicht völlig einwandfrei ist, nicht bemüht habe, die Sporen der übrigen aufzuzeichnen.

² Vgl. Astrid Cleve-Euler, 1940, Das letztinterglaziale Baltikum und die Diatomeenanalyse. — Beihefte zum Bot. Centralblatt Bd. LX. Abt. B.

2. B r a c k w a s s e r f o r m e n .

<i>Amphora commutata</i>	<i>Nitzschia circumscuta</i>
<i>Caloneis amphibaena</i> v. <i>subsalina</i>	» <i>hungarica</i>
<i>Melosira Jürgensii</i>	<i>Synedra pulchella</i>

Die 6 Formen der Gruppe sind uns alle vom baltischen Litorina her wohlbekannt. Da sie in den Präparaten nur sporadisch vorkommen, sind sie für die vorliegende Untersuchung ohne besonderes Interesse.

3. S ü s s w a s s e r f o r m e n (einschliesslich indifferenten Formen).

Die interglaziale Süsswasserflora Finnlands ist um folgende 9 Formen bereichert worden:

<i>Amphora ovalis</i>	<i>Melosira granulata</i>
<i>Cocconeis placentula</i> v. <i>lineata</i>	— v. <i>angustissima</i>
<i>Diploneis elliptica</i>	<i>Navicula gastrum</i>
<i>Epithemia turgida</i> v. <i>granulata</i>	<i>Opephora Martyi</i>
	<i>Stephanodiscus astraea</i> v. <i>minutula</i>

Diese aus den postglazialen Süsswassersedimenten Finnlands wohlbekanntesten Formen sind für die vorliegende Untersuchung nur insofern von Interesse, als sie das bestätigen, zu dem ich früher durch meine Schlüsse über den ausserordentlich rein marinen Charakter des Rouhiala-Tons gekommen bin. Durch ihr besonders spärliches Vorkommen in den Präparaten und ihre Natur als an verschieden beschaffene Süsswasserbecken gebundene Plankten, Aufwuchs- oder Bodenformen, beweisen sie, dass sie nur durch Zufall eingeschlämmt worden sind und ein der Rouhiala-Assoziation durchaus fremdes Element ausmachen. Ein bemerkenswerter Umstand besteht jedoch darin, dass, abgesehen von einigen Formen in Probe G und einer in Probe D angetroffenen Schale von *Amphora ovalis*, sämtliche oben aufgezählten Formen nur in Probe C vorgekommen sind. Weiter unten werden wir darauf zurückkommen.

VERGLEICH ZWISCHEN DEN FÜR VERSCHIEDENE TEILE DESSELBEN TONKLUMPENS AUFGESTELLTEN ARTENVERZEICHNISSEN.

Bevor wir es unternehmen, die Artenverzeichnisse für die verschiedenen Tonblöcke miteinander zu vergleichen, kann es von

Interesse sein zu sehen, in welchem Masse die Zusammensetzung der Diatomeenfloren variiert innerhalb der dünnen Schichten der ursprünglichen Tonablagerung, die durch die verschiedenen Teile der Klumpen repräsentiert werden.

Serie C. Hier ist ein Vergleich in diesem Fall am interessantesten, da die zur Untersuchung entnommenen Proben nachweislich aus verschiedenen Niveaus stammen (vgl. S. 90). Trotz ziemlich grosser Abweichung in der Anzahl der verschiedenen Formen (vgl. die letzte Reihe des Artenverzeichnisses) und im Individuenreichtum der Präparate — C 1 und C 3 können als arm, C 2 als reich bezeichnet werden — weisen die Diatomeenfloren untereinander nicht grössere Differenzen auf, dass man wohl verstehen kann, dass die betreffenden Proben von einem und demselben kleinen Tonklumpen stammen können. Von den drei Artenverzeichnissen sind C 2 und C 3 einander sehr ähnlich, C 1 weist einige deutliche Besonderheiten auf. Von diesen mag angeführt werden, dass *Actinocyclus crassus*, *Actinoptychus undulatus* und *Melosira sulcata* sowie die Bodenform *Nitzschia punctata* in C 1 fehlen, bzw. äusserst spärlich vorkommen.

Serie E. Die Proben zeigen, was den Formen- und Individuenreichtum sowie die gemeinsamen Formen und deren Frequenz angeht, eine ausserordentlich gute Übereinstimmung auf.

Serie F. Diese Proben sind alle individuenreich und ungefähr gleich formenreich. Betrachten wir die einzelnen Formen, so finden wir eine gute Übereinstimmung zwischen F 1 und F 2, wodurch bezeugt ist, dass sie zufällig aus derselben Schicht entnommen sind; doch bestehen mehrere Unterschiede zwischen diesen Proben und F 3. Besonders erwähnenswert ist es — um ein Beispiel zu nennen —, dass die in F 1 und F 2 vertretene reiche *Epithemia*-Flora in F 3 völlig fehlt.

Ich habe die Vergleiche angestellt um zu prüfen, inwieweit man auf diese Weise für die Beurteilung der ursprünglichen Mächtigkeit der interglazialen Tonablagerung, aus der die Proben herrühren, etwa einen Anhaltspunkt erhalten könnte. Dabei habe ich in dem Sinne geurteilt, dass eine sehr deutliche Veränderung in der Artenzusammensetzung zwischen verschiedenen Proben von einem und demselben Tonklumpen, also in einer sehr dünnen Sedimentschicht, auf geringe Lagermächtigkeit, eine gleichartige Flora dagegen auf das Gegenteil hindeuten müsste. Irgendwelchen klareren Aufschluss in dieser Frage mag der Vergleich kaum gegeben haben. Gewiss finden wir einige deutliche Verschiedenheiten im Vorkommen oder in der Frequenz einzelner Formen, aber diese sind jedoch allzu unbedeutend, um für ein geringmächtiges ursprüngliches Sedimentlager zu

sprechen. Stellen wir dieses als Hintergrund gegen den Umstand, dass die Diatomeen- und Pollenverzeichnisse für die verschiedenen Tonklumpen gemäss dem, was wir weiter unten herausstellen werden, teilweise sehr grosse Verschiedenheiten aufweisen, so kommen wir vielmehr zu der wahrscheinlicheren Auffassung, dass die Mächtigkeit des interglazialen Tonsedimentes ganz beträchtlich gewesen sein muss.

VERGLEICH ZWISCHEN DEN DIATOMEENVERZEICHNISSEN FÜR DIE VERSCHIEDENEN TONBLÖCKE.

Zunächst sei ein Blick auf die letzte Reihe des Diatomeenverzeichnisses geworfen. Es ist aus ihr zu ersehen, dass die Präparate, was den Formenreichtum angeht, verhältnismässig grosse Differenzen aufweisen. Zweifellos am reichsten bleibt die früher untersuchte Probenreihe A mit 132 Formen. Am nächsten kommt ihr, wie wir sehen werden, in jeder Hinsicht Probe G; dass hier 33 Formen weniger aufgezeichnet worden sind, liegt gewiss wesentlich daran, dass Liste G das Ergebnis der Untersuchung von nur einem einzigen Präparat ist, während Liste A neun Präparate vertritt. Probe C enthält schon, trotzdem drei Präparate untersucht worden sind, eine weit geringere Anzahl Formen als G. Noch weniger Formen sind aus den einander in mancher Hinsicht sehr ähnlichen Proben E und F aufgezeichnet worden. Der Formenreichtum vermindert sich dann weiter in D und ist am niedrigsten, nur 24 Stück, in B.

Nunmehr werden wir die verschiedenen Artenlisten miteinander vergleichen — Differenzen zwischen den verschiedenen Präparaten von denselben Tonklumpen beachten wir nicht mehr, sondern halten uns an die Durchschnittswerte, wobei wir uns jedoch auf die mehr in die Augen fallenden Gleichheiten oder Ungleichheiten beschränken werden. Ein solcher Vergleich ist nicht allein erwünscht, um etwa Assoziationen herauszustellen, die, verschiedene Eigenschaften anzeigend, damit verschiedene Phasen des Meeres, in dem sie sich abgelagert haben, repräsentieren, sondern sei auch besonders darum angestellt, weil das weit umfangreichere Material uns nunmehr eine sicherere Auffassung als zuvor über den Fossilbestand des Interglazialmeeres und damit über dessen allgemeinen Charakter gibt, und zwar in erster Linie dadurch, dass in Probe A etwa auftretende Zufälligkeiten nun auf den ihnen zustehenden Wert herabgesetzt werden können.

Ein Vergleich zwischen den Artenlisten zeigt deutlich, dass gewisse Klumpen aus derselben Schicht in der interglazialen Tonabla-

gerung stammen. Sie können daher zu Gruppen mit gesonderten Diatomeenfloraen zusammengestellt werden, die darauf hindeuten, dass das Material teilweise während verschiedener Phasen der Entwicklung des Interglazialmeeres abgesetzt worden ist. Folgende 5 Gruppen können auf diese Weise unterschieden werden:

Gruppe I, durch die Proben A und G vertreten. Sie stammen zweifellos aus einer und derselben Schicht; dafür sprechen ihr beträchtlicher, von anderen Proben stark abweichender Formenreichtum sowie ihre sehr gute gegenseitige Übereinstimmung, nicht allein in den gemeinsamen Formen sondern auch in deren Frequenzen. Frequenzstatistisch (vgl. die untenstehende Tabelle) sind die Proben so gut wie identisch.

Um den Vergleich zwischen den verschiedenen Artenverzeichnissen zu erleichtern, habe ich folgende frequenzstatistische Tabelle ausgearbeitet, die in groben Zügen eine Vorstellung von der frequenzprozentualen Verteilung der Florenelemente auf die verschiedenen »salzökologischen« Gruppen vermittelt. Die Tabelle ist nach denselben Prinzipien wie Tabelle II auf S. 9 (101) in meinem Aufsatz über den Mga-Ton (Brander 1937 a) berechnet worden.

	I	V	III	IV	II		I
	A	B	C	D	E	F	G
Marine Formen { ubiquistische ..	66\74	71\72	61\67	74\79	81\93	76\86	68\76
{ arktische	8\	1\	6\	5\	12\	10\	8\
Brackwasserformen	14	20	18	11	5	9	12
Indifferente Formen	7	8	10	9	1	4	7
Süßwasserformen	5	—	5	1	1	1	5

Wie bereits in meiner Rouhiala-Untersuchung ausgeführt, ist das Material in den zu dieser Gruppe gehörigen Tonblöcken in tiefem Wasser und verhältnismässig weit draussen in einem kalten und stark salzigen Meer abgesetzt worden.

Gruppe II, durch die Proben E und F dargestellt. Sie stammen sicher aus einer und derselben Schicht, worauf die gute Übereinstimmung im Formenreichtum, die gemeinsamen Formen und deren Frequenz hindeuten. Von den grösseren Abweichungen sei nur das völlige Fehlen der *Epithemiae* in E angeführt, welche in F zahlreich sind. Aber F 3 entbehrt ebenfalls völlig der *Epithemiae*! Frequenzstatistisch sind ihre Übereinstimmungen desgleichen sehr gut (vgl. Tab. oben). Diese Gruppe kommt der vorhergehenden (Gruppe I) in der Formzusammensetzung sehr nahe; wir weisen nur darauf hin, dass die für Finnland spezifisch interglazialen Arten *Navicula ab-*

rupta, *Podosira Montagnei*, *Synedra kamschatica* und *S. Gailloni* nur in den Proben A, G, E und F vorkommen, was auch für *Diplo-neis bomboides* v. *media* und *D. chersonensis* gilt, von denen erstere jedoch äusserst spärlich auch in B, letztere in D auftritt. Diese prägnanten Gleichheiten deuten darauf hin, dass die Gruppen I und II von nahe angrenzenden Schichten in der Ursprungsablagerung herrühren. Die letztere Gruppe scheint jedoch, nach der Frequenzstatistik zu schliessen, eine stärker marine und kältere Phase in der Entwicklung des Meeres zu vertreten.

Gruppe III, aus C bestehend, zeigt einen mit der vorhergehenden Gruppe nahe übereinstimmenden Formenreichtum, weist aber, was die einzelnen Formen und die verschiedenen ökologischen Gruppen angeht, mehrere abweichende Züge auf. Diese Abweichungen treten deutlich in der frequenzstatistischen Tabelle hervor; wir finden hier eine bedeutende Zunahme epiphytischer Brackwasser- und indifferenten Formen auf Kosten der Plankten. Ebenso findet sich in dieser Probe die weiter oben S. 97 angeführte Anhäufung von Süsswasserformen, in erster Linie *Amphorae* und *Melosirae*.

Diese Erscheinungen weisen darauf hin, dass C unter sämtlichen Proben diejenige ist, die sich in dem seichtesten Wasser, dem Lande am nächsten abgesetzt hat.

Gruppe IV ist vertreten durch Probe D, die der vorhergehenden in floristischer Hinsicht nahekommt. Der wesentlich »salzigere« Charakter der Assoziation begründet jedoch ihre Trennung von den übrigen (vgl. die Frequenzstatistik). Die reinere marine Flora mit ihrem höheren Planktongehalt deutet jedoch darauf hin, dass diese Probe in offenerem, tieferem Wasser als C abgesetzt worden ist.

Gruppe V schliesslich, bestehend aus Probe B, ist in mancher Hinsicht ganz alleinstehend. Der Formenreichtum ist bedeutend geringer als bei den anderen Gruppen, und wenn wir nachsehen, welche Formen fehlen, finden wir unter ihnen mehrere, die in den anderen Proben in Massen oder wenigstens allgemein vorkommen (vgl. Verzeichnis S. 92). Insbesondere ist das so gut wie völlige Fehlen der Eismeerformen auffallend, was darauf hindeuten dürfte, dass es sich hier um ein wärmeres Meer als im vorhergehenden Fall handle. Die Frequenzstatistik zeigt eine verhältnismässig reine marine und Brackwasserassoziation, was dafür zu zeugen scheint, dass das Land weit entfernt gelegen hat. Da indes ein auf verhältnismässig flaches Wasser hindeutender niedriger Planktongehalt dazu in gewissem Masse im Gegensatz steht, ist es schwer zu erschliessen, welchen Charakter das Meer beim Absetzen der Probe aufgewiesen hat. Am

ehesten möchte man an eine flach seichter werdende und geschützte Bucht denken, in der viele Charakteralgen des Litorinameeres während der Interglazialzeit fortgekommen sind und die nicht von der Eismeerinvasion erreicht worden ist.

b. Silikoflagellaten.

Das Ergebnis der Silikoflagellatenanalyse geht aus der untenstehenden Tabelle hervor. Die Frequenzen sind nach demselben Prinzip wie die Diatomeen in der Weise geschätzt worden, dass diese beiden Fossilgruppen bei der Frequenzberechnung nicht auseinandergehalten worden sind, wodurch erklärt wird, dass die höchste Frequenz nicht in jedem Artenverzeichnis 6 zu sein braucht.

SILIKOFLAGELLATENVERZEICHNIS.

	A	B	C			D	E			F			G
			1	2	3		1	2	3	1	2	3	
<i>Cannopilus binoculus</i> [E.] Lemm.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Dictyocha fibula</i> E. et f. <i>aspera</i> Lemm. ...	5	4	—	2	2	3	5	5	6	4	6	5	4
<i>Distephanus cruz</i> [E.] Haeckel	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>speculum</i> [E.] Haeckel incl. v. <i>regularis</i> Lemm.	6	6	2	4	4	4	6	6	6	6	6	6	5
— v. <i>octorarius</i> [E.] Jörg.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— v. <i>pentagonus</i> Lemm.	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— v. <i>septenarius</i> [E.] Jörg.	2	2	—	1	—	—	2	2	4	—	1	2	2
<i>Ebria tripartita</i> [Schum.] Lemm.	2	3	2	3	2	2	2	3	—	3	2	2	3

Die Silikoflagellatenliste hat, wie ersichtlich, trotz der untersuchten neuen reichen Präparate überhaupt nicht zugenommen, vielmehr ist zu erkennen, dass einige Formen der Serie A in dem neuen Material nicht angetroffen worden sind. Des weiteren stellen wir fest, dass die in A am reichlichsten vorkommenden Formen *Distephanus speculum* und *Dictyocha fibula* auch in den neuen Proben entschieden vorherrschen. Erstere Form tritt meist dominierend in sämtlichen Präparaten auf, während die sonst so allgemein auftretende *Dictyocha* sonderbarerweise in C 1 völlig fehlt. Eine merkwürdige Übereinstimmung besteht darin, dass auch *Distephanus* gerade in diesem einen Präparat eine bemerkenswert niedrige Frequenz aufweist. Über *Ebria tripartita* ist anzuführen, dass diese Form eigentümlicherweise in E 3 völlig fehlt¹.

¹ Eine Kontrollschlammung gab ein unverändertes Resultat.

Die formenarme Silikoflagellatenflora gestattet gewiss keine so eingehende Gruppierung der Proben, wie sie oben unter Zuhilfenahme der Diatomeenflora durchgeführt worden ist, aber wo stärkere Frequenzdifferenzen vorkommen, bietet sich doch eine ähnliche Gruppierungsmöglichkeit. In Übereinstimmung damit, dass stets höhere Frequenzen dieser Plankten in den Proben zu erwarten sind, je weiter vom Land entfernt sich diese abgesetzt haben, finden wir die niedrigste Silikoflagellatenfrequenz in Gruppe III (C), die, wie oben festgestellt, dem Lande am nächsten abgelagert worden ist, eine weit individuenreichere Flora in Gruppe I (A und G) und den höchsten Silikoflagellatengehalt in den nach dem Zeugnis der Diatomeen am weitesten vom Lande entfernt, im tiefsten Wasser abgesetzten Proben E und F, Gruppe II.

c. P o l l e n.

Die Untersuchung der Diatomeen und Silikoflagellaten brachte, wie wir fanden, nicht so übermässig viel Neues zutage über das, was der erste Rouhiala-Fund über das eisige Portlandia-Meer zu erzählen gewusst hat. Die fossile Wasserflora bezeugte, dass das Material in sämtlichen verschiedenen Tonblöcken in einem ziemlich gleichförmigen Meer abgesetzt worden ist; irgendwelche bedeutendere Variationen in der Wassertiefe, im Salzgehalt u. dgl. spiegelten sich in den fossilen Assoziationen nicht ab. Dieses Ergebnis ist nicht unerwartet, denn wenn man auch a priori davon ausgehen kann, dass das vorliegende Material sicher während eines verhältnismässig langen Zeitraums der Interglazialzeit abgesetzt worden ist, und man daher berechtigt wäre, verschiedene Veränderungen im Charakter des Meeres zu erwarten, darf man dennoch nicht vergessen, dass das Material sämtlicher Tonklumpen verhältnismässig weit draussen im Meere, wo Veränderungen der genannten Art stets weniger empfindlich als in unmittelbarer Nähe des Ufers registriert werden, abgesetzt worden ist. Dass eine verhältnismässig lange Zeit zwischen dem Absetzen des ältesten und dem des jüngsten Tonklumpens vergangen sein muss, zeigt ein Blick auf die untenstehende Übersicht über das Resultat der Pollenanalyse. Die Pollenflora registriert empfindlich die Veränderungen in der Zusammensetzung des Waldes. Ihre Wandlungen, die untereinander teilweise sehr verschiedene Spektren widerspiegeln, sind gewiss nicht in einem ganz kurzen Zeitraum vor sich gegangen.

Die Tabelle enthält das Resultat sämtlicher Analysen; wo solche von drei Stellen eines und desselben Tonklumpens vorliegen, ist auch

ein Durchschnittsresultat angegeben. Ein Vergleich der Spektren für die sieben Probenserien — des Vergleichs wegen sind auch hier die Analysenresultate des ersten Rouhiala-Fundes aufgenommen worden — zeigt, dass die Proben aus fünf in der Lagerfolge deutlich voneinander unterscheidbaren Horizonten stammen, die identisch sind mit denjenigen, die wir bereits auf Grund der Diatomeen, teilweise auch der Silikoflagellaten zu unterscheiden vermocht haben.

POLLENVERZEICHNIS.

	A				B	C				D	E				F				G
	2	3	4	M		1	2	3	M		1	2	3	M	1	2	3	M	
<i>Pinus</i>	16	6	8	10	—	14	13	11	13	—	1	2	8	3	4	6	1	3	11
<i>Picea</i>	—	—	—	—	—	32	29	33	31	1 Ex.	—	—	—	—	—	1	—	1	—
<i>Betula</i>	16	16	14	15	48	8	11	6	8	—	13	24	20	19	32	28	43	34	23
<i>Alnus</i>	61	76	75	70	51	42	40	42	41	1 Ex.	83	73	70	75	62	65	55	61	64
<i>Carpinus</i>	3	1	2	2	—	4	4	6	4	—	1	—	1	2	—	1	1	1	1
<i>Quercus</i>	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Ulmus</i>	1	1	1	1	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Tilia</i>	—	—	—	—	1	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Salix</i>	1	—	—	1	—	—	1	—	1	—	2	—	2	1	—	—	—	—	—
<i>Corylus</i>	31	36	43	37	24	7	11	8	9	—	20	6	4	10	19	15	34	23	34
Pollenzahl je cm ²	611	?	?	?	7	1680	2810	2880	2457	<	112	5	3	7	14	10	4	9	114

Nachdem wir konstatiert haben, dass durch diese Untersuchung die interglaziale Pollenflora Finnlands um *Picea* und *Tilia* bereichert worden ist, unternehmen wir einen Vergleich zwischen den Pollenfloraen der verschiedenen Tonblöcke.

Dabei lässt sich zunächst feststellen, dass, wo von einem und demselben Klumpen drei Verzeichnisse vorliegen, diese in keinem Fall grössere Differenzen aufweisen, als für Durchschnittsergebnisse zulässig ist. Die auffallendste Verschiedenheit in der Statistik ist der grosse Unterschied im Pollenreichtum zwischen Probe C 1 und den zwei übrigen aus demselben Klumpen, was ebenfalls die weiter oben angeführte Sonderstellung dieser Probe hervorhebt. Ihre nahe Zusammengehörigkeit nur mit den übrigen Proben der Serie C geht jedoch zur Genüge aus der Tabelle hervor.

Zunächst werfen wir wieder einen Blick auf die letzte Reihe der Tabelle; diese Reihe stellt den relativen Pollengehalt als auf je 1 cm² berechnete Pollenzahl dar. Obwohl möglichst gleich dicke Präparate angewandt worden sind, können doch diese Zahlenangaben selbstverständlich nur als approximativ gelten, wenngleich sie immerhin

erkennen lassen, dass der Pollengehalt des Sediments von Schicht zu Schicht sehr stark variiert und zugleich nachdrücklich für das Be-rechtigte der unten durchgeführten Gruppierung spricht.

Gruppe I, durch A und G vertreten. Der Pollengehalt relativ hoch. Die Pollenfloren sind, wie ersichtlich, besonders gut übereinstimmend, weswegen das, was ich in meiner Rouhiala-Untersuchung über die Vegetation und das Klima auf Grund des Ergebnisses der Serie A ermittelt habe, auch für G gilt. In beiden Proben stellen wir das Fehlen von Fichte und Linde fest.

Gruppe II, durch E und F vertreten. Die gute Übereinstimmung der Pollengehalte und der Pollenfloren beweist abermals, dass diese Proben aus stratigraphisch ungefähr gleichem Niveau in dem ursprünglichen Sediment stammen. Das zeigt sich zwar nicht so deutlich bei einem Vergleich zwischen den verschiedenen Spektren — die Amplituden der einzelnen Pollenprocente sind teilweise recht bedeutend —, aber um so schärfer bei einem Vergleich zwischen dieser Gruppe und den übrigen. Wir erkennen einen sehr hohen *Betula-Alnus*-Gehalt und demzufolge ein sehr bescheidenes Nadelholzprozent, das im grossen ganzen durch *Pinus* zustande kommt. Die edlen Laubbäume spielen eine sehr unbedeutende Rolle.

Gruppe III, aus der Serie C bestehend. Durch ihren äusserst hohen Pollenreichtum, der die übrigen Proben um ein Vielfaches übertrifft, und ihre sehr charakteristische, von sämtlichen anderen untersuchten Präparaten stark abweichende Pollenzusammensetzung, bestätigt diese Serie von Spektren das Ergebnis, das zuvor auf Grund von Wasserfossilien abgeleitet worden ist, d. h. dass der Klumpen sein eigenes stratigraphisches Niveau im Sediment darstellt. Durch seine von der früher untersuchten Serie A aufs stärkste abweichende Pollenzusammensetzung bedeutet dieses Spektrum einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis des interglazialen Waldes Finnlands. Während der Laubwald nach dem, was früher bekannt war, entschieden über den ausschliesslich aus Kiefer bestehenden Nadelwald dominiert, ist das Verhältnis hier eher umgekehrt. Diese C-Präparate beweisen, dass in einer gewissen Phase der Entwicklung des interglazialen Waldes die Nadelhölzer und unter diesen vorwiegend die Fichte eine sehr wichtige Konstituente ausmachten. Besonders markant tritt die Sonderstellung dieser Probe gerade in bezug auf die Fichte hervor: ein Pollengehalt von 31 % gegenüber so gut wie völligem Fehlen in sämtlichen übrigen Proben. Aber auch die Kiefer weist hier höchste durchschnittliche Pollenprocente auf. Infolge dieses hohen Nadelholzgehaltes sind die Prozentsätze von Erle und Birke stark niederge-

drückt, während, wie gewiss interessant, das *Carpinus*-Prozent in dieser Serie am höchsten ist. Ferner finden wir, dass die edle Laubholzflora um *Tilia* bereichert ist, deren Pollen in zwei der Präparate spärlich vorkam.

Gruppe IV ist vertreten durch Probe D, die ihre Sonderstellung durch eine so extreme Pollenarmut dokumentiert, dass keine Analyse angestellt werden konnte. In einem angereicherten Präparat wurden ein Erlen- und ein Fichtenpollenkorn festgestellt.

Gruppe V, durch B vertreten, ist durch das völlige Fehlen von Nadelholzpollen von allen anderen Serien unterschieden. Erle und Birke sind in fast gleichen Mengen vorherrschend, aber auch das Haselprozent ist hoch.

II. DAS INTERGLAZIALMEER IM LICHT DES NEUEN MATERIALS.

Allzu grosse Beiträge zur Kenntnis des Charakters des interglazialen Meeres hat das neue Material, wie es scheint, kaum geliefert. Wohl ging es aus der Untersuchung der Wasserfossilien hervor, dass die Proben zufällig aus fünf verschiedenen Schichten der marinen Ablagerung stammen, und unter diesen fünf Gruppen können wir drei (die Gruppen IV, I und II) unterscheiden, deren Fossilbestand deutlich und einstimmig zeigte, dass sie entsprechend in tiefem, tieferem und tiefstem Wasser, d. h. weit, weiter und am weitesten vom Land entfernt, abgesetzt worden sind. Dass die zu den verschiedenen Gruppen gehörenden Proben wirklich von verschiedenen Schichten herrühren und nicht aus zum Meere verschieden gelegenen Teilen derselben Schicht stammen, d. h. dass sie nicht synchron sind, wird durch ihre stark voneinander abweichenden Pollenspektren bewiesen. Aber die Proben sind doch alle hochmarin und verhältnismässig weit vom Lande entfernt abgesetzt worden; leider hat sich gerade keine von ihnen bei dem ehemaligen Ufer sedimentiert, wodurch gewiss viele neue interessante Umstände ans Tageslicht gekommen wären. Die grösste »Schwäche« des Materials besteht, ausser natürlich in seiner Einseitigkeit, auch darin, dass die Niveaus der Proben in der Stratigraphie der Ursprungsablagerungen nicht mit Sicherheit bestimmt werden können und dass es somit nicht geeignet ist, die wichtige und interessante Frage der Entwicklung zu beleuchten. Da uns ausserdem Beweise dafür fehlen, dass das Material der verschiedenen Tonblöcke von derselben oder zum mindesten von gleich gelegenen ursprünglichen Sedimentationsstellen stammen, vermögen wir nicht einmal mit Sicherheit irgendwelche Veränderungen im

Wasserstand und Salzgehalt des Interglazialmeeres festzulegen. Das einzige, was in dieser Hinsicht in bezug auf den innerhalb ziemlich weiter Grenzen wechselnden Gehalt der Eismeerformen ausgesagt werden kann, besteht darin, dass das Meer zeitweise wärmer, zeitweise kälter gewesen ist.

Zur Beleuchtung der Frage nach dem allgemeinen Charakter des Interglazialmeeres während einer gewissen Periode der Entwicklung ist das Material wegen seiner Reichlichkeit und Einseitigkeit gewiss zu gebrauchen. Wir werden zunächst einen Überblick über die Mikroflora geben.

Aus dem Artenverzeichnis ist zu ersehen, dass unter den Diatomeen *Grammatophora oceanica* (coll.) die gewöhnlichste Form ist; sie tritt mit höchster Frequenz, in sämtlichen Artenverzeichnissen dominierend auf. Zu den häufigsten Elementen der Flora gehören ferner fast alle unten angeführten Formen (nach fallender Frequenz geordnet), die einzigen, die in sämtlichen Proben vorkommen:

<i>Rhabdonema minutum</i>	<i>Trachyneis aspera</i>
— <i>arcuatum</i>	<i>Melosira sulcata</i>
<i>Coscinodiscus obscurus</i>	<i>Actinoptychus undulatus</i>
<i>Diploneis didyma</i>	<i>Campylodiscus echeneis</i>
— <i>Smithii</i>	<i>Nitzschia navicularis</i>
<i>Chetoceros mitra</i>	<i>Achnanthes brevipes</i>
<i>Cocconeis scutellum</i>	<i>Navicula granulata</i> ,
<i>Nitzschia punctata</i>	

insgesamt 15 Formen.

Dazu kommen folgende 13 grösstenteils reichlich vorkommende Formen (ebenfalls nach fallender Frequenz geordnet), die in B indes völlig fehlen:

<i>Thalassiosira gravida</i>	<i>Diploneis Strömi</i>
<i>Coscinodiscus septentrionalis</i>	<i>Coscinodiscus centralis</i>
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	<i>Nitzschia sigma</i>
<i>Synedra crystallina</i>	<i>Actinocyclus crassus</i>
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	<i>Dimerogramma</i>
<i>Grammatophora arcuata</i>	<i>Coscinodiscus lineatus</i> ,
<i>Rhopalodia gibberula</i>	

Fügen wir zu diesen aus der Silikoflagellatenliste noch *Distephanus speculum*, *Dictyocha fibula* und *Ebria tripartita* hinzu, so haben wir damit ein Verzeichnis der häufigsten Elemente der interglazialen Meeresflora gegeben.

Es ist von Interesse, dass die oben angeführten Verzeichnisse so gut wie alle allgemeinsten Salzwasserformen des postglazialen Baltikums umfassen. Von diesen fehlt wohl nur *Thalassiosira baltica!* Ausserdem aber geben die Verzeichnisse die interessante und wichtige Aufklärung, dass mehrere für das Interglazialmeer spezifische und charakteristische Formen sowohl allgemein als auch reichlich vorkommen. Dieser Umstand ist erfreulich und von grosser praktischer Bedeutung für künftige Interglazialuntersuchungen in dem nordbaltischen Gebiet. In das untenstehende Verzeichnis werden die Formen aufgenommen, die für die Ablagerungen des interglazialen Meeres als Leitfossilien dienen können (vorläufig für sein Portlandia-Stadium und zum mindesten für dessen nord(ost-)baltische Teile geltend); die Reihenfolge nach fallender Frequenz:

Diatomeen: *Coscinodiscus obscurus*
Thalassiosira gravis
Thalassionema nitzschioides
Trachyneis aspera
Chaetoceros mitra
Actinopterychus undulatus
Grammatophora arcuata

Silikoflagellaten: *Distephanus speculum*, *Dictyocha fibula*.

Bei der Zusammenstellung der Liste sind nur (wenigstens für die finnischen Gewässer) spezifisch interglaziale Formen und von diesen nur die am allgemeinsten vorkommenden aufgenommen worden. Ihr Charakter als Leitfossile lässt sich dadurch, dass einige von ihnen in irgendeiner Probe fehlen, nicht beeinträchtigen.

Diese Liste möchte ich vervollständigen durch ein Verzeichnis über »Leitfossilien zweiten Ranges«, d. h. über solche, die ebenfalls spezifisch interglazial sind, aber durch etwas spärlicheres allgemeines Vorkommen in Rouhiala erwartungsgemäss in den betreffenden Ablagerungen nicht so häufig auftreten können. Sie seien hier nach den im Diatomeenverzeichnis angegebenen fallenden Frequenzen angeführt:

Coscinodiscus excentricus
Diploneis bomboides v. *media*
Podosira Montagnei
Navicula granulata
Dimerogramma
Navicula abrupta.

Hervorgehoben sei das reichliche Vorkommen von *Chaetoceros mitra*, die als spezifisch interglazial gelten dürfte¹.

Zu der Frage nach dem allgemeinen Charakter des interglazialen Meeres hat das neue Material keine anderen Beiträge zu liefern vermocht als eine Bestätigung dessen, was ich bereits in meiner Rouhiala-Untersuchung über Salzgehalt und Temperatur des genannten Meeres ausgeführt habe. Ich hatte eine Anzahl arktischer Formen gefunden und auf Grund dessen auf die damalige niedrige Temperatur des Meeres geschlossen sowie ausserdem seine Verbindung mit dem Nördlichen Eismeer über das Weisse Meer wahrscheinlich gemacht. Es ist daher von Interesse, dass von den neuaufgefundenen 11 hochmarinen Formen nicht weniger als vier ausgeprägte Eismeerformen sind und dass drei von ihnen u. a. gerade im Weissen Meer vorkommen (vgl. S. 96). Die Berechtigung meiner Nebeneinanderstellung von Rouhiala, dem Mga-Ton und den südbaltischen Portlandia-Ablagerungen wird indes durch diese erweiterte Untersuchung nicht im mindesten verändert. Von den neuaufgefundenen Formen seien folgende angeführt, die auch in Schulz' Artenverzeichnis für das südbaltische Portlandia enthalten sind:

Biddulphia rhombus

Diploneis lineata v. *minuta* (kommt auch an der Mga vor)

(*Navicula Henedyi* v. ?)

Opephora marina

Nitzschia circumscuta

Synedra pulchella

III. DIE INTERGLAZIALE WALDVEGETATION IM LICHTE DES NEUEN MATERIALS.

Weit deutlichere Schwankungen der Verhältnisse, als die Wasserfossilien in bezug auf den Charakter des betreffenden Meeres zu registrieren vermochten, lassen die verschiedenen Pollenspektren mit Rücksicht auf die Waldvegetation erkennen. Das Interesse für die Pollenspektren der einzelnen Proben und die Bedeutung dieser Spektren werden natürlich auch hier dadurch erheblich vermindert, dass der chronologische Zusammenhang der Proben nicht festgestellt und daher der Entwicklungsverlauf nicht rekonstruiert werden kann. Wir vermögen nur festzulegen, dass zu gewissen Zeitpunkten

¹ Dass diese und einige andere interglaziale, marine Formen von Rouhiala auch in postglazialen Tonen vom Lule älv (s. A. Hamberg, 1906, Sv. G. U. Ser. C N:o 202) anzutreffen sind, dürfte auf Einschwemmung aus älteren, interglazialen Lagern in Norrbotten beruhen (Anm. von Astrid Cleve-Euler).

der Interglazialzeit die Verhältnisse so und so waren. Damit müssen wir uns vorläufig begnügen, bis Ablagerungen in situ gefunden und untersucht worden sind. Daher beschränke ich mich hier darauf, nur einige Tatsachen festzustellen.

In meiner Rouhiala-Untersuchung fand ich, dass die Spektren der Serie A »eine Hainvegetation in einem warmen und maritimen Klima, welches wahrscheinlich günstiger war als sogar das des postglazialen litorinalen Wärmeoptimums« vertreten. Dasselbe gilt für Probe G, die ein gut übereinstimmendes Spektrum aufweist. Der Laubwald dominiert stark über den Nadelwald, was in noch höherem Grade mit anderen Spektren der Fall ist, die zu Gruppe II (E und F) gehören, nicht zu reden von dem Spektrum für B, in dem Nadelholzpollen völlig fehlt. In schärfstem Kontrast dazu stehen die Spektren der Serie C mit ihrem hohem Nadelholzprozent. In meiner Rouhiala-Untersuchung betonte ich, dass das Fehlen von Kiefernpollen (in der Serie A) keineswegs darauf hinzudeuten brauche, dass diese Holzart während der Interglazialzeit nicht in Finnland gewachsen wäre, und jetzt lässt es sich nachweisen, dass sie zu einem gewissen Zeitpunkt eine sehr wichtige Konstituente der Waldflora ausmachte. Interessant ist es, dass auch der Lindenpollen, den ich im Mga-Ton fand, nunmehr, obwohl spärlich, im Rouhiala-Ton anzutreffen ist. Und schliesslich finde ich dass der in der Serie C durchgehend und in verhältnismässig hohem Prozentsatz festgestellte *Carpinus*-Pollen für meine Ansicht stark spricht, dass diese Holzart während der Interglazialzeit wirklich in Finnland gewachsen ist.

B. UNTERSUCHUNGEN IM SAIMAA-GEBIET.

In meiner Rouhiala-Untersuchung führe ich nach Berghell einige Zitate an, nach denen auf das Vorkommen interglazialer Ablagerungen an verschiedenen Stellen im Saimaa-Gebiet geschlossen werden kann. Da nun der Rouhiala-Fund mich zu fortgesetzten Studien anspornte, war das erste Glied in dieser Kette eine nähere Untersuchung dieser angeblichen Interglazialfunde.

I. DIE UNTERSUCHUNGEN IN LAPPEENRANTA (WILLMANSTRAND).

Die Angaben, nach denen sich die dortigen Untersuchungen zu richten hatten, waren folgende Belege bei Berghell (1898, S. 35): »Von grossem Interesse ist das Vorkommen kleiner abgerundeter,

geröllartiger Tonklumpen in einer Tiefe von 5—6 m unter Tag in den unteren Sand- und feineren Kieslagern der eben genannten Kiesgrube ¹. Der Ton in diesen sichtlich durch Wasser abgerundeten Tonklumpen ist deutlich geschichtet, aus wechsellagernden braunen und gelbgrauen Schichten bestehend. Die Einlagerung dieser Tonklumpen in das geschichtete Material der Randmoränen kann kaum anders als durch die Annahme von verhältnismässig lang andauernden Oszillationen des Eisrandes erklärt werden. Während der rückwärtsschreitenden Bewegung einer Eisdecke konnte der warvige Ton sich somit ablagern, um dann bei erneuertem Vordringen des Eises denudiert und durch die Schmelzwasserflut unter und vor dem Eis in das übrige Material der Randmoräne (vielleicht in gefrorenem Zustand) eingebettet zu werden.» Und in der Erläuterung zum Bodenkartenblatt von Savonlinna (Nyslott) (Berghell 1904, S. 50) benutzt Berghell diese Tonklumpen als Beleg für seine Ansicht von »einer interglazialen Phase längerer Dauer«. Da diese Zitate mich deutlich vermuten liessen, dass hier eine vollständige Parallele zum Rouhiala-Fund vorlag, und da die genannten Tonklumpen nicht verwahrt worden waren, sah ich mich veranlasst, Untersuchungen in Lappeenranta anzustellen in der schwachen Hoffnung, solche Klumpen aufzufinden und so etwa Gelegenheit nehmen zu können, die Ansichten Berghells zu bestätigen.

In Lappeenranta bestanden Schwierigkeiten, die von Berghell angeführte Kiesgrube zu lokalisieren. Vermutlich handelt es sich um einen umfangreichen Schnitt im Salpausselkä NW-seits der Stadt bei der Landenge zu der Halbinsel Tyysterniemi. Einige dort beschäftigte Arbeiter wussten auf meine Frage zu berichten, dass dann und wann faustgrosse Tonklumpen in Kies eingebettet anzutreffen sind. Eifriges Suchen in der Schnittwand und in den herabgestürzten Kiesmassen gab ein sehr bescheidenes Resultat; nur ein Splitter von einem Zoll Grösse war anzutreffen. Die eine Flachseite war rostfarben und mit Sand vermischt, so dass man annehmen konnte, der Splitter rühre von der Oberfläche einer grösseren Tonkugel her. Die Hoffnung, dass hier Interglazial-Ton vorliege, wurde jedoch durch die danach ausgeführte Laboratoriumsuntersuchung zu nichte; bei dem Durchsuchen eines Präparates (21 × 26 mm) waren nur eine Schale von *Pinnularia borealis* sowie einige unbestimmbare Diatomeenfragmente, 7 *Pinus*-Pollen wie auch einige durch Kor-

¹ Kiesgrube in der Salpausselkärandmoräne gleich W der Stadt Lappeenranta.

rosion undefinierbare Laubholzpollen, somit keine spezifisch interglazialen Formen, anzutreffen ¹.

Die Untersuchungen in den übrigen Kiesgruben der Stadt führten zu einem negativen Ergebnis; nur in einem mächtigen Schnitt bei der Schwimmanstalt unmittelbar östlich der Stadt fand ich in einer sandigen Partie tief innen in der Randmoräne eine Menge kleiner, scheibenförmiger Splitter eines hellgrauen Glazialtons von offenbar warvigem Aussehen. Die später ausgeführte mikroskopische Untersuchung liess ebensowenig etwas erkennen, dadurch diese Klassifikation verändert worden könnte. Ein Präparat ergab bei der Auszählung 1 Zelle der Süsswasserart *Gomphonema angustatum* sowie 9 Kiefernpollen.

Meine Untersuchungen lieferten somit keine Bestätigung dafür, dass Klumpen interglazialen Tons eingebettet in den Salpausselkä-Kies in der Gegend von Lappeenranta vorkämen. Der Ton, den ich fand, war offenbar glazialen Ursprungs; unverkennbar ist er während der geringeren Oszillationen des Eisrandes in gefrorenem Zustand in die Kiesmassen eingeknetet worden. Dass solche Tonblöcke in diesen Teilen des Salpausselkä keine Seltenheit sind, beweist die Anzahl der Stücke, die ich während einer Tagesexkursion in einer Kiesgrube bei Vuoksenniska fand und von denen weiter unten die Rede sein wird. Glazial war unverkennbar auch der Ton, der 1931 bis $\frac{1}{2}$ m mächtig in ca. 13 m Tiefe unter Gelände (80 m über NN.) bei Erdbohrungen am Saimaa-Kanal in Lauritsala durchdrungen wurde. Die Proben aus seinen verschiedenen Niveaus erhielt ich durch Dr. Brenner, und sie erwiesen sich als völlig steril.

Ob der Ton, den Berghell anführt, wirklich interglazial war, muss für immer verborgen bleiben. Nach dem oben Angegebenen ist es wahrscheinlich, dass der betreffende Ton glazialen Ursprungs war, was des weiteren auch dadurch gestützt wird, dass Berghell eine deutliche Schichtung, Warvigkeit, dieser Bodenart erwähnt. Eine ausgeprägte Warvigkeit habe ich dagegen bei keinem einzigen der Tonklumpen aus Rouhiala wahrnehmen können.

II. DIE UNTERSUCHUNGEN IN ROUHIALA UND VUOKSENNISKA.

In Rouhiala blieben die Untersuchungen insofern ergebnislos, als trotz eifrigem Suchen beiderseits des Vuoksen in sämtlichen Kies-

¹ Am Schluss dieses Kapitels werden die Mikrofossilien in dem von der Felduntersuchung heimgeführten Material einer näheren Untersuchung unterzogen.

gruben zwischen der Kirche von Jääski und Enso keine Tonklumpen aufgefunden wurden. In Vuoksenniska dagegen gelang das Suchen besser.

In der dicht besiedelten Ortschaft Vuoksenniska sind neben der grossen Landstrasse drei umfangreiche Kiesgruben in den Kiesmassen des Salpausselkä ausgehoben worden:

Peltonens grosse Kiesgrube, mitten in der Ortschaft ca. 1 km Luftlinie vom Bahnhof. Dort beschäftigte Arbeiter wussten zu berichten, dass recht oft in verschiedenen Tiefen des 10 m tiefen Schnittes sowohl in dem zuoberst liegenden, parallel gelagerten Kiespolster als auch weiter unten in den unregelmässiger geschichteten, inneren Partien der Randmoräne Tonklumpen angetroffen werden. Die Klumpen waren meistens kopfgross. Nachdem ich eine Weile gesucht hatte, war ich in verschiedenen Niveaus auf vier solche Klumpen gestossen. Deren Material war teils ungeschichtet, teils in deutlichen Warven geschichtet, und letztere Erscheinung im Verein mit der vom Ton aus Rouhiala im übrigen abweichenden Natur des Materials liess mich bereits an Ort und Stelle vermuten, dass die Funde glazial und nicht etwa interglazial waren. Die später ausgeführte mikroskopische Untersuchung erwies, dass das Material bis auf einige Süsswasserdiatomeen und vereinzelte Pollenkörner steril war. Die Auszählung eines Präparates des Materials von jedem der Tonklumpen ergab folgendes:

Peltonen 1. *Navicula cryptocephala* 1 Zelle, *Pinnularia*-Fragmente.

Peltonen 2. *Pinus*-Pollen 1 St.

Peltonen 3. *Melosira arenaria* 1 Schale, eine *Fragilaria brevistriata*-Kolonie von 3 Zellen, *Navicula pupula* 1 Zelle.

Peltonen 4. 3 *Pinus*-Pollenkörner, 1 korrodiertes Laubholzpollenkorn.

Das Fehlen spezifisch interglazialer Formen feststellend, schieben wir die Erläuterung des Analyseergebnisses bis weiter unten hinaus.

Die staatliche Kiesgrube in einem Eisenbahnschnitt durch den Salpausselkä zwischen den Bahnhöfen Virasoja und Vuoksenniska. Auch hier fand ich einen Tonklumpen. Die Auszählung eines Präparates seines Materials ergab nur 1 Schale von *Pinnularia microstauron*, 1 Schale von *Navicula cryptocephala* sowie 2 *Pinus*-Pollen.

In dem dritten grossen Schnitt, der Kiesgrube der AG. Tornator, dagegen fand ich keinen Tonklumpen.

III. DIE UNTERSUCHUNGEN IN SULKAVA UND PUUMALA.

Nach Berghells Erläuterung zur Bodenkarte von Savonlinna (Berghell 1904) sollten moränenbedeckte Ton- und Sandablagerungen mancherorts in den Kirchspielen Puumala und Sulkava vorkommen. Näher angegeben ist jedoch nur eine Fundstelle, das Kirchdorf Sulkava. Berghell schreibt (op. cit. S. 91): »Dieser Ton, der mancherorts im Kirchdorf des Kirchspiels Sulkava angetroffen wird, tritt jedoch nirgendwo zutage, sondern ist ausschliesslich bei Grabungsarbeiten blossgelegt worden. Leider bin ich nicht in der Lage gewesen, diesen Ton selbst zu sehen, dessen Vorhandensein unter mit Geröll durchsetztem Sand, und, nach der Beschreibung zu urteilen, Moränenkieslager sich indes auf Angaben mehrerer zuverlässiger Personen stützt. So berichtete u. a. Gutsbesitzer Kapitän Harlin, dass bei einem Brunnenbau nachstehende Lagerfolge durchstossen (von oben nach unten) worden ist:

- etwa 4 m mit Geröll vermengter Sand,
- » 2 m festgepackter Kies, nach der Beschreibung von Harlin zweifellos Moräne,
- » 5 m Ton,

unter dem dann bis in unbekannte Tiefe eine wasserführende Bodenart folgte. Der Ton ist nach der Beschreibung bräunlich und ziemlich sandhaltig in seinen oberen Lagern gewesen. Nach der Tiefe zu soll er wieder eine gräuliche Farbe angenommen und Roströhren geführt haben sowie immer reiner geworden sein, je tiefer man gekommen ist, zugleich aber auch immer weicher, zuletzt breiartig.» Seine Ansicht über das Alter dieses Tons formuliert Berghell folgendermassen (op. cit. S. 50): »Nunmehr zögere ich jedoch nicht, die Ansicht auszusprechen, dass die rückwärtsschreitende Oszillation des Eisrandes, während der der Sulkava-Ton sich abgesetzt hat, so lange andauert hat, dass man in diesem Fall mit Recht von einer interglazialen Phase von längerer Dauer reden kann.»

Das Kirchdorf Sulkava liegt an einer Saimaa-Bucht, auf dem steilen Hang eines Moränenrückens von einigen Dekametern Höhe. In den Moränenhang haben die Dorfbewohner in verschiedenen Niveaus mehrere Brunnen gegraben, von denen Harlins nach den Angaben am tiefsten war. Da der betreffende Brunnen vor mehr als dreissig Jahren ausgehoben worden ist, vermochte die Bevölkerung der Ortschaft keine nähere Auskunft über die Beschaffenheit der Lagerfolge, die damals durchbrochen worden ist, zu geben. Und

da der Brunnen mit Zementringen ausgekleidet war, konnte ich auch aus den Wänden keine Proben entnehmen. An anderer Stelle indes gelangen die Nachforschungen besser.

Vor nicht langer Zeit hat der Händler Vihavainen sich einen Brunnen graben lassen, wobei allerdings kein eigentlicher Ton angetroffen worden ist, trotzdem dieser Brunnen 9 m tief ausgehoben worden und nur einige 50 m von dem Harlins entfernt und in einem ca. 10 m niedrigeren Niveau als dieser auf dem Moränenhang gelegen ist, und zwar haben dabei beide Brunnen zweifellos stratigraphisch gleiche Erdlager durchdringen müssen. Unter einer dünnen, lockeren, sandigen und steinarmen Oberflächenschicht hat ein fest zusammengepackter, grauer, tonhaltiger, mit Steinen durchmengter Boden (offenbar also Grundmoräne) angestanden, der sich dann so tief, wie der Brunnen gegraben worden ist, fortgesetzt hat.

Ganz kürzlich hat sich auch der Arbeitsführer der Fabrik Kaukas einen 5,75 m tiefen Brunnen nahe dem vorgehenden, 6—7 m über dem Wasserspiegel ausgehoben. Er behauptete entschieden, dass weiter unten mächtiger Ton angestanden habe. Auf meine Aufforderung hin hob er von einem beim Brunnen liegenden Haufen ein grösseres derartiges Stück auf, das, wie er behauptete, den Boden in der untersten Brunnenpartie vertrete. Der Klumpen bestand indes aus typischer, hellgrauer, harter, mit kleinen Steinen durchsetzter, allerdings tonhaltiger Grundmoräne (vgl. Schlammungsanalyse F in Tab. S. 123).

Ein Präparat vom Material dieses Moränenschluffes ergab bei der Auszählung 1 Schale von *Pinnularia borealis*, Fragmente von *Pinnularia interrupta*, einige unbestimmbare Fragmente von anderen *Pinnulariae*, 1 Fragment von *Stauroneis phoenicenteron* sowie ein *Cymbella*-Fragment.

Der Hausmeister vom Schutzkorpshaus Taavetti Miettinen hatte für einen Bankdirektor der Ortschaft einen 9 Meter tiefen Brunnen gegraben. Dabei war kein eigentlicher Ton, sondern nur mohaltiger Kies mit »vielleicht einem Prozent Ton« angetroffen worden. Der Brunnengräber war in dem Ort geboren und sagte, er habe niemals von Ton unter Kies reden hören.

Am gegenüberliegenden Ufer der Bucht unweit der Kirche war bei einer dem Staate gehörenden Garage ein 4 m tiefer Brunnen gegraben worden. Der Arbeiter, der den Brunnen gegraben hatte, behauptete mit Bestimmtheit, dass das, was unter der Oberflächenmoräne angestanden hatte, Ton gewesen war. Dieser war anfangs für den Spaten fest genug gewesen, aber durch das Treten beim Graben hatte er, mit Wasser vermischt, eine lose, breiartige Kon-

sistenz angenommen, sodass er mit einem Eimer geschöpft werden konnte. Ich betrachtete den aus dem Brunnen ausgeschachteten Boden und fand dieselbe feinerdereiche, schluffreiche Grundmoräne wie überall anderswo, hier nur steinärmer, »mo«-reicher und mit Fließbodencharakter.

Derartige widersprechende Angaben erhielt ich überall bei meinen Nachforschungen. Während die einen meiner Gewährsmänner niemals etwas von Tonablagerungen unter der Moräne gehört hatten, behaupteten die anderen ebenso bestimmt, dass solche vorhanden waren. In den letzteren Fällen gelang es mir stets festzustellen, dass das, was man als Ton bezeichnete, nichts anderes war als schwach tonige, steinarme und kleine Steine enthaltende Grundmoräne. Diese Begriffsverwirrung ist darin begründet, dass wirklicher Ton nirgendswo in der Nähe des Kirchdorfes ansteht und dass die Dorfbewohner daher im allgemeinen nicht erfahren haben, was wirklicher Ton bedeutet.

Diese staubreiche Grundmoräne ist an mehreren Stellen im Kirchspiel bei den Landstrassenbegradigungen freigelegt worden. In den Schnitten wurden unter dem obersten Meter von etwas größerem, rostfarbenem Material stets eine sehr steinarme Feinerdemoräne beobachtet. Diese Bodenart wird beim Trocknen stark weiss, und auf den Landstrassen ausgebreitet, zerfällt sie zu einem stark stäubenden Pulver. Die mikroskopische Untersuchung einiger Proben ergab folgendes:

1. Grundmoränenprobe aus 2 Meter Tiefe aus einem Landstrassenschnitt 7 km von der Kirche in Sulkava nach Puumala zu. In einem Präparat wurde nur 1 *Pinus*-Pollenkorn gezählt.

2. Grundmoränenprobe aus 4 m Tiefe aus einem Landstrassenschnitt 2 1/2 km von der Kirche gegen Partalansaari. In einem Präparat wurden nur 2 zusammenhängende Zellen von *Melosira italica* v. *valida* entdeckt.

Die Untersuchungen in Puumala führten ebenfalls zu einem negativen Ergebnis. Auf meine Befragungen wusste niemand über irgendwelche submoräne Tone Auskunft zu geben. In den Landstrassenschnitten beobachtete ich auch in diesem Kirchspiel dieselbe staubhaltige Grundmoräne. So zeigte ein tieferer Schnitt neben der Landstrasse ca. 2,5 km von der Kirche nach Sulkava zu unter einer 1 m mächtigen, steinigern, lockereren, tonfreieren, rostfarbenen Oberflächenschicht eine fest gepackte, nur mit der Hacke zerbrechbare, graue feinerdereiche Grundmoräne. Ein Präparat des Materials aus 4 m Tiefe gab nur eine der Art nach unbestimmbare *Epithemia*.

Das Resultat der Felduntersuchungen in Sulkava und Puumala

bestand also darin, dass die Angaben Berghells über submoräne Tone mit Vorsicht zu nehmen sind. Beweise für das Vorkommen dieser Bodenarten gibt es nicht.

Die oben dargestellten Nachforschungen im Saimaa-Gebiet führten somit nicht zu dem gewünschten Ergebnis. Insbesondere hatte ich durch sie grössere Klarheit über die Ausdehnung des Interglazialmeeres nach Norden hin und Belege für meine Ansicht, dass der Rouhiala-Ton ursprünglich am Grunde des Saimaa-Beckens abgelagert worden ist, zu gewinnen gehofft. Irgendeine Bestätigung für diese Ansicht habe ich nicht gefunden, da aber das Resultat der beschränkten Untersuchungen ebensowenig als Gegenbeweis angesehen werden kann, halte ich auf Grund der in meiner Rouhiala-Untersuchung vorgebrachten Argumente fortgesetzt an dieser meiner Auffassung als der höchstwahrscheinlichen fest.

IV. DISKUSSION DES ERGEBNISSES DER MIKROFOSSILUNTERSUCHUNG.

Da keine der mitgebrachten Proben als interglazial erkannt werden konnte, sind sie für die vorliegende Untersuchung von keinem grösseren Interesse. Da jedoch insbesondere das Schlammungsresultat der Moränenproben von grosser prinzipieller Bedeutung für den Fortgang meiner Interglazialstudien ist, werde ich immerhin den Fossilbestand der Proben mit einigen Worten berühren und dabei die Ton- und die Moränenproben getrennt voneinander behandeln.

In den in den Kiesmassen des Salpausselkä aufgefundenen Tonblöcken wurden also folgende Fossilien wahrgenommen: *Fragilaria brevistriata*, *Gomphonema angustatum*, *Melosira arenaria*, *Navicula cryptocephala*, *N. pupula*, *Pinnularia borealis*, *P. microstauron* sowie 22 *Pinus*- nebst einigen unbestimmbaren Laubholzpollenkörnern. Ein gemeinsamer Zug der Proben ist also ein so geringer Fossilgehalt — nur 10 Schalen oder Zellen von Diatomeen und einige 20 Pollenkörner in 7 genau untersuchten Präparaten, — dass sie im grossen ganzen als steril bezeichnet werden können. Dieser Umstand im Verein mit der in den meisten Fällen beobachteten deutlichen Warvigkeit des Materials sprechen für einen glazialen Ursprung des Tons. Als (spät-)glazialen warvigen Ton im gewöhnlichen Sinne des Wortes möchte ich ihn jedoch nicht betrachten. In den wenigen Fällen, in denen es mir gelungen ist, aus der obersten Schicht des gewöhnlichen spätglazialen Tons Diatomeen herauszupräparieren, hat es sich stets um *Melosira helvetica*, bisweilen auch um *M. italica* gehandelt, wo ich nicht geradezu einzelne Schalen von *Grammatophorae*, *Rhab-*

donemae oder mit anderen Worten ausschliesslich Grossgewässerformen angetroffen habe. Die genannten Fossilien deuten jedoch fast durchgehend auf weit engere und seichtere Gewässer oder geradezu sumpfigen Moorboden hin (*Pinnularia borealis*). Vermutlich haben daher die angetroffenen Wasserfossilien in kleineren Gewässern gelebt und sind von der Landeismoräne aufgenommen worden, in welchem Fall ihnen ein höheres, interglaziales Alter zukommt, obgleich sie nicht im Interglazialmeer abgesetzt worden sind.

In den geschlammten Moränenproben wurde die folgende spärliche Flora wahrgenommen: *Cymbella* sp., *Epithemia* sp., *Melosira italica* v. *valida*, *Pinnularia borealis*, *P. interrupta*, *Stauroneis phoenicenteron*, insgesamt kaum 10 Schalen oder Fragmente in 4 genau durchgesuchten Präparaten, sowie des weiteren ein *Pinus*-Pollenkorn.

Abgesehen von dem einzigen angetroffenen Kiefernpollenkorn bestand das Analysenresultat also in der Entdeckung einer äusserst arten- und individuenarmen, aus einem heterogenen Formengemisch bestehenden Süsswasserflora, die auf Gewässer verschiedenen ökologischen Typus hindeutet. Diese Formen sind beim Vorrücken des Eises aus älteren Sedimenten aufgenommen und in die Moräne eingemischt worden. Wahrscheinlich hat daher diese Flora während der Interglazialzeit gelebt.

C. UNTERSUCHUNG VON MORÄNE AUS PARGAS (PARAINEN).

Wenn auch die oben wiedergegebenen Schlammungen von Moränenproben aus Sulkava und Puumala insofern als spezifisch interglaziale Formen hätten angetroffen werden sollen, nicht zu dem erwarteten Resultat führten, waren sie dennoch bedeutsam, da sie für die Möglichkeit sprachen, dass Diatomeen aus Moräne herauspräpariert werden können. Hatte ich doch ursprünglich angenommen, dass die starken Bewegungen im Innern des Landeises die zerbrechlichen Kieselschalen hätten pulverisieren müssen. Ich beschloss daher, bei den fortgesetzten Glazialuntersuchungen dieser Bodenart besonderes Interesse zuzuwenden. An Felduntersuchungen in dieser Hinsicht war infolge des beginnenden Winters (1937) nicht mehr zu denken, und ich musste mich daher zunächst damit begnügen, einige Schlammungen von Proben solchen Materials herzustellen, die sich in Reichweite befanden. Mein erster Versuch betraf eine interessante Moräne aus Pargas (Fig. 5).

Vor einigen Jahren erschien ein Aufsatz von Professor H. Hausen über die eingehenden Untersuchungen, die er über einen interessan-

ten Kaolinfund, in einem Kalkbruch auf der Insel Pargas im Schärenhof des südwestlichen Finnland freigelegt, angestellt hatte (Hausen 1934). Wie aus der untenstehenden Figur 2 ersichtlich, zeigt die senkrechte Wand eine sackförmige Vertiefung in dem kristallinen Kalksteingrund, bis an die Ränder mit verschiedenem Material angefüllt: zuunserst Kaolin, darüber ein dünnes Lager von Quarzsandstein, der seinerseits von einer 6 m mächtigen Schicht toniger Moräne überlagert ist. Von dieser durch eine deutliche Diskordanzfläche getrennt, breitet sich eine gleichmässig dicke Schicht der in der Gegend gewöhnlichen sandigen Moräne aus. Darauf liegt schliesslich warviger Glazialton und zuoberst Ackerboden.

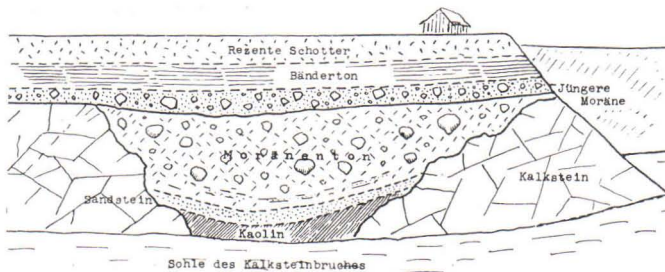


Fig. 2. Das Kaolin-, Sandstein- und Moränentonvorkommen im Skräbbölebruch, Pargas, vom N gesehen. Etwas nach dem Lichtbild schematisiert, um die Lagerfolge zu verdeutlichen. (Nach Hausen 1934.)

Nach Hausen sind die hier vorliegenden Moränen dem Alter nach scharf voneinander getrennt. Die untere und ältere scheint er zu betrachten als den Rest eines präglazialen Tons, den das Eis bei seinem ersten Vorrücken durch Einkneten von Steinmaterial zu einem Moränenlehm umgebildet hat und der bei später eingetretener glazialer Denudation in der schützenden Vertiefung zurückgeblieben ist. Die obere Moräne wiederum sei am Ende der Eiszeit abgelagert worden.

Da es nicht ausgeschlossen erscheint, dass die Tonsubstanz des Geschiebetons interglazialen Alters sein könnte, bat ich Professor Hausen um eine Probe derselben für eine Mikrofossiluntersuchung. Gewiss hatte Hausen das Material auch in dieser Hinsicht untersuchen lassen und die Auskunft erhalten, dass es steril sei, aber ich hoffte dennoch durch meine Präparationsmethoden etwas herausstellen zu können. Es ergab sich auch, dass die Moräne keineswegs steril, wenn auch äusserst fossilarm ist.

Das Probestück, das Hausen mir gütigst zur Verfügung stellte zeigte eine graugefärbte Bodenmasse von Sand und kleinen Steinen, durch ein toniges Bindemittel fest zusammenzementiert. Nach der Schlammung des Materials, die ich ausführte (vgl. Tab. S. 123), kann die Bodenart am ehesten als Moräne, vielleicht Geschiebeton, bezeichnet werden. Die Untersuchung von zehn Präparaten, die ich aus Material von teilweise verschiedenen Stellen des Klumpens herstellte, gab folgende Resultate (die drei ersten sind durch die HF-Methode angereicherte Pollenpräparate, die übrigen gewöhnliche Diatomeenpräparate):

- a. 15 stark korrodierte, fragmentarische Pollenkörner, die meisten von *Betula*, ausserdem von *Alnus* sowie einige vom *Corylus*-Typ.
- b. 2 sichere *Betula*-Pollenkörner sowie einige wenige undefinierbare Laubholzpollen.
- c. Dasselbe.
- d. Ein *Betula*-Pollen, 2 zusammenhängende Zellen von *Fragilaria* sp. sowie ein *Pinnularia*-Fragment.
- e. Eine unbestimmbare nadelförmige Diatomee sowie 2 zusammenhängende Zellen von *Melosira italica* v. *valida*.
- f. Steril.
- g. Dieselbe Nadelspitze wie in e, sowie ein typisches *Betula*-Pollenkorn.
- h. Eine Schale von *Epithemia sorex*, sowie einige korrodierte Pollenkörner.
- i. Einige *Betula*-Pollenkörner und einige Sporen.
- k. Ein *Betula*-Pollenkorn.

Das Ergebnis war, wie ersichtlich, bescheiden und wenig aufschlussreich. Die spärlich angetroffenen Pollenkörner sagen nichts aus, und die Diatomeen sind sämtlich am ehesten als in Gewässern höchst wechselnder Art vorkommende Süßwasserarten zu bezeichnen. Irgendeinen Aufschluss über die Frage nach einem etwa interglazialen Alter der Moräne hat die Untersuchung somit nicht gegeben.

D. UNTERSUCHUNG VON MORÄNE AUS KARLEBY (KAARLELA).

Bei geologischen Untersuchungen im Sommer 1936 in der Gegend der Stadt Kokkola (Gamlakarleby) wandte sich meine Aufmerksamkeit einer eigentümlichen, so gut wie steinfreien Feinerdemoräne zu, die in drei Schnitten an verschiedenen Stellen des Kirchspiels Karleby (Fig. 5) freigelegt vorlag. Verdiente die betreffende Moräne schon durch ihre Eigenart Aufmerksamkeit, so hat sie noch mehr an Interesse

gewonnen, nachdem es mir gelungen ist, bei einer vor kurzen unternommenen Schlämmung eine Anzahl zweifellos interglazialer Mikro-fossilien aus dieser Moräne herauszupräparieren!

Schnitt am Hakalahti-Weg in der Stadt Kokkola. Am Rande der Stadt verläuft eine in der gewöhnlichen Längsrichtung der Geländeform ausgezogene kiefernbewachsene, ziemlich niedrige, gleichmässig kuppelförmig gewölbte, rückenförmige Aufschüttung, die, wenn man sie betritt, in keiner Weise von den gewöhnlichen Moränen der Gegend abzuweichen scheint. Der Boden ist am südöstlichen Ende steinarm; weiter nach NW sind stellenweise wirkliche Steinhaufen



Fig. 3. Schnitt in «Moränmo» am Hakalahti-Weg in der Stadt Kokkola (Gamlakarleby).

anzutreffen. Ein grösserer Schnitt im südöstlichen Ende beim Hakalahti-Weg zeigt indes, dass die Bildung zu einem wesentlichen Teil aus Feinerde aufgebaut ist. Unter der ein halbes Meter mächtigen Oberflächenschicht von rostfarbener, gemeiner, steinhaltiger Moräne steht so tief, wie die Grabung ausgeführt worden ist, d. h. bis 3 m Tiefe, eine besonders steinarme, in gleichmässiger Korngrösse auftretende Feinerdemoräne an, fest gepackt, wovon auch die senkrechte Profilwand (Fig. 3) zeugt. Im Sonnenschein leuchtet die Wand zart weiss, und das Material wird durch den Wind fein zerstäubt; bei Regenwetter weist es Fliessbodeneigenschaften auf. Die Feinerde ist dicht geschichtet in wellenförmigen Schichten, die hier und da unregelmässige Falten aufweisen und stellenweise kleinere linsenförmige Zwischenlagerungen erkennen lassen. Von der grossen Homogenität der Feinerde erhält man ein gutes Bild, wenn man in die Profilwand mit dem Messer schneidet; nur hier und da stösst

das Messer auf Steinchen. Auf der anderen Seite kann man stellenweise einen einzelnen kleineren Steinblock aus der Profilwand hervorschimmern sehen. Wegen dieses eingemengten Steinmaterials kann die Bodenart nicht anders denn als Moräne bezeichnet werden.

Von sehr ähnlicher Beschaffenheit war die Moräne in einem 2.5 m tiefen Schnitt am Rödssö-Weg, etwa ein halbes Kilometer ausserhalb der Stadt. Das Material schien hier jedoch etwas stein-



Fig. 4. Schnitt in «Moränmo» in Karleby an der nach Alaveteli führenden Landstrasse. (Der links im Bilde sichtbare Stab ist 1 m lang.)

reicher und auch die Feinerde etwas gröber zu sein. Die Schichtung war hier regelmässiger und deutlicher ausgeprägt; die wellenförmig verlaufenden Schichten konnten meistens von dem einen Ende der Profilwand bis zum anderen verfolgt werden. Auch dieser Moränenrücken verläuft in der gewöhnlichen Längenrichtung der Landschaft; der Boden ist steinarm, mit Kiefern bewaldet.

Dieselbe Bodenart war ferner anzutreffen in einem Schnitt an der nach Alaveteli (Nedervetil) führenden Landstrasse, 7 km von der Stadt, in dem Hang eines mit Mischwald bewachsenen, steinarmen Moränenhügels. Der 3 m tiefe Schnitt von der Oberfläche bis zum Grund dieselbe steinarme Feinerdemoräne wie in den früheren Fällen; nur hier und da waren einige rostfarbene Sandlinsen und einzelne dünne, dunklere graue Tonschichten in dem homogenen hellgrauen Mosand zu erkennen. Die Schichtung war deutlich, wenn auch die wellenförmig verlaufenden Lager zahlreiche unregelmässige Falten und Verwerfungen aufwiesen (Fig. 4). Das Material war fest gepackt und musste bei der Ausschachtung mit der Stange zerbrochen werden.

Die Fein- und Gleichkörnigkeit des Materials geht aus der untenstehenden Übersicht über die Ergebnisse hervor, die ich bei der Schlämmung einer Gesamtprobe jedes Schnittes erhielt. Die Proben wurden durch Kratzen mit dem Messer längs einer Senkrechten quer durch das ganze Feinerdelager geführt, entnommen. Bei der Herausnahme von Material für die Schlämmung wurden die in die Gesamtprobe spärlich eingemengten kleinen Steine vermieden.

Schlammungsanalysen.

		A	B	C	D	E	F	
Ton	< 0.002 mm	0.8	0.8	0.8	7.1	3.2	2.3	
Feinsand (»Mo«)	0.002—0.02	5.4	3.7	6.6	16.6	13.4	9.0	
Feinsand (»MW«)	0.02 —0.06	41.3	27.9	40.2	18.3	18.3	17.7	
Sand {	fein	0.06 —0.2	50.9	38.4	46.1	17.4	19.0	24.5
	mittelgrob	0.2 —0.6	1.6	25.0	6.3	18.6	21.4	23.5
	grob	0.6 —2	+	4.2	+	10.6	9.5	15.6
Grus	>2	—	—	—	11.4	15.2	7.4	
		100 %						

- A. Moräne von Karleby, aus dem Schnitt am Hakalahti-Weg in Kokkola.
- B. Moräne von Karleby, aus dem Schnitt am Rödsö-Weg.
- C. » » » » » » » Alaveteli-Weg.
- D. » » Pargas.
- E. » » Kristinestad.
- F. » » Sulkava.

Auch die Ergebnisse der Schlämmungen bestätigen, wie ersichtlich, dass die Bodenarten an allen drei Örtlichkeiten in der Gegend von Karleby einander sehr ähnlich, eine tonarme Mosandmoräne sind.

Was die Genesis dieser Bodenart angeht, so dürfte keinerlei Zweifel darüber bestehen, dass hier eine glaziale Ablagerung in primärer Lage vorliegt. Als »Anhäufer« eines derartigen fein- und gleichkörnigen Sediments kann kein anderes Agens als das Wasser vorausgesetzt werden; die schöne wellige Schichtung des Materials sowie die eingemengten tonreichen Schichten deuten darauf hin, dass die Bildung im Wasser abgesetzt worden ist. Am ehesten kann die Bodenart erklärt werden als eine Mischung von Moräne und glazifluvial abgesetztem Material, etwa in der Weise entstanden, dass ein Schmelzwasserbach seinen mitgeführten Schlamm in einer Gletscherkluft, von dessen Wänden dann und wann Steinmaterial herabge-

fallen ist, abgesetzt hat. Der Spalt ist danach wieder zusammengepresst worden, wobei die Schichten gefaltet und auf verschiedene Weise deformiert worden sind. Bei dem endgültigen Abschmelzen der Eisdecke blieb die dünne Decke lockerer, gewöhnlich steinreicher Moräne zurück, die meist die Feinerdemoräne überlagert.

Alle drei mitgebrachten Gesamtproben wurden einer Schlämmung nach Mikrofossilien unterzogen, und die mikroskopische Untersuchung wurde an drei 21 × 26 mm grossen Präparaten, einem aus je einer Probe, ausgeführt. Die Präparate erwiesen sich als unerwartet fossilreich, wenn auch die zerbrechlichen Kieselschalen meist in ganz kleine Stücke fragmentiert waren. Weil nur Gesamtproben vorlagen, und im übrigen infolge der Natur der Bodenart, wurden keine speziellen Pollenpräparate hergestellt, weswegen die Angaben über Reste von Landpflanzen sich auf eine relative Frequenzschätzung der Diatomeenpräparate stützen. Die Frequenziffern sind wieder wie zuvor durch okulare Schätzung festgelegt worden: die Ziffer 6 bezeichnet die am zahlreichsten vorkommende Form, die Ziffer 1 die seltenste(n) (nur eine oder einige wenige Schalen oder Fragmente je Präparat).

MIKROFOSSILIENVERZEICHNIS.

	A	B	C
<i>Actinocyclus Ehrenbergi</i> v. <i>crassa</i>	2	1	2
<i>Actinoptychus undulatus</i>	—	—	1
<i>Anomoeoneis zellensis</i>	1	—	—
<i>Chaetoceros</i> spp.	4	3	3
— <i>mitra</i>	1	—	1
<i>Cocconeis scutellum</i>	1	—	—
<i>Coscinodiscus lacustris</i> v. <i>septentrionalis</i>	4	4	4
<i>Cyclotella bodanica</i>	1	—	—
— <i>Kützingiana</i> v. <i>Schumanni</i>	3	—	—
<i>Cymatopleura solea</i>	1	—	—
<i>Cymbella</i> sp.	1	—	1
<i>Didymosphenia geminata</i>	2	—	—
<i>Diploneis Smithi</i>	1	1	—
<i>Epithemia turgida</i>	1	2	1
— <i>zebra</i> v. <i>saronica</i>	1	—	—
<i>Eunotia exigua</i>	—	1	—
— <i>praerupta</i>	1	—	—
— spp.	2	—	—
<i>Fragilaria brevistriata</i>	—	1	—
<i>Gomphonema</i> sp.	1	—	—
<i>Grammotophora arcuata</i>	1	—	—
— <i>oceanica</i>	5	2	4
<i>Melosira granulata</i>	3	—	—
— <i>islandica</i> subsp. <i>helvetica</i>	6	6	6
— <i>italica</i>	2	—	—
— v. <i>valida</i>	4	2	—
<i>Navicula gastrum</i>	—	—	1
— <i>radiosa</i>	1	—	—
<i>Opephora Martyi</i>	—	—	1

	A	B	C
<i>Pinnularia borealis</i>	1	—	—
— <i>esox</i>	1	—	—
— <i>viridis</i>	1	—	—
— spp.	3	3	—
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	2	—	—
— <i>minutum</i>	1	—	—
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	—	1	—
<i>Rhopalodia gibba</i>	1	—	—
<i>Stephanodiscus astraea</i>	4	2	3
— v. <i>minutula</i>	2	1	1
<i>Tetracyclus lacustris</i>	1	—	1
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2	3	3
<i>Thalassiosira gravida</i>	3	—	3
<i>Dictyocha fibula</i>	4	2	2
<i>Distephanus speculum</i>	2	—	1
<i>Pinnus</i>	6	6	6
<i>Picea</i>	3	—	3
<i>Betula</i>	5	5	5
<i>Alnus</i>	5	4	4
<i>Corylus</i>	4	3	2

Ausserdem Sporen und Spiculae von (Süsswasser-) Spongien.

A. Moräne aus einem Schnitt in Kokkola.

B. » » » » am Rödsö-Weg.

C. » » » » am Alaveteli-Weg.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die Frequenzspalten der Tabelle, so finden wir, dass, wenn auch die Probe aus Kokkola entschieden am formreichsten ist, die Proben doch in hohem Grade gemeinsame Arten aufweisen. Auch die Frequenzzahlen zeigen im allgemeinen eine gute Übereinstimmung.

Von vornherein ist anzunehmen, dass, soweit eine Moräne Fossilien enthält, diese eine *M i s c h u n g* der Fossilbestände der Sedimente, die das Eis bei seinem Vorrücken aufwühlte und weiterverfrachtete, ausmachen müssen. Ein Blick auf die obige Artenzusammensetzung der Karleby-Moräne lässt auch ein sehr heterogenes Gemisch von Elementen erkennen, die aus Becken verschiedenartigster ökologischer Typen herrühren. Neben dominierende *Melosira helvetica*, *Cyclotellae*, *Stephanodisci* u. a. Formen, die wir aus grossen Klarseebecken, etwa der Art des ehemaligen Ancylussees, so gut kennen, finden wir in reichlicher Masse gute Salzwasserarten wie *Coscinodiscus septentrionalis*, *Grammatophora oceanica*, *Actinocyclus*- und *Rhabdonema*-Arten, die alle beispielsweise aus spät- und nachglazialen Schichten bekannt sind. Wir finden Vertreter der dystrophen *Sphagnetum*-Flora (*Eunotia*, *Pinnularia*) neben Vertretern der Vegetation von Seen mit klarerem Wasser von nordisch-

alpinem Typ (*Anomoeoneis zellensis*, *Melosira italica* v. *valida*, *Tetracyclus lacustris* u. a.). Das grösste Interesse knüpft sich jedoch daran, dass die Tabelle eine Anzahl von Elementen enthält, die den postglazialen finnischen Ablagerungen völlig fremd sind, nämlich die hochmarinen und teilweise arktisch betonten Arten (*Actinoptychus undulatus*, *Grammatophora arcuata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira gravida*, *Distephanus speculum* und *Dictyocha fibula*). Bevor wir es unternehmen, diese Mikrofossilien näher zu behandeln, erscheint es angebracht, zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen zunächst zu berichten über die sehr ähnlichen Ergebnisse einer

E. UNTERSUCHUNG VON MORÄNE AUS KRISTINESTAD
(KRISTIINA).

In den Sammlungen der Geologischen Kommission fand ich eine Probe von festgepackter, grauer, kleinsteiniger und tonhaltiger (vgl. S. 123) Moräne aus der Stadt Kristinestad (Fig. 5) am Bottnischen Meer. Ausser dieser Ortsangabe enthielt die Etikette nur »Moräne unter warvigem Ton«. In der Hoffnung, dass gleichwohl diese Moränenprobe Fossilien enthalten könnte, unternahm ich eine Schlämmung, und es gelang mir, dabei ausser Pollen, Spongien und Diatomeen von rezemem und postglazialem Typ auch schwache, wenngleich ganz eindeutige Spuren der interglazialen Meeresflora herauszupräparieren. Ein Präparat (21 × 26 mm) ergab bei genauem Durchsuchen folgende Resultate:

<i>Coscinodiscus</i> sp	3	<i>Navicula</i> sp.	1
<i>Cyclotella Kützingiana</i>	3	<i>Opephora Martyi</i>	2
<i>Diploneis</i> sp.	1	<i>Pinnularia</i> sp.	2
<i>Epithemia</i> sp.	1	<i>Rhabdonema arcuatum</i>	4
<i>Eunotia praerupta</i>	1	<i>Tabellaria fenestrata</i>	2
<i>Gomphonema constrictum</i> . . .	1	— <i>flocculosa</i>	1
<i>Grammatophora oceanica</i> . . .	4	<i>Thalassionema nitzschioides</i> . .	3
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	4	<i>Thalassiosira gravida?</i>	3
<i>Melosira islandica</i> * <i>helvetica</i>	6		

Ausserdem wurden Bruchstücke glatter Spongiennadeln (wahrscheinlich von *Spongilla lacustris*) sowie einige kleine, wenn auch unverkennbare Fragmente von Silikoflagellaten angetroffen; ob sie von *Distephanus* oder *Dictyocha* herrührten, konnte jedoch nicht fest-

gestellt werden. An Pollen wurden eine Anzahl *Pinus* und *Betula* sowie einige vom *Corylus*-Typ aufgezeichnet.

Das Präparat war, wie gesagt, sehr arm, und die Diatomeenschalen waren fast durchgehend in sehr kleine Stücke fragmentiert, wodurch natürlich die Bestimmung in hohem Grade erschwert wurde. Aus diesem Grunde ist u. a. die Bestimmung von *Thalassiosira gravida* etwas unsicher. Was die Fossilarmut und die hochgradige Beschädigung der Schalen angeht, so ist ja nichts anderes zu erwarten, da eben eine Moränenprobe zur Untersuchung vorliegt, und aus demselben Grunde ist der Fossilbestand hier ebenso wie bei den aus Karleby untersuchten Moränenproben ein zufälliges Gemisch von marinen, Brack- und Süßwasserelementen. Unter letzteren begegnen wir Formen, die, was den Klarheitsgrad und den Nährstoffreichtum des Gewässers angeht, in sehr verschiedenen Wasserbecken beheimatet sind. Wieder berücksichtigen wir im besonderen die durchaus eindeutigen, wenn auch schwachen Spuren einer Fossilflora, die zweifellos schon am Grunde des Interglazialmeeres abgesetzt worden ist.

F. DAS ZEUGNIS DER FLOREN VON KARLEBY UND KRISTINESTAD

Unter den in Kristinestad angetroffenen Interglazialformen finden wir bis auf *Actinoptychus undulatus* und *Grammotophora arcuata* dieselben wie in Karleby. Dass wiederum dieselben Formen vorkommen, ist kein Zufall in Anbetracht dessen, dass gerade die in Frage stehenden Formen zu dem am stärksten vertretenen Element der Rouhiala-Flora gehören. Somit findet man alle diese Formen in meinem Verzeichnis über die Leitfossilien des Interglazialmeeres. Das Auftreten dieser spezifisch interglazialen Formen kann ich nicht anders deuten denn als einen Beweis für die Richtigkeit der in meiner Rouhiala-Untersuchung theoretisch abgeleiteten Ansicht, dass das Interglazialmeer sich weit über das gegenwärtige Gebiet des Bottnischen Meeres erstreckt hat. Eine andere Erklärung scheint mir unsere heutige Kenntnis des nordischen Quartärs nicht zu gestatten. Das Landeis, das diese Moränen absetzte, bewegte sich in nordwest-südöstlicher Hauptrichtung (Amplitude ca. W-E und N-S), und da das Landeis Material vom Eismeer nicht quer über die skandinavische Eisscheide hat verfrachten können, müssen die betreffenden hochmarinen Fossilien in den nördlichen Teilen des baltischen Beckens abgesetzt worden sein. Aber ich bin davon überzeugt, dass nicht ausschliesslich die genannten hochmarinen Formen aus interglazialen Sedimenten herrühren. Eine Durchsicht der ü b r i

gen angetroffenen Salzwasserformen lässt erkennen, dass diese alle in Rouhiala anzutreffen sind, und sie gehören alle zu dem gemeinsten Element der Rouhiala-Flora. Gewiss ist es zutreffend, dass sie auch in baltischen nacheiszeitlichen Sedimenten gemein sind und daher weder das eine noch das andere beweisen. Aber man fragt sich, wann diese Flora nach der Eiszeit gelebt haben könnte? Das Material aus Karleby war Moräne, das aus Kristinestad ebenfalls und mit noch grösserer Gewissheit von warvigem Ton überlagert. Bisher habe ich in österbottnischen Sedimenten die ersten bescheidenen Spuren organischen Lebens zunächst in der obersten Schicht des warvigen Tons angetroffen, und zwar in Form einzelner Spongiennadeln, Süsswassermelosiren oder einiger aus der salzigen Präanzylusphase des Baltikums herrührenden *Grammatophorae*, *Rhabdonemae* u. dgl. Unter solchen Verhältnissen muss ich der Ansicht sein, dass der Hauptteil der angeführten häufigen Salzwasserformen, ja vielleicht alle, ebenfalls interglazial sind. Dass ein so grosser Teil des nicht spezifisch interglazialen Elements der Rouhiala-Flora in den Artenlisten von Kristinestad und Karleby vertreten ist, hat man ebenfalls als nichts anderes zu betrachten als das, was man zu erwarten hat mit Rücksicht darauf, dass diese Florenelemente in dem gegenwärtig verhältnismässig schwach salzigen Wasser des Baltikums ausgezeichnet gedeihen. Denn da man davon auszugehen hat, dass der Salzgehalt des Bottnischen Meeres auch während der Interglazialzeit nach Norden zu abgenommen hat, ist eine prozentuale Anhäufung von Formen, die einen schwächeren Salzgehalt vorziehen, zu erwarten.

Was die Süsswasserformen angeht, wäre ich geneigt, auch sie grösstenteils als interglazial zu betrachten, insbesondere die vom Klarsee-Ancylus-Typ, während die an kleinere Gewässer gebundenen Formen von alpin-nordischem Typus, aus dem Boden ausgewaschen worden sein müssen.

Die Pollenflora erregt in diesem Zusammenhang kaum irgendein Interesse. Teils können die Pollenkörner sekundär in die Moräne eingeschwemmt worden sein, teils ist es möglich, dass auch rezenter Pollen bei der Probenahme in das Material (von Karleby) geraten ist.

G. DIE BEDEUTUNG DER MORÄNENUNTERSUCHUNGEN BEI FORTGESETZTEN INTERGLAZIALSTUDIEN.

Die oben dargestellten Moränenuntersuchungen führten, wie wir gesehen, zu dem nicht unbedeutenden Beitrag zur Kenntnis des nordischen Quartärs, dass das interglaziale Meer sich nachweislich

weit in die Bottnische Bucht erstreckt hat. Die grössere Bedeutung der Untersuchung scheint mir jedoch in einem allgemeineren Plan, in dem neuen Feld und den neuen Möglichkeiten zu liegen, die das neue Untersuchungsergebnis für fortgesetzte und erweiterte Interglazialforschungen bietet. Es ist erfreulich, dass im besonderen nun nachgewiesen werden konnte, wie die Moräne auch in wassermikrofloristischer Hinsicht für Interglazialuntersuchungen von Interesse ist, da diese Bodenart überall vorkommt und man daher nicht ausschliesslich auf die Bearbeitung einiger selten gemachten »interglazialen Funde« angewiesen ist. Doch darf die Bedeutung der Moräne als Untersuchungsmaterial in dieser Hinsicht nicht überschätzt werden, sie ist zum mindesten mit unserer gegenwärtigen Kenntnis von Geologie und Mikropaläontologie des nordischen Quartärs ganz eng begrenzt. Ich werde hier mit einigen Worten die Möglichkeiten für eine mikropaläobotanische Untersuchung von Moräne auf der Grundlage der gewonnenen Resultate andeuten.

Die bei der Untersuchung benutzten Moränenproben von vier verschiedenen Stellen Finnlands sind so gut wie alle fossilführend: die meisten enthielten Pollen und Diatomeen, einige ausserdem Silikoflagellaten. Ferner wurden in einigen Präparaten Nadeln von nicht näher bestimmbaren Spongien sowie einzelne unbestimmbare Sporen beobachtet. Für fortgesetzte Interglazialuntersuchungen werden die zwei letztgenannten Fossilgruppen kaum Bedeutung erlangen. Kaum wird wohl auch die Pollenflora sich als bedeutsam in dieser Hinsicht erweisen, da der Formenreichtum gering ist und die Pollenkörner im allgemeinen schlecht erhalten sind. Die bekannten Pollengattungen sind ausserdem verschiedenen Phasen der quartären Entwicklung gemeinsam; ferner hat man stets mit der Möglichkeit zu rechnen, dass Pollen aus höheren Bodenschichten in tiefer liegende eingeschlämmt worden ist. Das mag in gewissem Masse auch für die zwei übrigen Fossilgattungen, Diatomeen und Silikoflagellaten, gelten, spielt aber hier eine geringere Rolle. Es sind auch in erster Linie Diatomeen und Silikoflagellaten, die bei derartigen Moränenuntersuchungen von Wert sein können, aber von den ersteren können wir vorläufig noch die grosse Gruppe der Süsswasserdiatomeen ausschliessen. In den Moränenproben aus dem Saimaa-Gebiet und von Pargas wurden nur Süsswasser- oder in ihrem Salzanspruch indifferente Diatomeen angetroffen, und es liessen sich aus ihrem Vorhandensein keine bestimmteren Schlüsse in dieser oder jener Richtung ziehen. Zum mindesten enthielten die ersteren Proben keine Salzwasserformen, die darauf hätten hindeuten können, dass das Interglazialmeer sich so weit gegen das innere Finnland wie

unmittelbar NW von Sulkava oder Puumala (das moräneverfrachtende Landeis bewegte sich hier in der Richtung nach SE) ausgebreitet hätte. Was die Pargas-Moräne angeht, so bleiben die Verhältnisse noch weniger aufgeklärt. Die Süßwasserformen vermögen vorläufig nichts von grösserem Interesse zu lehren. Doch kann man damit rechnen, dass sie einmal Gegenstand gesteigerter Aufmerksamkeit werden, nachdem man die interglaziale Süßwasserflora besser kennen gelernt haben und soweit man auch in ihr spezifisch interglaziale Elemente feststellen können wird.

Vorläufig ist also unser Interesse auf die Salzwasserdiatomeen und die an Salzwasser gebundenen Silikoflagellaten zu konzentrieren. Dank dem Sachverhalt, dass unter ihnen spezifisch interglaziale Formen nachgewiesen werden können, werden sich die Kenntnisse durch fortgesetzte Untersuchungen um viel Beachtliches bereichern. Ich möchte mich darauf beschränken, nur eine Untersuchung anzudeuten, die sowohl wichtig als auch interessant wäre, eine Untersuchung der maximalen Ausbreitung des nördlichen interglazialen Mittelmeeres (vgl. meine Rouhiala-Abhandlung). Ihr eindeutiger Minimalwert dürfte theoretisch wenigstens in den früheren interglazialen Küstengegenden erhalten werden können, in denen die Eisbewegung aufs Meer hinaus gerichtet war, also auf der skandinavischen Halbinsel, im südlichen und südöstlichen Finnland und in Russisch-Karelien. So könnte beispielsweise die damalige Ausdehnung des Meeres nach Norden in der Bottnischen Bucht wohl auf der finnischen Seite festgestellt werden, aber seine Ausbreitung über das österbottnische Flachland liesse sich ohne Kenntnis der Wegstrecke, auf der das Moränenmaterial vom Landeise mitgeführt worden ist, nicht ermitteln. Auf der schwedischen Seite dagegen müsste ein vom Exakten wenig abweichender Minimalwert durch systematische Untersuchungen von Moränen aus verschiedenen Niveaus erhalten werden können.

H. VERGLEICH MIT EINIGEN ANDEREN VERMUTETEN INTERGLAZIALFUNDEN.

Gewiss nicht zahlreich sind die »Funde« von altquartärem Typ in Fennoskandia, die bisher die Gedanken unserer Quartärgeologen vom Einerlei des Holozäns auf diluvialgeologische Probleme zu lenken vermochten. Aber sobald derartige Funde überhaupt vorkommen, können sie in einem Zusammenhang wie diesem nicht übergangen werden. So unbedeutend und zweifelhaft derartige Funde zum Teil auch sein mögen, so ist es ihr Geschick, bei jedem neuen Fund immer

wieder aktualisiert zu werden, zum mindesten bis ihnen vielleicht ein diluviales Alter definitiv abgesprochen wird oder bis sie vielleicht in der Masse zukünftiger reicherer und wichtigerer Funde aufgegangen sein werden. Im folgenden werde ich in aller Kürze das rekapitulieren, was sich bei der Untersuchung der obengenannten supponierten Funde herausgestellt hat, wobei ich jedoch die Behandlung nur auf einen Teil von ihnen beschränke, auf solche, die durch ihre geographische Lage das *f i n n i s c h e* Interglazial näher berühren oder sonst von grösserer Bedeutung und von Interesse sind. Ein gemeinsamer Zug in den Beschreibungen dieser Funde besteht in der Unsicherheit der Datierung; so wahrscheinlich ihr interglaziales Alter auch sein mag, so hat es doch in keinem Fall durch direkte eindeutige Beweise festgelegt werden können. Da nun durch den Fund des Rouhiala-Tons endlich ein wirklicher Beweis eines nordischen Interglazials beigebracht worden ist und die Zeugnisse durch die hier veröffentlichten Untersuchungsergebnisse weiter bestätigt worden sind, ist es von grossem Interesse, des näheren zu prüfen, inwieweit die früheren Funde solche Züge aufweisen, dass sie wahrscheinlich auf denselben geologischen Zeitraum zurückgeführt werden können.

HERNÖ.

(H. Munthe, Om den submoräna Hernögyttjan och dess ålder. GFF 26, 1904, S. 317 ff.)

Im Jahre 1904 legte H. Munthe die eingehenderen Ergebnisse der Untersuchungen vor, die er über eine von ihm im Sommer 1889 aufgefundene submoräne fossilführende Gyttjaablagerung auf der Insel Hernö, bei der Stadt Hernösand in Ängermanland, ungefähr 8 m ü. M., ausgeführt hatte. Auf Grund der Lagerungsverhältnisse sowie der in der Gyttja anzutreffenden Fossilien, die beweisen, dass sie in einem seichten Süsswasserbecken und, was die Temperatur angeht, bei einem dem gegenwärtigen ähnlichen Klima abgelagert worden ist, und ferner auf Grund dessen, dass das Sediment mit Rücksicht auf seinen Fossilbestand nicht bei den postglazialen untergebracht werden kann, hält Munthe es für interglazial.

SUNDERBY (ZIEGELEI BJÖRN).

Bei meinen Nachforschungen in der Literatur über die Verbreitung von Salzwasserdiatomeen in der Ostsee und ihren Buchten nach der Eiszeit, richtete sich meine Aufmerksamkeit auf eine Angabe über das Auftreten einiger stark marinen Formen in einer Ablagerung

im nördlichsten Teil des Bottnischen Meerbusens. Bei seinen Untersuchungen über die Geologie des Lule älv's hatte Axel Hamberg (Hamberg 1906) u. a. in drei verschiedenen Niveaus eines Schnittes in

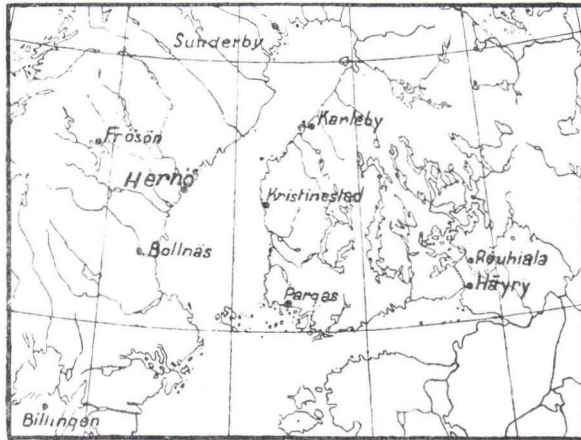


Fig. 5.

den Flussablagerungen bei der Ziegelei Björn in Sunderby (etwa 30 m ü. M.) Tonproben entnommen, und in diesen hatte Astrid Cleve-Euler sowohl in reichlicher Masse Süßwasser- und triviale litorinale Salzwasserarten als auch z. B. folgende stärkeren Salzgehalt beanspruchende Formen angetroffen: *Actinoptychus undulatus*, *Coscinodiscus excentricus*, *Melosira (Paralia) sulcata* und *Dictyocha fibula*. Hamberg deutet den betreffenden Ton als litorinal, indem er hervorhebt, das Vorkommen dieser und einiger anderen aufgezählten Salzwasserformen deute darauf hin, »dass es während der Litorinazeit im innersten Teil des Bottnischen Meerbusens einen weit höheren Salzgehalt gegeben hat, als man nach früheren Untersuchungen vorauszusetzen brauchte«. Soweit ich durch eifriges Suchen im Schrifttum herausstellen konnte, hat indes auch durch spätere Untersuchungen nicht nachgewiesen werden können, dass die oben von mir aus Hambergs Verzeichnis angeführten Formen nach der Eiszeit im Bottnischen Meerbusen vorgekommen wären; ebensowenig habe ich in meinen zahlreichen eingehend durchgearbeiteten Sedimentserien (unveröffentlicht) die genannten Formen, nicht einmal *Paralia*, nördlich von Ålands See angetroffen, um so weniger die anderen, die ich zum mindesten vorläufig als spezifisch interglazial für die an Finnland grenzenden Teile des Baltikums betrachte. Ich kann daher die Verhältnisse nicht anders deuten, als dass wenigstens die oben genannten Formen irgendwo stromaufwärts aus einer inter-

glazialen Bildung ausgeschwemmt worden sind und somit im Sunderby-Ton in sekundärer Umlagerung vorkommen. Denn wäre das Wasser in irgendeiner Entwicklungsphase des Litorinameeres in dem (in unseren Tagen stark ausgesüßten) nördlichsten Teil des Bottnischen Meerbusens in dem angegebenen Grade salzig gewesen, so hätte dieser extrem salzige Zeitraum, wie es scheint, mit Notwendigkeit in den nicht wenig zahlreichen Probenserien, die um den Bottnischen Busen und die Küsten des südlichen Bottnischen Meeres untersucht worden sind, zu erkennen gewesen sein müssen. Eine so extrem salzige Phase in der postglazialen Entwicklung des Nordbaltikums hat indes nicht nachgewiesen werden können.

BOLLNÄS.

(Bertil Eriksson, En submorän fossilförande aflagring vid Bollnäs i Hälsingland. GFF 34, 1913, S. 500.)

Im Jahre 1912 beschreibt Bertil (Eriksson) Halden eine von ihm 1909—1911 untersuchte submoräne fossilführende Gyttja in etwa 96 m Meereshöhe bei der Eisenbahnstation Bollnäs in Hälsingland, und 1915 berichtet er über verschiedene vervollständigende Untersuchungen des Fundes (Bertil Eriksson Halden, Det interglaciala Bollnäsfyndets stratigrafi. GFF 37, 1915, S. 452). Aus denselben Gründen, die Munthe für Hernö angeführt hat, nämlich in Anbetracht der stratigraphischen Verhältnisse im Verein mit dem Fossilbestand, der gegen eine Gleichsetzung der Ablagerung mit den postglazialen Sedimenten spricht, hält Halden die Bollnäsgyttja für interglazial. Irgendeinen entscheidenden Beweis dieser Ansicht, z. B. auf dem Wege der Entdeckung einer spezifisch interglazialen Form, kann Halden jedoch nicht beibringen. Das Diatomeenverzeichnis mit seinen zahlreichen Brackwasserarten zeigt, dass die Gyttja in einer seichten, stark ausgesüßten Lagune oder Bucht eines Meeres abgesetzt worden ist, und da nun das Interglazialmeer sich nachweislich in den Bottnischen Meerbusen erstreckt hat, gewinnt Haldens Ansicht an Wahrscheinlichkeit. Dazu kommt, dass die 10 Brackwasserarten, die er anführt, alle in dem Verzeichnis von Rouhiala wiederkehren, wenn man auch nicht vergessen darf, dass sie alle miteinander in der Geschichte des Baltikum sehr allgemein sind. Doch erscheint es mir sonderbar, dass nicht eine Spur der für die Rouhialaflora spezifischen Elemente sich in dem Verzeichnis von Bollnäs wiederfindet; hätte man doch erwartet, dass am ehesten einige vereinzelte Exemplare der im Interglazialmeer massenweise

vorkommenden charakteristischen planktischen Diatomeen- oder Silikoflagellatenformen in die betreffende Lagune eingespült worden wären.

FRÖSÖN.

Die seit einem halben Jahrhundert bekannten, erst als interglaziale, dann als glaziale Eisseebildungen gedeuteten submoränen Tonablagerungen auf Frösön bei der Stadt Östersund in Jämtland sind wieder aktuell geworden, seitdem B. Asklund in einer vor kurzem veröffentlichten vorläufigen Mitteilung (Asklund 1936) sich wieder mit ihrer Altersfrage befasst. Auf Grund der stratigraphischen Verhältnisse, der Mächtigkeit (bis zu mindestens 20 m) und des Areals (viele km) des submoränen Tons sowie auf Grund seines Reichtums an organischem Material (Pollen, ausserdem nach den Angaben der Ortsbewohner auch Kiefernfragmente und Fischeskelette) erklärt Asklund, dass die Bildung mit grösster Wahrscheinlichkeit *i n t e r g l a z i a l*, anscheinend an einer baltischen Küste abgesetzt worden sei. Und da die submoräne Formation sich bis über 400 m über NN. erstreckt, wurde er veranlasst zu der Überlegung, dass die interglazialen Niveauszillationen von bedeutend grösserem Umfang als die nach der Eiszeit eingetroffenen gewesen sein müssen.

Bei erstmaligem Durchlesen von Asklunds Aufsatz störte mich keineswegs der merkwürdig hohe Niveauwert, den er für seine interglaziale baltische Küste voraussetzen muss; vielmehr schien mir der genannte Wert für Jämtland, also eine Gegend, die im Zentrum des skandinavischen Senkungsgebietes gelegen ist, mit dem hohen Niveauwert, den ich für SE-Finnland ableitete (vgl. S. 61 in meiner Rouhiala-Abhandlung), gut im Einklang zu stehen. Und ich bin immer noch der Ansicht, dass ein derartiger Wert nicht ohne weiteres als völlig unwahrscheinlich abgefertigt werden kann, ganz abgesehen davon, ob nun die Bildungen auf Frösö wirklich interglazial sind oder nicht. Vorläufig hat man nämlich, trotz den neuen Belegen, die Asklund für seine Ansicht beibringt, das Ergebnis der in Aussicht gestellten fortgeführten Untersuchungen abzuwarten. Ohne auf Asklunds Behandlung im einzelnen einzugehen, möchte ich nur einige wenige Umstände hervorheben, die auf die glaziale und nicht etwa interglaziale Natur des Tons hindeuten. a) Im Gegensatz zu Asklund muss ich den Ton als sehr pollenarm bezeichnen, da die 63 analysierten Präparate insgesamt etwa 80 Pollen umfassten, also im Mittel etwas über 1 Pollenkorn per angereichertes Präparat, eine Anzahl, die niedriger ist als diejenige, die man oft sogar bei der Ana-

lyse von Moränenproben erreicht. Ganz unwahrscheinlich niedrig wirkt der genannte Pollengehalt im Vergleich mit dem Pollenreichtum der finnischen Interglazialbildungen. b) Der Ton ist diatomeenfrei. Gewiss erwähnt Asklund nichts über etwa angestellte Probeschlämungen des neuen Materials, aber bei Högbom (1893 S. 39) finde ich eine Angabe darüber, dass Kieselalgen fehlten. Das scheint mir entschieden dafür zu sprechen, dass der Ton in einem nährstoffarmen Eissee und nicht etwa in dem interglazialen Baltikum mit seiner blühenden Diatomeen- und Silikoflagellatenflora abgesetzt worden ist.

VÄSTERGÖTLAND.

(Simon Johansson, Senglaciala och interglaciala avlagringar vid ändmoränstråket i Västergötland. GFF 59, 1937.)

Nebenbei mag im Zusammenhang mit den schwedischen supponierten Interglazialfunden noch Simon Johanssons interessanter Bericht über seine Untersuchungen in dem grossen Endmoränenzug in Västergötland (Johansson 1937) angeführt werden; dort hat er in der Gegend von Billingen ausgedehnte intermoräne Ablagerungen gefunden, denen er auf Grund der Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnisse der Formation wie auch der Natur des Tons ein interglaziales Alter zuschreibt. Doch hat meines Erachtens Johansson keine zwingenden Beweise für die Richtigkeit dieser Datierung beizubringen vermocht. Unmittelbare Zeugnisse in Form von angebrochenen interglazialen Fossilien fehlen, und auch seine mittelbaren Argumente scheinen mir eine andere Deutung zuzulassen. Die Sterilität des Tons — denn als einen solchen darf man wohl das Material betrachten, da weder Ergebnisse von Pollen- noch solche von Diatomeenanalysen mitgeteilt werden — scheint mir hier, ebenso wie in bezug auf die Frösö-Ablagerung, am ehesten auf einen glazialen Ursprung hinzuweisen. Hier längs dem grossen nordischen Endmoränenzug müssten wohl, wenn irgendwo, die grössten Möglichkeiten für das Vorkommen von in Grus eingebetteten glazialen Tonablagerungen bestehen, hier machte das Eis auf seinem Rückzuge lange halt und hatte gute Gelegenheit, bei kleineren Oszillationen seine eigenen Tonsedimente zu Schollen von ansehnlicher Mächtigkeit zusammenzuschieben; solche sind, wenn auch vorläufig in geringerer Stärke, nachweislich tief innen in den Grusmassen des Salpausselkä anzutreffen. Damit möchte ich jedoch nicht durchaus die Möglichkeit leugnen, dass der betreffende Ton aus der Rezessionszeit der vorletzten Eisperiode stammen könnte, doch wäre er auch dann glazial

und könnte nur insofern als interglazial bezeichnet werden, als er während des letzten Interglazials liegengeblieben ist.

SAVIKKO UND HÄYRY.

In einem vor kurzem erschienenen Aufsatz berichtet Hyypä (1937) über einige interessante Tonfunde aus dem südöstlichen Finnland. Der eine Fund besteht aus submoränem Ton, der in ca. 40—43 m Höhe über NN. in der Tongrube der Ziegelei von Savikko, ca. 6 km von der Eisenbahnstation Perkjärvi nach ENE, freigelegt worden ist. Der Ton ist bis zu einer Mächtigkeit von 5 m aufgedeckt, und die überlagernde Moräne ist mit 1—2 m Mächtigkeit angegeben. Der Fund in Häyry, 6 km NE von der Stadt Viipuri, besteht aus Tonschollen, teils grau warvig, teils ungeschichtet homogen, blau, tief innen im Grus eines Osrückens, und liegt ungefähr 17 m ü. M. Die für die Untersuchung entnommenen Proben enthielten teilweise so reichlichen Pollen, dass vollständige Pollenanalysen in angeereicherten Präparaten durchgeführt werden konnten. Die Pollenflora war in Savikko und in Häyry dieselbe: entschiedene *Betula-Alnus*-Dominanz mit vorherrschender *Betula* sowie spärlicher *Pinus*, *Picea* und *Corylus* (desgleichen Spuren von *Quercus*). Auch Diatomeen wurden angetroffen; die sehr arme Diatomeenflora ist eine Mischung von Salz-, Brack- und Süßwasserformen, die letztgenannten eine heterogene Mischung von Formen, die in offenen und geschlossenen Gewässern, in nährstoffarmen und -reichen heimisch sind. Auf Grund der Übereinstimmung im Pollen und in den Diatomeenfloraen von Savikko und Häyry stellt Hyypä diese Ablagerungen nebeneinander; ihre Pollenspektren, meint er, deuteten auf ein ausgeprägt maritimes Klima während der Ablagerungszeit hin, und der Diatomeenbestand, so schreibt er, sprächen dafür, dass die Tone »in einem grossen zum Bereich der heutigen Ostsee gehörigen Gewässer« abgesetzt worden sind. Bei dem Versuch, Savikko-Häyry neben andere gleichartige Bildungen zu stellen, findet Hyypä beste Übereinstimmungen mit der submoränen Ablagerung in Petrosavodsk nach der letzten Untersuchung von Pokrowskaja (1937), und er schliesst damit, dass sowohl Savikko, Häyry, Mga, Petrosavodsk wie auch Rouhiala möglicherweise alle zu derselben Entwicklungsfolge gehören, wenngleich sie teilweise verschiedene Phasen der Entwicklung darstellen. Ob diese Entwicklungsfolge mit dem letzten oder einem anderen Interglazial oder vielleicht mit einem Interstadial gleichbedeutend ist, lässt er ungesagt.

LITERATUR.

- ASKLUND, BROR, 1936. Frösöns submarina avlagringar. Sveriges Geol. Unders. Ser. C., N:o 402.
- BERGHELL, HUGO, 1898. Beskrifning till kartbladet N:o 33, Viborg. Finlands geol. unders.
- 1904. Geologisk öfversiktskarta öfver Finland, sektionen D 2, Nyslott. Beskrifning till jordartskartan. Geologiska kommissionen.
- BRANDER, G., 1936. Über das Einsammeln von Erdproben und ihre Präparation für die qualitative und quantitative Diatomeenanalyse. Bull. Comm. géol. Finlande, N:o 115.
- 1937 a. Zur Deutung der intramoränen Tonablagerung an der Mga, unweit von Leningrad. Bull. Comm. géol. Finlande, N:o 119.
- 1937 b. Ein Interglazialfund bei Rouhiala in Südostfinnland. Bull. Comm. géol. Finlande, N:o 118.
- CLEVE-EULER, A., 1915. New contributions to the Diatomaceous Flora of Finland. Arkiv för botanik, Bd. 14, N:o 9.
- HAMBERG, AXEL, 1906. Öfversigt af Lule älfvs geologi. Sveriges Geol. Unders. Ser. C, N:o 202.
- HAUSEN, H., 1934. Über ein neuentdecktes Kaolin-Sandstein-Vorkommen im kristallinen Kalkstein auf Pargas-Ålön, Gegend von Åbo—Turku, SW. Finnland. Medd. från Åbo Akademis geol.-min. institut, N:o 16.
- HUSTEDT, F., 1927—1933. Die Kieselalgen etc. Dr. L. RABENHORSTS Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Bd. VII, Teil I & II.
- HYYPÄ, ESA, 1937. Bemerkungen über G. Branders Aufsatz »Ein Interglazialfund bei Rouhiala in Südostfinnland«, und zwei neue Tonfunde auf der karelischen Landenge. Bull. Comm. géol. Finlande, N:o 119.
- HÖGBOM, A. G., 1893. Om interglaciala aflagringar i Jämtland. Geol. fören. i Stockholm förh., Bd. 15.
- MADSEN, V., 1895. Istitidens Foraminiferer i Danmark og Holsten og deres Betydning for Studiet af Istitidens Aflejringar. Medd. Dansk geol. Forening, N:o 2.

INHALT.

	Seite
Einleitung	139
Mantsinsaari	141
Ladogatransgression	141
Kriishanoja	143
Der Uferwall des Moores Härkämäensuo	147
Sonstige Uferanzeichen der Ladogatransgression	148
Ancylustransgression	151
Metsäpirtti	156
Ladogatransgression	156
Schnitt am Viisjoki	156
Der See Suvanto	157
Das Moor Umpilammensuo	160
Das Moor Kortsuo	163
Uferbildungen	164
Pölläkkälä	165
Ancylustransgression	165
Zusammenfassung	174
Ladogatransgression	174
Ancylustransgression	176
Literatur	178

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER LADOGA- UND
ANCYLUSTRANSGRESSION.VON
ESA HYYPPÄ.

EINLEITUNG.

Nachdem ich in meiner 1932 (E. Hyypä 1932) erschienenen Untersuchung neue Gesichtspunkte zur postglazialen Entwicklung der Karelistischen Landenge dargestellt hatte, hat die quartärgeologische Erforschung dieses Gebietes lebhaft Fortschritte gemacht. Dies ist in erster Linie das Verdienst russischer Forscher (K. K. Markow und W. S. Poretzky 1935a, 1935b). Sie haben vorwiegend die nacheiszeitliche Entwicklung des nordwestlich von Leningrad gelegenen Gebietes sowie des Ladogasees untersucht. Die Entwicklung des letzteren haben sie in den Hauptzügen in gleicher Weise wie Ailio (J. Ailio 1915) dargestellt, wenngleich die Maximalgrenze der Ladogatransgression am südöstlichen Ende des Sees nach ihren Untersuchungen 3—4 m niedriger liege, als Ailio angenommen hat (Abb. 1). Infolgedessen sei auch die Newa nicht zur Zeit des Maximums der Ladogatransgression entstanden, vielmehr sei das Flussbett nach den russischen Forschern schon vor dem Maximum der Transgression vorhanden gewesen.

In der Untersuchung von 1932 habe ich dargestellt, dass die von Ailio bestimmte Transgressionsgrenze am südöstlichen Ende des Ladogasees nicht die des Sees sein könne, sondern vielleicht marin sei und sich über die Schwelle nach dem Finnischen Meerbusen hinüber fortsetze. Diese Auffassung wird durch einige transgressionsartige Uferanzeichen und durch eingebettete Torfschichten auf der nach dem Finnischen Meerbusen zu gelegenen Seite der Karelistischen Landenge gestützt. Die durch die Russen ausgeführten Untersuchungen in der Umgebung von Leningrad stehen jedoch nicht mit dieser Auffassung im Einklang, da die dortigen Moore keine Anzeichen einer so jungen Transgression erkennen lassen.

Meine späteren Untersuchungen (E. Hyypä 1937) führten ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Ladogatransgression wirklich nur eine im Bereich des genannten Sees eingetretene Hebung des Wasserspiegels gewesen ist. In der letztgenannten Untersuchung behandelte ich nur die Niveaushiftungen auf der nach dem Finnischen Meerbusen

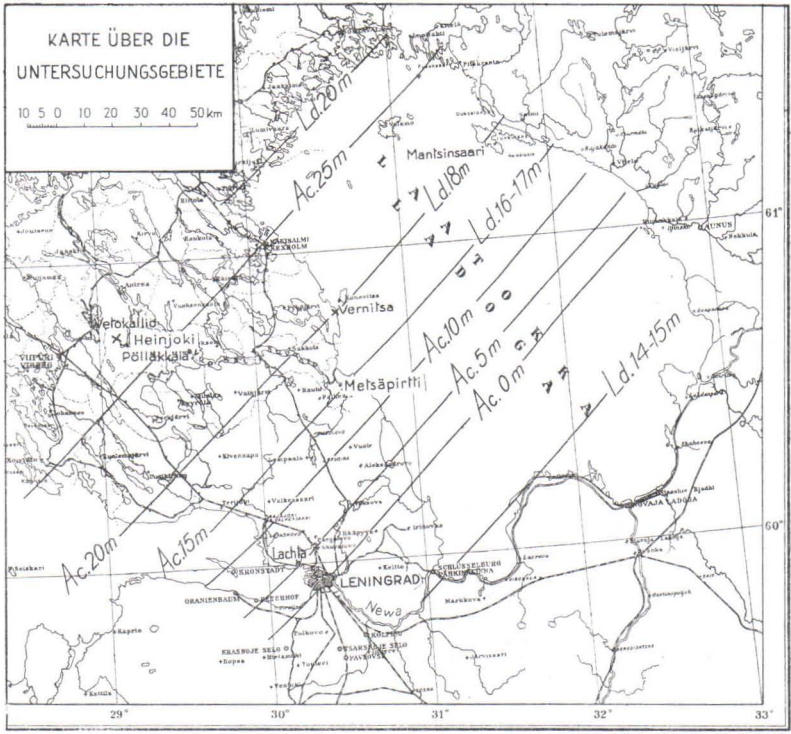


Abb. 1. Die Untersuchungsgebiete. Ld. Isobasen der Ladogatransgression, Ac. Isobasen der Ancylustransgression.

zu gelegenen Seite der Karelischen Landenge. Die sie betreffenden Beobachtungen führten jedoch schon zu dem Ergebnis, dass das Ufer der Ladogatransgression nicht am Finnischen Meerbusen auftritt. Auch stand mir damals für die nach dem Ladoga zu gelegene Seite der Landenge unveröffentlichtes Material zur Verfügung, durch das die letztere Auffassung gestützt wurde. Dieses Material habe ich auf meinen 1934, —35 und —37 unternommenen Untersuchungsreisen gesammelt. Im Zusammenhang mit jenen Untersuchungen machte ich auch einige neue Beobachtungen zur Ancylustransgression auf der dem Ladoga zugewandten Seite der Karelischen Landenge.

In dieser Untersuchung gedenke ich nicht auf das Problem der Ladoga- und Ancylustransgression in seinem ganzen Umfang einzugehen, vielmehr begnüge ich mich damit, einige diese Fragen angehende neue Beobachtungen darzustellen, die ich auf Mantsinsaari, in Metsäpirtti und Pölläkkälä angestellt habe.

MANTSINSAARI.

LADOGATRANSGRESSION.

In seiner Untersuchung »Über Strandbildungen des Litorinameeres auf der Insel Mantsinsaari« (1898) stellt J. Ailio die Auffassung dar, dass die gut ausgebildeten Vorzeitufer auf Mantsinsaari (Abb. 2, S. 142) Bildungen des Litorinameeres seien. Er gründete diese Ansicht nicht allein auf eigene Beobachtungen sondern auch auf frühere Untersuchungen (G. de Geer 1894 und H. Berghell 1896), nach denen der Ladoga wenigstens zur Zeit des Transgressionsmaximums mit dem Litorinameer im Zusammenhang gestanden hätte. Ailio setzte nach seiner Untersuchung der Insel Mantsinsaari die Erforschung der Entwicklungsgeschichte des Ladogasees fort und kam in seiner 1915 erschienenen Arbeit zu dem mit Interesse aufgenommenen Ergebnis, dass die betreffenden Uferbildungen gar nicht dem Litorinameer zugehören, sondern entstanden sind, als der Ladoga schon als selbständiger See vorhanden war und in seinem Bereich eine auf der Schrägstellung des Seebeckens beruhende Hebung des Wasserspiegels sich vollzog. Da die Landhebung am nordwestlichen Ende des Sees am allergrössten war, so war die Transgression in seinem südöstlichen Teil am stärksten und durchbrach die dort gelegene Schwelle, zu welcher Zeit die Nawa entstand und der See sich allmählich zu seiner gegenwärtigen Form entwickelte.

Nach dieser Erklärung, der allgemeine Anerkennung zuteil geworden ist, sind auch die stattlichen Abrasionsböschungen auf Mantsinsaari Uferanzeichen der Ladogatransgression und liegen nach den Messungen Ailios 21—21.5 m ü. M. Nach der von H. Berghell später ausgeführten Kontrolle finden sich die genannten Ufer in einer Höhe von durchschnittlich 20 m ü. M. (H. Berghell 1927). Ein Teil der auf Mantsinsaari angetroffenen Uferanzeichen der Ladogatransgression sind nach Ailio Uferwälle, unter denen an zwei Stellen Torfablagerungen aufgefunden worden sind: 1) unter dem Uferwall am westlichen Rande des Moores Härkämäensuo, 2) unter dem Uferwall am westlichen Rande des Moores Suursuo (P 5 und P 6 auf der Karte Abb. 2). Ailio



Abb. 2. Mantsinsaari.

(J. Ailio 1898) hat die obengenannten Aufschüttungen genau beschrieben, desgleichen Berghell (H. Berghell 1927).

Im Zusammenhang mit seiner früheren Untersuchung nahm Ailio Proben aus den von den Uferwällen überlagerten Torfschichten. Diese Proben hat H. Lindberg pflanzenpaläontologisch untersucht und in ihnen makroskopische Pflanzenreste gefunden (J. Ailio 1898, S. 33), auf Grund deren Ailio annahm, dass die Torfschichten gegen Ende der Ancyclusperiode entstanden seien. Diese Auffassung leugnete Ailio in seiner späteren Untersuchung (J. Ailio 1915), in der er anführt, dass die in Frage stehenden Torfschichten auch jünger als das Ancyclus sein können, welchenfalls der die Torfschichten deckende Wall die Maximalgrenze der Ladogatrangression wäre. Zur Stütze dieser Ansicht bringt Ailio jedoch keine anderen Zeugnisse bei als die absoluten Höhen der Wälle, Zahlen, die den Meereshöhen anderer für Anzeichen der Ladogatrangression gehaltener Uferbildungen entsprechen.

Obgleich man annehmen konnte, dass letztere Auffassung Ailios zutreffend sei, schien die Untersuchung der Uferbildungen auf Mantsinsaari einer Kontrolle zu bedürfen. Im besonderen war die mittels Pollenuntersuchungen auszuführende Bestimmung des geologischen Alters der von den Strandwällen überlagerten Torfschichten aktuell. War doch zu Ailios Zeit diese Methode noch nicht bekannt.

Kriishanoja.

Der Westrand des Moores Suursuo ist verriegelt durch einen ca. 1 km langen Wall, der aus Sand und Kies, mit abgerundeten Steinen durchsetzt, aufgebaut ist. Der Wall ist stellenweise bis zu 50 m breit und 2 m hoch. Ailio hat ihn ausführlich beschrieben (J. Ailio 1898, S. 14, vgl. auch Berghell 1927). Wie schon aus der Untersuchung Ailios hervorgeht, ist dieser Wall unterlagert von Torf, der in einem quer durch den Wall ausgehobenem Abflusskanalschnitt namens Kriishanoja am besten zutage tritt (P 5, Abb. 2). Im Sommer 1934 führte ich im Schnitt dieses Abflusskanals Grabungen aus, und nach ihnen konstruierte ich ein Querprofil durch den Wall, das auf Abb. 3, S 144, wiedergegeben ist. Abb. 4, S. 145, enthält die Erklärungen zu den für die Bodenarten benutzten Zeichen.

Der Bau des Walls erwies sich in den Hauptzügen als solcher, wie Ailio (J. Ailio 1898) ihn beschrieben hatte. Zuunterst liegen Sand und Kies, der aufwärts in Schluff übergeht. Auf letzterem lagert das von der Ladogatrangression überflutete Moor. Sie hat auf dem Moor

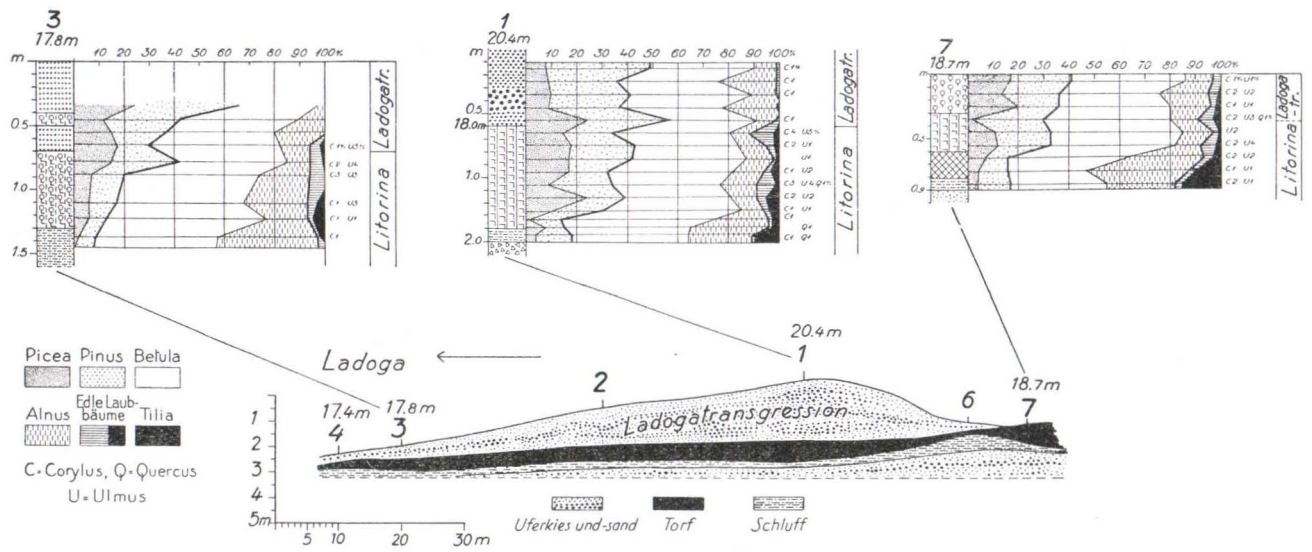


Abb. 3. Durch den Kriishanoja-Wall geführtes Querprofil nebst Pollendiagramme.
Anal. A. Valanne.

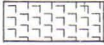






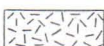


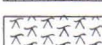


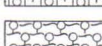
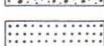

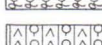

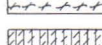

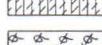
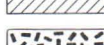
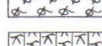
	<i>Sphagnum-Torf; schwach zersetzt</i>		<i>Equisetum-Torf</i>
	<i>Sphagnum-Torf; stark zersetzt</i>		<i>Carex-Equisetum-Torf</i>
	<i>Eriophorum-Torf</i>		<i>Phragmites-Torf</i>
	<i>Eriophorum-Sphagnum-Torf</i>		<i>Phragmites-Carex-Torf</i>
	<i>Carex-Torf</i>		<i>Braunmoos-Sphagnum-Torf</i>
	<i>Carex-Sphagnum-Torf</i>		<i>Schwemmtorf</i>
	<i>Braunmoostorf</i>		<i>Völlig zersetzter dyartiger Torf</i>
	<i>Carex-Braunmoostorf</i>		<i>Grobdetritusgyttja</i>
	<i>Nadelholz-Torf</i>		<i>Feindetritusgyttja</i>
	<i>Carex-Nadelholz-Torf</i>		<i>Diatomeenerde</i>
	<i>Sphagnum-Nadelholz-Torf</i>		<i>Osmaterial</i>
	<i>Laubholztorf</i>		<i>Moräne</i>
	<i>Carex-Laubholztorf</i>		<i>Uferkies</i>
	<i>Laubholz-Sphagnum-Torf</i>		<i>Ufersand</i>
	<i>Carex-Sphagnum-Laubholztorf</i>		<i>Schluff</i>
	<i>Braunmoos-Laubholztorf</i>		<i>Bänderschluff</i>
	<i>Carex-Nadel-Laubholztorf</i>		<i>Ton</i>
	<i>Sphagnum-Carex-Nadel-Laubholztorf</i>		<i>Lehmiger Sand</i>
	<i>Reisertorf</i>		<i>Bänderton</i>
	<i>Sphagnum-Reisertorf</i>		<i>Tongyttja</i>
	<i>Carex-Reisertorf</i>		<i>Limnischer Dy</i>
	<i>Braunmoos-Reisertorf</i>		<i>Felsgrund</i>
	<i>Carex-Sphagnum-Nadelholztorf</i>		<i>Stubben</i>
	<i>Kalkgyttja</i>		<i>Sand</i>

Abb. 4. Erklärung der benutzten Bodenartzeichen.

einen Sand-Kieswall aufgeschüttet, der an seiner mächtigsten Stelle ca. 2 m stark ist, wie aus Abb. 3 ersichtlich. An der Proximalseite tritt die Torfschicht unter dem Wall hervor und setzt sich in das Moor Suursuo fort. Hier handelt es sich also um einen ehemaligen Suursuo-Rand, der von der Transgression überflutet worden ist.

Um das genaue Alter des Walles zu bestimmen, führte ich über die unter ihm anzutreffende Torfablagerung Pollenanalysen für drei verschiedene Stellen aus: Abb. 3, Diagramm 3, 1 und 7. Aus den Pollendiagrammen ist zu ersehen, dass das in der Transgression untergegangene Moor unverkennbar litorinazeitlich ist. Das wird bewiesen durch das verhältnismässig breite Prozentfeld der edlen Laubbäume, das auf die Torfschicht entfällt. Der Wall selbst ist wiederum nachlitorinazeitlich, da in ihm das Auftreten der edlen Laubbäume aufhört und das Diagramm auch sonst Züge annimmt, die, wie wir bereits von früher her wissen, dem Nachlitorina angehören (vgl. E. Hyyppä 1937). Ausserdem ist aus den Diagrammen zu erkennen, dass die Transgression gerade in ausgehender Litorinazeit das Moor überflutet hat, d. h. in einer Zeit, in die auch nach den russischen Forschern das Transgressionsmaximum des Ladogas fällt (K. K. Markow und W. S. Poretzky 1935 a, 1935b). Gewiss hat die Transgression schon vor dem Abschluss der Litorinazeit begonnen. Ihr genaues Alter lässt sich jedoch nicht nach der Uferbildung des Kriishanoja bestimmen, denn diese vertritt das Maximum der Ladogatransgression. Die höchste Stelle des Walles liegt hier 20.4 m ü. M. und sein distaler Fuss 17—18 m ü. M. Letztere Höhe entspricht am ehesten dem Mittelwasserstand der Ladogatransgression.

Auch Diatomeenanalysen habe ich über die Sedimente des Kriishanoja-Walles ausgeführt. Die auf der Torfschicht vorkommenden Sand und Kiesablagerungen sind sehr diatomeenarm, desgleichen auch die auf ihnen anzutreffende Schluff. Der Diatomeenbestand ist in beiden vom Süsswassertypus. In dem Torf unter dem Wall finden sich u. a. folgende Arten: *Amphora ovalis* v. *libyca* (Ehr.) Cleve, *Caloneis ladogensis* var. *densestriata* Hustedt, *Cocconeis pediculus* Ehr., *Cyclotella bodanica* Eulenk., *C. Kützingiana* Thwaites., *Eunotia* spp., *Gomphonema acuminatum* Ehr., *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabh., *Melosira islandica* subsp. *helvetica* O. Müll., *Pinnularia* spp., Die oben aufgezählten Arten liefern einen bündigen Beweis, dass der Kriishanoja-Wall in süssem Wasser aufgeschüttet worden ist. Zu derselben Auffassung führen auch die von P. T. Cleve ausgeführten Diatomeenbestimmungen über Ailios (Ailio 1898) Proben.

Neben dieser reinen Süsswasserflora finden sich in den Proben Ailios auch drei marine Arten, nämlich *Actinoptychus undulatus* Ehr. in dem unter der Torfschicht lagernden Schluff und *Coscinodiscus*

excentricus Ehr. sowie *Rhabdonema arcuatum* (Ag.) Kütz. in den oberhalb des Torfes auftretenden Sedimenten des Walles. Auch ich habe im Kriishanoja-Wall zwei marine Arten gefunden: *Campylodiscus echeneis* Ehr. in dem oberflächlichen Teil des Walles und *Grammatophora oceanica* an der Unterseite der Torfschicht. Alle diese auf marine Verhältnisse hinweisenden Arten treten jedoch sehr spärlich auf, und sie sind unter der in Frage stehenden Diatomeenflora völlig fremd. Es muss als sicher gelten, dass sie aus älteren Sedimenten ausgewaschen worden sind. Zu demselben Ergebnis sind auch die russischen Forscher (K. K. Markow und W. S. Poretzky 1935a, 1935b) auf Grund ihrer Untersuchungen im südlichen Teil des Ladogasees gekommen. Auch die von ihnen untersuchten Sedimente der Ladogatransgression enthalten neben typischer Süßwasserflora einige marine Arten, die zweifellos sekundär sind.

Der Uferwall des Moores Härkämäensuo.

Ca. 2 km vom Kriishanoja-Wall nach Süden liegt am Westrand des Moores Härkämäensuo ein ganz ähnlicher Uferwall wie die oben beschriebene Bildung (P 6, Abb. 2 S. 142). Auch er ist von Torf unterlagert, Ailio hat diese Aufschüttung ebenfalls eingehend beschrieben (J. Ailio 1898, S. 35). Es war meine Aufgabe, mittels der Pollenmethode das Alter dieses Walles zu prüfen, obgleich es schon von vornherein klar erschien, dass der Wall, auf Grund seiner absoluten Höhe, die Maximalgrenze der Ladogatransgression bezeichnet. Ich begnügte mich in diesem Fall mit nur einer Probenerserie, die ich unmittelbar hinter dem Wall entnahm an einer Stelle, wo der Torf nicht mehr von den Uferablagerungen bedeckt ist. Das über dieses Profil ausgearbeitete Pollendiagramm, Abb. 5, beweist, dass die hinter dem Wall gelegene Torfschicht, die sich unter den betreffenden Wall fortsetzt, mit Ausnahme ihres Oberflächenteils litorinazeitlich ist. Das Diagramm lässt sich gut mit dem auf Abb. 3 wiedergegebenen Diagramm 7 konnektieren, das hinsichtlich seiner Lage dem des Moores Härkämäensuo entspricht. Auf Grund alles Obigen muss es denn auch als sicher gelten, dass der Wall am Moore Härkämäensuo ebenfalls nachlitorinazeitlichen Ursprungs ist und die Maximalgrenze der Ladogatransgression bezeichnet, wie schon aus der absoluten Höhe des Walles, 20.07 m ü. M., geschlossen werden kann.

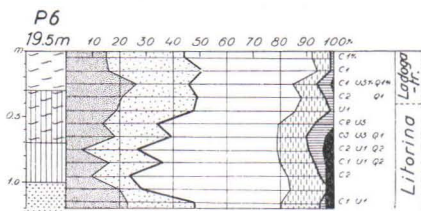


Abb. 5. Durch das Moor Härkämäensuo geführtes Bohringsprofil nebst Pollendiagramme. Die Probenerserie ist unmittelbar hinter dem von der Ladogatransgression aufgeschütteten Wall entnommen worden. Anal. A. Valanne.

Sonstige Uferanzeichen der Ladogatransgression.

Ausser den oben beschriebenen Uferwällen finden sich auf Mantinsaaari auch andere Uferbildungen, die Ailio und Berghell (J. Ailio 1898, 1915, H. Berghell 1927) ausführlich dargestellt haben. Es handelt sich um Wälle und sehr gut ausgebildete Uferböschungen. Letztere sind in vielen Fällen durch Abrasion im Diabas-Felsgrund der Insel entstanden. In Karte Abb. 2 habe ich die wichtigsten dieser Uferbildungen eingetragen. Ihre Meereshöhe bezeugt, dass die betreffenden Böschungen und Wälle Ufer der Ladogatransgression sind. Auch habe ich selbst zur Bestimmung der absoluten Höhe dieser Uferbildungen einige Nivellements angestellt. So liegt der Fuss (P 4, Abb. 2) der Diabasböschung im Dorfe Peipponen im Mittel 17.5—18 m ü. M. Diese Böschung ist stellenweise säulenförmig abradiert, so für eine verhältnismässig lang andauernde und starke Bearbeitung durch die Brandung zeugend, Abb. 6, S. 149.

Auf der Diabasböschung (P 2, P 3, Abb. 2) östlich des Dorfes Saukkonen ergibt sich nach meinem Nivellement als Höchstgrenze der Ladogatransgression ebenfalls 17.5—18 m ü. M. Eine besonders schöne Abrasionsböschung nebst den mit ihr verbundenen Terrassen findet sich am Westrande des Dorfes Oritselkä, P 8, Abb. 2 und Abb. 7, S. 149. Der Fuss dieser Böschung liegt nach meinem Nivellement bei 19.7 m ü. M.

Nordwestlich vom Moor Härkämäensuo gibt es noch zwei hintereinander gelegene Steinwälle (P 7, Abb. 2, und Abb. 9 und 10, S. 152 sowie Abb. 11 S. 153), von denen der untere 17 m und der obere 18.7 m ü. M. liegt. Von diesen Wällen wird weiter unten noch die Rede sein, da sie vorlitorinazeitlichen Torf überlagern.

Alle obengenannten Uferbildungen gehören zu demselben Ufersystem, und es ist klar, dass sie in letzter Linie zur Zeit des Maximums der Ladogatransgression entstanden sind. Dass die nach den Böschungen ermittelte Höchstgrenze der Transgression, 17.5—18 m und 19.7 m ü. M., etwas tiefer als der Kamm der entsprechenden Uferwälle (20.4—20.7 m ü. M.) liegt, ist verständlich. Die nach den Böschungen gemessene Höhe des Wasserspiegels (17.5—18 m ü. M.) entspricht gewiss am besten der des Mittelwassers der Ladogatransgression. Das ist auch daran zu erkennen, dass z. B. hinter dem Kriishanoja-Wall während des Höchststandes derselben Überflutung bei 18 m ü. M. Bruchtorf gewachsen ist. Diese Torfschicht weist keinerlei Transgressionsanzeichen auf. Ebenso verhält es sich beim Moor Härkämäensuo hinter dem Wall, wo eine aus der Zeit der Ladogatransgression stammende Torfschicht 19 m ü. M. liegt, und auch diese weist keinerlei



Aufn. E. Hyypä.

Abb. 6. Westlich vom Dorfe Peipponen gelegene Abrasionsböschung, die in den Diabasfelsen eingearbeitet worden ist. In der Böschung sind rundflächige Abtragungsanzeichen der Abrasion zu erkennen. Der Fuss der Böschung liegt 17.5—18 m ü. M. und bezeichnet die Höchstgrenze der Ladogatransgression auf Mantsinsaari.



Aufn. E. Hyypä.

Abb. 7. Eine Uferböschung der Ladogatransgression am Westrande des Dorfes Oritselkä. Der Fuss der Böschung liegt 19.7 m ü. M.



Aufn. E. Hyypä.

Abb. 8. Eine Ebene im Dorfe Oritselkä, die vielleicht unter der Kontrolle eines Wasserspiegels entstanden ist (Rha-Meer?).

Transgressionsanzeichen auf (Abb. 5). Auch eine Probenreihe aus dem Moor Suursuo selbst habe ich untersucht (P 1 auf der Karte Abb. 2). Die von mir untersuchte Stelle liegt 19.5 m ü. M., und die Lagerfolge des Moores lässt keine Spuren der Ladogatransgression erkennen. Das Absetzen von Torf hat an der Bohrungsstelle am Anfang der Litorinazeit begonnen und sich ungestört bis in die Gegenwart fortgesetzt. Das Pollendiagramm dieser Probenreihe ist als weniger wichtig weggelassen worden.

Vergleicht man die Uferwälle und Abrasionsböschungen miteinander, so wendet sich die Aufmerksamkeit der Tatsache zu, dass die Wälle gegenüber den entsprechenden in den Fels eingearbeiteten Abrasionsböschungen verhältnismässig schwach sind. Während in den Wällen nur 1—2 m mächtiges Material aufgeschüttet worden ist, sind die Wände der Uferböschungen 3—5 m hohe in den Fels eingeschrufte Steilhänge, die von starker Abrasion zeugen. Es ist daher der Gedanke naheliegend, dass die genannten Diabasböschungen nicht ausschliesslich durch die Ladogatransgression bewirkt worden sind, sondern schon früher ein anderer Wasserspiegel bei Mantsinsaari ungefähr in demselben Niveau wie das Maximum der Ladogatransgression gelegen hat. Weiter unten werde ich auf diese Frage wieder zurückkommen.

Auf Mantsinsaari sind auch unterhalb der Grenze der Ladoga-transgression Uferanzeichen anzutreffen. Sie scheinen während der Ladogaregression entstandene Wälle zu sein. Ailio (J. Ailio 1915) unterscheidet unter ihnen einen Wall 15.5 m ü. M., der seiner Meinung nach während der Regression entstanden ist, als der Ladoga eine Zeitlang im Niveau der Schwelle Vetokallio (15 m ü. M.) stand. Dasselbe Ufer habe ich auf Mantsinsaari aufgesucht und als seine Höhe im Dorfe Saukkonen (P 2, P 3, Abb. 2) im Mittel 14.5 m ü. M. gemessen.

In der Topographie von Mantsinsaari besonders auffallend sind die plateauförmigen (Abb. 8 S. 150) höchsten Stellen, die ich durch Schraffur auf der Karte (Abb. 2) kenntlich gemacht habe. Die höchsten Stellen dieser Sand- und Kiesebenen liegen durchschnittlich 25 m ü. M., und sie scheinen unter der Kontrolle des Wasserspiegels entstanden zu sein. Dieser mag zurückreichen, auf Grund der absoluten Höhe der Ebenen, in ein älteres Ostseestadium als das Litorina, etwa in die Rha-Zeit (M. Sauramo 1939, 1940, E. Hyypä 1937).

ANCYLUSTRANSGRESSION.

Bereits oben (S. 148) erwähnten wir zwei nordwestlich vom Moor Härkämäensuo gelegene Uferwälle, unter denen vorlitorinazeitlicher Torf hervortrat. Topographisch treten diese Wälle kaum hervor, aber an Ort und Stelle sind zwei deutliche hintereinander gelegene Geröllwälle zu sehen, von denen der untere 17 m und der obere 18.7 m ü. M. liegt, Abb. 9, und Abb. 10, S. 152. Die Wälle liegen ca. 150 m vom Gehöft Uusisuo direkt nach Westen. Quer durch sie verlief ein vor kurzem ausgehobener Entwässerungskanal; als ich seinen Schnitt untersuchte, fiel mir die unter den Uferkies eingebettete Torfschicht auf. Auf Abb. 9, sehen wir diesen Entwässerungskanal, in dessen Wand die Torfschicht hervortrat. Diese besteht aus fest zusammengepresstem *Phragmites-Equisetum*-Laubholz-Torf, die an der mächtigsten Stelle des Walles unter einem 3 m starken Kies- und Sandlager liegt.

Da die auf dem Scheitel des Walles gelegenen Ufergerölle auf Grund ihrer absoluten Höhe letzters als Aufschüttungen der Ladoga-transgression erschienen, war zu erwarten, dass auch der eingebettete Torf verhältnismässig jung wäre. Die über die Torfschicht ausgeführte Pollenanalyse erwies jedoch, dass der von der Transgression überspülte Torf mit Sicherheit älter als das Ancylus oder wenigstens grösstenteils während des Endstadiums der spätglazialen Ostsee oder



Aufn. E. Hyypä.

Abb. 9. Gerölliger Kamm auf dem ca. 150 m vom Gehöft Uusisuo nach Westen gelegenen Wall, nordwestlich vom Moore Härkämäensuo. Unter den Uferwall eingebettet liegt Torf, älter als die Ancylostansgression. Die höchste Stelle des Walles liegt 18.7 m ü. M.



Aufn. E. Hyypä.

Abb. 10. Entwässerungskanal, der den auf der vorhergehenden Abbildung dargestellten Wall von Uusisuo schneidet. Die Latte steht auf der Obergrenze der eingebetteten Torfschicht.

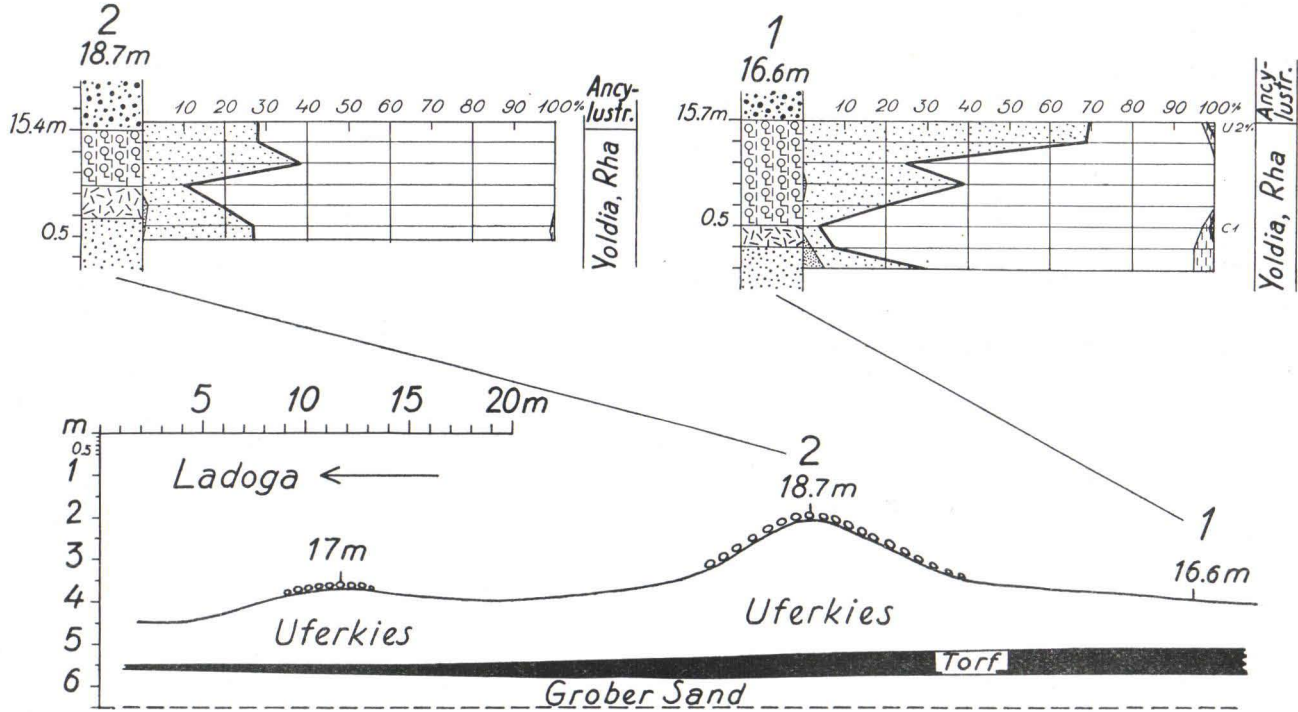


Abb. 11. Durch den Wall von Uusisuo gelegtes Querprofil nebst Pollendiagramme.
 Anal. E. Hyyppä.

zur Zeit des Rha-Meeress abgesetzt worden ist. Das ist besonders aus Diagramm Nr. 1 (Abb. 11, S. 153) zu ersehen, in dem das *Betula*-Feld das für Yoldia-Rha typische Maximum aufweist, während die edlen Laubbäume fehlen. Im unteren Teil des Diagrammes ist etwas spätglaziale *Picea* zu sehen, und im

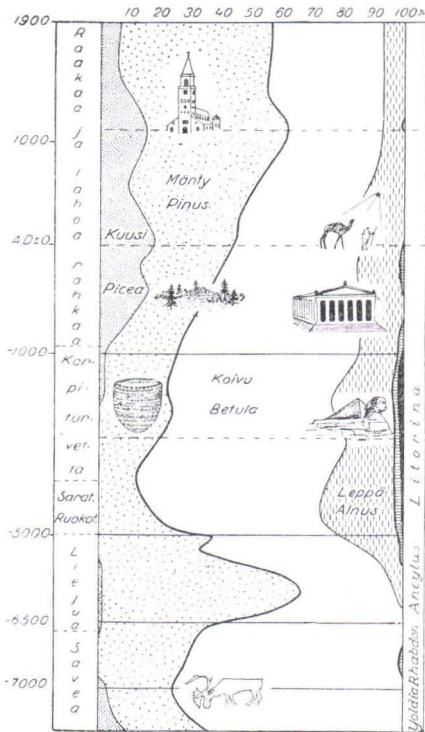


Abb. 12. Südwestfinnisches, leicht schematisiertes Pollendiagramm nach Sauramo (M. Sauramo 1940, S. 149). Dieses Gesamtdiagramm ist in ganz Südfinnland wesentlich dasselbe.

oberen Teil des Diagrammes steigt *Pinus* wiederum auf das die *Ancylustransgression* vertretende Maximum an. Diese Datierung wird noch wahrscheinlicher, wenn wir das betreffende Diagramm mit dem von Sauramo konstruierten Übersichtsdiagramm vergleichen, das den südwest- und südfinnischen Diagrammtypus vertritt, Abb. 12. Die Yoldia-Rha-Zeit im unteren Teil dieses Diagrammes ist durch eine ganz ähnliche Pollenzusammensetzung wie in Diagramm 1, Abb. 11, charakterisiert.

Desgleichen habe ich über den die Torfschicht über- wie auch unterlagernden Uferkies Diatomeenanalysen ausgeführt. Wie auch zu erwarten, ist das Sediment sehr diatomeenarm. Sowohl das über als auch das unter der Torfschicht anzutreffende Material enthält in spärlichen Mengen gewöhnliche Süss-

wasserarten wie *Amphora ovalis* Kütz., *Campylodiscus noricus* var. *hibernica* (Ehr.) Grun., *Cocconeis pediculus* Ehr., *Cymbella prostrata* (Berkeley) Cleve (letztere Art tritt nur in dem auf dem Torflagernden Sand auf und ist sehr reichlich), *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, *Diploneis domblittensis* (Grun.) Cleve, *Epithemia argus* Kütz., *E. turgida* (Ehr.) Kütz., *Eunotia* spp., *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabh., *Melosira islandica* subsp. *helvetica* O. Müll., *Navicula amphibola* Cleve, *Pinnularia* spp. Ausserdem findet sich in dem auf und in dem unter der Torfschicht anzutreffenden Uferkies in sehr spärlichen Mengen eine unbestimmbare *Coscinodiscus*-Art. In dem

auf der Torfschicht vorkommenden Kies kam auch *Grammatophora oceanica* sehr spärlich vor. Es ist klar, dass die obengenannten Salzwasserarten nicht zu dieser Diatomeenflora gehören, sondern sekundär zu ihr hinzugekommen sind. Der die Torfschicht unmittelbar unterlagernde Ufersand wie auch der auf ihr anzutreffende Uferkies haben sich nach dem Zeugnis der Diatomeen in süßem und flachem Uferwasser abgesetzt.

Oben haben wir den eingebetteten Torf in die Yoldia-Rha-Zeit verlegt. Dann wäre es möglich, dass das unmittelbar unter der Torfschicht liegende Sediment auch dem Yoldia oder also einem salzigen Stadium in der Entwicklungsgeschichte der Ostsee angehörte. Das genannte Sediment hat sich jedoch nach den Diatomeen in Süßwasser abgesetzt. Das bezeugte, dass das Yoldiameer das Ladogawasser nicht salzig gemacht hätte, obgleich die Verbindung nach der Ostsee damals mit Sicherheit über Vetokallio geführt hat, wenigstens in der ersten Hälfte der Yoldiazeit. Das steht durchaus im Einklang mit dem, was die im Bereich des Finnischen Meerbusens ausgeführten Diatomeenuntersuchungen bezeugen. Der Salzgehalt ist auch dort während der ganzen Dauer des Yoldiameeres sehr schwach gewesen. In dem vorliegenden Fall ist gewiss auch das möglich, dass der unter dem eingebetteten Torf liegende Sand älter als das Yoldia ist und z. B. auf die Zeit des Baltischen Eissees zurückzuführen wäre. Die Pollenanalysen über den Sand vermögen die Altersfrage nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Der Uferkies auf der eingebetteten Torfschicht ist nach den Diatomeen ebenfalls ein Süßwassersediment. Die Pollenanalysen erweisen (Diagramme 1 und 2, Abb. 11), dass das Moor während des Maximums der Ancylostansgression untergegangen ist. Nach der vom Finnischen Meerbusen her extrapolierten Ancylostgrenze, die auf Mantsinsaari bei 17—20 m ü. M. liegt (E. Hyypä 1937), bleibt die Torfschicht unter dem Maximum der Ancylostansgression. Es erscheint also sicher, dass die Ancylostansgression selbst dieses Moor überflutet hat. Die Ladogatransgression kommt hier nicht in Frage, da es, wenn es sich so verhielte, völlig unbegreifbar wäre, wie das eingebettete Moor gerade zur Zeit des Maximums der Ancylostansgression seinen Höhenzuwachs beendet hätte und während der ganzen Ancylost- und Litorinazeit tot gewesen wäre, um dann erst am Ende der Litorinazeit von der Ladogatransgression überspült zu werden.

Die Untergrenze der eingebetteten Torfschicht liegt bei 14.7 m ü. M. Die dem Ancylost vorausgegangene Regression hat sich also auf ein zum mindesten so tiefes Niveau erstreckt. Der Betrag der Ancylostansgression war also demgemäss auf Mantsinsaari wenigstens 2—5 m

(Obergrenze der Transgression bei 17—20 m ü. M., S. 155). In diesem Zusammenhang hat man sich daran zu erinnern, dass die Regressionsgrenze im Bereich des Ladoga durch die Schwelle Vetokallio, die jetzt 15 m ü. M. liegt, geregelt worden ist.

Bereits oben, S. 150, wandte sich die Aufmerksamkeit darauf, dass die in den Fels von Mantsinsaari eingearbeiteten Uferböschungen im Vergleich zu den Wällen der Insel, die ausschliesslich das Werk der Ladogatransgression sind, unverhältnismässig gross erscheinen. Es ist offenbar, dass die Ancylostansgression, die, wie sich oben herausstellte, hier in ungefähr dasselbe Niveau gereicht hat wie die Ladogatransgression, einen bedeutenden Teil der an den Uferböschungen verrichteten Abtragungsarbeit geleistet hat. Ebenso ist auch der Wall am Moore Uusisuo während der Ancylostansgression entstanden, wie das von ihr überschwemmte Moor bezeugt. Es ist jedoch anzunehmen, dass die auf dem Scheitel des gegenwärtigen Walles gelegenen Geröllkämme, 17 m und 18,7 m ü. M., am ehesten während der Ladogatransgression entstanden sind. Es ist jedoch nicht unmöglich, dass die Ancylostansgression auch diese schon aufgebaut hätte.

METSÄPIRTTI.

LADOGATRANSGRESSION.

Schnitt am Viisjoki.

Ailio (J. Ailio 1915, S. 71) hat in seiner Untersuchung die postglaziale Entwicklung des Viisjoki beschrieben. Während des Höchststandes der Ladogatransgression entstand an der Mündung des Flusses ein umfangreiches Delta, unter das an vielen Stellen Torfschichten, älter als die Transgression, eingebettet wurden. In meiner früheren Untersuchung (E. Hyypä 1932, S. 181) veröffentlichte ich ein Pollendiagramm, das nach Proben aus der Uferböschung des Viisjoki ausgearbeitet worden war. Dieses Pollendiagramm veranlasste mich damals zu der Auffassung, dass der untere Teil der von der Ladogatransgression bedeckten Torfschicht älter als das Ancylos sei. Das Maximum der Ancylostansgression wäre somit unterhalb des Untergrundes dieser Torfschicht geblieben. Dieses Ergebnis erschien mir später nicht mehr durchaus befriedigend, zumal das damalige Pollendiagramm Lücken aufwies. Daher habe ich später aus derselben Flussböschung (P 1, Abb. 13, S. 158) eine neue Probenserie entnommen, und es ist mir gelungen, mittels einer Anreicherungs-methode (G. Erdman 1934—36) ein vollständiges Pollendiagramm zu erhalten. Abb. 14,

S. 159, stellt das betreffende Profil nebst den Analysenergebnissen dar. Auf Abb. 15 sehen wir die Entnahmestelle der Proben in der Uferböschung des Viisjoki.

Das Moor, das in diesem Fall von der Ladogatransgression erfasst worden ist, ist üppig wachsendes Farn-Bruchmoor gewesen. Auf diesem haben sich über 2 m mächtiger Schluff und Sand abgelagert. Das Pollendiagramm ist nicht so deutlich ausgeprägt, dass sich auf seiner Grundlage eine genaue Grenze zwischen der Litorina- und der Ancyluszeit ziehen liessen. Auch kann in dem Diagramm die Grenze zwischen dem Litorina und der Ladogatransgression nicht ganz genau festgelegt werden. Ausserdem ist es möglich, dass die Ladogatransgression den oberen Teil des untergegangenen Moores in gewissem Masse abgetragen hat, so dass im Transgressionskontakt eine Lücke klafft. Jedenfalls scheint es auf Grund dieses Diagrammes, dass die Ladogatransgression das Moor schon in ausgehender Litorinazeit ertränkt hat, wengleich das Maximum der Ladogatransgression zeitlich erst an das Ende der Litorinazeit fällt, wie z. B. die Profile von Mantsinsaari deutlich erkennen lassen. Das Pollendiagramm der Viisjoki-Böschung gestattet keine eingehende Datierung, obschon es jedenfalls beweist, dass das in Frage stehende Moor von der Ladogatransgression überflutet worden ist. Die Transgressionsgrenze liegt nach dem Profil wenigstens 13—14 m ü. M.

Ebenso erscheint es sicher, dass die Basalschicht aus der Ancyluszeit stammt, doch ist sie jünger als das Maximum der Ancylustransgression. In dem Akkumulationstorf am Grunde des Moores steht das *Pinus*-Prozent gerade im Begriff, von seiner Kulmination abzusinken, was für die Zeit des Anfangs der Ancylusregression typisch ist. Das gleichzeitige Fehlen der edlen Laubbäume und die geringe Menge von *Betula* stehen mit dieser Datierung im Einklang. Möglicherweise hat sich das Maximum der Ancylustransgression etwas weiter aufwärts als der Untergrund des Moores erstreckt, der 10.5 m ü. M. liegt. Das vom Finnischen Meerbusen her extrapolierte Ancylusläge in Metsäpirtti ca. 15 m ü. M.

Der See Suvanto.

In diesem Zusammenhang möchte ich nicht ausführlich auf die Entwicklungsgeschichte des Ladoga im Bereich des Suvanto eingehen, da Ailio in seiner Untersuchung (J. Ailio 1915, S. 66) diese Fragen im einzelnen dargelegt hat. Kurz vor dem Durchbruch der Schwelle Taipale im Jahre 1818 erreichte der maximale Wasserstand 10.5 m

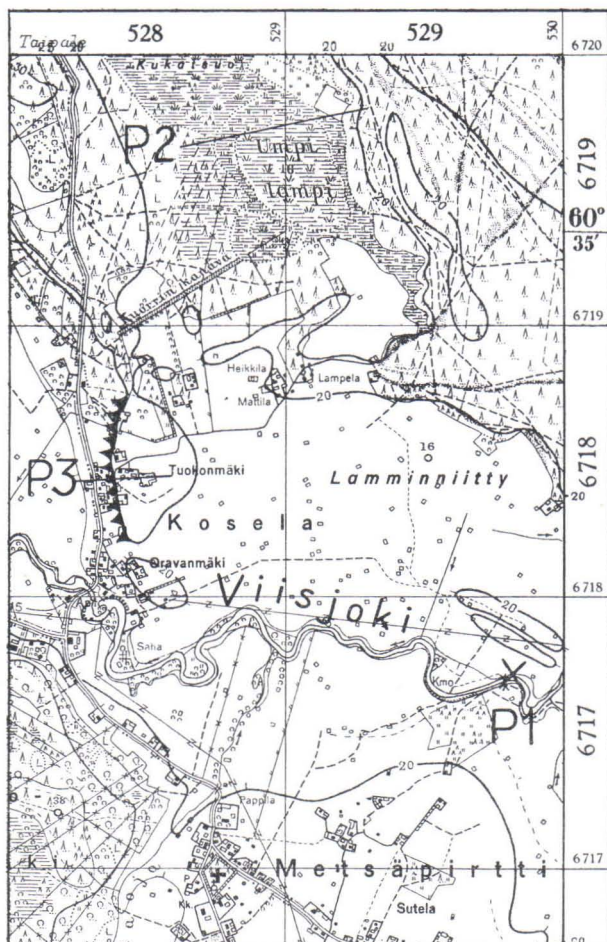


Abb. 13. Untersuchungsgebiet in Metsäpirtti.

über dem Ladoga (E. G. Palmén 1902—1903). Setzen wir als mittlere Höhe des Ladogasees 5 m ü. M. an, so erhalten wir als Höhe des Suvanto vor dem J. 1818 15.5—16 m ü. M. Der letztere Wasserstand ist annähernd derselbe wie das Maximum der Ladogatransgression im Gebiet von Metsäpirtti, und zwar aus folgenden zwei Gründen: 1) es erscheint sicher, dass der Suvanto sich schon während des Transgressionsmaximums gegen den Ladoga verriegelte dank den Lagunenwällen, die jetzt in dem Gelände zwischen dem Unterlauf des Viisijoki und dem Ladoga verlaufen; 2) der Suvantospiegel blieb nach dem Zeitpunkt der Verriegelung ungefähr in gleicher Höhe wie zuvor, bis zum Durchbruch der Schwelle im J. 1818 (J. Ailio 1915, S. 70).

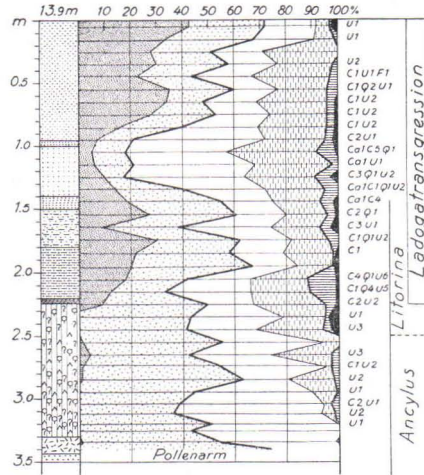


Abb. 14. Aus der Uferböschung am Viisjoki aufgenommenes Profil nebst Pollendiagramm.
Anal. K. Salminen.

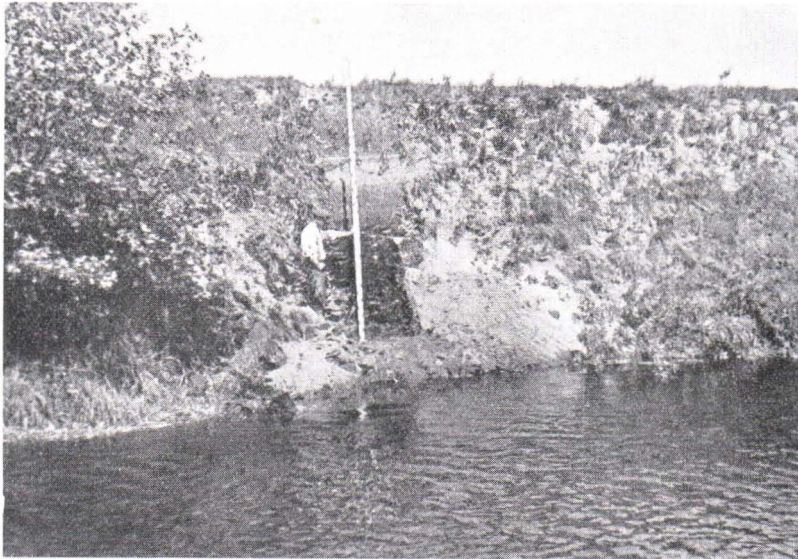


Abb. 15. Die Uferböschung am Viisjoki an der Entnahmestelle des Profils des vorigen Bilds.
Aufn. E. Hyypä.

Ailio hat das Maximum der Ladogatransgression in Metsäpirtti auf genau 20 m ü. M. festgelegt. Er stützt das auf die Abrasionsböschungen und Uferwälle, die er in den Dörfern Taipale und Jaama bestimmt hat. Die von Ailio gemessene Transgressionsgrenze liegt also bedeutend höher, als nach dem ehemaligen Wasserstand des Suvanto angenommen werden könnte. Es ist daher interessant zu prüfen, wie die Höchstgrenze der Ladogatransgression in der Stratigraphie der Moore dieses Gebietes hervortritt. In diesem Gebiet habe ich zwei Moore untersucht, durch deren Stratigraphie sich die Maximalgrenze der Ladogatransgression besser bestimmen lässt.

Das Moor Umpilammensuo.

Das Moor liegt ca. 2,5 km von der Kirche in Metsäpirtti nach Norden (P 2, Abb. 13, S. 158). Es ist gegenwärtig beinahe völlig entwässert. Im Westen und Nordwesten ist es umrandet von *Sphagnum-Pinus*-Reisermoor, dessen Oberfläche 15—16 m ü. M. liegt. Das Moor ist also seiner absoluten Höhe wegen für die Bestimmung der Maximalgrenze der Ladogatransgression sehr gut geeignet.

Aus dem Moor habe ich ein Querprofil erbohrt, das längs der auf der Karte (Abb. 13) vermerkten Linie P 2 verläuft. Abb. 16 zeigt dieses Bohrungsprofil sowie die über es ausgearbeiteten drei Pollendiagramme. Aus Raumgründen habe ich den Westrand des Profils bei der Zeichnung weggelassen, da er nichts enthält, was nicht auch aus dem gezeichneten Teil ersichtlich wäre.

Bei dem Weiher Umpilampi ist in der Stratigraphie des Moores die Ladogatransgression, durch eine dicke Schicht Feindetritusgyttja vertreten, deutlich zu erkennen. Diese Schicht keilt sich im westlichen Teil des Moores zwischen die Torfablagerungen, sich gleichzeitig verjüngend, und etwa bei Bohrungsstelle 3 hört die von der Transgression aufgeschüttete Gyttja völlig auf. Von dieser Stelle nach Westen, bis an den Rand des Moores, sind in der Stratigraphie keinerlei Transgressionsanzeichen zu erkennen, obgleich die absolute Höhe der Schichten es voraussetzte. Die Pollendiagramme 1, 3 und 5 beweisen deutlich, dass der unterste Teil des Moores durchweg älter als die Ladogatransgression ist, und ausserdem wird durch Diagramm 1 bezeugt, dass derselbe Teil bei dem Weiher Umpilampi von der Ladogatransgression betroffen worden ist. Auf Grund der Pollendiagramme habe ich auch die Moorschichten in zwei Teilen datieren können: Prä-Ladoga und Ladoga, wie aus der Figur ersichtlich.

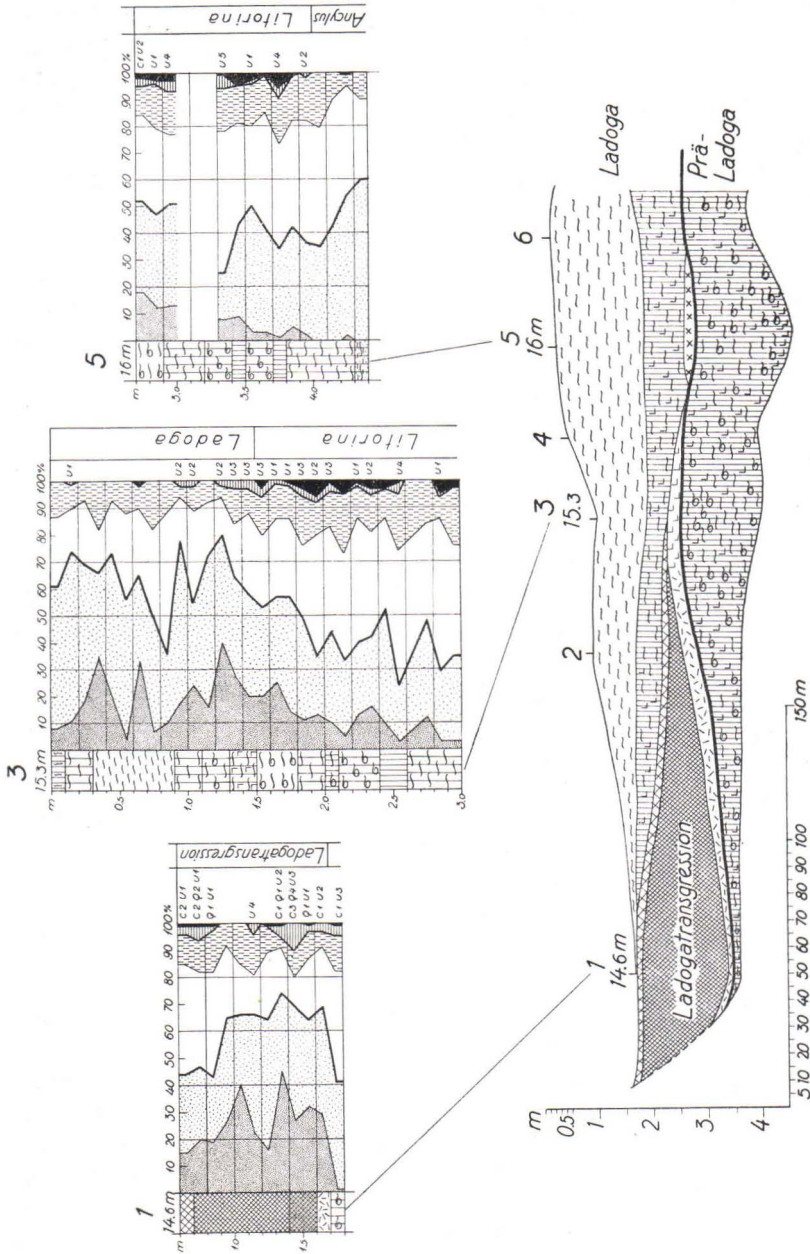


Abb. 16. Durch das Moor Umpilammensuo gelegtes Profil samt Pollendiagramme.
Anal. S. Räsänen.

Es erscheint sonderbar, dass das Moor nicht in seiner Gesamtheit von den Sedimenten der Ladogatransgression überlagert worden ist

und dass in der Lagerfolge des Moores westlich vom Umpilampi keinerlei Abrasionsanzeichen zu erkennen sind, obgleich der Teil des Moores, der älter als die Transgression ist (in der Profilfigur durch eine dicke schwarze Linie von dem Ladoga-zeitlichen Teil getrennt), an seiner höchsten Stelle nur 13.5 m ü. M. liegt.

Die Entwicklungsgeschichte des Moores scheint folgende zu sein. Die Vermoorung begann an dieser Stelle nach der Pollenverteilung (Diagramm 5, Abb. 16) am Ende der Ancyluszeit und dauerte ununterbrochen bis gegen Ende der Litorinazeit, als die Ladogatransgression das Moor in seinem Höhenwachstum überraschte. Damals begann die beim Umpilampi vorkommende Feindetritusgyttja sich zu sedimentieren, und gleichzeitig bearbeitete die Abrasion in gewisser Masse den beim Umpilampi gelegenen Teil des Moores, wie der an dieser Stelle abgelagerte Akkumulationstorf erkennen lässt. Doch hat sich das Moor vor den Stürmen des offenen Sees topographisch in geschützter Lage befunden, und das Steigen des Wasserspiegels ist offenbar so langsam gewesen, dass das Moor in seinem westlichen Teil mit dem steigenden Wasserspiegel wetteifernd hat emporenwachsen können, so dass das Ladogawasser zur Transgressionszeit überhaupt nicht dazu gekommen ist, das eigentliche Moor frei zu überfluten. Der beschleunigende Einfluss des steigenden Wasserspiegels auf den Höhenzuwachs des Moores ist auch daran zu erkennen, dass der vor der Transgression abgesetzte *Carex-Musci-Sphagnum*-Torf in *Carex-Sphagnum*- und schliesslich in *Sphagnum*-Torf übergeht.

Endlich erreichte die Ladogatransgression ihr Maximum, als der Suvanto sich vom Ladoga abschnürte und, wie bereits angeführt, annähernd im Maximalniveau der Ladogatransgression bis zum J. 1818 stehen blieb. Der Umpilampi war damals ein Teil des Sees Suvanto. Zugleich sedimentierte sich an seinem Grunde Feindetritusgyttja, und sogleich begann er längs der Oberfläche zu verlanden, wie aus der Profilfigur deutlich zu ersehen ist.

In der Lagerfolge kann die Lage der Mooroberfläche, wie sie zur Zeit der Ladogatransgression bestanden hat, nicht bestimmt werden. Sie kann kaum höher als die gegenwärtige gelegen haben, selbst wenn man die spätere Sackung der Schichten berücksichtigt. Die Mooroberfläche liegt jetzt rund 16 m ü. M., so dass recht gut angenommen werden kann, dass das Maximum der Ladogatransgression in Metsäpirtti zum mindesten nicht weit über 16 m absolute Höhe hinausgereicht haben kann. — Die über das Moor Umpilammensuo angestellten Diatomeenanalysen zeigen, dass das Wasser während der Ladogatransgression süß gewesen ist.

Das Moor Kortsuo.

Das Moor ist bebaut und liegt im Tal des Viisjoki ca. 1.5 km von der Kirche in Metsäpirtti nach Südosten, gleich nördlich des nach Saaronen führenden Weges.

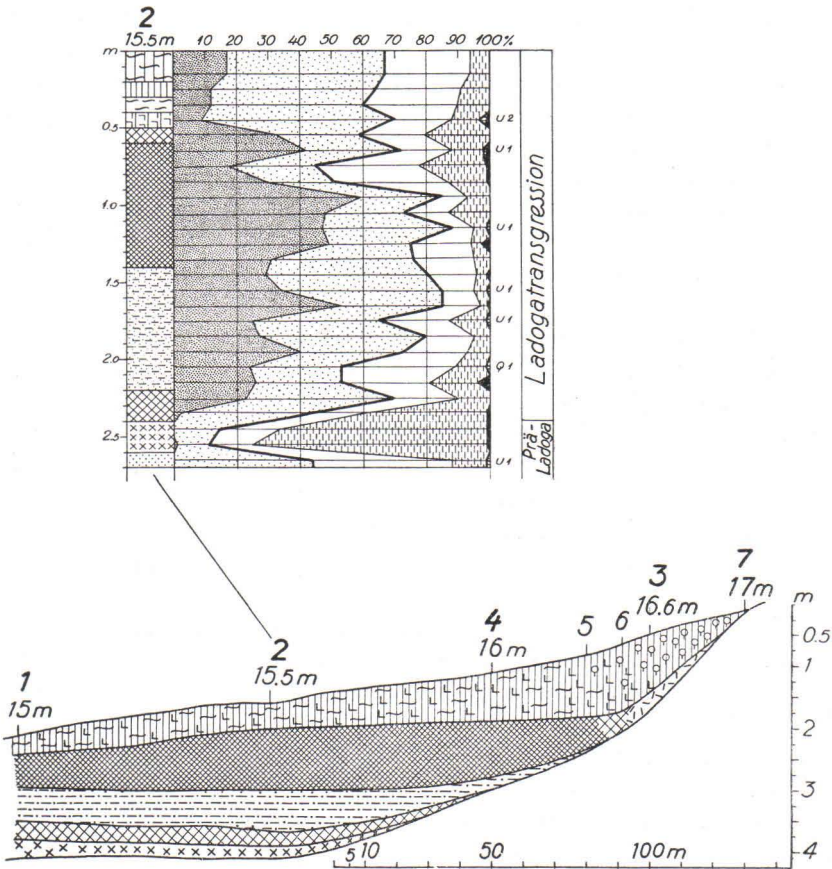


Abb. 17. Aus dem Moore Kortsuo erbohrtes Profil nebst Pollendiagramm. Anal. H. Urpola.

Abb. 17 stellt ein auf Grund meiner Bohrung konstruiertes Profil nebst dem Pollendiagramm dar. Am Grunde des Moores liegt zwischen den Bohrungsstellen 1 und 2 ganz dyartig zersetzter Torf als Rest des der Ladogatransgression vorausgegangenen Moores, das zu derselben Fazies wie die in der Uferböschung des Viisjoki sichtbaren Torfschichten gehört. Das Moor ist auch an dieser Stelle von der Ladogatransgression überspült worden, die durch eine stärkere Tongyttja-Schicht und vielleicht noch einen Teil der diese überlagernden

Feindetritusgyttja vertreten ist. Die letztere Schicht mag jedoch grösstenteils zu den Sedimenten des ehemaligen Suvanto gehören. Zuerst findet sich in der Lagerfolge eine Torfschicht, die hauptsächlich aus *Carex-Sphagnum-Equisetum*-Torf besteht.

Das Pollendiagramm zu Bohrungsstelle 2 ist nicht so deutlich ausgeprägt, dass man auf seiner Grundlage eine eingehende Datierung der Moorschichten unternehmen könnte. Die durch das Diagramm wiedergegebene Pollenzusammensetzung lässt den Einfluss der Ufernähe deutlich erkennen. Das zeigt z. B. die aussergewöhnlich grosse *Alnus*-Menge in den untersten Moorschichten. Das Diagramm beweist jedoch durchaus überzeugend, dass die in Frage stehende Transgression das Steigen des Ladogaspiegels gewesen ist. Der starke Anstieg von *Picea* und die Spärlichkeit der edlen Laubbäume in den die Transgression bezeichnenden Schichten liefern dafür einen bündigen Beweis.

Nach dem Profil des Moores Kortsuo kann angenommen werden, dass das Maximum der Ladogatransgression sich wenigstens bis zur Obergrenze der Tongyttja bzw. 14.9 m ü. M. erstreckt hat. Die Obergrenze der Feindetritusgyttja liegt bei 15.3 m ü. M. Die Tongyttja gehört wahrscheinlich ganz zu den Sedimenten der Ladogatransgression, aber die sie überlagernde Feindetritusgyttja ist wenigstens in ihrem oberen Teil Sediment des Suvanto. Das Höchstniveau dieses Sees ist vor 1818 fast ebenso hoch wie das Maximum der Ladogatransgression in diesem Gebiet gewesen (S. 158). Gemäss der Stratigraphie des Moores Kortsuo erscheint es also sicher, dass die Ladogatransgression in Metsäpirtti wenigstens bis 15 m ü. M., wahrscheinlich aber etwas weiter aufwärts gereicht hat. Auf Grund der Stratigraphie des Moores Umpilammensuo erhielten wir als wahrscheinlichen Wert des Transgressionsmaximums 16 m ü. M., S. 162.

Der Diatomeenbestand in den Transgressionssedimenten des Kortsuo ist ganz dieselbe Süsswasserflora wie auch anderswo in den Sedimenten der Ladogatransgression.

Uferbildungen.

Wie schon angeführt, mass Ailio (S. 160) in Metsäpirtti zwei Abrasionsterrassen, von denen die eine im Dorfe Taipale und die andere etwas weiter südlich im Dorfe Jaama gelegen ist. Jene liegt nach Ailio 20.6 m ü. M. (nach Berghells späterer Bestimmung 19.1 m ü. M., Ailio 1915), diese 20.4 m ü. M. Nach Ailio bedeuten diese Uferanzeichen das Maximum der Ladogatransgression in Metsäpirtti. Das von Ailio

bestimmte Niveau liegt also 4 m höher, als die Höchstgrenze der Ladogatrangression auf Grund der Stratigraphie der Moore in diesem Gebiet angesetzt worden ist. Meinerseits halte ich das Zeugnis der Moore für entscheidend. Hätte der Ladogaspiegel wenigstens 4 m, wie die von Ailio bestimmte Transgressionsgrenze voraussetzt, z. B. über dem Moore Umpilammensuo gestanden, so müsste das in dessen Stratigraphie zu erkennen sein. Wenigstens im westlichen Teil des Moores, wo es gegen eine flachhängige Sandheide stösst, deren Fläche nur 17 m ü. M. liegt, müsste es von der Ladogatrangression aufgeschüttete Sandablagerungen auf dem Torf geben, wenn eben die Transgression sich bis reichlich 20 m ü. M. erstreckt hätte. Jegliche derartige von einem Ufer hinterlassene Anzeichen fehlen jedoch völlig in der Stratigraphie des Moores. Es erscheint also sicher, dass Ailios Messung (20.4—20.6 m ü. M.) einen zu hohen Wert gegeben hat (die von Berghell ist 19.1 m ü. M.) oder dass es sich um irgendein älteres Stadium als die Ladogatrangression handelt.

Auch habe ich in diesem Gebiet eine deutliche Abrasionsböschung bestimmt, deren Fuss 16—16.3 m ü. M. liegt. Das Ufer findet sich im Westhang des Hügels Tuokonmäki, P 3, Abb. 13. Es ist zuletzt das Ufer des Suvantosees vor 1818 gewesen, aber es ist offenbar, dass die Ladogatrangression ursprünglich diese Böschung ausgearbeitet hat. War doch der ehemalige Suvantosee in fast gleichem Niveau wie das Maximum der Ladogatrangression gelegen, wie weiter oben dargestellt worden ist, S. 158. Es erscheint auch sicher, dass das Ufer des Tuokonmäki, 16—16.3 m ü. M., einen annähernd richtigen Wert für die Maximalgrenze der Ladogatrangression in Metsäpirtti gibt. Die Stratigraphie der örtlichen Moore gestattet keineswegs eine höhere Unterbringung dieser Grenze als bei 17 m ü. M.

PÖLLÄKKÄLÄ.

ANCYLUSTRANGRESSION.

Im Winter 1935 übersandte Lektor Kerttu Stenberg aus Pölläkkälä ein Stück Stammholz, das sich als Kiefer erwies. Es war im Gebiet des Sägewerkes von Pölläkkälä bei der Anlage eines Eisenbahnschnittes gefunden worden. In demselben Schnitt fand sich auch unter Kies eingebetteter Torf. Die Holzüberreste lagen in der genannten Torfschicht. Da dieser Fund interessant erschien, suchte ich im folgenden Sommer die betreffende Stelle zu seiner Prüfung auf.

Die Fundstelle liegt in unmittelbarer Nähe des Sägewerkes von Pölläkkälä und ist mit einem Ring in die Karte eingetragen worden, Abb. 18. Damals war gerade ein Nebengeleise quer durch einen flacheren glazifluvialen Rücken gebaut worden, der in der Richtung des Vuoksiufers durch das Dorf Pölläkkälä verläuft. Der Rücken ist auf der Karte von der 20 m-Höhenkurve umgrenzt. Der Schnitt

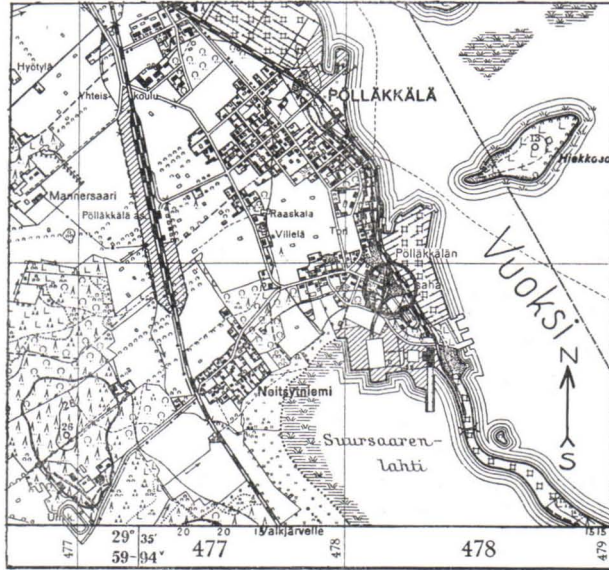


Abb. 18. Das Untersuchungsgebiet von Pölläkkälä.

des Nebengeleises verläuft in fast nord-südlicher Richtung. Der Kiefernstamm und die eingebettete Torfschicht fanden sich am Südeinde des Schnittes in seiner Westwand. Die Torfschicht liegt nahe dem Grunde des Schnittes. Sie erwies sich als sandhaltiger Akkumulationstorf, und auf ihr lag eine im Mittel 20 cm dicke Schicht lehmigen Tons. Abb. 19 stellt das von mir über den Schnitt ausgearbeitete Profil dar. Schon eine oberflächliche Betrachtung zeigte deutlich, dass das Nordende des Schnittes aus viel größerem Material als das Südeinde aufgebaut war. Eine nähere Untersuchung ergab, dass das Nordende glazifluvialer Kies und der Südrand wiederum Uferkies war. Der Schnitt war, als ich ihn untersuchte, schon so verrutscht, dass ich den genauen Kontakt dieser beiden Bodenarten nicht genau bestimmen konnte. Wie aus der Figur ersichtlich, fand sich die eingebettete Torfschicht unter Uferkies.

Der Entwicklungsgang ist an dieser Stelle folgender gewesen. In spätglazialer Zeit ist ein glazifluvialer Rücken entstanden. Danach ist die Stelle aus der Ostsee aufgetaucht, wobei sich an der Flanke der Erhebung ein flaches Ufergewässer gebildet hat oder diese Stelle in

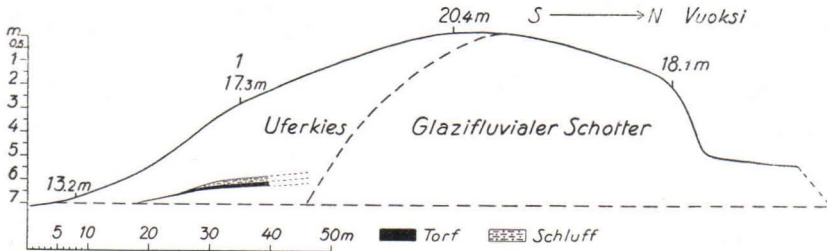


Abb. 19. Der Eisenbahnschnitt in Pölläkkälä.



Aufn. E. Hyypä.

Abb. 20. Der Eisenbahnschnitt in Pölläkkälä vom Südende her gesehen. Im Vordergrund ist die Uferablagerung zu sehen, unter den die Torfschicht eingebettet worden ist, s. Abb. 22.

ihrer Gesamtheit abgetrocknet ist. Die eingebettete Schicht ist am Ufer angehäufter Torf, der in reichlichen Mengen Kiefernborke und -holz enthält. Es ist möglich, dass der Rücken damals trockener mit Wald bestandener Boden gewesen und auf seinem Hang auch Torf gewachsen ist, den die Uferkräfte jedoch abradiert und aufs neue aufgeschichtet haben. Der Wasserspiegel stieg nämlich verhältnismässig bald wieder an und schüttete den betreffenden Ufertorf auf



Abb. 21. Das Nordende, das aus glazifluvialen Material aufgebaut ist vom Eisenbahnschnitt in Pölläkkälä. Aufn. E. Hyypä.



Abb. 22. Die unter den auf Abb. 20 sichtbaren Uferkies eingebettete Torfschicht. Aufn. E. Hyypä.

den Oshang. Bei weiter sich hebendem Wasserstand setzte sich auf dem Torf lehmiger Ton ab. Danach begannen die Uferkräfte primären glazifluvialen Kies des Rückens auf den Torf- und Tonschichten abzulagern. Er hat sich zum mindesten grösstenteils als Arbeitsergebnis eines regressiven Ufers abgesetzt. Die Abb. 20, 21, 22, zeigen die eingebettete Torfschicht und den Schnitt ausführlicher.

Schon eine oberflächliche Betrachtung des Schnittes in Pölläkkälä ruft den Wall am Moore Uusisuo auf Mantsinsaari (S. 153) ins Gedächtnis zurück. Unter diesem Wall lag ebenfalls eingebetteter Torf, der nach der Pollendatierung sich als älter als die Ancylostrostransgression erwies. Auch in dem Fall von Pölläkkälä gibt die Pollendatierung eine zuverlässige Lösung der Altersfrage. Diagramm 1, Abb. 23, ist zu der mächtigsten Stelle der eingebetteten Torfschicht ausgearbeitet worden. Es zeigt ganz dieselbe Zusammensetzung der Wälder wie die Diagramme für den Wall am Uusisuo auf Mantsinsaari (Diagramme 1 und 2, Abb. 11, S. 153). Auch die in Pölläkkälä eingebettete Torfschicht ist nach ihrem

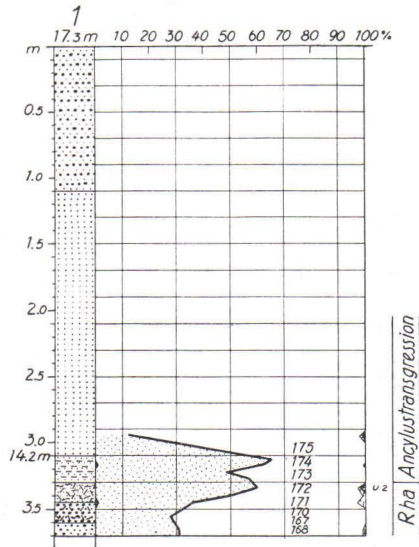


Abb. 23. Das Punktoprofil (1, 17,3 m, in Abb. 19), vom Eisenbahnschnitt in Pölläkkälä mit Pollendiagramm. Anal. K. Salminen.

Pollenbestand zur Zeit des Rha-Meeres entstanden und von der Ancylostrostransgression überflutet worden. Dass es sich hier wirklich um die Ancylostrostransgression handelt, ist daraus ersichtlich, dass der den Ufertorf überlagernde lehmige Ton in der Zusammensetzung seiner Pollen unverkennbar ancylostrostrisch ist und nach meiner Auffassung das Maximum der Ancylostrostransgression vertritt. Der lehmige Ton liegt unter Uferkies, dessen unterer Teil nach seinem Pollenbestand schon in die Zeit der Ancylostrostransgression gehört. Die oberen Schichten des Uferkieses können durch die Ladogatransgression aufgeschüttet worden sein.

Die Diatomeenanalysen zu dem Profil von Pölläkkälä (Tabelle 1, Nr. 168—175) stimmen mit der Pollendatierung völlig überein. Die Rha-zeitlichen Schichten sind allerdings fast diatomeenfrei. Der geologische Beweiskraft besitzende Diatomeenbestand beginnt erst bei Probe 173 oder also beim unteren Teil der das Maximum der

Ancylustransgression bezeichnenden Schicht. Wie aus der Tabelle zu entnehmen, enthalten die Proben 173—175 eine Süßwasserflora, die in seichten Ufergewässern gedeiht. Für derartige Verhältnisse spricht besonders die reichliche *Epithemia*-Flora der Proben. In seiner Gesamtheit stützt dieser Diatomeengehalt die Auffassung, dass die lehmige Tonschicht auf dem Ufertorf sich abgesetzt hat im Ancylussee, dessen Wassertiefe an dieser Stelle nicht sehr gross gewesen ist. Das Transgressionsmaximum hat sich natürlich über die Obergrenze des lehmigen Tones oder über das Niveau von 14.2 m und wahrscheinlich wenigstens bis auf den Scheitel des Rückens oder ca. 20 m ü. M. erstreckt. Weiteren Aufschluss über diese Frage liefert ein anderes in diesem Gebiet von mir untersuchtes Moor.

Etwa 1 km von dem Dorf Pölläkkälä nach Süden findet sich ein kleineres *Pinus*-Reisermoor, das im Mittel 19—20 m ü. M. liegt. Abb. 24, S. 173, zeigt seine Stratigraphie nebst Pollendiagramm. Dieses ist hier sehr deutlich ausgeprägt, so dass nach ihm die Moorschichten auf die den verschiedenen Ostseestadien entsprechenden Zeitfelder datiert werden können: *Yoldia*, *Ancylus*, *Litorina* und Post-*Litorina*.

Tabelle I.

Frequenzstufen: 1 besonders spärlich, 2 spärlich, 3 allgemein, 4 reichlich, 5 besonders reichlich. Anal. K. Salminen	P ö l l ä k k ä l ä										
	170	172	173	174	175	181	182	183	197	198	199
<i>Achnanthes exigua</i> v. <i>heterovalvata</i> Krasske	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— <i>lanceolata</i> v. <i>elliptica</i> Cleve	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Amphora ovalis</i> Kütz	—	—	2	1	1	1	2	1	—	—	1
— v. <i>libyca</i> (Ehr) Cleve	—	—	—	—	1	2	2	1	1	—	1
— v. <i>pediculus</i> Kütz	—	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—
<i>Anomooneis sphaerophora</i> (Kütz) Pfitzner	—	—	—	—	—	2	1	—	1	—	1
<i>Caloneis Schumanniana</i> v. <i>biconstricta</i> Grunow	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
— <i>silicula</i> (Ehr) Cleve	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—
<i>Campylodiscus noricus</i> v. <i>hibernica</i> (Ehr) Grun	—	—	1	1	—	1	1	1	—	—	1
<i>Cocconeis disculus</i> Schum.	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
— <i>pediculus</i> Ehr	—	—	1	1	—	—	1	1	1	—	—
— <i>placentula</i> (Ehr)	—	—	—	—	1	3	1	—	5	1	2
<i>Cocconeodiscus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	frag.	1	—	—	—
<i>Cyclotella bodanica</i> Eulenz.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— <i>comta</i> (Ehr) Kütz	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— <i>Kützingiana</i> Thwaites	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Breb.) W. Smith	—	—	2	1	—	1	—	1	—	—	—
— v. <i>hibernica</i> (W. Smith) Hust.	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— v. <i>nobilis</i> Hantzsch	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1
— <i>solea</i> (Breb.) W. Smith	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	1
<i>Cymbella aspera</i> (Ehr) Cleve	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—
— <i>cistula</i> (Hemprich) Grun	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
— <i>cuspidata</i> Kütz	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—
— <i>Ehrenbergii</i> Kütz	—	—	1	—	—	2	1	—	1	—	1

Frequenzstufen: 1 besonders spärlich, 2 spärlich, 3 allgemein, 4 reichlich, 5 besonders reichlich.	P ö l l ä k k ä l ä										
	170	172	173	174	175	181	182	183	197	198	199
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) v. Heurck ..	—	—	—	2	—	2	1	1	1	—	—
— <i>prostata</i> (Berkeley) Cleve	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
— spp.	—	1	—	—	1	2	1	2	1	1	2
— <i>tumida</i> (Breb.) v. Heurck	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) M. Schmidt	—	—	1	—	1	1	1	1	—	—	—
<i>Diploneis domblittensis</i> (Grun) Cleve ..	—	—	1	1	2	1	1	1	1	—	—
— v. <i>subconstricta</i> A. Cleve	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—
— <i>elliptica</i> (Kütz) Cleve	—	—	—	—	—	1	1	2	1	—	—
— v. <i>ladogensis</i> Cleve	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
— <i>finnica</i> v. Clevei	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>interrupta</i> (Kütz) Cleve	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
— <i>ovalis</i> (Hilse) Cleve	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—
— v. <i>oblongella</i> (Naegeli) Cleve ...	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
— <i>pseudovalis</i> Hustedt	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
— <i>Smithii</i> (Breb.) Cleve	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Epithemia argus</i> Kütz	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—
— <i>Hyndmanni</i> W. Smith	—	—	5	5	5	—	—	—	1	—	—
— <i>intermedia</i> Fricke	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—
— <i>sorex</i> Kütz	—	—	1	—	—	4	—	—	1	—	1
— <i>turgida</i> (Ehr) Kütz	—	—	5	5	2	3	1	1	1	—	1
— v. <i>granulata</i> (Ehr) Grun	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
— v. <i>Westermanni</i> Kütz	1	—	5	5	2	—	—	—	—	—	—
— <i>zebra</i> (Ehr) Kütz	—	—	5	5	4	3	1	1	4	—	1
— v. <i>porcellus</i> (Kütz) Grun	—	—	2	1	—	5	1	—	3	1	2
<i>Eunotia</i> spp.	—	—	—	—	—	1	—	1	—	5	4
<i>Fragilaria</i> spp.	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
<i>Frustulia</i> spp.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— v. <i>coronata</i> (Ehr) W. Smith	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1
— <i>constrictum</i> Ehr	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	1
— spp.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1
<i>Grammatophora oceanica</i> (Ehr) Grunow ..	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz) Rabh. ..	—	—	—	—	—	2	1	2	—	—	1
— <i>attenuatum</i> (Kütz) Rabh.	—	1	1	3	4	3	5	2	—	—	1
<i>Hantzschia elongata</i> (Hantzsch) Grun ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
— spp.	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kütz) Grunow	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
<i>Mastogloia elliptica</i> Agardh	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— <i>Grevillei</i> W. Smith	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
<i>Melosira ambigua</i> (Grun) O. Müller	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— <i>arenaria</i> Moore	1	—	4	5	3	—	1	—	1	—	—
— <i>islandica</i> subspec. <i>helvetica</i> O. Müll	1	—	5	—	4	2	3	5	5	—	5
— sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5
<i>Navicula americana</i> Ehr	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	5
— <i>amphibola</i> Cleve	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	—
— <i>bacillum</i> Ehr	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
— <i>cuspidata</i> Kütz	—	—	—	—	1	1	1	—	1	—	—
— v. <i>ambigua</i> (Ehr) Cleve	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— <i>gastrum</i> Ehr	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1
— <i>Jentzschii</i> Grun.	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—
— <i>menisculus</i> Schumann	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— <i>peregrina</i> v. <i>angusta</i> Kolbe	—	—	—	—	—	3	1	—	—	—	—
— <i>placentula</i> f. <i>rostrata</i> A. Mayer ..	—	—	—	—	—	1	2	1	—	—	—
— <i>platystoma</i> Ehr	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— <i>protracta</i> Grun	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— <i>pupula</i> v. <i>rectangularis</i> (Greg) Grun	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1

Frequenzstufen: 1 besonders spärlich, 2 spärlich, 3 allgemein, 4 reichlich, 5 besonders reichlich.	P ö l l ä k k ä l ä										
	170	172	173	174	175	181	182	183	197	198	199
<i>Navicula pusilla</i> W. Smith	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
— <i>radiosa</i> Kütz	—	—	—	—	1	3	1	—	2	—	1
— <i>Reinhardtii</i> Grun.	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— <i>scutelloides</i> W. Smith	1	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Neidium</i> spp.	—	—	—	—	—	2	1	—	1	1	4
<i>Nitzschia hungarica</i> Grun	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— <i>sigmoidea</i> (Ehr) W. Smith	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
<i>Opephora Martyi</i> Heribaud	—	2	—	—	—	1	1	—	1	—	—
<i>Pinnularia</i> spp.	—	—	1	1	1	5	2	2	2	5	5
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz) Grun	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr) O. Müll	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
— v. <i>ventricosa</i> (Ehr) Grun	—	—	—	—	—	2	—	1	1	—	1
<i>Stauroneis acuta</i> W. Smith	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
— <i>anceps</i> Ehr	—	—	—	—	—	4	—	—	1	1	1
— f. <i>gracilis</i> (Ehr) Cleve	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2
— <i>phoenicenteron</i> Ehr	—	—	—	—	1	4	1	1	1	5	5
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehr) Grun.....	—	—	1	—	—	1	1	1	1	—	1
<i>Surirella ovata</i> Kütz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Synedra pulchella</i> Kütz	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
— spp.	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb) Ktz	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
— <i>flocculosa</i> (Rotb) Ktz	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
— spp.	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—

Der am Moorgrund liegende Ton und der untere Teil der ihn überlagernden Feindetritusgyttja haben sich im Yoldia Meer selbst sedimentiert. Das bezeugt auch der Diatomeenbestand dieser Sedimente, Tabelle I, Proben 181—183. Besonders die Proben 182 und 183 enthalten die für die Yoldiazeit typische Mischflora, die neben den überwiegend vorhandenen Grossseeformen spärlich Salzwasserarten umfasste: *Coscinodiscus* sp., *Nitzschia hungarica*, *Grammatophora oceanica*, *Hyalodiscus scoticus*.

Die Abschnürung des Beckens zu einem Kleinsee beginnt schon in dem Horizont von Probe 181, und die darüber gelegene Probe 199 vertritt schon das abgeschnürte Becken, in dem die für ein süßes Kleingewässer typische Flora gelebt hat. Die folgende Probe, 198, zeugt für ähnliche Verhältnisse. Nach dem Pollendiagramm gehört diese Zeit in der Entwicklungsgeschichte des Moores an das Ende der Yoldiazeit, genauer gesagt, in das Endstadium des Rha-Meeres. Das Ufer hatte sich damals schon aus der höchsten Lage des Rha-Meeres zurückzuziehen begonnen und lag an dieser Stelle unterhalb der Moorschwelle oder eines Niveaus von 20 m. Hier handelt es sich also um ganz dieselbe der Ancylustransgression vorausgegangene Regression, die in dem Wall bei Uusisuo auf Mantsinsaari und im Eisenbahnschnitt von Pölläkkälä zu erkennen ist.

Nach dem Pollendiagramm vertritt der Horizont von Probe 197 die Zeit des Maximums der Ancylostergression. Im Moorsediment selbst vollzieht sich in diesem Horizont keine makroskopisch sichtbare Wandlung. Der Diatomeenbestand von Probe 197 weist jedoch gewisse Züge auf, die darauf hindeuten, dass das Moorbecken damals wieder in den Zusammenhang eines grösseren Gewässergebietes

aufgenommen worden ist. Eine schroffe Veränderung im Diatomeenbestand tritt zwar nicht ein. Er vertritt auch weiterhin die Flora eines Kleingewässers, doch ist wahrzunehmen, dass er plötzlich typische Planktonarten wie folgende umfasst: *Cyclotella bodanica* Eulenst., *C. comta* (Ehr) Kütz., *C. Kützingiana* Thwaites, *Melosira ambigua* (Grun) O. Müller, *M. islandica* subsp. *helvetica* O. Müller. Die letztgenannte Art

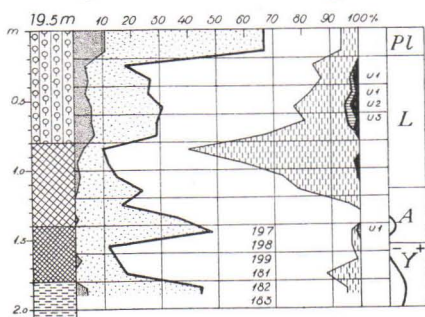


Abb. 24. Das 19.5 m Moor in Pölläkkälä. Anal. S. Räisänen.

kommt in Probe 197 in sehr reichlichen Mengen vor. Alle diese angeführten Arten fehlen in den Proben 198, 199, die meiner Auffassung nach einem der Ancylostergression vorausgegangenen örtlichen Seestadium entsprechen.

Die vom Finnischen Meerbusen her extrapolierte Maximalgrenze der Ancylostergression läge in Pölläkkälä 23—25 m ü. M. Etwa 8 km vom Dorfe Pölläkkälä den Vuoksi aufwärts habe ich denn auch in Kurenieni eine deutliche Uferböschung gemessen, die 25 m ü. M. liegt. Es erscheint sicher, dass sie auf Grund ihrer absoluten Höhe ein das Maximum der Ancylostergression vertretendes Ufer ist. In Pölläkkälä wäre sie infolge der Schrägstellung der Uferfläche etwas niedriger gelegen, so dass die obengenannte extrapolierte Ancylostergrenze (23—25 m ü. M.) offenbar der wirklichen nahekäme. Zu demselben Schluss führen auch die oben beschriebenen stratigraphischen Argumente, gemäss denen die Maximalgrenze der Ancylostergression in Pölläkkälä wenigstens etwas über 20 m ü. M. gelegen ist.

In dem Eisenbahnschnitt von Pölläkkälä ist die Untergrenze des auf die Regression hinweisenden Ufertorfes bei 13 m ü. M. anzutreffen. Es ist anzunehmen, dass die Torfschicht vor der durch die Ancylostergression verursachten Abrasion noch niedriger gelegen hat. Jedenfalls ist es sicher, dass das der Ancylostergression vorausgegangene Ufer sich in Pölläkkälä wenigstens bis in ein Niveau von 13 m zurückgezogen hat. Der Betrag der Ancylostergression auf der Isobase

von Pölläkkälä beliefe sich demgemäss auf wenigstens 10 m (23—13 m). Vergleichshalber sei angeführt, dass Munthe (H. Munthe 1940) auf einer Pölläkkälä entsprechenden Isobase als Betrag der Ancylostegression 22 m erhält. In diesem Zusammenhang ist wieder daran zu erinnern, dass das Gebiet von Pölläkkälä in den Bereich des Ladoga gehört, wo die Untergrenze der dem Ancylostegression vorausgegangenen Regression durch die Schwelle Vetokallio, die jetzt 15 m ü. M. liegt, bestimmt worden ist. Auf der Pölläkkälä entsprechenden Isobase im Ostseebereich hat die der Ancylostegression vorausgegangene Regression sich offenbar weit tiefer zurückgezogen, so dass der Betrag der Transgression dort entsprechend grösser gewesen ist.

In der früheren Untersuchung (E. Hyypä 1937, S. 195) kam ich bereits zu der Auffassung, dass der Ancylostegression wenigstens im Bereich der Karelischen Landenge transgressiv gewesen ist. Mein damaliges Material war jedoch für eine ausführlichere Darlegung dieser Transgression nicht ausreichend. Die Profile von Mantsinsaari und Pölläkkälä geben jetzt sicherere Kenntnis von dem Betrag der Ancylostegression im Bereich der Karelischen Landenge und des Ladogasees. Schon früher haben russische Forscher einige Moorprofile aus der Umgebung von Leningrad veröffentlicht, Profile, in denen auch die von der Ancylostegression überfluteten Torfschichten zu sehen sind. (K. K. Markow und W. S. Poretzky 1935a, 1935b). Diese Schichten sind ebenfalls an Hand von Pollen und Diatomeen datiert worden und sind mit Sicherheit mit den von der Ancylostegression überfluteten Mooren auf Mantsinsaari und in Pölläkkälä gleichartig. Besonders die aus dem Moore Lachta am Ufer des Finnischen Meerbusens erbohrte Lagerfolge ist in dieser Hinsicht interessant. Im Moore Lachta liegt die Obergrenze der von der Ancylostegression überfluteten Torfschicht ca. 4 m unterhalb des jetzigen Meeresspiegels. An derselben Stelle befindet sich die Ancylostegrenze in meinem Relationsdiagramm ca. 5 m ü. M. (E. Hyypä 1937). Als Mindestbetrag der Ancylostegression in Lachta ergäbe sich also ca. 9 m.

ZUSAMMENFASSUNG.

LADOGATRANSGRESSION.

Mantsinsaari. Nach den früheren Untersuchungen (J. Ailio 1898, 1915) läge die Maximalgrenze der Ladogatransgression auf Mantsinsaari 21—21.5 m ü. M. Sie ist durch eine Menge von wohlausgebildeten Uferböschungen und Wällen bezeichnet. Unter letzteren

findet sich eingebetteter Torf. Die vorliegende Untersuchung enthält die über diese eingebetteten Torfschichten angestellten Pollenanalysen, die bündig beweisen, dass die genannten Vorzeitufer während des Maximums der Ladogatrangression entstandene Uferbildungen sind. Auf Grund der Stratigraphie dieser Torfschichten und der entsprechenden Uferbildungen habe ich als Maximalgrenze der Ladogatrangression auf Mantsinsaari 17.5—18 m ü. M. gemessen.

Metsäpirtti. Nach Ailio ergäbe sich als Höchstgrenze der Ladogatrangression in Metsäpirtti 20.4—20.6 m ü. M. Berghell hat später diesen Wert auf 19.1 m ü. M. reduziert. Mein eigenes Material in Metsäpirtti umfasst ein Profil der Uferböschung am Viisjoki sowie zwei Moorprofile. In allen diesen Profilen traten von der Ladogatrangression überspülte Torfschichten hervor. Auf Grund dieser stratigraphischen Zeugnisse sowie eines von mir gemessenen Vorzeitufers hat die Ladogatrangression sich in Metsäpirtti bis ca. 16 m ü. M., keinesfalls höher als 17 m ü. M. erstreckt. Sowohl das stratigraphische Material von Mantsinsaari als auch das von Metsäpirtti beweisen, dass das Maximum der Ladogatrangression zeitlich ganz in den **A u s g a n g d e r L i t o r i n a z e i t** fällt.

Am Südennde des Ladogasees haben die russischen Forscher die von Ailio bestimmte Grenze der Ladogatrangression reduziert, so dass sie nach ihnen dort 14—15 m ü. M. liegt. Der angeführte Wert steht denn auch gut im Einklang mit den Ergebnissen, die ich auf Mantsinsaari und Metsäpirtti erhalten habe. Das Resultat der Russen setzt ebenfalls voraus, dass die Newa nicht erst als von der Ladogatrangression durchbrochen entstanden, sondern schon vor dieser vorhanden gewesen ist. Nach den russischen Forschern war das Bett der Newa jedoch zu Beginn der Rangression zu eng, um die durch die Schrägstellung des Seebeckens verursachte Rangression balancieren zu können. Erst als das Bett genügend gross erodiert worden war, ging die Rangression in eine Regression über.

Es erscheint schwer verständlich, dass ausschliesslich die Schrägstellung des Ladogabeckens ein so starkes Steigen des Wasserspiegels veranlasst hätte, da gleichzeitig das Newabett wirkte und ausserdem der Ladoga seine Wassermassen in den Finnischen Meerbusen auch durch den Heinjoki über die Schwelle Vetokallio ergiessen konnte. Die Ladogatrangression erschien auf der Isobase des Heinjoki nämlich noch verhältnismässig stark. Es ist dafür sehr wahrscheinlich, dass die Ladogatrangression nicht allein durch die Schrägstellung des Seebeckens sondern **a u c h d u r c h d a s K l i m a v e r u r s a c h t w o r d e n** ist. Anzeichen einer derartigen feuchten Periode müssen natürlich unter solchen Umständen auch anderswo zu erkennen sein.

Doch ist es verfrüht, diese Frage in ihrer ganzen Weite zu behandeln, so dass ich mich in diesem Zusammenhang nur mit einigen Hinweisen begnüge.

Es verdient erwähnt zu werden, dass nach Granlund (E. Granlund 1932) die schwedischen Hochmoore mehrere durch Temperatur- und Niederschlagsschwankungen verursachte Grenzflächen, sogenannte »Rekurrenzflächen«, enthalten. Eine von ihnen, die »Rekurrenzfläche« V, fällt zeitlich an das Ende der Litorinazeit. Damals ist im Hochmoorgebiet dank einer vermehrten Niederschlagsmenge und einer Temperatursenkung das Grundwasser gestiegen. Hier schiene also eine Parallelerscheinung zu der gleichzeitigen Ladogatransgression vorzuliegen. Zukünftigen Untersuchungen bleibt es überlassen, die Frage zu lösen, ob diese und möglicherweise auch einige andere Seetransgressionen in Finnland, wie z. B. die Saimaatransgression, mit dem gleichzeitigen klimatischen Faktor wirklich im Kausalzusammenhang gestanden haben.

ANCYLUSTRANSGRESSION.

Mantsinsaari. Unter dem Uferwall am Moore Uusisuo hat sich eine Torfschicht eingebettet, die nach der Pollendatierung in die Zeit des Rha-Meeres zurückreicht. Die Ancylustransgression hat das betreffende Moor überflutet. Es ist das erste im Bereich des Ladoga-sees von mir angetroffene stratigraphische Zeugnis von der Ancylustransgression. Die Maximalgrenze der Ancylustransgression liegt auf Mantsinsaari 17—20 m ü. M., und ihr Mindestmass beträgt nach der Stratigraphie des bei Uusisuo gelegenen Walles 2—5 m. Die grossartigen, in den Diabasfels abradierten Uferböschungen auf Mantsinsaari, die man ausschliesslich der Wirkung der Ladogatransgression zugeschrieben hat, haben offenbar schon während der Abrasion durch die Ancylustransgression zu entstehen begonnen, da die beiden Transgressionen sich hier in annähernd gleiche absolute Höhe erstreckt haben.

Pölläkkälä. Der Eisenbahnschnitt im Gebiet des Sägewerkes von Pölläkkälä deckt eine unter Uferkies eingebettete Torfschicht auf, die nach der Pollendatierung aus der Rha-Zeit stammt. Der sie unmittelbar überlagernde lehmige Ton und Uferkies sind durch die Ancylustransgression aufgeschüttet worden. Es handelt sich um ein ganz gleichartiges stratigraphisches Zeugnis für die Ancylustransgression wie der Wall bei Uusisuo auf Mantsinsaari. Auf Grund des Eisenbahnschnittes in Pölläkkälä und eines in demselben Gebiet von

mir untersuchten Moores liegt die Maximalgrenze der Ancylosttransgression in Pölläkkälä mehr als 20 m ü. M. Eine vom Finnischen Meerbusen her durchgeführte Extrapolation ergäbe als Höchstgrenze der genannten Transgression in Pölläkkälä 23—25 m ü. M. Ihr Mass beläuft sich dort auf wenigstens 10 m. Sowohl auf Mantsinsaari als auch in Pölläkkälä ist die Untergrenze der der Ancylosttransgression vorausgegangenen Regression durch die Höhe der Schwelle Vetokallio bestimmt worden. Diese liegt jetzt 15 m ü. M. Der wirkliche Betrag der Ancylosttransgression lässt sich nur im Ostseebereich untersuchen (vgl. H. Munthe 1940).

In die Karte, Abb. 1 S. 140, sind die Isobasen der Ladoga- und der Ancylosttransgression eingetragen worden. Die Ancylostisobasen gründen sich zum Teil auf vom Finnischen Meerbusen her angestellte Extrapolationen.

LITERATUR.

- AILIO, J. (1898), Über Strandbildungen des Litorinameeres auf der Insel Mantsaari. *Fennia* 14, N:o 2.
- (1915), Die geographische Entwicklung des Ladogasees in postglazialer Zeit und ihre Beziehung zur steinzeitlichen Besiedelung. *Fennia* 38, N:o 3.
- BERGHELL, H. (1896), Bidrag till kännedom om Södra Finlands kvartära nivåförändringar. Deutsches Referat: Beiträge zur Kenntniss der quartären Niweauschwankungen Süd-Finnlands. *Bull. Comm. Geol. Finl.* N:o 5.
- (1927), Suomen Geologinen Yleiskartta. Lehdet E 2 ja E 3. Salmi ja Suojärvi. *Geol. kom.*
- ERDTMAN, G. (1936), New methods in pollen analysis. *Svensk. Bot. Tidskr.*, Bd. 30, pp. 154—164.
- DE GEER G. (1894), Om kvartära nivåförändringar vid Finska viken. *Geol. fören. i Stockholm förh.* Bd. 16.
- GRANLUND, E. (1932), De svenska högmossarnas geologi. *Sv. Geol. Unders. Ser. C.* N:o 373.
- HYYPÄ, E. (1932), Die postglazialen Niveauverschiebungen auf der Karelischen Landenge. *Fennia* 56, N:o 11.
- (1937), The postglacial Changes of Shore-line in South-Finland. *Bull. Comm. Geol. Finl.* N:o 120.
- MARKOW, K. K. and PORETZKY W. S. (1935 a), Pollen- und diatomeen analytische Untersuchungen über die Geschichte des Finnischen Meerbusens, Ladoga- und Onegasees. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt.* Bd. LII Dresden.
- — (1935 b), Die spät- und postglaziale Geschichte des nordwestlichen Teiles des Leningrader Gebietes. *Zeitschr. f. Gletscherkunde*, Bd. XXII, Heft 1/5.
- MUNTHE, H. (1940), Om Nordens, främst Baltikums, senkvartära utveckling och stenåldersbebyggelse. *K. Sv. Vet. Ak. Handl.* 3, Bd. 19: 1.
- SAURAMO, M. (1939), The Mode of the Land Upheaval in Fennoscandia during Late-Quaternary Time. *Bull. Comm. Geol. Finl.* N:o 125.
- (1940), Suomen luonnon kehitys jääkaudesta nykyaikaan. *Werner Söderström O. Y.*

EIN NATÜRLICHES SYSTEM DER MINERALIEN.

HUGO STRUNZ, Mineralogische Tabellen. (Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom. Ges. Leipzig 1941).

Bisher sind bei der Systematik der kristallinen Mineralien keine einheitlichen Gesichtspunkte bestimmend gewesen, und in den Lehr- oder Handbüchern sowie den Mineraliensammlungen ist der Stoff nach vielen verschiedenen Prinzipien angeordnet worden. So ist im Mineralmuseum der Universität Helsinki die allgemeine Mineraliensammlung nach DANA, die Sammlung der finnischen Mineralien aber nach GROTH geordnet. Keine bisherige Klassifikation konnte allein bevorzugt werden, weil es kein natürliches System gab, wo jede Mineralspecies ihren gegebenen Platz hätte. Erst nachdem die Kristallstruktur der wichtigeren Mineralien bestimmt worden ist, erscheint eine natürliche Einteilung möglich, wie zuerst die Klasse der Silikate nach den Ergebnissen von MACHATSCHKI ua. ihre natürliche Unterteilung fand.

STRUNZ hat als erster sich die Aufgabe gestellt, auf kristallchemischer Grundlage ein natürliches System des gesamten Mineralreichs zu schaffen. Seine Einteilung ist jedoch in erster Linie rein chemisch, wie meistens die früheren Einteilungen, aber schon bei der Anordnung der Klassen nimmt sie Rücksicht auf die kristallchemischen Verhältnisse, die dann bei der weiteren Unterteilung noch mehr grundlegend werden, obwohl in verschiedenem Grade bei den verschiedenen Klassen. Das ist auch gewiss der richtige Weg. Eine auf die Kristallstruktur allein basierte Systematik wäre ebenso wenig natürlich wie das LINNÉsche System der Pflanzen!

Die Klassen der STRUNZschen Systematik sind folgende:

- I. Elemente, Legierungen, Carbide, Nitride, Phosphide.
- II. Sulfide, Selenide, Telluride, Arsenide, Antimonide, Bismutide.
- III. Halogenide.
- IV. Oxyde und Hydroxyde.
- V. Nitrate, Carbonate, Borate.
- VI. Sulfate, Tellurate, Chromate, Molybdate, Wolframate.
- VII. Phosphate, Arsenate, Vanadate.
- VIII. Silikate.
- IX. Organische Verbindungen.

Die Klasse der Elemente ist kristalchemisch recht heterogen. Die metallischen Elemente sind durch die metallische Bindungsart und die symmetriereichsten Strukturen charakterisiert, während die Metalloide typisch homoeopolare Valenzbindung aufweisen und zwar teils in Koordinationsgittern wie Diamant, teils in Molekülgittern wie Schwefel kristallisieren, dementsprechend verschiedene recht komplizierte Strukturen besitzend. Die Sprödmetalle, wie die der Arsengruppe, stellen Übergänge zwischen beiden dar. Im allgemeinen spielt die Bindungsart fast gar keine Rolle bei der Einteilung. Homoeopolare Kristallarten treten bei den natürlichen Mineralien, abgesehen von den organischen Verbindungen, fast nur in der Klasse der Elemente auf, bei allen anderen Klassen herrscht die heteropolare Ionenbindung vor, obgleich Anklänge zur Valenzbindung bei manchen Reihen unter den Sulfiden, Halogeniden und Oxyden vorhanden sind.

Unter den Sulfiden usw. werden zuerst angeführt die Legierungsartigen metallreichen Verbindungen, die sich den metallischen Elementen anschliessen, und die Anordnung erfolgt nach abnehmendem Metallgehalt. Die Einteilung in eigentliche Sulfide und Sulfosalze der früheren Mineralsysteme ist hier gänzlich aufgegeben worden.

Als die dritte Klasse folgen die Halogenide, die drei Unterklassen, die Einfachen Halogenide, die Doppelhalogenide und die Oxyhalogenide umfassen. In jeder Gruppe werden die Verbindungen nach zunehmendem Halogengehalt und bei demselben Kation-Halogen-Verhältnis nach grösser werdendem Kationenradius angeordnet. Derselbe Anordnung wird übrigens bei allen anderen Klassen angewendet.

Nach den Halogeniden folgen die Oxyde und Hydroxyde, wie bei DANA. Dies erscheint auch berechtigt, einerseits weil die Sauerstoffverbindungen in ihren vorherrschenden Kristalltypen manche Ähnlichkeiten mit den Halogeniden aufweisen, andererseits aber, weil es unter den Oxyden manche Übergänge gibt in die Salze der Sauerstoffsäuren, die sich auch sonst folgerichtig an die einfachen Oxyde anschliessen. In die Klasse der Oxyde werden eingereiht die Uranate Niobate, Tantalate, Titanate, Zirkonate usw., weil sie wie die Aluminate und Ferrate keine ausgesprochenen Komplexanionen besitzen und manchmal Isotypen zu den einfachen Oxyden darstellen, wie der Tapiolith dem Rutil und der Tantalit dem Brookit. Auch die Arsenite, Selenite und Jodate werden anhangsweise zu den Oxyden geführt, obwohl sie zum Teil komplexe Anionen von trigonal-pyramidalem Gestalt enthalten. Ihre Einreihung in die Klasse der Oxyde lässt sich nur in Hinsicht auf ihre geringe Bedeutung im Mineralreich verteidigen; in einem allgemeinen System der anorganischen Kristallarten sollten sie ihren eigenen Platz erhalten.

Die fünfte Klasse umfasst die Nitrate, Carbonate und Borate. Sie erscheint kristallchemisch zunächst recht homogen, indem alle die planare Baugruppe RO_3 als komplexes Anion enthalten und viele isotype Reihen aufweisen, die Glieder aus allen drei Klassen umfassen, wie z. B. Nitronatrit NaNO_3 , Calcit CaCO_3 und Scandiumborat ScBO_3 . Doch haben besonders die Borate recht verschiedenartige Kristallstrukturen, wozu wir noch zurückkommen werden. In jeder Gruppe werden wasserfreie und wasserhaltige Kristallarten unterschieden, und dazu noch solche ohne oder mit fremden Anionen (OH , F , Cl usw.). Ebenso werden die Klasse VI der Sulfate und VII der Phosphate weiter abgeteilt. Beide diese Klassen sind charakterisiert durch die tetraedrische Baugruppe RO_4 ebensowie die Silikate, Klasse VIII. Ihre Abtrennung als verschiedene Klassen wird berechtigt erstens durch die verschiedene Valenz dieser komplexen Anionen: SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_4^{4-} . Diese Verschiedenheit ruft ihrerseits wegen der verschiedenen Zahl der zur Absättigung nötigen Kationen verschiedene Strukturtypen hervor, doch kann auch Isotypie, ja sogar isomorphe Mischbarkeit vorkommen, z. B. zwischen einem Phosphat eines dreiwertigen Kations mit dem Silikat eines vierwertigen, wie Xenotim YPO_4 und Zirkon ZrSiO_4 . STRUNZ hat selbst mehrere Isotypiefälle zwischen Phosphaten und Silikaten entdeckt.

Die Silikate werden von STRUNZ nach der zunehmenden Grösse der aus SiO_4 -Tetraedern gebauten Gruppen in der folgenden Weise eingeteilt: A. Silikate mit Inseltetraedern oder Nesosilikate; B. Silikate mit endlich begrenzten Gruppen: Sorosilikate; C. Silikate mit unendlichen Ketten: Inosilikate; D. Silikate mit unendlichen Schichten: Phyllosilikate; E. Silikate mit unendlichen Gerüsten: Tektosilikate. (Ref. hat die Unterklassen A. und B. als die Edelsilikate zusammengefasst, während die Inosilikate in zwei Unterabteilungen, die Kettensilikate und die Bandsilikate eingeteilt wurden. Statt Phyllosilikate und Tektosilikate hat Ref. die Namen Netzsilikate und Gerüstsilikate angewendet.)

Die Eigenschaft der Silikate, dass ihre O-Ionen gleichzeitig zu zwei Tetraedern $(\text{Si,Al})\text{O}_4$ gehören können, beruht bekanntlich darauf, dass jede Bindung Si-O eine ganze Einheit beträgt, womit die zweite Bindungseinheit des Sauerstoffions zur Absättigung eines viertels der zweiten Si-Ions eingesetzt werden kann. Durch diesen sog. mesodesmischen Charakter der SiO_4 -Gruppen vor allem ist bedingt die Eigenartigkeit der Silikatchemie, ebenso wie die der Kohlenstoffchemie durch die Fähigkeit des C-Atoms, mit einem anderen C-Atom in Valenzbindung einzugehen. Dank der Enträtselung der Bindungs-

weise der Silikate konnte ihre Systematik schliesslich so glücklich gelöst werden. Nun ist zu bemerken, dass die Borate ebensolche mesodesmische Natur besitzen wie die Silikate, und es ist vorauszusehen, dass die zur Zeit noch zu wenig bekannten Borate nach eingehender Erforschung ihrer Kristallstrukturen nach ähnlichen Prinzipien eingeteilt werden können, wie jetzt die Silikate. STRUNZ ist die Analogie der Borate und Silikate nicht entgangen, denn er sagt (S. 9): »Wie bereits aus den Formeln hervorgeht, bilden die BO_3 -Komplexe der Borate häufig Zusammenhängende Struktureinheiten B_2O_5 , B_4O_7 , B_6O_{11} usw. Die Stellung am Ende dieser (der V.) Klasse entspricht somit der Stellung der Silikate am Ende der Mineralien mit RO_4 -Tetraedern«. Es kann möglich sein, dass bei vertieftem Verständnis der Kristallstrukturen noch andere Klassen, etwa die Oxyde, auf kristallchemischer Grundlage zweckmässiger unterteilt werden können. Für einzelne Mineralgruppen kann die Einreihung in das System, wie sie jetzt in den STRUNZschen Tabellen vorliegt, nach künftigen Untersuchungen abgeändert werden müssen, zumahl bei manchen Mineralien sichere Strukturbestimmungen noch fehlen.

Jedenfalls ist das System schon so weit entwickelt und entwicklungsfähig, dass es zur allgemeinen Anwendung u. a. bei Neuordnung der Mineralsammlungen empfohlen werden kann.

Hier sei schliesslich auf einen allgemeinen Gesichtspunkt hingewiesen. Die Minerale sind durch natürliche Vorgänge gebildete und in natürlichen Lagerstätten vorkommende, meistens anorganische Kristallarten. Manchmal sind es ganz unwesentliche Umstände, die es bestimmen, welche unter den möglichen Kristallarten in der Natur gebildet werden. Die Mineralogie ist somit nur ein willkürlich begrenztes Teilgebiet der allgemeinen Kristallkunde, das System der Minerale ein Teil des Systems der Kristallarten. STRUNZ hat schon als Erweiterung seiner Mineralklassifikation einen Plan der Klassifikation der anorganischen Verbindungen veröffentlicht.¹ Zu den oben angeführten Klassen kommen hier noch fünf weitere Klassen hinzu, die unter den Mineralien gar nicht oder nur spärlich vertreten sind. So werden die Hydride, Boride, Carbide, Silizide, Nitride, Phosphide als eine selbständige Klasse nach I eingeschaltet, ebenso zwischen den Oxyden und Nitraten die Arsenite, Sulfite, Selenite, Tellurite, Manganate, Rhenate, Chlorate, Bromate, Jodate (vorzugsweise mit trigonal-pyramidalen Baugruppen RO_3), ferner nach der Klasse der Nitrate usw. die Permanganate, Perrhenate, Perchlorate (mit tetraedrischen Baugruppen RO_4 aus der 7. Gruppe des periodischen Systems. Offenbar zufolge ihres grossen Oxydationsvermögens sind

¹ Die Naturwissenschaften H. 16. S. 243, 1942.

sie in der Natur nicht so lange haltbar, dass sie als Mineralien vorkommen könnten). Nach den Silikaten (einschl. Germanaten) kommt eine Klasse der Komplexverbindungen (Isopolysäuren, Heteropolysäuren . . .), und danach schliesslich eine Klasse von Kohlenstoffverbindungen wie HCN, HCNS usw. (als Übergang zu den organischen Verbindungen).

STRUNZ hebt hervor, dass eine derart generelle Systematik etwa für Referatensammlungen oder für eine »Spezielle Kristallchemie« Verwendung finden könnte. Offenbar ist ein natürliches System begrüssenswert überhaupt für die Kristallchemie, deren Bedeutung als ein integrierender und wichtiger Teil der anorganischen Chemie in der Praktik, den Lehrbüchern, der chemischen Unterricht noch nicht gebührend verwertet worden ist. Wir Mineralogen müssen bereit sein, auf die Selbständigkeit unserer Wissenschaft zu verzichten, denn Mineralogie ist nichts als die auf die Naturprodukte angewandte Chemie und Physik! Das wird die Bedeutung unserer Wissenschaft nicht einbüßen. Es wäre schliesslich nur Schade für die Wissenschaft, wenn die Mineralogen sich etwa wegen Ambitionsgründe gegen den natürlichen Entwicklungsgang stellen würden. Müssen doch schon jetzt auch nichtmineralische Kristallarten mitberücksichtigt werden in der allgemeinen Mineralogie, die sachlich und wesentlich identisch mit der allgemeinen Kristallkunde ist.

Pentti Eskola.

Uusia jäseniä Suomen Geologiseen Seuraan valitaan kahden jäsenen ehdotuksesta.

Seuran julkaisut ilmestyvät sarjassa *Bulletin de la Commission géologique de Finlande*, ja jaetaan

1. kaikille jäsenille,
2. niille, jotka saavat mainitun sarjan,
3. laitoksille ja yhdistyksille, jotka haluavat julkaisujen vaihtoa.

Suomen Geologisen Seuran osoite on Helsinki, Bulevardi 29.

Medlemmar i Geologiska Sällskapet i Finland inväljas på förslag av två av Sällskapetets medlemmar.

Sällskapetets publikationer utgivas i serien *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* och utdelas till

1. Sällskapetets medlemmar,
2. personer, som fått mottaga nämnda serie,
3. institutioner och sammanslutningar, vilka önska träda i skriftutbyte med Sällskapet.

Geologiska Sällskapetets i Finland adress är Helsingfors, Boulevarden 29.

Pour devenir membre de la Société géologique de Finlande on doit être présenté par deux membres.

Les publications de la Société seront éditées dans la série *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* et seront distribuées

1. aux membres de la Société,
2. aux personnes ayant reçues la présente série,
3. aux institutions et aux associations désirant entrer en échange des publications.

S'adresser à la Société géologique: Boulevard 29, Helsinki.
