

BULLETIN
DE LA
COMMISSION GÉOLOGIQUE
DE FINLANDE

N:o 37

WEITERE MITTEILUNGEN ÜBER BRUCHSPALTEN
MIT BESONDERER BEZIEHUNG ZUR
GEOMORPHOLOGIE VON
FENNOSKANDIA

VON
J. J. SEDERHOLM

MIT EINER TAFEL UND 27 FIGUREN IM TEXT

HELSINGFORS
JUNI 1913

Fascicules parus du Bulletin de la Commission géologique de Finlande (en vente dans la librairie Akademiska bokhandeln, Helsingfors, et chez MAX WEG, Königstrasse 3, Leipzig).

N:o 1.	Cancrinitsyenit und einige verwandte Gesteine aus Kuolajärvi, von WILHELM RAMSAY und E. T. NYHOLM. Mit 4 Figuren im Text. Mai 1896.....	—: 50
N:o 2.	Ueber einen metamorphosirten präcambrischen Quarzporphyr von Karvia in der Provinz Åbo, von J. J. SEDERHOLM. Mit 12 Figuren im Text. Dec. 1895	—: 75
N:o 3.	Till frågan om det sen-glaciala hafvets utbredning i Södra Finland, af WILHELM RAMSAY, jemte Bihang 1 och 2 af VICTOR HACKMAN och 3 af J. J. SEDERHOLM. Med en karta. Résumé en français: La transgression de l'ancienne mer glaciaire sur la Finlande méridionale. Févr. 1896.....	1: 25
N:o 4.	Ueber einen neuen Kugelgranit von Kangasniemi in Finland, von BENJ. FROSTERUS. Mit 2 Tafeln und 11 Figuren im Text. April 1896	1: 25
N:o 5.	Bidrag till kännedomen om Södra Finlands kvartära nivåförändringar, af HUGO BERGHELL. Med 1 karta, 1 plansch och 16 figurer i texten. Deutsches Referat: Beiträge zur Kenntnis der quartären Niveauschwankungen Süd-Finnlands. Mai 1896	2: —
N:o 6.	Über eine archaische Sedimentformation im südwestlichen Finnland und ihre Bedeutung für die Erklärung der Entstehungsweise des Grundgebirges, von J. J. SEDERHOLM. Mit 2 Karten, 5 Tafeln und 96 Figuren im Text. Févr. 1899	5: —
N:o 7.	Über Strandbildungen des Litorinameeres auf der Insel Mantsinsaari, von JULIUS AILIO. Mit 1 Karte und 8 Figuren im Text	1: 25
N:o 8.	Studier öfver Finlands torfmossar och fossila kvartärflora, af GUNNAR ANDERSON. Med 21 figurer i texten och 216 figurer å 4 taflo. Deutsches Referat: Studien über die Torfmoore und die fossile Quartärflora Finlands. Déc. 1899	4: —
N:o 9.	Esquisse hypsométrique de la Finlande, par J. J. SEDERHOLM. Avec 1 carte. Nov. 1899	1: —
N:o 10.	Les Dépôts quaternaires en Finlande, par J. J. SEDERHOLM. Avec 2 figures dans le texte et 1 carte. Nov. 1899	1: —
N:o 11.	Neue Mitteilungen über das Ijololithmassiv in Kuusamo, von VICTOR HACKMAN. Mit 2 Karten, 12 Figuren im Text und 4 Figuren auf einer Tafel. Mars 1900	1: 50
N:o 12.	Der Meteorit von Bjurböle bei Borgå, von WILHELM RAMSAY und L. H. BORGSTRÖM. Mit 20 Figuren im Text. Mars 1902.....	1: —
N:o 13.	Bergbyggnaden i sydöstra Finland, af BENJ. FROSTERUS. Med 1 färglagd karta, 9 taflo och 18 figurer i texten. Deutsches Referat: Der Gesteinsaufbau des südöstlichen Finland. Juli 1902.....	4: —
N:o 14.	Die Meteoriten von Hvittis und Marjalahti, von LEON. H. BORGSTRÖM. Mit 8 Tafeln. April 1903.....	2: 50
N:o 15.	Die chemische Beschaffenheit von Eruptivgesteinen Finlands und der Halbinsel Kola im Lichte des neuen amerikanischen Systemes, von VICTOR HACKMAN. Mit 3 Tabellen. April 1905	2: 50
N:o 16.	On the Cancrinite-Syenite from Kuolajärvi and a Related Dike rock, by I. G. SUNDELL. With one plate of figures. August 1905	1: —
N:o 17.	On the occurrence of Gold in Finnish Lapland, by CURT FIRCKS. With one map, 15 figures and frontispiece. Nov. 1906	1: 25
N:o 18.	Studier öfver Kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. I. Till frågan om Ost-Finmarkens glaciation och nivåförändringar, af V. TANNER. Med 23 bilder i texten och 6 taflo. Résumé en français: Études sur le système quaternaire dans les parties septentrionales de la Fenno-Scandia. I. Sur la glaciation et les changements de niveau du Finmark oriental. Mars 1907..	4: —

WEITERE MITTEILUNGEN
ÜBER
BRUCHSPALTEN

MIT BESONDERER BEZIEHUNG
ZUR GEOMORPHOLOGIE VON FENNOSKANDIA

VON

J. J. SEDERHOLM

MIT EINER TAFEL UND 27 FIGUREN IM TEXT



HELSINGFORS, JUNI 1913
DRUCKEREI DES KAISERLICHEN SENATS



EINLEITUNG.

Verschiedene Umstände haben in letzter Zeit die Aufmerksamkeit auf gewisse Züge in der Oberflächengestaltung Finnlands und seiner nächsten Nachbarländer gelenkt.

An und für sich ist dieselbe auch ganz eigenartig. Die relative Ebenheit des aus harten Granitarten und kristallinen Schiefern bestehenden Felsgerüsts steht in eigentümlichem Gegensatz zum steilen Wechsel kleiner Unebenheiten.

In die Küsten sind tiefe Buchten eingeschnitten und erstere ist von dem eigentümlichen Schärenhof umgeben; die Landfläche ist namentlich in Finnland mit Zehntausenden von Seen besät. Entsprechende Terrainverhältnisse findet man eigentlich nur in Kanada, welches Land, ebenso wie Fennoskandia, wesentlich aus Urgebirge besteht und ebenso wie letzteres eine Eiszeit durchgemacht hat.

Trotz seiner bedeutenden Grösse steht das erstgenannte Gebiet als Arbeitsfeld für den Geologen und Geomorphologen kaum an der Spitze. Die Aufgaben sind zu gewaltig im Verhältnis zu den Kräften, über welche selbst ein reiches Land für wissenschaftliche Untersuchungen verfügen kann. Kartographische Unterlagen fehlen in weit höherem Grade als bei uns, und die ungeheueren Flächen machen es dem Forscher schwer, einen Überblick über das Ganze zu erlangen. Fennoskandia ist, was seine geologischen und geographischen Züge betrifft, so zu sagen kompendiöser und ausserdem von zahlreichen Forschern seit dem Morgenrauen der modernen Naturforschung, welche schon durch Carl von Linné und seine Zeitgenossen so kräftigen Anstoss erhielt, studiert worden. Es hat jedoch lange gedauert, bis die Geomorphogenie dieses Gebietes sich zu klären begann.

Die Frage nach dem Ursprung von Fennoskandias Relief zerfällt in zwei Teile. Erstens gilt es die relative Ebenheit im grossen und ganzen, zweitens die Entstehung der zahlreichen grösseren und kleineren Unebenheiten zu erklären.

Die schematisch einfache Vorstellung, welche man sich oft von Fennoskandia als einem Teil der Erdkruste macht, welcher seit paläozoischer Zeit sich über das Meer erhob und wovon ein Teil einen noch übriggebliebenen Erosionsrest einer Gebirgskette postdevonischen Alters ausmacht, ist so offenbar unrichtig, dass man sie kaum zurückzuweisen brauchte, wenn man nicht stets, sowohl in Lehrbüchern, als auch bei den meisten Versuchen, die frühere Verteilung von Land und Meer zu rekonstruieren, auf dieselbe stiesse. Stets wird Fennoskandia als Insel in den früheren Meeren dargestellt, nur darum, weil Ablagerungen aus den entsprechenden Perioden fehlen. Und doch müsste man ja erst die Frage aufstellen und diskutieren, ob dies daran liegt, dass jene Sedimente nicht zur Ablagerung kamen, oder nur daran, dass dieselben durch die Denudation später fortgeschafft worden sind. Sogar die kambrisch-silurische Transgression lässt man auf solchen paläogeographischen Karten oft an der Linie Halt machen, welche durch den finnischen Meerbusen und den Ladoga bezeichnet wird.

Der eokambrische blaue Ton kommt jedoch noch auf dem Karelschen Isthmus zwischen dem Finnischen Meerbusen und dem Ladoga vor, und die Gebirgsschichten im »Glint« in Estland, welche zum grossen Teil aus Kalkstein und anderen Gesteinen bestehen, die offenbar nicht ausgeprägt littoralen Charakters sind, schreien geradezu nach einer Fortsetzung in nördlicher Richtung. Ohne den geringsten Zweifel haben sie einst eine solche besessen. Reste derselben dürften noch am Meeresgrunde östlich von Hangö in Finnland und nördlich von Åland im Bottnischen Meerbusen erhalten sein, an welchen Stellen Blöcke von silurischem Kalkstein reichlich vorkommen¹. In Schweden findet man ja sichere Beweise dafür, dass die kambrisch-silurischen Ablagerungen in grossem Masstabe fortero-

¹ Seitdem obiges niedergeschrieben wurde, ist durch V. Tanners Entdeckung unterkambrischer Fossilien im Sandsteingänge bei Långbergsöda in Saltvik auf Åland (V. Tanner, Über eine Gangformation von fossilienführendem Sandstein etc. Bull. Comm. Géol. de Finlande N:o 25) der entscheidende Beweis für das Vorhandensein einer kambrischen Transgression über das südliche Finnland erbracht worden. Bei Hangö an der finnischen Südküste kommen Sandsteingänge vor, welche petrographisch den åländischen vollkommen gleichen. Im Sommer 1911 hat ferner P. Eskola in Kimito im östlichsten Teil der Provinz Åbo einen ganz ähnlichen Sandstein als Ausfüllung von durch Erosion gebildeten Höhlen in kristallinem Kalkstein gefunden. (Pentti Eskola, On Phenomena of Solution etc. Ibid. N:o 36.)

diert worden sind, indem hier in Grabensenkungen oder als Monadnock-artige Erhebungen bewahrte Reste derselben an verschiedenen Stellen vorkommen.

Es ist viel wahrscheinlicher, dass das Kambro-Silur sich einst über ganz Fennoskandia erstreckte, als dass sein östlicher Teil unveränderlich eine Insel in den paläozoischen Meeren gebildet hat.

Devonische Ablagerungen haben wahrscheinlich ebenfalls grosse Teile dieses Gebietes bedeckt, aber ihre sandige Beschaffenheit zeigt, dass während ihres Absatzes auch Ländermassen in der Nähe vorhanden waren. Dagegen hat man keinen sicheren Grund anzunehmen, dass das Meer der Karbonzeit andere Teile des fraglichen Gebietes bedeckt hätte, als möglicherweise den östlichsten Rand desselben. Auch Ablagerungen der Permzeit dürften hier gefehlt haben. Dagegen hat das Meer während der Trias- und Juraperiode wiederholt über die südlichsten und nördlichsten Teile dieser Gegend transgrediert; in welcher Ausdehnung ist jedoch nicht sicher zu bestimmen. Ablagerungen aus jenen Zeiten ruhen oft unmittelbar auf dem Grundgebirge, was also beweist, dass die paläozoischen Ablagerungen schon zur Zeit, als erstere abgesetzt wurden, von grossen Länderstrecken forterodiert worden waren. Auch während der Kreide- und der Tertiärzeit haben wiederholt Transgressionen über den südlichsten Teil Fennoskandias stattgefunden.

Da nun die Jura Ablagerungen von Andö im nördlichen Norwegen, welche in einer Grabensenkung erhalten geblieben sind, in einer ebenen Erosionfläche eingebettet liegen, muss die Einebenung der Oberfläche an einigen Stellen Fennoskandias erst in postjurassischer Zeit stattgefunden haben. Zum Teil fand dieselbe andererseits zu Beginn der mesozoischen und in paläozoischer Zeit statt, und in gewissen Gegenden war die Ebenheit schon seit präkambrischer (jotnischer) Zeit vorhanden.

Die Reste der einstigen skandinavischen Gebirgskette dürften schon in einer sehr frühen Periode verwischt worden sein. Auch das Kölengebirge wird jetzt nach oben zu von einer im grossen ebenen Fläche begrenzt. Die Ebenheit des nordeuropäischen Plateaus war jedoch während späterer präglazialer Epochen wahrscheinlich nicht ganz vollkommen, denn auch in den von den jüngsten Dislokationen in verhältnismässig geringem Grade betroffenen Teilen finden wir über das ebene Plateau emporragende Monadnock-ähnliche Erhebungen. Die Gegend besass also den Charakter eines »Peneplanes«; möglicherweise war die Ebenheit der Oberfläche über grosse Strecken

hin so vollständig, dass man letztere mit ganz demselben Recht mit dem Namen Ebene hätte bezeichnen können, wie man diese Bezeichnung z. B. für die Granitgebiete im südlichen Russland anwendet.

Früher, als man keinen richtigen Begriff von der relativen Bedeutung der supramarinen und marinen Denudation hatte, dachte man sich die Ebenheit oft durch die abradierende Tätigkeit des Meeres verursacht. R. Hult, welchem das Verdienst gebührt, vor allen anderen die Aufmerksamkeit auf die relative Ebenheit der finnischen Seenplatte gelenkt zu haben, huldigte dieser zu seiner Zeit allgemein geläufigen Ansicht¹. In Norwegen hat man dieselbe Erklärung für die ebene Strandfläche angewandt, welche sich der Küste entlang hinzieht. Zur Frage nach der Entstehung der letzteren werden wir weiter unten zurückkommen.

Wir wollen nun zuerst die Frage erörtern, in welcher Weise die jetzt mit Wasser gefüllten Vertiefungen und die kleineren Erhöhungen entstanden sind. Ich bin zu diesen Studien besonders durch die Arbeit mit den Tiefenkarten über den Päijänne- und Näsijärvi-See veranlasst worden, welche unter meiner Aufsicht auf Veranlassung der Gesellschaft für die Geographie Finnlands ausgearbeitet worden sind und welche sich teils und hauptsächlich auf die von den Beamten des Lotsen-Oberamtes ausgeführten Tiefлотungen, teils auf kompletierende Arbeiten gründen, welche von Stipendiaten der obengenannten Gesellschaft ausgeführt worden sind. Ich habe schon früher wiederholt, sowohl in dieser Gesellschaft als auch später beim internationalen Geographen-Kongress in Genf 1908 über die Resultate berichtet, zu denen diese Karten geführt². Bei letzterer Gelegenheit berührte ich auch einen grossen Teil der Fragen betreffs der Entstehung der Oberflächengestaltung Finnlands, welche ich hier behandeln werde. Das grosse Erdbeben in Italien gab mir neue Veranlassung, mich dem Studium der Dislokationserscheinungen zu widmen, indem ich in der Finnländischen Gesellschaft der Wissenschaften, sowie vor verschiedenen Zuhörerkreisen die neuesten Resultate der Seismologie schilderte. Ich fand hierbei, dass diese Resultate auch für die Deutung der Geotektonik Fennoskandias und vice versa grosse Bedeutung besitzen³.

¹ R. Hult, Om Lojobäckens bildning. Bidrag till kännedom om Finlands natur och folk, utg. af Finska Vet.-Soc. 45 H. S. 225—340.

² J. J. Sederholm, Sur la géomorphologie de la Finlande. Compte Rendu du IX:e Congrès Int. de Géographie. Genève 1908. S. 125.

³ — — — Om jordbävningar och vulkaner. Helsingfors 1909.

Den Inhalt der vorliegenden Arbeit habe ich schon vorläufig in einem Vortrage bei Gelegenheit des Geologenkongresses in Stockholm, in dessen Verhandlungen jedoch nur ein Referat derselben abgedruckt worden ist¹, vorgelegt. Dabei wurde dem Kongresse auch die Tiefenkarte des Päijänne-Sees überreicht. Im neuen Atlas der Gesellschaft für die Geographie Finnlands habe ich ferner eine Karte über die Bruchlinien, sowie eine kurze Darstellung ihrer geomorphologischen Bedeutung veröffentlicht².

DIE TIEFENRINNEN IM PÄIJÄNNE UND ANDEREN FENNOSKANDISCHEN SEEN. IHR ZUSAMMENHANG MIT SPALTENZONEN.

Wie aus den genannten Tiefenkarten hervorgeht, deren Hauptteil die Karte in Fig. 1 wiedergibt, treten am Grunde des Päijänne eine Menge recht tiefer und scharf ausgeprägter Rinnen auf. Die tiefste befindet sich bei Rutapohja im nördlichsten Teil des Sees mit einer grössten Tiefe von 93 m. Rechnet man jedoch das überragende steile Ufer, welches sich 100 m über dem Wasser erhebt, dazu, so erreicht die Rinne auf der einen Seite etwa zwei hundert Meter Tiefe. Grosse Strecken der wassergefüllten Rinne sind mehr als 50 m tief. Ihre Richtung ist nordwest-südöstlich; die Länge etwa 20 km, während die Breite 200 bis 300 m beträgt.

Noch länger ist die nur 200—300 m breite Rinne, welche den mittleren Teil des Päijänne in N 40°—60° W durchstreicht, und zwar südlich von den grossen Inseln Honkasalo und Edessalo. Die grösste Tiefe übersteigt 70 m, nur kleinere Teile der Rinne liegen jedoch in mehr als 50 m Tiefe.

In derselben Richtung, wie letztgenannte, streicht die 23 km lange Rinne im S. von Wirmalansaari, die nur an einer Stelle eine Tiefe von 50 m unter dem Seespiegel erreicht. Legt man hierzu die Höhe der oberhalb liegenden steil aufragenden Felsenufer, so wird die totale Höhe hundert Meter höher. Durch Absätze wird sie in mehrere Teile zerlegt, die jedoch dieselbe N. 45° W.-Richtung einhalten.

¹ *J. J. Sederholm*, Über Bruchlinien mit besonderer Beziehung auf die Geomorphologie von Fennoskandia. *Compte Rendu du XI:e Congrès Geol. Int.* Stockholm 1910. S. 865.

² — — — Lignes de fracture, leur importance dans la géomorphologie de la Fennoscandia. *Atlas de Finlande 1910 and Bull. de la Comm. Geol. de Finlande* N:o 30. S. 32.

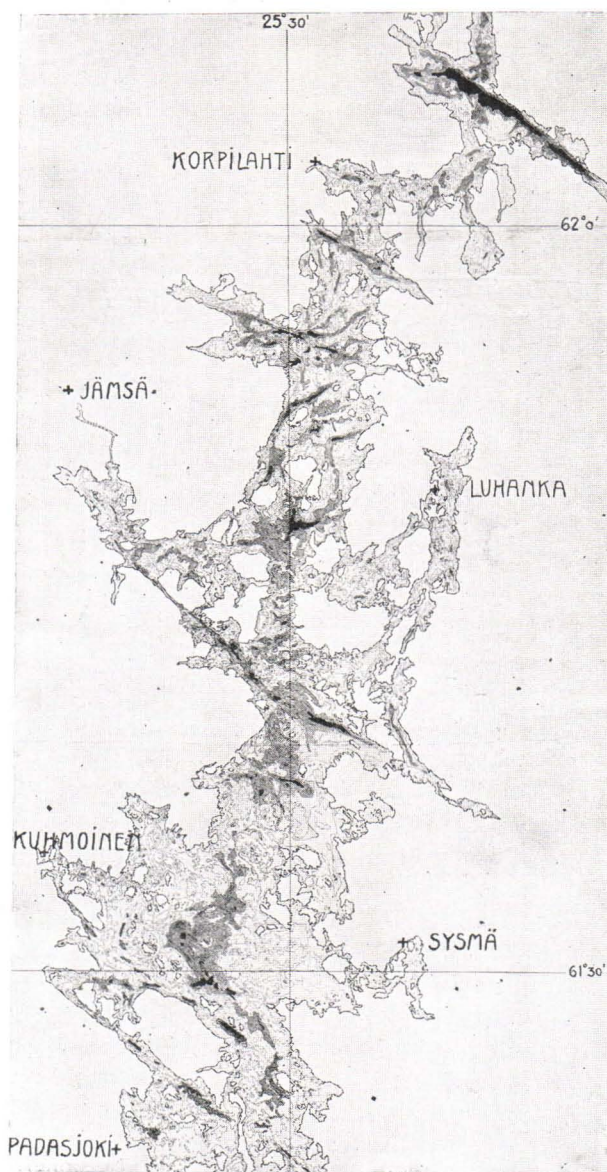


Fig. 1. Tiefenkarte des Pääjärvi Sees (mit Ausnahme des südlichsten Teiles). Masstab 1:600 000.

Nördlich von Wirmalansaari findet man kürzere, weniger deutlich ausgeprägte Rinnen mit ungefähr gleicher Richtung. Auch zwischen den beiden nördlichen Hauptrinnen beobachtet man einige andere, welche in N. 75° — 50° W. streichen und flacher und weniger tief als die erstgenannten grösseren Rinnen sind.

Am ausgeprägtesten unter den Rinnen, welche in letztgenannte überquerenden Richtungen streichen, ist die im S.O. von Salonsaari im südöstlichsten Teil des Sees auftretende Rinne. Diese 5 km lange und 200—500 m breite Senke mit einer grössten Tiefe von mehr als 70 m, besitzt besonders gegen S.O. sehr steile Abfälle. Ein grosser Teil des Rinnentiefsten liegt unter 60 m.

Westlich von hier zieht sich eine andere, weniger gut ausgeprägte, durch Schwellen abgeteilte und in etwa S.O. langgezogene Rinne von Anianpelto nach Norden hin. Im Süden biegt sie nach S.W. ab und setzt sich sozusagen in einer durch den Wesijärvi gehenden undeutlichen Rinne fort. In der nördlichen Hälfte des Sees findet man auch mehrere in nördlichen bis nordöstlichen Richtungen streichende, langgestreckte, obwohl nicht gleich gut ausgeprägte Vertiefungen. Die deutlichsten liegen nordwestlich von Taivassalo, sowie südlich von Jyväskylä, woselbst die beiden Munatsalo umfassenden Arme des Sees als solche Senken angesehen werden können.

Bei sorgfältiger Beachtung der Tiefenkarte findet man jedoch auch in anderen Teilen des Seegrundes, besonders im tiefsten Teil desselben, südlich von der Kirche von Korpilahti, eine Menge weniger deutlich ausgeprägter, kürzerer, geradliniger Gräben, die sich oft kreuzen oder in scharfen Winkeln aneinanderstossen.

Die genannten Rinnen setzen teilweise seitwärts vom Päijänne fort. Dies gilt besonders für die Rinne im S. von Wirmalansaari, die im obersten Teil des Kymmene-Stromes und möglicherweise in der Bucht südlich von Heinola ihre Fortsetzung findet.

Quer über den Näsijärvi-See streicht ebenfalls eine gleiche Tiefenrinne in O.—W.-Richtung; sie erreicht in der Paarlahti-Bucht südlich von der Kirche von Teisko eine Tiefe von mehr als 50 m.

Ähnliche Züge finden sich, wie im folgenden gezeigt werden soll, überall innerhalb Fennoskandias, aber kaum irgendwo treten sie in so typischer und eindringlicher Gestalt auf, wie im Tiefenrelief des Päijänne.

Aus Finnland sind ähnliche Rinnen schon früher von Herrn R. Boldt und A. Streng¹ auf ihrer schönen Tiefenkarte des Lojo-Sees

¹ R. Boldt, Djupkarta öfver Lojo sjö (östra hälften). Geogr. Fören. i Finland. Vet. Medd. III. 1896.

A. E. Streng, Djupkarta öfver Lojo sjö (västra hälften). Ibid. IV. 1897.

dargestellt worden. Auch Gunnar Andersson hat Tiefenkarten von Binnenseen des mittleren Schwedens veröffentlicht, auf denen ähnliche geradlinige, dort vorwiegend in N.N.W.—S.S.O. streichende Rinnen hervortreten. Er deutet dieselben als Teile voreiszeitlicher Flussläufe, die einander parallel in den genannten Richtungen das ganze mittlere Schweden durchzogen hätten.

Dass diese Deutung für die geradlinigen Rinnen am Grunde des Päijänne, welche übrigens eine unverkennbare Ähnlichkeit mit den entsprechenden schwedischen Rinnen besitzen, nicht richtig sein kann, geht jedoch deutlich schon aus einem Blick auf die Tiefenkarte hervor. Der Umstand, dass die Form nicht die des typischen, für Flussrinnen bezeichnenden V-Tales ist, könnte ja so erklärt werden, dass sie nachträglich durch das Eis eine breitere U-Form erhalten haben. Aber schon die ausgeprägte Geradlinigkeit ist ein bei Flussläufen nicht wiederzufindender Zug. Noch weniger streichen diese, wie die Rinnen am Grunde des Päijänne, in einander *durchkreuzenden* Richtungen. Nähert sich ein Nebenfluss dem Hauptflusse, so schmiegt er sich letzterem konvergierend an, während jene Rinnen sich kreuzen oder in nahezu rechten Winkeln aneinanderstossen. Schliesslich ist der Umstand bestimmend, dass das Rinnentiefste niemals die gleichmässige Neigung einer Flussrinne aufzuweisen hat, sondern eine Reihe länglicher Tröge mit stets wechselnder Tiefe bildet, welche durch höhere Schwellen von einander getrennt sind.

Diese Rinnen schliessen sich auch so vielen anderen Zügen in der Oberflächenkonfiguration Fennoskandias an, deren Entstehung durch Verwerfungsbewegungen nicht zweifelhaft ist, dass kein Zweifel darüber herrschen kann, dass auch sie im Zusammenhang mit Dislokationen entstanden sind. *Sie folgen Bruchspalten im Felsboden.* Diese treten darum so scharf in diesem Felsengebiet hervor, weil sie später durch das Eis herauspräpariert wurden, das die spaltenreichen Teile entfernte.

AHNLICHE ZÜGE IM SÜDFINNISCHEN SCHARENHOF UND ANDEREN TEILEN FINNLANDS UND DES NÖRDLICHEN RUSSLANDS.

Diese oben angeführte Erklärung leuchtete mir gleich von Anfang an als die einfachste und natürlichste ein und mit dieser Arbeitshypothese bin ich weiter gegangen, um zu versuchen, die ver-

wandten Züge in der Geomorphologie Fennoskandias zu deuten und andererseits dadurch noch mehr Licht auf die fraglichen Phänomene zu werfen.



Fig. 2. Partie eines Teils des Saima-Sees. Masstab 1:260 000.

Obgleich kaum irgendwo gleich typisch wie hier, trifft man dieselbe Geradlinigkeit geradezu überall in der Bodenkonfiguration unserer Seen. Die lappigen Umrisse der Ufer beruhen nur zum Teil auf der Anordnung der losen Ablagerungen. Trotz der Flachheit des Gebietes wird auch hier das Bodenrelief in hohem Grade

durch die Beschaffenheit des Felsbodens bestimmt, und an vielen Stellen findet man in demselben ausgeprägt geradlinige Umrisse und auch gut ausgebildete Rinnen derselben Art wie im Pääjänne. In

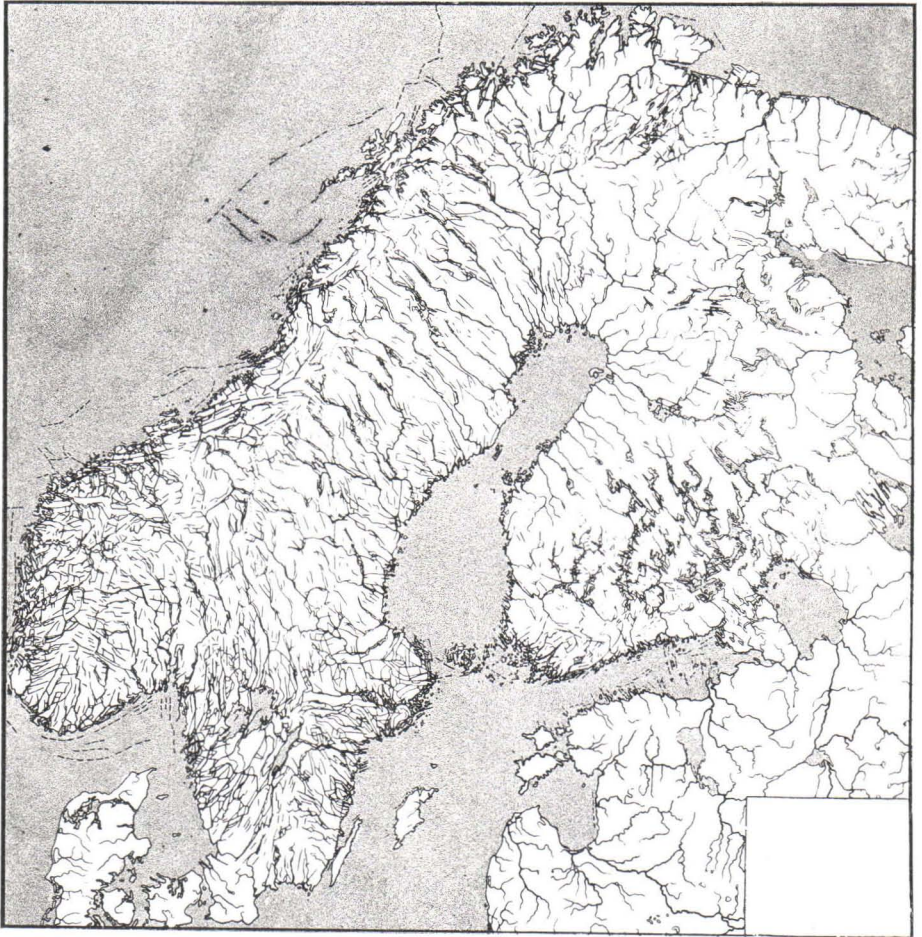


Fig. 3. Bruchlinien in Fennoskandia.
(Die kleinen schwarzen Striche bezeichnen Brüche).

gewissen Teilen des Saima, besonders in der Gegend um den Kerma-järvi im W. von Orivesi, sowie auch an vielen Orten zwischen S:t Michel und Nyslott, findet man diese Züge ausserordentlich gut aus-

geprägt. Vergl. beistehende Karten (Tafel 1 und Fig. 2) über diese Gegend und den Hauptteil der finnischen Seenplatte, sowie die beigefügte Karte (Fig. 3) über die Bruchlinien. Letztere ist eine Reproduktion der von mir schon publizierten Karte im Atlas de Finlande 1910, auf welche ich übrigens verweisen muss, da die hier mitgeteilte Reproduktion nicht ganz gut ausgefallen ist. Ich habe dort alle geradlinigen Züge im Relief Finnlands eingetragen, die ich beim Studium von Höhenkarten oder, mangels solcher, von anderen Karten, auf denen wenigstens die Hauptzüge des Reliefs hervortreten, habe finden können, so vor allem die geradlinigen Täler, gleichviel ob diese jetzt offen, mit Wasser gefüllt oder mit losen Ablagerungen bedeckt sind, sowie ferner die geradlinigen Steilabfälle, welche die Meere, Seen oder Ebenen begrenzen.

In Finnland verraten sich die Felsenrinnen oft als Reihen schmaler Seen. Aber im südlichsten Teile des Landes, welcher weniger seenreich ist, findet man auch mit losem Boden ausgefüllte Felsrinnen. Eine äusserst ausgeprägte Rinne zieht sich von der Gegend von der Station Järvelä im S.W. von der Stadt Lahti durch die Kirchspiele Mäntsälä und Tusby gegen S.W. am innersten Teil der Esbo-Bucht vorbei nach Pickala in Kyrkslätt. Auch im Schärenhofs der Provinzen Nyland und Åbo sind solche Linien ausserordentlich gut ausgeprägt. Sie treten hier als gerade Rinnen am Meeresgrunde auf, ganz wie die im Päijänne, oder auch als Reihen steiler Felsabsätze.

Erstere findet man z. B. in der Gegend südlich von Ekenäs. Ich habe hier namentlich bei der zoologischen Station Tvärminne, östlich von Hangö, die betreffenden Erscheinungen im einzelnen studiert, um so ihre Natur näher kennen zu lernen. An vielen Stellen kann man da, wo Spalten eine längere Strecke gerade verlaufen und senkrecht stehen, auf den Spaltenflächen äusserst schöne senkrecht verlaufende *Gleitfurchen* beobachten. Dies ist z. B. auf der Insel Hästen (im O. von der Lotsenstation Hästö-Busö) der Fall, deren südliches Ufer von einer solchen senkrechten Rutschfläche oder richtiger einem System von mehreren nahe bei einander liegenden solchen gebildet wird. Als Ausfüllungsmaterial tritt in diesen Spalten sowohl hier, wie an vielen anderen Stellen ein Gemenge von Epidot und Quarz oder auch nur Quarz auf, welches Mineral sich sichtlich durch Auslaugung und Umwandlung der zermalmtten Gesteinsmasse gebildet hat. Z. T. kommt auch Kalkspat oder andere Karbonate vor. In den breiteren Spalten findet man auch eine Reibungsbrekzie aus scharfkantigen Fragmenten des umgebenden Gesteins, die durch genannte Mineralien verkittet sind.

Zum Vergleich teile ich das Bild einer harnischartigen Gleitfläche in den Felsen von *Helsingfors* mit, wo solche Flächen sehr häufig und oft in typischer Gestalt vorkommen (Fig. 4).

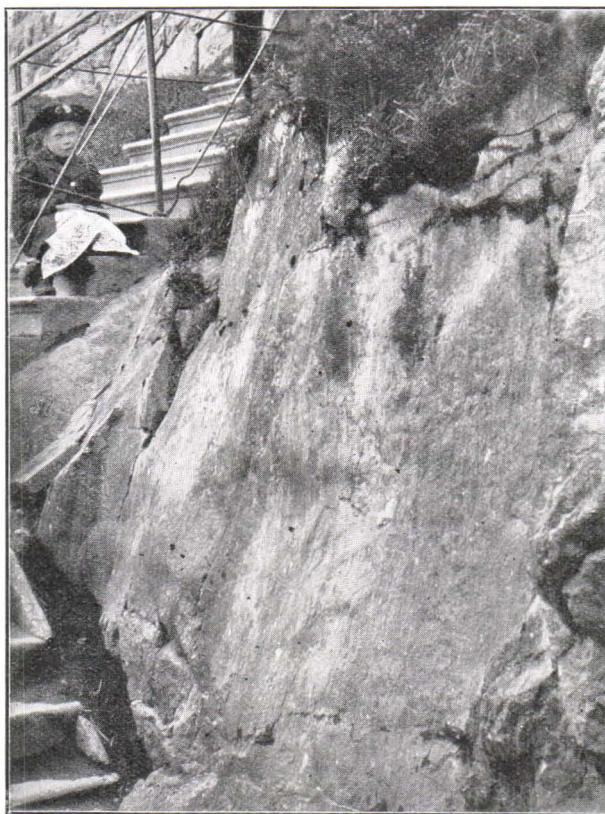


Fig. 4. Harnischartige Gleitfläche in Hornblendegneis an der Strasse Konstantinsgatan in Helsingfors. Photo. P. Eskola.

Äusserst interessant sind die Spaltenbildungen auf *Långskär*, das zur zoologischen Station von Tvärminne gehört (Fig. 5). Hier sind zwar keine Spalten parallel zu den Hauptbruchlinien im Schärenhof zu finden, sondern diese dürften möglicherweise unter dem Meere südlich von der in der O.N.O.—W.S.W.-Richtung langgestreckten Insel verborgen liegen. Schräg zu dieser geomorphologischen Hauptrichtung, der auch verschiedene Spalten folgen, gehen gut

ausgeprägte *Querspalten* in N. 50° W.-licher Richtung. Mehrere von diesen sind durch deutliche *Verwerfungen* ausgezeichnet. An diesen kommen an verschiedenen Stellen *Gleitfurchen* vor, die jedoch gewöhnlich nicht senkrecht, sondern in mehr oder weniger *flachgeneigten Richtungen* gehen und ferner auch *Reibungsbrekzien* in ganz spärlicher Menge. Man kann dort beobachten, dass die Inhomogenitäten der Felsmasse zu beiden Seiten der Spalten, wie z. B. die Pegmatitadern und Teile von glimmerreichem Gneis *einander nicht entsprechen* (Fig. 6). Da es nirgends gelungen, die Teile ein und derselben, durch Verwerfungsspalten abgeschnittenen Partie zu beiden Seiten der ersteren wiederzufinden, ist es nicht möglich gewesen, die Sprunghöhe der Verwerfung festzustellen.

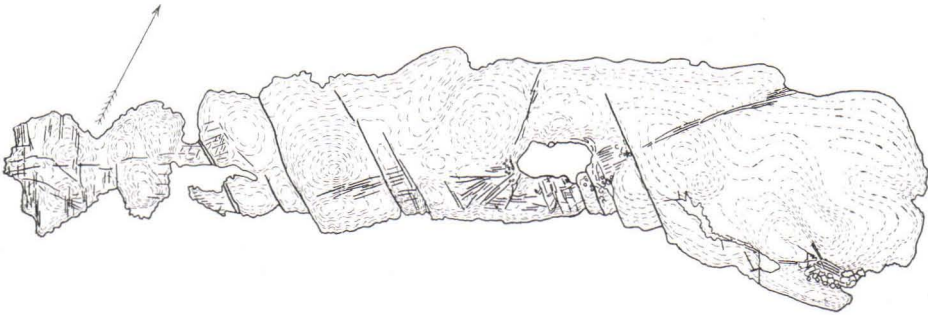


Fig. 5. Spaltenlinien auf der Insel Långskär bei der Zoologischen Station Tvärminne, im Osten von Hangö. Masstab 1:6,000.

Diese Spalten spielen hier im Relief des Felsbodens eine grosse Rolle, indem das Gestein auf ihrer S.W.-Seite oft bis zur Verwerfungsfläche durch das Eis entfernt worden ist. In einigen Fällen haben sich auch *offene Spalten* längs der Verwerfungsspalten gebildet (Fig. 7). Die grösste unter diesen Klüften entstand durch die Tätigkeit des *Wellenschlages* und des *Spaltenfrostes*, wodurch Stück für Stück vom Gestein dicht an der Kluft fortgeschafft wurde. Der obere Teil derselben Kluft zeigt aber auf den Felsoberflächen Eisschrammen und gerundete von der Eisbewegung herrührende Formen, welche beweisen, dass dieser Teil der Spalte sich schon während der Eiszeit vorfand. *Eisschrammen* kommen überhaupt an verschiedenen Stellen auf der Rückseite der Verwerfungsflächen vor — der beste Beweis dafür, dass diese nicht, wie ein früherer Beobachter angenommen, postglazialer Entstehung sein können. Diese Annahme wird auch

sonst durch alles widerlegt, was man von den seismischen Erscheinungen nach der Eiszeit weiss.

Bemerkenswert ist, dass einige von den querlaufenden Spalten nicht über die ganze Breite der Insel verfolgt werden können, sondern



Fig. 6. Verwerfungsspalte am südöstlichen Ufer der Insel Långskär.

aufhören oder wenigstens sehr undeutlich werden. Möglich ist, dass die Partien zwischen zwei Spalten durch *flachliegende* solche abgeschnitten werden, die quer zu den Verwerfungsflächen verlaufen und erstere in Keile zerteilen. Man könnte sich vorstellen, dass diese Keile nicht so sehr in vertikaler Richtung, als vielmehr nach aussen oder innen längs schräg geneigter Flächen verschoben wurden.

Viele Spalten, auch solche, welche parallel zu den Verwerfungslinien verlaufen, sind mit keinerlei Verwerfung verbunden, sondern nur als *Sprünge* im Gestein (Diaklasen) anzusehen. Dies bezieht sich auch besonders auf diejenigen Spalten, welche mehr in Richtungen

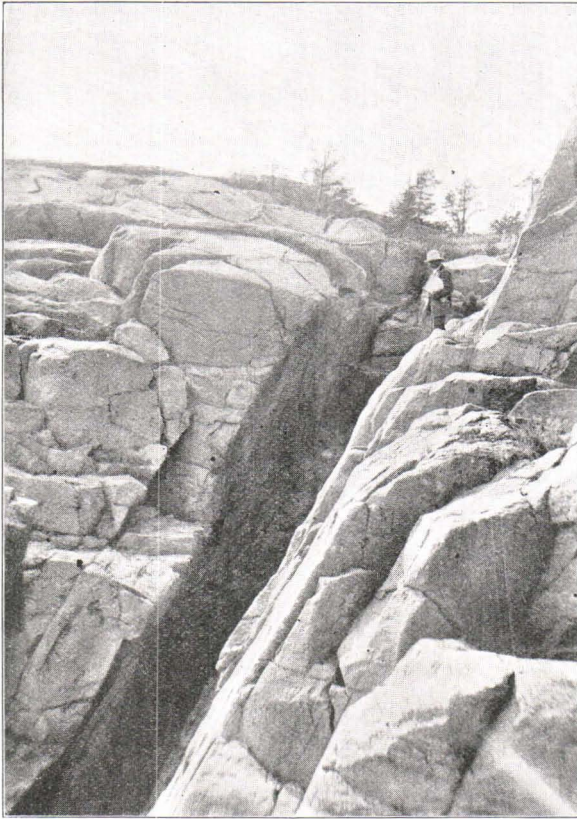


Fig. 7. Offene Kluft an einer Verwerfungsspalte am südöstlichen Ufer der Insel Långskär.

parallel zur Längsrichtung der Insel verlaufen. Es ist anzunehmen, dass man durch eingehenderes Studium solcher Bruchflächen zweiter oder dritter Ordnung bestimmtere Schlüsse über die Art und Richtung der Bewegungen wird ziehen können.

Was das Verhältnis der Spalten zur Landschaftskulptur betrifft, so geht aus den Verhältnissen auf Långskär deutlich hervor, dass *die Arbeit des Eises sich im wesentlichen nach den Spalten gerichtet hat*, indem es häufig Stücke bis an eine Bruchfläche heran losgebroschen, aber dort haltgemacht und besonders die spaltenreichsten Teile in stärkerem Grade angegriffen hat. So z. B. findet man, dass der kleine See mitten auf Långskär gerade dort liegt, wo die Spalten am



Fig. 8. Stark zerklüftete Felsmassen am mittleren Teil des südöstlichen Ufers der Insel Långskär.

dichtesten sind und sich in den allerverschiedensten Richtungen kreuzen (vergl. Fig. 8), ein Verhältnis, wie es auch in grösserem Masstabe im Bodenrelief des Päijänne und an verschiedenen Stellen in der Saima-Gegend hervortritt.

Der nahe Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Spalten und der Landschaftskulptur geht auch mit besonderer Deutlichkeit aus den Verhältnissen auf *Segelskär* im S.O. von Tvärminne hervor. Fig. 9 zeigt den Verlauf der Bruchlinien in dieser nackten Felsmasse. In die S.-Seite der Insel dringen kleine Buchten, teils von S., teils von W. ein; diese verlaufen beide längs ausgeprägter Bruchlinien. Nament-

lich an letzterer Stelle zeigt sich der Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der zahlreichsten Spalten und der Bildung der die Buchten bildenden Talklüfte besonders deutlich; denn hier liegt innerhalb

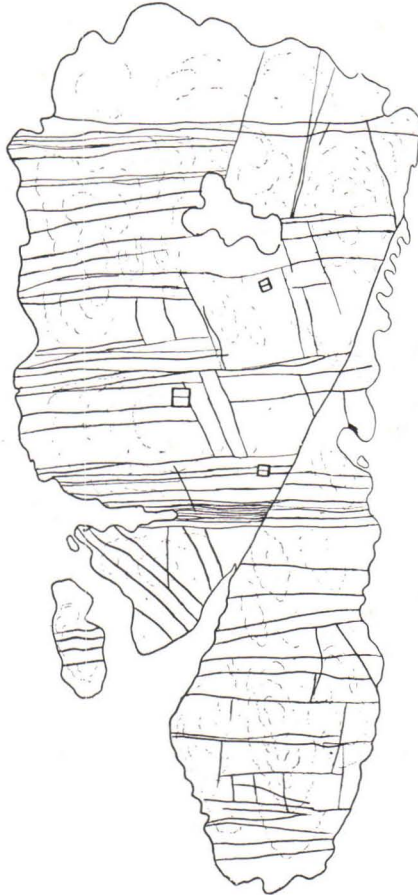


Fig. 9. Die Insel Segelskär in S.O. vom Tvärminne. Masstab 1:3 000.

der Fortsetzung der Bucht eine stark zerklüftete Bergmasse noch in situ. Vergl. Fig. 10 und Fig. 11.

Die übrigens gleichmässig moutonnirten Felsen dieser Gegenden zeigen auch häufig eine Menge Nischen, die offenbar nicht nach der Eiszeit, sondern während derselben entstanden sind, und zwar dadurch,

dass das Landeis durch Spalten abgetrennte Blöcke herausgeklaut hat. Zuweilen können enge Talklüfte mitten in den sonst gleichmässig moutonnirten Felsen auch da, wo eine stärkere Einwirkung vonseiten der Brandung infolge der Lage ausgeschlossen ist, verhältnismässig tief im Vergleich zur Breite sein, wobei man den deutlichen Eindruck erhält, dass hier eine ziemlich grosse Felspartie zwischen zwei Spaltflächen auf einmal durch das Landeis gleichsam herausgezerrt worden ist (Fig. 12).

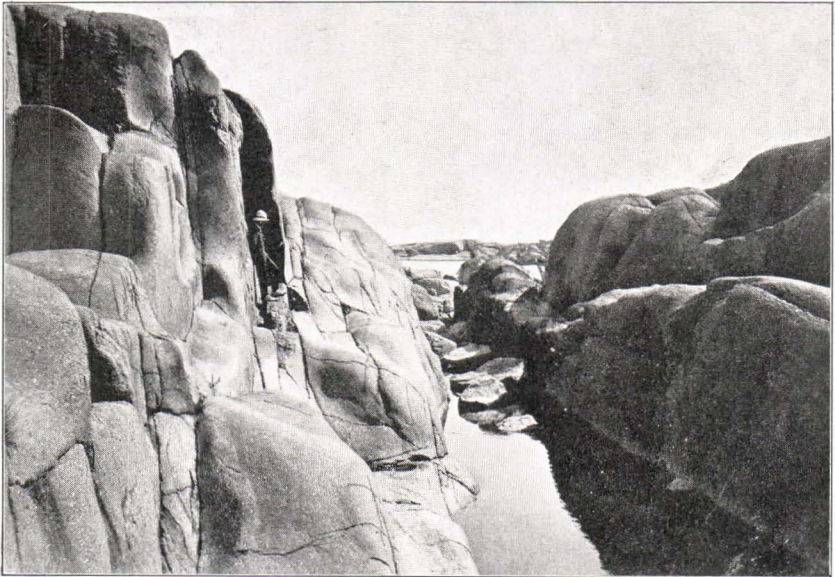


Fig. 10. Kleine Bucht am Westufer der Insel Segelskär.

Es ist nicht unwahrscheinlich dass auch ein Teil der offenen Klüfte mit parallellaufenden Wänden, die man nicht selten in den Felsen Finnlands beobachtet, nicht wie auf Långskär durch die Einwirkung der Wellen reingewischt worden sind, sondern schon früher offen standen, sei es dass Felspartien vom Eise herausgeklaut wurden oder dass grössere Felspartien von einander losgerissen wurden (vergl. Fig. 13).

Im Schärenhof von Åbo und besonders auf Åland, wo das kahle und im Verhältnis zu den übrigen finnischen Schärenhofgebieten

etwas höher liegende Terrain die geomorphologischen Züge gut hervortreten lässt, sind die Bruchspalten, wie auch H. Hausen¹ hervorgehoben, deutlicher als sonst in Finnland. Sie gehen hier vorwiegend in N.—S.-lichen Richtungen.

In ungefähr gleich hohem Grade zerstückelt wie die Nordküste des Finnischen Meerbusens, ja sogar noch etwas mehr, ist die Nordküste des Ladoga; und auch hier machen sich die geraden Linien,

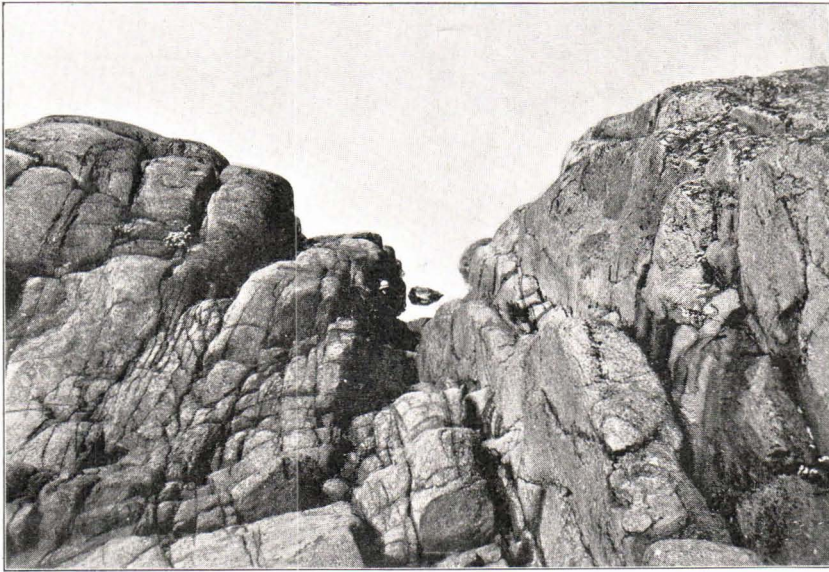


Fig. 11. Stark zerklüftete Felsen im Osten der Bucht auf der Insel Segelskär.

von denen die meisten in scharfen Winkeln zur Hauptrichtung der Küstenlinie hinziehen, gut geltend. Auch die Nordküsten des Onega haben solche Fjord-ähnliche Einschnitte aufzuweisen, die dort noch ausgeprägter, sehr lang und schmal sind und mit ihren geradlinigen Hauptrichtungen dem N.N.W.-lichen Hauptstreichen im Felsboden derselben Gegend parallel laufen.

In bedeutenden Teilen Finnlands, namentlich im Gouvernement Wasa und dem südlichen Teil von Uleåborg, treten die Bruchspalten

¹ H. Hausen, Orografiska studier på Åland. Fennia 28, N:o 4. 1910.

infolge der grossen Flachheit des Landes nur undeutlich hervor. Im O. und N.O. vom Uleå-See findet man dagegen wieder recht gut ausgeprägte Klüfte, die hier meist in der Richtung N. 70° W. verlaufen. In Suomussalmi und Kuusamo gehen sie vorwiegend in O.—W. In

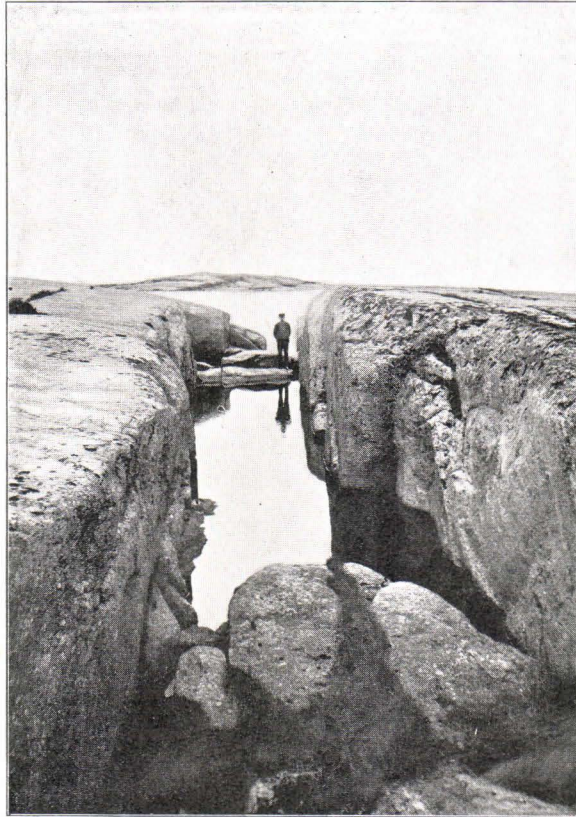


Fig. 12. Kluft auf der Insel Andalskär im Osten von Hangö.

Kemijärvi findet sich die ausgeprägte Koro-Kluft, die sich mit steilfallenden Felswänden vom Knie des Kemijoki-Flusses südlich von Kemijärvi in südöstlicher Richtung erstreckt. Östlich davon folgt der Lauf des Kemijärvi grösstenteils einer in O.—W.-streichenden Felsrinne. Im südlichen Lappland sind diese Linien wieder sehr undeutlich, aber beim Enare-See treten sie wieder äusserst scharf hervor

und gehen hier vorwiegend in S.W.—N.O. Dieser Richtung folgt u. a. das ausgeprägte und tiefe Flusstal des Flusses Ivalojoiki, zu welchem die Fjord-ähnliche Bucht Nangunvuono am S.O.-lichsten Teil des Enare-Sees eine Fortsetzung bildet. Auch Patsjoki fließt zum grossen Teil einem solchen Tale entlang. Im N.W. vom Enare-See sind parallel zu einander laufende, N.O.-liche Täler und Uferlinien sehr häufig.

Im nordwestlichsten Teile Finnlands, Enontekiö, kommen auch teilweise deutliche Bruchlinien vor, welche sich an die norwegisch-schwedischen anschliessen.



Fig. 13. Kluft am See Helvetinjärvi in Ruovesi.
T. Perkiönoja photo.

DIE BRUCHSPALTEN IN SCHWEDEN UND NORWEGEN UND IHRE DEUTUNG DORTSELBST.

Weit deutlicher als im südlichen Finnland sind die Bruchlinien im mittleren Schweden, wo das Terrain höher liegt und der Felsboden in grösserem Umfang entblösst ist. Viel Aufmerksamkeit ist diesen Bruchspalten auch von schwedischen Forschern, wie Törnebohm, Svedmark, Gerard De Geer, A. G. Högbom, Gunnar Andersson, Larsson und Sten De Geer gewidmet worden¹. Besonders in der Stockholmer Gegend verrät sich der Verwerfungslinien-Charakter der genannten Linien deutlich durch das Vorkommen von Gleitflächen, Reibungsbrekzien u. a., sowie vor allem dadurch, dass sie an vielen Stellen die Grenze von abgesunkenen Silurgebieten bilden. Das Kambro-Silur, das früher auch die naheliegenden Granitgebiete bedeckte, ist von letzteren vollständig forterodiert worden.

Indem man die Entfernung zwischen der Oberfläche des Granitgebietes und der die Unterlage der Kambro-Silurablagerungen in den Grabensenkungen bildenden Oberfläche misst, kann man die Sprunghöhe der Verwerfungen zu 80 bis 100 m bestimmen. Ein grosser Teil dieser Verwerfungen im mittleren Schweden verläuft vorwiegend in O.—W., ausserdem giebt es aber auch andere, erstere durchkreuzende Bruchlinien. Unter den O.—W.-lichen Linien sind namentlich diejenigen von Wichtigkeit, welche auf der Nordseite der Bråviken-Bucht vorbeistreichen und die Südgrenze des bergigen Gebietes Kolmorden bilden. Dieses Gebiet wird nördlich von einer anderen Verwerfungslinie begrenzt, auf deren anderer Seite das flachere Mälare-Gebiet beginnt, wo Reste von horizontalliegender Sandstein noch hier und da erhalten sind. Südlich von Bråviken gehen die Bruchlinien hauptsächlich in nordwestlichen Richtungen. Die Bråvikslinien sind ohne Zweifel als Fortsetzungen der hauptsächlich in O.—W.-

¹ A. E. Törnebohm, Grunddragen af Sveriges geologi. 4 uppl. 1909.

Eug. Svedmark, Orografiska studier inom Roslagen. Geol. För. i Stockholm. Förh. Bd. IX. 1887. S. 221.

G. De Geer, Om det europeiska Nordhafvet samt omgifvande kust- och fjordbildningar. Geol. För. i Stockholm. Förh. Bd. 32. 1910.

A. G. Högbom, Über die Glazialerosion im schwedischen Urgebirgsterrain. Comptes Rendu XI:e Congrès Géol. Intern. 1910. S. 429.

Gunnar Andersson, Om Mälaretraktens geografi. Ymer 1903.

A. Larsson, Topografiska studier i Stockholmstrakten. Ymer 1908. S. 273.

Sten De Geer, Landforms in the Surroundings of the Great Swedish Lakes. S. G. U. Ser. Ba. N:o 7. 1910.

oder O.N.O.-Richtungen längs der Finnländischen Südküste streichenden Hauptlinien¹ anzusehen, die von hier quer über die Karelische Landenge, sowie wahrscheinlich auch längs der N.W.-Küste des Ladoga fortsetzen. Auch in diesen Gegenden besteht eine recht scharfe Grenze für dasjenige Gebiet, in welchem O.—W.-Richtungen vorherrschen. Südlich von diesen Küstenlinien scheint auch hier eine N.W.-liche Richtung in der Konfiguration der Erdkruste sich geltend zu



Fig. 14. Durch Verwerfungen entstandene Steilabfälle zwischen Roxen und Glan in Ostgothland in Schweden. Masstab 1:200 000. Nach G. Andersson.

¹ Vergl. die Äusserung des Verfassers in der Versammlung nordischer Naturforscher und Ärzte zu Helsingfors 1902: diese Linie (die Verwerfungsgrenze am Nordrande der karelischen Landzunge) hätte vielleicht ihre Fortsetzung in der Südküste Finnlands. Comptes Rendus du Congrès des Naturalistes et Médecins du Nord, Helsingfors. Juillet 1902. IV. S. 5.

Später hat I. Leiviskä ähnliche Ansichten bezüglich der Entstehung der finnländischen Südküste ausgesprochen. Vergl. I. Leiviskä, Zu den Küstenfragen I, Fennia 27, N:o 4.

machen. Sie verrät sich sowohl in der Begrenzung des Ladoga nach O. und W., in den Oberflächenformen auf der Karelischen Landenge, sowie in der nach Wilhelm Ramsay von Bruchlinien begrenzten, horstartig in N.N.W.-licher Richtung langgezogenen Insel Hogland im Finnischen Meerbusen,¹ sowie in der Bodenkonfiguration dieses Meeres, worin an mehreren Stellen in N.W. ausgezogene Vertiefungen und Erhöhungen vorkommen. Ich bin auch geneigt, in den in N.W. langgestreckten Landzungen an der estnischen Küste eine Folge derselben Ursachen zu sehen.

Besser als anderswo in Skandinavien sind diese geradlinigen Züge im Relief des Felsgerüsts, die ich als Bruchlinien ansehe, in Norwegen ausgeprägt, wo ein grosser Teil der Fjorde denselben folgen. Kjerulf war der erste Skandinavier, der den wahren Charakter der einander kreuzenden Bruchlinien hervorgehoben² und die Ansicht ausgesprochen hat, dass letztere die Hauptrichtungen der Fjorde und Täler bestimmen. Er vergleicht diese Züge im Relief Fennoskandias mit Runen, welche im festen Felsgerüst eingegraben sind. Zwar ist Kjerulfs Auffassung insofern schematisiert, als er eine geringe Zahl bestimmter Hauptrichtungen annimmt, und auch in anderen Hinsichten steht seine Ansicht nicht auf ganz moderner Grundlage, aber auch hier hat er jedenfalls, wie bei so vielen anderen Gelegenheiten, mit seinem genialen Scharfblick in der Hauptsache das Richtige getroffen.

W. C. Brögger hat durch Detailstudien an einigen norwegischen Fjorden, besonders in der Gegend um Langesund und Skien, gezeigt, dass sie von Verwerfungen begrenzt sind, deren Sprunghöhe an der Hand der dort auftretenden Silurschichten nachgewiesen werden konnte. Ein anderes Beispiel eines typischen Verwerfungsgebietes, wo die Fjordbildung offenbar auch in Zusammenhang mit Dislokationen steht,³ hat Brögger im Kristiania-Fjord, diesem vor allem durch des letztgenannten Forschers Arbeiten klassisch gewordenen Terrain, studiert. Hier wird jedoch das Problem in gewisser Hinsicht dadurch verwickelt, dass ausser den jungen Verwerfungen, die sich vor allem in

¹ *Wilhelm Ramsay*, Beskrifning till kartbladen N:o 19 och 21, Hogland och Tytärsaari. F. G. U. 1891 S. 24.

² *Th. Kjerulf*, Die Geologie des südlichen und mittleren Norwegens. 1880.

³ *W. C. Brögger*, Spaltenverwerfungen in der Gegend Langesund—Skien. *Nyt Mag. for Naturvidenskab.* XXVIII. 1883.

W. C. Brögger, Über die Bildungsgeschichte des Kristianiafjordes. *Ibid.* 1886.

der jetzigen Oberflächenkonfiguration verraten, auch Verwerfungsspalten viel höheren Alters vorkommen, die teilweise zu derselben Zeit gebildet wurden, in der die eruptiven Gesteine des Kristiania-gebietes erscheinen.

In letzterer Zeit ist in Norwegen die Bedeutung dieser schon von Kjerulf angedeuteten Bruchlinien oft in erstaunlicher Weise übersehen worden. Namentlich mit Rücksicht auf das Fjordbildungsproblem ist häufig genug der Gedanke an eine Spaltenbildung während der letzten geologischen Perioden fast ganz vernachlässigt worden und man hat sich die Fjorde ausschliesslich durch Flusserosion mit darauffolgender »Exaration« während der Eiszeit entstanden gedacht. Reusch, der besonders diese Richtung vertritt, hat jedoch hervorgehoben, dass der Sörfjord im westlichen Norwegen wahrscheinlich einer alten Spalte entlang angelegt ist¹. De Lapparent² u. a. haben wiederholt geltend gemacht, dass die Fjorde in Norwegen ebenso wie in Schottland u. a. Ländern zweifellos in der Regel auf alten Bruchzonen angelegt sind, und dass überhaupt die grossen Dislokationsprozesse, durch welche die Linien der von Fjorden zerschnittenen, steilen norwegischen Küste entstanden, in tief eingreifender Weise die Reliefbildung in diesen Gegenden beeinflusst haben.

VERGLEICH MIT MODERNEN SEISMISCHEN GEGENDEN.

Um einen sicheren Ausgangspunkt für die Beurteilung der Spaltensysteme Fennoskandias zu finden, deren Züge ich auf der Karte wiederzugeben versucht habe, muss man solche Gegenden aufsuchen, wo ähnliche Spaltenbildungen noch heute in Entstehung begriffen sind. Vergleichen wir z. B. eine Reliefkarte von Kalifornien, woselbst der Zusammenhang zwischen den geradlinigen Tälern in der Gegend von San Franzisko (Fig. 15) und den Erdbebenspalten, denen entlang noch heutzutage wiederholt Bewegungen stattfinden, vollkommen sicher nachgewiesen ist, mit der Bruchlinienkarte Fennoskandias, so finden wir sogleich eine ausgeprägte Ähnlichkeit. Noch grösser ist letztere bei der Gegend an der Yakutat Bay in Alaska (Fig. 16), wo nach Tarrs und Martins bedeutungsvollen Untersuchungen mit recht grossen Hebungen und Senkungen verbundene Bewegungen noch

¹ H. Reusch, Norges Relief. N. G. U. Aarbog for 1900. S. 124.

² A. de Lapparent, Leçons de géographie physique. 1898.

heutzutage längs der geradlinigen, steilen Ufer der Fjorde stattfinden¹.

Auch die Erdbebenlinien in Kalabrien und Sizilien erinnern in ihren Richtungen und ihrer Verteilung sehr an die fennoskandischen Bruchlinien. Hobbs hat in seiner epochemachenden Arbeit über dieses Erdbebengebiet auf einer Karte alle diejenigen Linien eingetragen, denen entlang in dieser Gegend Erdbebenbewegungen stattgefunden haben². Er hat hierbei jedoch die Linien sich ununterbrochen über



Fig. 15. Spaltentäler in der Gegend von San Franzisko.
Nach Lawson.

die ganze Umgebung weiter als man in Wirklichkeit annehmen kann, fortsetzen lassen, wodurch das Bild verwirrt wird. Ich habe deshalb nach Hobbs diejenigen Orte in den genannten Ländern auf beifolgender Karte eingetragen, welche bei verschiedenen Erdbeben mehr oder weniger stark beschädigt worden sind, und im wesentlichen an der Hand von Hobbs Linien solche Orte verbunden, von denen man

¹ R. S. Tarr and L. Martin, Recent Changes of Level in the Jakutat Bay Region, Alaska. Bull. Geol. Soc. of America. Vol. 17. S. 29 u. Pl. 23.

² W. H. Hobbs, The Geotectonic and Geodynamie Aspects of Calabria and Northeastern Sicily. Leipzig 1907.

annehmen kann, dass sie auf denselben Bruchlinien liegen, letztere aber habe ich nicht weiter ausgezogen, als sie aller Wahrscheinlichkeit nach sich in Wirklichkeit erstrecken. In einigen Fällen habe ich mir einige Veränderungen der Hobbs'schen Linien erlaubt. Die so entstandene, natürlich ziemlich hypothetische Kartenskizze der kalab-



Fig. 16. Jakutat Bay in Alaska mit ausgeprägter Spalten-topographie. Nach Tarr und Martin. Masstab 1:600 000.

risch-sizilischen Bruchlinien (Fig. 17) zeigt ebenfalls eine grosse Ähnlichkeit mit der Karte der alten Bruchlinien in Fennoskandia.

Sowohl in Kalifornien, Alaska und Süditalien, als auch in Fennoskandia erkennen wir also dieselben Züge. Der Felsboden ist in eine Menge kleinerer Stücke zerdrückt. Man hat ihn mit einem *Mosaik* verglichen und dies Bild ist auch sehr zutreffend da, wo die einzelnen

Teile auf ihrer Oberfläche eine sehr wechselnde Beschaffenheit besitzen, indem sedimentäre Gesteine verschiedenen Alters und Granite oder kristalline Schiefer mit einander abwechseln.

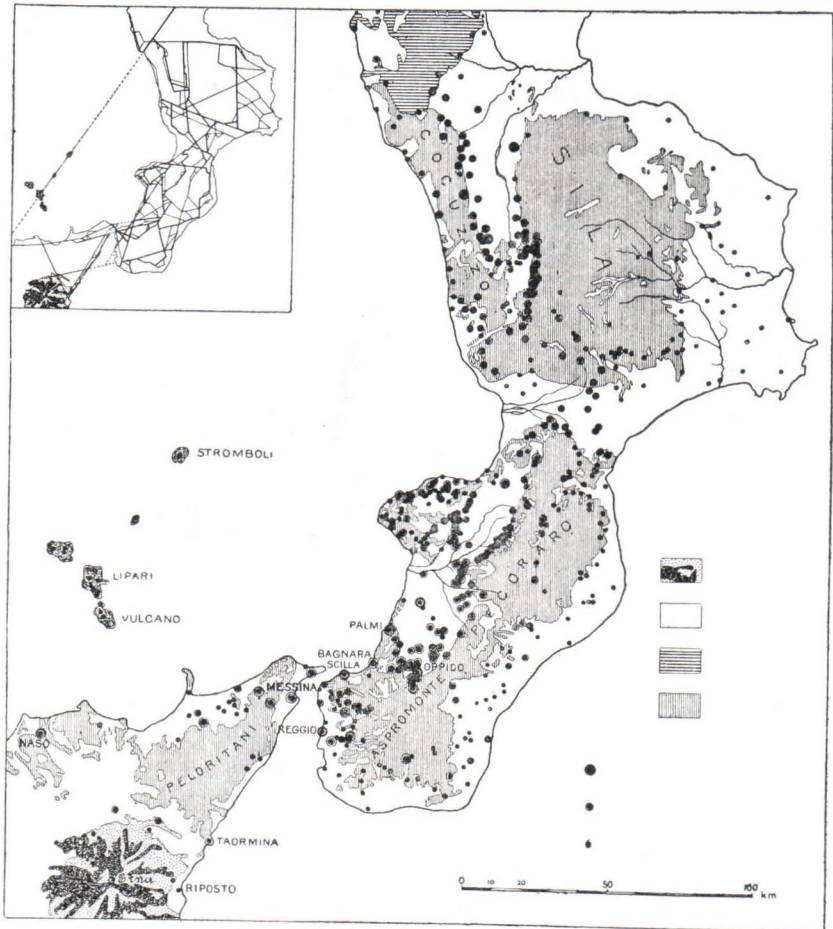


Fig. 17. Erdbebengebiet in Kalabrien und Sizilien mit Erdbebenlinien. Wesentlich nach Hobbs.

Innerhalb Fennoskandias ist die Zusammensetzung des Felsbodens zum grossen Teil einförmiger, und die Verschiebung an den Spalten ist in vielen Fällen nur so gering gewesen, dass die Verschiedenheit in der Beschaffenheit auf beiden Seiten derselben sich nicht

in auffälligerer Weise bemerkbar macht. Der Felsboden könnte eher mit einer zerbrochenen Zement- oder Porzellanplatte, als mit einem Steinmosaik verglichen werden. Jedenfalls ist der »Baltische Schild« so stark zerdrückt, dass dieser Name kaum zutreffend erscheint, wenn man damit die Vorstellung einer relativ grossen Stärke und Widerstandsfähigkeit vereinigt.

DIE HERAUSPRÄPARIERUNG DER ERDBEBENSPALTEN DURCH DAS LANDEIS.

Die Spaltenlinien in Fennoskandia heben sich noch klarer als moderne Erdbebenlinien heraus, welche durch die auf dem Felsboden liegenden, losen Erdmassen verdeckt werden und darum nur bei jeder stärkeren Bewegung hervortreten. Im Norden sind diese Linien während der Eiszeit gesäubert worden, wobei die Oberfläche des Landes gleichsam reingefegt wurde.

Die Frage nach der Fähigkeit des Eises seine Unterlage abzunutzen, sowie danach, ob es überhaupt auf letztere zerstörend oder schützend wirkt, ist ja schon seit langer Zeit diskutiert worden. Bald hat man gemeint, das Eis habe fast gar keine erodierende Fähigkeit besessen, bald wiederum glaubte man, das Eis könne durch direkte Abnutzung im festen Gestein Becken und enge Täler aushöhlen, ohne erklären zu können, warum dasselbe so äusserst ungleichmässig auf seine Unterlage wirkte. Während der letzten Zeit ist die Frage besonders im Zusammenhang mit derjenigen nach der Entstehung der übertieften Talgänge in den Schweizer Alpen diskutiert worden¹.

Die Rinnen im Päijänne weisen eine besonders typische Form unstreitiger »Übertiefung« auf; ihr Boden ist sehr uneben. Sowohl zwischen den grössten Vertiefungen, als auch an beiden Enden der Rinne befinden sich hohe Gesteinsschwellen, woher, wie schon hervorgehoben, die Annahme unmöglich ist, die Spalten hätten durch die Einwirkung des fliessenden Wassers reingespült werden können. Das *Eis* muss somit diese Säuberungsarbeit ausgeführt haben. Es ist klar, dass die Einwirkung desselben auf seine Unterlage je nach der Beschaffenheit der letzteren sehr wechselnd gewesen sein muss.

¹ Vergl. besonders die Diskussionen auf dem IX internationalen Geographenkongress in Genf 1909 und dem XI internationalen Geologenkongress in Stockholm 1910.

Selbst über die weichste Gesteins- oder Erdoberfläche, wie z. B. über den eokambrischen Ton, welcher noch dicht unter der Moräne auf der Karelischen Landenge zwischen Wiborg und S:t Petersburg liegen geblieben ist, kann das Eis hinweggleiten, ohne sie ganz zu zerstören, offenbar weil die Glätte der Tonoberfläche dem Eise keinerlei Halt bot. Högbom hat die auffällige Tatsache hervorgehoben¹, dass im mittleren Schweden die aus weichem kristallinem Kalkstein bestehenden Berge häufig Erhöhungen bilden, welche über die aus harten Graniten und ähnlichen Gesteinen bestehende Umgebung hervorragen. Er erklärt dies so, dass der allerdings stark zerklüftete Kalkstein, dessen einzelne Stücke gleichsam in einander eingeklemt sind, nachdem seine Oberfläche einmal geglättet war, dem Eise keine guten Angriffspunkte bot, so dass es nicht imstande war, Gesteinsbrocken aus dem Kalkstein herauszubrechen, während es dagegen den regelmässiger zerklüfteten Granit leichter angriff.

Wie Steenstrup gezeigt hat, werden auch durch den Gletscher auf Grönland Granit und ähnliche Gesteine sehr ungleichmässig im Verhältnis zu ihrer Zerklüftung exariert. Ganz besonders hat auch Törnebohm auf die Bedeutung des Spaltenreichtums im Felsengerüst für die erodierende Einwirkung des Eises hingewiesen².

Es ist ja auch ohne weiteres klar, dass es dem Eise leicht fallen muss, aus den am stärksten zerklüfteten Teilen des Felsbodens einen Block nach dem anderen, welcher im Eise einfriert und durch seine Bewegungen mitgerissen wird, herauszubrechen, während es dagegen die nicht zerklüfteten Felsen kaum angreifen kann. Die Spalten im Päijänne und damit zusammengehörige Bildungen sind somit als alte Spaltenlinien anzusehen, welche durch das Eis gesäubert worden sind, das hierbei nur den stärker zerklüfteten Felsboden fortlegte. Längs der Spalte entstehen in den grösseren Seen Rinnen, auf den Landmassen dagegen länglich schmale Kluffseen desselben Typus, wie die schottischen *Lochs*, welche ebenfalls echte Spaltentalseen sein dürften.

Wir haben schon im vorigen aus den finnischen Schären einige Beispiele geschildert, welche zeigen, in welchem ausserordentlich hohem Grade die Wirkung des Eises auf den Felsboden durch die Zerklüftung beeinflusst worden ist.

¹ A. G. Högbom, Om urkalkstenarnas topografi och den glaciala erosionen. Geol. För. i Stockholm Förh. 1899. Bd. 21. S. 189.

² A. E. Törnebohm, Grunddragen af Sveriges geologi, 1884. S. 163.

Ich werde hier nur aus dem Schärenhof des Finnischen Meerbusens im O. von Helsingfors einige neue Beispiele anführen.

Im Verbreitungsgebiet des grobkörnigen Rapakiwigranites und des ähnlich struierten Onas-Granites, welche beide schwach zerklüftete Bergmassen bilden, worin die einzelnen Felsen ausgeprägte Rundhöckergestalt besitzen, sind die Landmassen relativ schwach zerstückelt. Grössere Inseln und breite Halbinseln sind häufig. Die Gruppierung der Inseln ist oft eine solche, dass sie stattgefundene

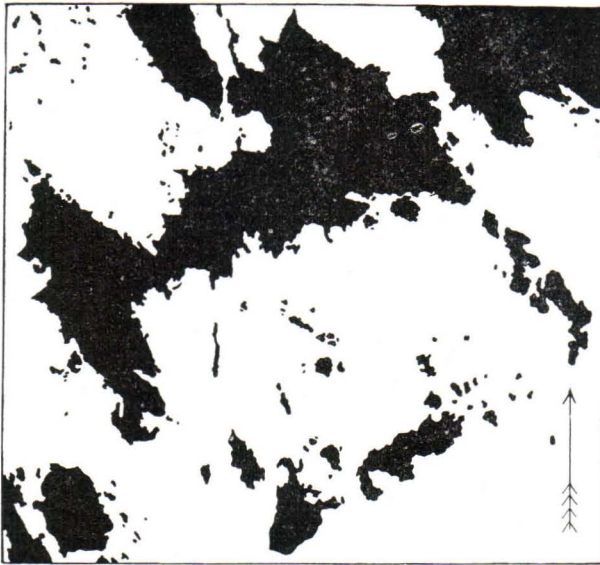


Fig. 18. Die Mogenpörtinsel und angrenzende Inseln in Pyttis im Osten von Lovisa. Masstab c. 1:1,500,000.

Die Zerlaptheit der Konturen, besonders im N.W., beruht z. T. auf der Verteilung der losen Ablagerungen.

Grabensenkungen andeutet (Fig. 18). Die Oberflächenkonfiguration dürfte von der Eiserosion relativ schwach beeinflusst worden sein.

Dagegen findet man in der Gegend, die zwischen den beiden erwähnten Granitegebieten liegt, ein geologisch ganz anders und zwar viel mannigfaltiger gestaltetes Gebiet. Kristallinisch schiefrige Uralitporphyre und andere »Metabasite« (stark metamorphosirte Basalte, Tuffe, Diabase etc.) Quarzite etc., herrschen hier vor, die alle sehr stark und unregelmässig zerklüftet sind; und demgemäss

findet man hier eine äusserst reich gegliederte und unregelmässig gestaltete Geomorphologie (Fig. 19). Die Verschiedenheit lässt sich rein numerisch veranschaulichen. Während im Rapakiwi-Gebiet auf hundert Quadratkilometer weniger als 100 grössere und kleinere Inseln kommen, trifft man im Uralitporphyritgebiete über 300. Ähnliche Beobachtungen lassen sich überall in den Schären Finnlands machen.

Die durch das Eis ausgeführte Arbeit war also hauptsächlich eine *steinbrechende*, wobei es nach Art des Steinmetzen Nutzen aus der natürlichen Zerklüftung der Felsen zog. Es *klaubte* Blöcke her-



Fig. 19. Ein Teil des Schärenhofes von Pellinge und Perno, im Osten von Helsingfors. Masstab c. 1:150 000.

aus, fegte und säuberte den Felsboden, pflügte aber keineswegs Furchen in denselben da, wo er vorher glatt war. Der ganze Ausdruck Exaration ist kaum für die Ablationsarbeit des nordischen Landeises verwendbar und giebt überhaupt eine ganz unrichtige Vorstellung von der Wirkungsweise des Eises. Eher kann man in den hier fraglichen Fällen ganz einfach von einem Fortschleppen oder einer *Detraktion*¹ derjenigen Gesteinsmassen reden, welche frei dalagen oder von ihrer Umgebung losgebrochen werden konnten.

¹ *J. J. Sederholm*, Über Bruchlinien etc. *Compte Rendu du XI:e Congrès Géol. Intern.* 1910. II. S. 867.

Lepsius hat etwas später als dieser Name von mir vorgeschlagen wurde (vergl. *R. Lepsius*, Über Gletscher-Erosion, *Monatsber. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* Bd. 62. 1910 (4. Dez.) N:o 12. S. 676.) den Ausdruck *Detersion* in demselben Sinne proponiert.

DIE ROLLE DER VERWITTERUNG BEI DER ENTSTEHUNG DER TERRAINVERHÄLTNISSE.

Unter dem Eindrucke der epochemachenden Entdeckungen Pumpellys und anderer Forscher in Bezug auf den grossartigen Betrag der sekundären Verwitterung in manchen Ländern und ihre geologische und geomorphologische Bedeutung, war man geneigt anzunehmen, dass dieselbe auch auf die Entstehung der Terrainverhältnisse in Fennoskandia und besonders auch auf die Seenbildung grossen Einfluss gehabt habe. So wollte ihr Nathorst anfangs in dieser Beziehung eine Hauptrolle zuschreiben, indem die Seebecken zu den am leichtesten verwitterten Teilen des Felsgerüsts gehören sollten. Törnebohm¹ hat dagegen von Anfang an den Verwerfungen und Spaltenbildungen eine Hauptrolle bei der Bildung der Seebecken zugeschrieben, und Nathorst schloss sich später dieser Ansicht in so fern an,² als er annahm, dass die Verwitterung in den spaltenreichsten Teilen des Felsgerüsts am tiefsten eindringt. Nach Nathorsts so modifizierter Theorie für die Entstehung der schwedischen Seebecken hätte somit die Tätigkeit des Eises in einer Ausfegung bestanden, nicht, wie Törnebohm annahm, in einem wirklichen Herausbrechen von festen, wenngleich mehr oder weniger zerklüfteten Gesteinsmassen.

Verwitterungsschutt liegt allerdings noch an gewissen Stellen innerhalb Fennoskandias bewahrt. So ist der Felsuntergrund im südlichen Enare in Finnisch-Lappland bis zu einer Tiefe von 10—30 m verwittert, zuoberst in dem Masse, dass das Gestein mittels Schaufel ausgegraben werden kann, obgleich in demselben alle Einzelheiten der Struktur wie Faltung, Adern u. dgl. noch gut beobachtet werden können (Fig. 20). Dieses Gebiet liegt allerdings am früheren Eisteiler, und die »Exaration« war hier aus leicht erklärlichen Gründen wenig oder garnicht wirksam. Ausserdem ist der Felsboden in ungewöhnlich hohem Grade zerklüftet, ein Umstand, welcher die Tätigkeit der Verwitterung erleichtert hat. Da Partien des aus den hier vorkommenden goldhaltigen Erzgängen durch starke Verwitterung entstandenen »eisernen Hutes« ein Stück weit vom Muttergestein als Bestandteile der Moräne fortgeschleppt worden sind, kann die Verwitterung

¹ A. E. Törnebohm, Några ord med anledning af A. Hellands insjökritik. Geol. För. i Stockholm. Förh. Bd. 8. 1886. S. 346.

² A. G. Nathorst, Anmärkningar med anledning af A. Hellands uppsats: Svenska geologer om insjöarna. Ibid. S. 322.



Fig. 20. In situ liegender Verwitterungsschutt von Granulit bei Hangasoja im Kirchspiel Enare, Finnisch-Lappland.

jedoch nicht in postglazialer Zeit vorsichgegangen sein. Diese verwitterten Gesteinsmassen haben eine überwiegend sandige Beschaffenheit, und die einzelnen Mineralkörner sind recht frisch. Nur ganz in der Nähe der Erzgänge kommen kaolinähnliche Substanzen vor.

Dagegen ist der Mangel an präglazialen Verwitterungsprodukten ein auffallender Zug in den meisten anderen Teilen Fennoskandias. Auch Kieserze sind ja oft da, wo sie von Moräne bedeckt sind, frisch bis an die Oberfläche. Nur wo sie von humussäurehaltigem Wasser ausgelaugt wurden, sind sie stärker zersetzt. Selbst der leicht verwitternde Rapakiwi-Granit im östlichen Finnland ist unter der Moräne bis zur Bergoberfläche hinauf vollkommen frisch und unverwittert. Die starke Verwitterung, welche man an exponierteren Teilen dieses Gesteins beobachtet, scheint überall in postglazialer Zeit vorsichgegangen zu sein.

Unsere Diabasgesteine sind vollkommen frisch bis zur Oberfläche, meist von schwarzer Farbe und stehen somit im auffallendsten Gegensatz zu den entsprechenden deutschen Gesteinen mit »Grünstein«-Habitus.

Ebenso sind sogar die leicht verwitternden Olivingesteine oft nicht einmal in ihren oberflächlichen Partien serpentinisiert. Die Feldspatminerale der Granite besitzen nahezu überall in unseren Gesteinen ihre ursprüngliche Frische und Glanz und sind nicht, wie z. B. in den deutschen Graniten, opak infolge von beginnender Kaolinisierung; die höher gelegenen Teile der Berge sind vollauf ebenso frisch wie das Gestein in den Tälern und sogar die Kalksteine sind schon in einer Tiefe von 4—5 m fast gar nicht angegriffen. Die in denselben, obwohl selten, vorkommenden, im allgemeinen unbedeutenden Grotten dürften wohl nicht aus präglazialer Zeit stammen. Verwitterungsreste müssten doch irgendwo bewahrt sein, wenn nicht die Säuberung während der Eiszeit so vollständig gewesen wäre, dass sie nicht nur allen Schutt fortgefegt, sondern sogar einen Teil der zu oberstliegenden Gesteinsmassen (meiner Ansicht nach wenigstens 10 bis 20 m durchschnittlich) exariert hat.

Wie Gunnar Andersson hervorgehoben ¹, ist es auch möglich, dass die Klimaverschlechterung während präglazialer Zeit so langsam fortgeschritten sein könnte, dass eine starke Erosion die Verwitterungs-

¹ l. c..

G. De Geer, Über die Beziehungen unserer Seenplateaus zu den einstmaligen Abrasionsflächen. Comptes Rendus du Congrès des Naturalistes et Médecins du Nord à Helsingfors, 7—12 Juillet 1904. 4. S. 35.

produkte schon vor Eintritt der Eiszeit hätte fortsetzen können. Jedenfalls dürfte wohl die sekundäre Verwitterung für die Seenbildung von verhältnismässig untergeordneter Bedeutung gewesen sein im Vergleich zu den Dislokationen und zur Detraktion der mehr oder weniger zerstückelten Gesteinsmassen.

G. De Geer hat darauf aufmerksam gemacht, dass die ebenen seerlosen Urgebirgsflächen oft in unmittelbarer Nähe von kambrisch-silurischen Sedimentgesteinen liegen, welche wahrscheinlich früher das Gebiet bedeckten. Die Ebenheit der ersteren kann also darauf beruhen, dass das Urgebirge hier, von überliegenden Sedimenten geschützt, die erst verhältnismässig spät entfernt wurden, nicht so stark zerklüftet worden ist wie an anderen Stellen. Es ist auffallend, dass man auch im Süden von Ostbottanien, welches den ebenen Teil von Finnland bildet, den Rest einer horizontal liegenden Sandsteinablagerung findet, die wahrscheinlich früher eine grössere Verbreitung besass und möglicherweise von kambrischem Alter ist.

Jedenfalls war wohl Fennoskandia zur Zeit des Eintreffens der tertiären Dislokationen aller Wahrscheinlichkeit nach eine Ebene mit wenig hervortretenden Unebenheiten. Ihre Oberfläche muss wohl schon damals im wesentlichen aus Urgebirge bestanden haben, wie auch jetzt. Möglicherweise besaßen das Silur und die übrigen Sedimentformationen etwas grössere Verbreitung, aber die Einsenkung der Sedimentlager dieser Formationen in Grabensenkungen dürfte, wie bereits hervorgehoben worden, in vielen Fällen schon viel früher stattgefunden haben. Daher wird der Charakter des Bottenmeeres als einer Grabensenkung nicht, wie man zuweilen ausgesprochen findet, durch das Auftreten von Silurlagern am Meeresgrunde bewiesen, denn diese nehmen wohl nicht mehr als einen Teil der tertiären Grabensenkung ein und sind selbst in kleinere Einsenkungen älteren Datums eingebettet.

DIE NORWEGISCHE UFERFLÄCHE (STRANDFLADEN).

Reusch hat die Aufmerksamkeit auf einen sehr eigenartigen Zug in der Oberflächengestaltung Norwegens gelenkt¹, nämlich auf die s. g. »Strandflade«, eine ebene Felsenfläche, welche ungefähr im Niveau des jetzigen Meeres liegt, z. T. aber auch 10 bis 20 Meter ober- oder

¹ *H. Reusch*, Strandfladen, et nyt traek i Norges geografi. N. G. U. Aarbog for 1892 og 1893. S. 1.

unterhalb desselben. Reusch, Vogt und andere norwegische Geologen, welche Teile dieser Uferfläche beschrieben haben, fassen dieselbe als Resultat der abradierenden Arbeit des Meeres während präglazialer Zeit auf. Nun besitzt aber diese Fläche in gewissen Gegenden eine Breite von 45 Kilometern, und es ist schwer verständlich, wie die Meereswellen so weit ins Land hinein hätten wirken können, da ja die Stärke der Brandung in dem Masse abnimmt, als erstere einen immer breiteren Uferstreifen zu bespülen haben. Selbst wenn man sich eine Senkung während des Verlaufes der Abrasion denkt, so kann die Böschung nicht sehr steil geworden sein, falls man nicht wiederholte, durch nichts bewiesene starke Störungen annimmt.

Nach den Annahmen Vogts hätte die Neigung nicht mehr als ungefähr 1 : 1000 betragen. Somit wäre das Meer ausserhalb der Küste sehr flach gewesen, und doch hätte sich dasselbe nicht weniger als 45 km ins Land hineingraben und dasselbe dabei bis zu einer Tiefe von 400 m einschneiden können. Oder mit anderen Worten: mit jedem Meter, womit das Meer vordrang, hätte die Brandung an solchen Stellen 400 m³ per Meter Küstenlinie ausgesägt.

Wir besitzen zwar in den in festes Gestein eingegrabenen Terrassen in der Gegend von Drontheim und anderen Stellen in Norwegen Beispiele für eine recht starke marine Abrasion. Aber nirgends hat man die Erfahrung einer solchen gemacht, welche annähernd die hier in Frage kommende Stärke besässe. Der schnellste Fortschritt der Meeresabration an viel niedrigeren, aus leichter zerstöbaren Gesteinen bestehenden Küsten beträgt heutzutage nach Watts etwa 30 m im Jahrhundert, während nach A. Geikie die aus kristallinen Gesteinen bestehenden Küsten Schottlands nur mit einem Meter im Jahrhundert zurückgewichen wären. Es wären also nach diesem Masstabe wenigstens 4 à 5 Millionen Jahre nötig gewesen, um die norwegische Uferfläche herauszuschneiden, und während dieser Zeit hätte die Küste annähernd dieselbe Lage wie jetzt bewahrt, nur mit soviel stärkerer Neigung nach aussen, als die Meereswellen nötig gehabt hätten, um bequemer arbeiten zu können, und erstere wäre später durch eine ausgleichende Senkung der Küstenstrecke in entgegengesetzter Richtung verwischt worden.

Das jährliche Resultat der marinen Abrasion heutzutage an *allen* Küstenlinien der Erde *zusammen* wird zu 1 km³ geschätzt, während hier auf dieser kurzen Uferstrecke einige Tausend km³. z. T. in widerstandsfähigen festen Gesteinen abradirt worden wären.

¹ J. H. L. Vogt, Søndre Helgelands geomorfologi. N. G. U. N:o 29. S. 35.

Da man annehmen muss, dass die jetzige norwegische Küstenlinie erst während der Tertiärzeit gebildet wurde, während sich das Land früher weiter über denjenigen Teil der Erdkruste erstreckte, welcher jetzt vom Wasser des Nordatlantischen Meeres bedeckt ist, kann man unmöglich annehmen, dass die Uferfläche vor dem Eintritt der tertiären Dislokationen entstanden ist. Es ist auch aus dem Grunde schwierig, sich dieselbe von sehr hohem Alter zu denken, weil in diesem Falle die Böschung über ihr durch die Wirkung der Erosion vernichtet worden wäre. Die Tertiärzeit kann schwerlich eine so unermessliche Länge besessen haben, dass einzelne Zeiträume zwischen den Dislokationen für die Bildung einer solchen Felsenterrasse ausgereicht hätten. Da das Einschneiden derselben, wie oben angeführt, mindestens mehrere Millionen Jahre gedauert hätte, muss während dieser langen Zeit das darüber gelegene Land von Flussrinnen bis zum Niveau des Meeres durchsägt worden sein und das Relief überhaupt einen hohen Grad der Reife erreicht haben. Die Erosion arbeitet ja im Mittel 20 mal schneller als die Abrasion durch die Meeresbrandung und es ist daher sehr schwer anzunehmen, ein solcher Steilabfall könne durch langandauernde Arbeit der zerstörenden Agentien entstehen.

Die Uferfläche kann also keine Abrasionsfläche sein, sondern viel wahrscheinlicher ist, dass sie durch Bruchspalten der hier behandelten Art von ihrem Zusammenhange mit der Plateaufläche oben auf den Bergen, welche Reusch die paläische Fläche nennt, losgerissen wurde. Auch diese hat dieselben Erhöhungen wie die Uferfläche aufzuweisen, indem einige Berge sich unvermittelt über die sonst ebene Fläche erheben. Dies ist bei vielen Bergen des »Kölen« der Fall und ebenso bei einer Menge von Bergen in Finnisch-Lappmarken, welche meilenweit über der umliegenden ebenen Gegend sichtbar sind. Sie sind, soweit sie nicht durch spätere Dislokationen entstanden, was wohl am häufigsten der Fall ist, als Erosionsreste, Monadnock-ähnliche Partien anzusehen, welche dem Einfluss der Denudation besser Widerstand geleistet haben.

In einem Vortrag im Geologischen Verein zu Stockholm hat Prof. Högbom einige an der Uferfläche zwischen Trondhjem und Ofoten gemachte Beobachtungen erwähnt, welche seiner Meinung nach gegen die von G. De Geer und mir geäußerten skeptischen Ansichten sprechen. An mehreren Stellen hatte er beobachtet, dass gewisse leicht erkennbare Bänke oder Lagerkomplexe sich über die Grenze der Uferfläche verfolgen liessen, was gegen die Annahme von



Fig. 22. Luröen, Onöen etc. im nördlichen Norwegen. Masstab 1:150 000.
Rechts ein Schema der angenommenen Bruchspalten.

als zu einer unzweifelhaften Bruchspalte gehörig, welche den Stigenfels im Osten scharf abschneidet. Parallel zu dieser gehen die Orientierungslinien des Lursundet, welcher die beiden Inseln von einander trennt. Im Norden erweitert sich dieser zu einer grösseren Wasserfläche, deren rechteckige Begrenzung in die Augen fällt. Die südwestliche Seite dieses Parallelogrammes bildet zugleich die annähernde Nordbegrenzung der beiden grösseren Felsen. Auch im Süden von Onöen erkennt man an der Nordostgrenze der kleineren Inseln gerade Linien, die ohne Zweifel Spalten bezeichnen. Mir scheinen diese Inseln ungezwungen als eine von Verwerfungen abgegrenzte Felsmasse gedeutet werden zu können, in welcher hauptsächlich die von zahlreichen Spalten zerschnittenen Teile detrahiert worden sind. Die Inseln stehen wohl selbst horstartig zwischen den umgebenden Meeresebenen und sehr wahrscheinlich bilden auch die höheren Teile Horste, deren Umrisse aber auch durch die Detraktion entstellt worden sind.

Sehr auffallend ist nun, dass auf Hestmandöen und an mehreren anderen Stellen die höchsten Teile *auf der Meeresseite liegen* und dass man an dieser Seite fast gar keine Uferfläche ausgebildet findet, während dagegen diejenigen im Nordosten oder Osten sowie zwischen den höheren Felsen liegenden Partien der Inseln, welche von diesen Felsen gegen den Anprall der Wogen geschützt worden sind und die auch z. T. wie die Erhabenheiten aus Granit bestehen, fast vollständig eben sind. Vergl. die beistehende Fig. 23, welche die Karte der Insel Wegä wiedergibt.

Bei Langenes im Süden von Ofoten liegt die grosse ebene Fläche des Moores Stormyren ganz im Niveau des Meeres und könnte als eine sehr typische Uferfläche betrachtet werden. Jedenfalls ist sie viel besser entwickelt als die von Högbom erwähnten Uferflächen von Bodö und Svolvaer. Hier ist sie aber auch an allen Seiten von höher liegenden Felsen geschützt, so dass eine Meeresabrasion ganz ausser Frage ist.

Ich will keineswegs verneinen, dass auch Beispiele vorkommen können, wo eine Meeresabrasion an der »Strandflade« tätig gewesen ist, obgleich ich bisher keine überzeugenden Beweise gefunden habe. Dafür, dass sie die Ursache der Ebenheit der grossen Inselgruppen in den betreffenden Gegenden wäre, fehlen aber bisjetzt alle Beweise und sie ist an und für sich äusserst unwahrscheinlich.

In den Einzelfällen zu entscheiden, wo Verwerfungen von grösserem Betrage an der Uferfläche vorkommen, ist wohl nicht ohne detailliertere Untersuchungen möglich, um so mehr als, wie auch G.

De Geer hervorgehoben hat, an solchen Stellen, wo eine spätere Erosion die Grenzpartien der Gebirgsmassen niedergebrosen hat, die Spuren der Verwerfungen und Flexuren in einer gewissen Entfernung von dem jetzigen Bergfuss zu suchen sind. Ich möchte nur diejenigen Kollegen fragen, welche nicht an eine grössere Beteiligung von Spalten und Verwerfungen an der Ausbildung der Topographie der norwegischen Küste glauben, wie sie sich die Entstehung dieser



Fig. 23. Die Insel Wega im nördlichen Norwegen. Masstab 1 : 150 000.

oft steilen Küste denken. Und wie könnten die über ganz Norwegen so augenfälligen Bruchspaltensysteme gerade hier, an den Stellen der stärksten topographischen Gegensätze, fehlen? In den finnländischen Schären, deren Topographie mit den betreffenden norwegischen Inseln, soweit sie niedrig sind, eine grosse Ähnlichkeit zeigt, sind sie meiner Erfahrung nach überall vorhanden.

Auch wenn meine Gegner darin Recht behalten würden, dass es hier Uferflächen gibt, welche Abrasionsflächen sind, so wird es sich

sicher zeigen, dass die Spalten und Verwerfungen eine grosse Rolle bei der Gestaltung der betreffenden Topographie gespielt haben ¹⁾.

Erst während der Drucklegung dieses Aufsatzes erhielt ich die ausführlichere Darstellung Högboms *Über die norwegische Küstenplattform* (Bull. Geol. Inst. of Upsala, Vol. XII) worin er vor allem »die Unhaltbarkeit der tektonischen Theorie« bezüglich der Entstehung dieser Bildung nachzuweisen sucht.

Bezüglich der behaupteten Abwesenheit von Verwerfungen am Knickpunkte in den Uferprofilen möchte ich nochmals an das S. 42 angeführte Argument G. de Geers erinnern.

Zwar findet Högbom es unwahrscheinlich, dass eine Abrasionsfläche so vollständig mit einer früher existierenden Felsoberfläche zusammenfallen könnte, dass es unmöglich wäre, beide auseinander zu halten. Man kan sich aber meiner Ansicht nach leicht vorstellen, dass eben diese niedrige Felsplatte die Küste gegen weitere Zerstörung geschützt hat, und dass also ihr Niveau das untere Niveau bestimmte, bis zu welchem das Meer abradierend wirken konnte.

Ich gebe aber gern zu, dass nach dem Erscheinen der ins Einzelne gehenden Schilderung Högboms das onus probandi jetzt mehr auf der anderen Seite liegt, und teile seine Hoffnung, dass neue Detailbeobachtungen in baldiger Zukunft die Frage vollständig lösen werden.

Sonst verschwindet ein grosser Teil der Unwahrscheinlichkeit in den früheren Annahmen, nach welchen man einen ungeheueren Betrag für die Abrasion annehmen muss, wenn man mit Högbom und Nansen meint, dass die Zone der Küstenplattform schon vor der marinen Abrasion sehr stark durch Erosion und Denudation zerschnitten und abgetragen war, so dass die marine Abrasion nur einen geringen Bruchteil (nach Högbom höchstens ein Zehntel) der von J. H. L. Vogt berechneten Massen zu bewältigen hatte.

Auch die Annahme des quartären Alters der Küstenplattform entfernt viele Unwahrscheinlichkeiten in den Annahmen von Reusch und J. H. L. Vogt. Andererseits wird aber dadurch auch das Zeitmass, welches für die Abrasionsarbeit zur Verfügung stand, erheblich verändert.

Mir scheint aber die Topographie der fraglichen Gebiete, wie z. B. eben der Luröen-Inseln, keineswegs auf eine solche relative Reife hinzudeuten, wie es die Annahme Högboms und Nansens fordert. Besonders alle Steilabfälle wären bei einer solchen intensiven Denudation vollständig der Zerstörung anheimgefallen, während man jetzt z. B. am Ostufer des Stigen-Felsens (Fig. 22) solche findet, und zwar ohne jede Verbindung mit der Küstenplattform.

Die Bemerkung Högboms, dass meine Theorie das Vorhandensein von Einschnitten an den angenommenen Hauptverwerfungen forderte, möchte ich mit dem Hinweis erwiedern, dass solche an vielen Stellen in Schweden eben an den ausgeprägtesten Steilabfällen fehlen.

Aus der Darstellung Högboms ist zu ersehen, wie sehr die Anschauungen auch der Anhänger der Abrasionstheorie auseinander gehen. Deshalb sollte man wohl noch nicht die fragliche Erscheinung unter diejenigen stellen, die in den Lehrbüchern und populären Darstellungen als über jede Diskussion stehende typische Beispiele angeführt werden.

Noch immer bin ich geneigt anzunehmen, dass der Abrasionsarbeit höchstens ein Bruchteil, den Dislokationen der Hauptteil des Betrages bei der Bildung der Küstenplattform zukommt.

DIE ENTSTEHUNG DER FENNOSKANDISCHEN SEEBECKEN UND DER SCHÄREN.

Wir sind somit im vorhergehenden im Anschluss an die älteren Ansichten Törnebohms zu folgender Auffassung von der Entstehung der fennoskandischen Seen gekommen. Sie steht zweifellos mit Dislokationsbewegungen im Felsgerüst in Zusammenhang, welche die



Fig. 24. Typische roche moutonnée auf einer kleinen Insel im S.E. von Wormö in Ingo, im W. von Helsingfors.

früher ebene Fläche zerbrochen haben. Nur einige von den grösseren können jedoch als *tektonische* Becken in dem Sinne angesehen werden, dass sie durch Senkung gewisser Teile des Felsbodens oder durch Hebung absperrender Schwellen entstanden sind. Zu dieser Gruppe gehören vor allem der Wetterns-See in Schweden und der Pyhäjärvi-See in Finnland, welche sich auffälliger Weise beide in der Nähe von unmetamorphosierten Sedimentgebieten befinden. Die meisten Seebecken sind durch Anhäufung zahlreicher präglazialer Spalten (vergl. Tafel 1) bedingt, welche dem Landeise gestatteteten, an gewissen Stel-

len den Felsboden stärker als sonst zu detrahieren. Schliesslich ist das Vorkommen von einer Menge der kleineren und auch mehrerer grösserer Seen in nicht unwesentlichem Grade durch die Verteilung der losen Ablagerungen bedingt, indem letztere Vertiefungen im Felsboden oder in den Erdmassen abdämmten. Die beiden Hauptursachen des Seenreichtums Fennoskandias sind jedoch *Spaltenbildung* und *Detraktion*.

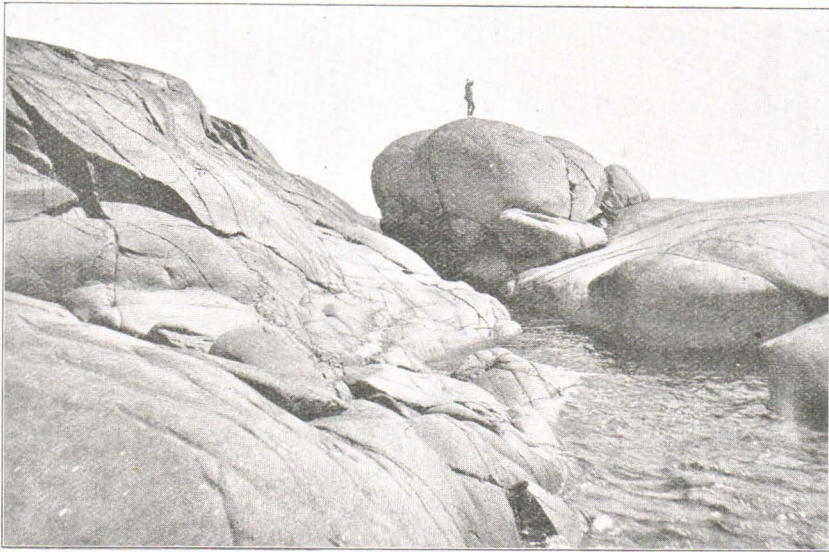


Fig. 25. Felsen an der Südseite der Insel Skarfkyrkan bei Tvärminne im E. von Hangö. Längs der Kluft geht ein Gang von Metadiabas.

Die Arbeit des Eises schuf nicht nur Vertiefungen in der Felsplatte, sondern durch dieselbe entstanden auch eine Menge kleinerer Erhabenheiten, Rundhöcker, welche bis in die Nähe des höchsten Niveaus der früheren Felsenebene reichen und vom Eise nur wenig angegriffen worden sind. Die kleinhügelige Beschaffenheit des präkambrischen Terrains in Fennoskandia ist ein Komplement zum Seenreichtum und hat dieselbe Ursache. Alle grösseren Seen sind auch von Inseln übersät. Man findet also schon hier eine Schärennatur, welche sich von derjenigen an den Küsten nur dadurch unterscheidet, dass hier kein Meer im Hintergrund liegt.

Die eigentliche Schärenwelt zeigt also hauptsächlich nur in den äussersten Teilen, wo der Einfluss des Meeres sich mächtig fühlbar macht, einen Unterschied von den Binnenseen. Sonst finden wir auch hier dieselben Tausende zerstreuter Felseninseln, die sich zuweilen zu grösseren Landpartien vereinigen und von einer Unmasse von Untiefen umgeben sind, und, wie schon oben hervorgehoben wurde, erkennt man auch hier dieselbe Spalntopographie am Boden des Sees wie in den inneren Teilen Fennoskandias.

Fast jeder Felsen zeigt hier unzählige, meistens noch sehr schön erhaltene glaziale Schrammen und Rundungen auf den Stosseiten. Jedoch sind so schön und regelmässig ausgebildete *roches moutonnées*, wie die in Fig. 24 abgebildeten, nicht gerade häufig, sondern meistens besitzen die Felsen unregelmässige Formen, welche dadurch entstanden sind, dass das Eis hier und da aus der Oberfläche durch Spalten abgesonderte Blöcke ausgeklaut und nicht Zeit gehabt hat, die Ecken später vollständig abzurunden. Zuweilen findet man, (vergl. Fig. 25) phantastischere Formen, deren Entstehung meistens mit Unregelmässigkeiten im Bestande der Felsen oder ihrer Verklüftung in Zusammenhang steht.

DER ZEITPUNKT DER ENTSTEHUNG DER BRUCHSPALTEN.

Es fragt sich nun, zu welcher Zeit oder in welchen Zeitperioden die hier besprochenen Bruchspalten entstanden sind. In Anbetracht des ausserordentlich hohen Alters des fennoskandischen Massives kann man ja erwarten hier, wie es tatsächlich der Fall ist, Spaltenbildungen des verschiedensten Alters zu finden. Die ältesten darunter sind indessen im allgemeinen durch Zementation oder dadurch wieder verwischt worden, dass die Gesteine bis zu so grosser Tiefe erodiert wurden, dass wir unterhalb desjenigen Niveaus angelangt sind, bis wohin klaffende Spalten überhaupt vorkommen können.

Man kann also kaum solche höheren, als jotnischen Alters treffen, da ja diese Periode die älteste ist, von welcher auf der Erdoberfläche abgelagerte Bildungen in ziemlich unverändertem Zustand erhalten sind. Aber auch der jotnische Sandstein hat eine so starke Diagenese durchgemacht, dass es kaum wahrscheinlich ist, dass offene Spalten aus dem entsprechenden Niveau erhalten geblieben sein können.

Zwar hat Högbom auf die auffällige Tatsache aufmerksam gemacht, dass die Bruchspalten im mittleren Schweden dort auftretenden jotnischen oder jedenfalls jung präkambrischen Diabasgängen parallel laufen. Dies ist jedoch meiner Ansicht nach kein entscheidender Beweis dafür, dass sie aus derselben Zeit stammen. Denn es ist ja natürlich, dass die Neigung sich in einer bestimmten Richtung zu spalten, (oder wie der Steinmetz sagt: Lose im Felsboden) in vielen Fällen für die Richtung der Bruchlinien bestimmend sein musste und dass somit Bruchlinien verschiedener Perioden in derselben Gegend parallel laufen können, ohne gleichzeitiger Entstehung zu sein. Die Abhängigkeit der Bruchlinien von Losen im grossen tritt recht deutlich an vielen Stellen innerhalb des Stockholmer Schärenhofes hervor, wo sie sich dem Streichen der Gneise anschliessen. Wo letzterer sich biegt, scheinen sich die sonst so geraden Spaltenlinien der Faltung gemäss zu biegen, ganz wie sich bei der Steinmetzarbeit eine Spalte längs einer gebogenen mit Glimmer bekleideten Fläche krumm schlägt.

Dagegen giebt es sicher Spalten *kambrischen* Alters. An vielen Stellen innerhalb Fennoskandias hat man nämlich Spalten gefunden, die mit gelbgrauem Sandstein gefüllt sind, in welchem an drei von einander recht weit entfernten Stellen (östliches Ufer des Wener, småländische Küste südlich von Westervik, nördliches Åland) zur *Olenellusfauna* gehörige Fossilien angetroffen worden sind. Die übrigen Vorkommen, in denen keine Fossilien gefunden worden sind (Gegend östlich von Hangö und Kimito in Finnland) gleichen den vorgenannten so vollkommen, dass ihre geologische Zusammengehörigkeit äusserst wahrscheinlich ist. Auch auf Bornholm sind ähnliche Sandsteingänge beobachtet worden, die möglicherweise zu derselben Gruppe gehören können.

Sowohl auf Åland, als auch in der Gegend östlich von Hangö und in Småland habe ich nun beobachtet, dass im Zusammenhang mit den mit Sandstein gefüllten Spalten, die wahrscheinlich bei Erdbebenschererungen entstanden, auch *offene* vorkommen, welche offenbar nicht spätere Bildungen sind, sondern vor oder gleichzeitig mit dem Hineinfließen des Sandes entstanden sind. Sie bilden nämlich teils direkte Fortsetzungen der mit Sandstein gefüllten Spalten, teils gehen sie diesen parallel und sind nur in ihrer nächsten Nähe zu finden (s. Fig. 26), sodass z. B. in Småland jeder Sandsteingang stets von einer Menge paralleler offener Spalten begleitet wird. Nach Beobachtungen von P. Eskola im Sommer 1912 kommen auch in Kimito in nahem Anschluss an einen *durch Erosion entstande-*

nen, von Sandstein erfüllten Hohlraum andere solche Grotten vor, die mit Mineralien inkrustiert, jedoch nicht vollständig gefüllt sind. Wir finden also mehrfache Beweise dafür, dass *Spalten und Höhlungen in diesem Gebiet sogar seit kambrischer Zeit her offen geblieben sein können.*

Dies hängt möglicherweise mit dem Umstande zusammen, dass die fraglichen Gebiete früher vom *eokambrischen Ton* bedeckt gewesen, der sich auch beinahe unverändert seit seiner Ablagerung erhalten



Fig. 26. Gang von kambrischem Sandstein und denselben begleitende Spalten auf Skarfkyrkan bei Tvärminne im E. von Hangö. Die Spalten sind auf der linken Seite des Bildes als schwarze Streifen sichtbar und erstrecken sich von dort unterhalb des sitzenden Knabens zum niedrigen Felsen in der Mitte des Bildes, welchen sie überqueren.

hat und seine Unterlage vor Infiltrationen von oben geschützt haben muss. Dass andererseits Lösungen aus der Tiefe hier nicht in die Höhe gedrungen, liegt daran, dass die fraglichen Partien nicht so tief versenkt wurden, dass die innere Wärme und gegebenen Falles juvenile Lösungen irgend eine Wirkung hätten ausüben können.

An vielen Punkten Fennoskandias kommen indes, wie schon erwähnt, auch Verwerfungsspalten vor, die mehr oder weniger vollstän-

dig von Quarz, Epidot, Kalkspat, Flusspat u. s. w. oder von einer gewöhnlich durch die genannten Mineralien verkitteten Reibungsbrekzie erfüllt sind. Man braucht nicht anzunehmen, dass diese mineralisierten Spalten notwendigerweise älter als die offenen Spalten kambrischen Alters sein müssen. In Gegenden, wo nach Entfernung des eokambrischen Tons Lösungen leicht von oben ein oder wo heisse Quellen aus der Tiefe empordrangen, könnte auch während der letzten präglazialen Periode eine starke Mineralbildung auf den Spalten stattgefunden haben.

Eine Altersbestimmung der letzteren kann im allgemeinen nur da vorgenommen werden, wo paläozoische Sedimente in der Nähe sind. In Schonen und an anderen Stellen in Schweden kann man ja z. B. das Vorkommen postsilurischer Verwerfungen nachweisen, durch welche kambrisch-silurische Sedimente in Gräben eingesenkt wurden. Die übrigen Teile der Silurlager wurden dagegen grösstenteils schon während vortriadischer Zeit forterodirt, denn die Schichten der Trias und des Jura ruhen in Schonen teilweise unmittelbar auf dem Urgebirge. Die Dislokationen der Kristianiagegend, durch welche die Silur- und Devonlager in einen Graben versenkt wurden, haben dort nachweislich in postdevonischer Zeit stattgefunden. Man kann sich vorstellen, dass die postsilurischen Dislokationen zu gleicher Zeit eintrafen, wie die grosse Dislokationsperiode, welche Veranlassung zur Bildung der skandinavischen Gebirgskette gab.

Die Jura-Ablagerungen auf Andö im nördlichen Norwegen sind ebenfalls in einen Graben eingesenkt und die letzteren begrenzenden Verwerfungen haben, wie früher hervorgehoben worden, immerhin so früh stattgefunden, dass die höher liegenden Teile der Juraschichten schon ganz forterodiert worden sind und die ebene Fläche entstehen konnte, die sich unabhängig von den Dislokationen jetzt über die Gegend erstreckt.

Oft genug findet man an den Verwerfungsgrenzen um die Gräben keine durch das Eis eingegrabenen Talrinnen, was darauf hindeutet, dass dieselben wieder verkittet wurden oder von Anfang an fest zusammengeklemmt waren.

Man darf sich aber keineswegs denken, dass alle Verwerfungen an der Grenze des Silurs gleichen Alters sind. Im mittleren Schweden findet man, dass sowohl diese, als auch die die wahrscheinlich mesozoische Visingsöformation am Wettersee begrenzenden Verwerfungen sich in steilen Bergabhängen fortsetzen, welche zweifellos jugendlichen Alters sein müssen. Denn ein Steilabfall aus älteren Zeiten

wäre ohne Zweifel durch die Erosion verwischt, worden falls er entblösst da gelegen hätte. Wie oben hervorgehoben, ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass er durch seitwärts übriggebliebenen sekundären Verwitterungsschutt geschützt worden wäre, und alle unmittelbaren Beweise für eine solche Annahme fehlen.

Wenn nun also einige von diesen geomorphologischen Zügen, welche schon vor der Eiszeit vorhanden waren und nicht erst durch die Detraktion herauspräpariert wurden, durch das Fehlen aller auf Reife deutenden Umstände sich als verhältnismässig jugendlichen Alters erweisen, so liegt es, wie schon Gunnar Andersson und andere hervorgehoben, nahe zur Hand, sich ihre Entstehung in derjenigen Periode grosser Dislokationen zu denken, welche während der Miozänzeit eintrat. Da entstand ja, wie u. a. de Lapparent betont hat, der Nord-Atlantische Ozean durch Senkung derjenigen Landgebiete, welche sich früher als eine Fortsetzung von Fennoskandia in dieser Richtung erstreckten. Damals machte sich überhaupt über die ganze Erde eine Periode heftiger Bewegungen geltend.

Nach allem zu urteilen entstanden auch die die Ostsee und ihre Buchten bildenden Senkungen zu derselben Zeit.

Wären diese Senken sehr lange vor der Eiszeit gebildet worden, hätten sie mit Sedimenten ausgefüllt werden müssen, welche wohl irgendwo zu erhärten Zeit gehabt hätten und jetzt als Blöcke in den Ländern südwestlich von diesen Binnenmeeren gefunden worden wären.

Im südlichen Teil der Ostsee schneiden ja die Küstenlinien mesozoische und tertiäre Schichten ab und hier ist also die Zeit der Entstehung der Senken keinem Zweifel unterworfen.

Vorläufig ist es nicht angängig, in der Praxis alle diese Bruchspaltensysteme verschiedenen Alters von einander zu unterscheiden. Nur da, wo die jetzige Erdoberfläche und alte Denudationsflächen nahezu zusammenfallen, kann man, wie schon hervorgehoben, Aussicht haben, offen erhaltene Spalten aus der Zeit kurz vor der Bildung der fraglichen Denudationsflächen vorzufinden.

Nun ist es indessen äusserst schwierig zu bestimmen, wie weit eine bestimmte alte Denudationsfläche reicht. Denn da, wo eine solche nahezu horizontal liegt, muss ja jede neue Denudationsfläche sich den älteren ohne Bildung einer Fazette anschliessen.

Nichts ist daher gefährlicher, als hier zu sehr zu verallgemeinern. Man stösst zuweilen auf Äusserungen, welche andeuten, dass man die Hauptdenudationsfläche über dem grössten Teile Fennoskandias für kambrisch oder sogar jotnisch hält.

Da wir in den südlichen und auch stellenweise in den zentralen Teilen noch annähernd horizontal liegende kambrisch-silurische und jotnische Sedimente antreffen, ist es ja klar, dass die Denudation hier seit altpaläozoischer Zeit nicht sehr tief eingegriffen hat. Gleichwohl ist es, wie wiederholt hervorgehoben, sicher, dass Dislokationen auch in diesen Gegenden vorsichgegangen, sowohl in postjotnischer, aber präkambrischer Zeit (denn das Kambrium ruht ja in grosser Ausdehnung auf dem Urgebirge) als auch in postsilurischer Zeit, obgleich die damals entstandenen, im allgemeinen wohl weniger bedeutenden Unebenheiten später von neuem abgehobelt wurden. In den westlicher Teilen Fennoskandias, woselbst innerhalb der grossen Gebirgskette postsilurische Granite u. s. w. freigelegt worden sind, und in den nördlichen Teilen, wo auch die jungpaläozoischen grossen Nephelinsyenitmassive an die Tagesoberfläche gebracht worden sind, wäre es natürlich eitele Mühe, Bruchlinien oder Denudationsflächen prädevonischen Alters zu suchen.

Es ist zu hoffen, dass ein zukünftiges Einzelstudium der Bruchlinien, unter Beachtung ihres Zusammenhanges mit der Geotektonik im übrigen, bedeutendes Licht nicht nur auf ihr Alter, sondern auch auf viele geotektonische und paläogeographische Fragen werfen wird. Vorläufig ist es eine recht hypothetische Annahme, wenn ich mir vorzustellen geneigt bin, dass ein recht wesentlicher Teil der Brüche und ganz besonders alle diejenige, welche sich im jetzigen Relief stärker geltend machen, von verhältnismässig jungem Alter ist ¹.

¹ *Leiviskä* bekämpft in einem Vortrage in der finnischen Tiedeakademia (Ylipainos Suomal. Tiedeakat. Esit. ja pöytäk. 1913, I) eifrig die Ansicht, welche er mir zuschreibt, dass die Verwerfungen und Bruchlinien im südlichen Finnland in ihrer Gesamtheit während der Tertiärzeit entstanden seien. Dies ist unrichtig, denn ich habe wiederholt hervorgehoben, dass auch ältere Brüche vorkommen. *Leiviskä* sagt dagegen selber in seinem früheren Aufsatz *Zu den Küstenfragen* (Fennia 27, N:o 4, S. 9): »Kleine Brüche sind nach der Eiszeit und wahrscheinlich auch während der Eiszeit entstanden, aber aus den Formen der Felsen und der Gleichmässigkeit ihrer abgeschliffenen Seiten kann man im allgemeinen entnehmen, dass die Brüche und Dislokationen älter und vermutlich im Tertiär entstanden sind.«

Die Ansicht *Leiviskäs* und anderer Geographen, dass einige der bis jetzt beobachteten Brüche postglazialer Entstehung seien, ist meiner Ansicht nach völlig unrichtig. Eine Entstehung einzelner dieser Brüche unter der glazialen Eisbedeckung halte ich für theoretisch möglich, aber bis jetzt für keinen Fall in unserer Gegend erwiesen.

Noch weniger glücklich ist *Leiviskä* mit seiner in demselben Vortrage gemachten Annahme, dass einige Bruchspalten aus den frühesten archaischen Perioden herrühren könnten. Denn wie wären diese Spalten bei der späteren vollständigen Umkristallisation der betreffenden archaischen Gesteine erhalten geblieben?

Ich will nun hier etwas näher auf die Frage nach der Entstehung der baltisch-fennoskandischen Binnenmeere eingehen.

DIE ENTSTEHUNG DER MEERBUSEN UND GRÖßEREN SEEN.

Die Küstenumrisse der genannten Binnenseen werden zum grossen Teil von Spaltenlinien gebildet, die sich den übrigen Bruchspalten nahe anschliessen. Der Ladoga hat die Form einer typischen Grabensenkung mit seiner grössten Tiefe im Norden und auch das Ålandmeer, der westliche Teil des Bottnischen Meeres und des Bottnischen Meerbusens besitzen grabenförmige Einsenkungen, deren tiefste Teile gegen N.O. liegen. Hogland ist ein deutlicher Horst in der Grabensenkung des Finnischen Meerbusens, und auch die Karelische Landenge ist eine horstähnlich emporragende Schwelle zwischen dem Finnischen Meerbusen und dem Ladoga.

Die den Finnischen Meerbusen nördlich begrenzenden Linien setzen sich wie schon oben hervorgehoben wurde in einigen ostnordöstlichen Linien im N.O. von Wiborg und an der Nordküste des Ladoga fort. Nach der anderen Seite zu verläuft, wie schon früher hervorgehoben, dasselbe Liniensystem durch den nördlichen Teil der Ostsee nach Bräviken in Schweden. Sowohl in letzterem Lande als auch in Finnland beobachtet man längs dieser Linien eine schroffe Änderung der Spaltenrichtung. Nördlich derselben findet man recht viele in O.—W. oder O.N.O. streichende Linien (vergl. d. Karte). Dagegen gehen die von mir als Spaltenlinien gedeuteten Züge auf der Südküste des Finnischen Meerbusens wie auch auf seinen Inseln vorherrschend in N.N.W.-lichen Richtungen.

Dasselbe ist auch an der schwedischen Ostküste südlich von Bräviken der Fall, wo die Spaltenlinien meist in N.N.W. gehen, während die Küste, ebenso wie die Längsrichtung der schmalen Öland-Insel, hauptsächlich in N.—S. mit etwas Abweichung nach N.O. hinzieht. Die Linie von der Südküste Finnlands bis Bräviken läuft parallel zu der das Silur in Estland und Gottland nördlich begrenzenden Linie, an welcher wahrscheinlich Brüche auch zu der Zeit eintraten, wo die Spalten auf der Nordseite entstanden.

Die Lage des Finnischen Meerbusens wie auch des Ladoga, an der Grenze des Kambro-Silurgebietes in Russland und des Archäicums Fennoskandias ist auffallend und erweckt die Vorstellung von einer möglichen genetischen Verknüpfung dieser beiden Umstände.

Nun kommen ja allerdings Silurgebiete auch im Norden des estländischen »Glintes« vor. Am Boden des Bottnischen Meerbusens steht ja Silur unmittelbar im Norden der Ålandsinseln an, wie das Vorkommen zahlreicher und mannigfaltiger Silurblöcke auf diesen Inseln beweist. Das schon erwähnte Vorkommen kambrischen Sandsteins in Spaltengängen an mehreren Stellen im südlichen Finnland beweist ja auch, dass die subkambrische Erdoberfläche hier in recht grosser Ausdehnung erhalten ist. Das Vorkommen zahlreicher Blöcke von Ostseekalkstein auf den äussersten Inseln im Osten von Hangö, wo auch Sandsteingänge vorkommen, beweist, dass hier auch Silur am Meeresboden anstehen muss. Es ist wohl wahrscheinlich, dass an mehreren Stelle am Grunde der betreffende Meere solche Silurablagerungen vorkommen, welche ebenso wie die im mittleren Schweden anstehenden in Grabensenkungen erhalten geblieben sind.

Die Hauptgrenze der in grösseren, zusammenhängenden Arealen anstehenden kambro-silurischen Ablagerungen erstreckt sich von der estnischen Glintküste durch die Ostsee weiter, wo Gottland und Öland als direkte Fortsetzungen des bottnischen Paläozoicums anzusehen sind.

Besonders die Beziehungen zwischen dem Finnischen Meerbusen und dem s. g. Glint in Estland, dem Steilabfall, der sich der Küste entlang nahe derselben hinzieht, sind von grossem Interesse und sind auch wiederholt diskutiert worden. Wilhelm Ramsay hat darauf hingewiesen, dass die Unterlage der kambrischen Schichten in Estland tiefer als der Boden des Finnischen Meerbusens liegt und nimmt deswegen an, dass sie an der Südseite einer angenommenen Verwerfung, die sich im Norden der Glintküste derselben entlang zieht, *abgesunken* sind. Er ist geneigt anzunehmen, dass eine subaërische Denudation durch Flüsse, deren Hauptrichtung von Osten nach Westen, entlang der Grenze zwischen dem Paläozoicum und dem Archäicum ging, hier ein flaches Tal gebildet hat, dessen Formen aber auch durch Verwerfungen und Spaltenbildungen und eine spätere Detraktion der losen Teile der Felsmassen beeinflusst worden sei. Wie bei allen Tälern mit unsymmetrischer geologischer Umgebung wurde bei der Erosion der tiefste Teil nach derjenigen Seite hin verschoben, wo die weniger widerstandskräftigen Gesteine auftraten.

¹ E. Cohen und W. Deecke, Ueber Geschiebe aus Neu-Vorpommern und Rügen. Mitth. des naturwiss. Ver. für Neu-Vorp. und Rügen. XXIII. 1891.

² Wilhelm Ramsay, Djupkarta öfver Finska viken och Ladoga sjö. Atlas öfver Finland 1910. Text I. Kartbladet N:o 11.

An eine grössere Beteiligung der Meeresabration bei der Bildung der Glinküste glaubt Ramsay nicht. Es ist ja auch bemerkenswert, dass sich die Glinküste auch im Süden von S:t Petersburg weiter nach Osten fortsetzt, wo ein Meer nicht vorhanden ist und auch nicht früher existiert hat.

Was die Annahme der Beteiligung der Flusserosion an der Schaffung des Finnischen Meerbusens betrifft, so scheint mir die mesozoische und tertiäre Paläogeographie so wenig erforscht zu sein, dass man schwer hat, sich irgend welche Vorstellung vom Vorkommen der Flusssysteme oder anderer Züge der Paläogeographie während dieser Zeit zu bilden. Es scheint mir auch möglich anzunehmen, dass die Verknüpfung zwischen dem Finnischen Meerbusen und der Grenze des Silurgebietes eine mehr zufällige war oder dass nur insofern ein ursächlicher Zusammenhang zwischen beiden existierte, als Brüche dieser Grenze entlang zu verschiedenen Zeiten wieder geöffnet werden konnten.

Das Vorhandensein der aus älteren Gesteinen bestehenden Inseln Hogland, Tytärsaari etc. in der unmittelbaren Nähe der Glinküste scheint mir darauf hinzudeuten, dass wenigstens an vielen Stellen die Unterlage des Kambriums in dem Areal, das jetzt vom Meere überflutet wird, früher viel höher als in Estland lag, dass also die Grabensenkung, in welcher das Kambro-Silur lag, im Norden direkt gegen höher liegende präkambrische Gesteine stiess. Später geschahen aber hier, wahrscheinlich in tertiärer Zeit und im Zusammenhang mit der Bildung der übrigen nordeuropäischen Binnenmeere, neue Störungen der besprochenen Grenze entlang, wobei Teile der früher gehobenen, durch die Erosion von den bedeckenden paläozoischen Schichten befreiten präkambrischen Felsmassen gesenkt wurden. Hierdurch wurden die Schichtenköpfe der kambro-silurischen Ablagerungen von neuem entblösst und dem Angriff der Erosion, sowie besonders der zerstörenden Einwirkung des Eises ausgesetzt, wobei besonders diejenigen Teile, welche oberhalb des blauen Tones lagen, relativ leicht detrahiert werden konnten.

Jedenfalls ist nun der Ladoga, wie schon gesagt, ein tektonisches Becken, dessen nördlicher Teil tiefer gesunken ist, und auch der Hauptteil der Ostsee ist sicher ähnlicher Entstehung. Dasselbe gilt auch vom Wetter-See, dessen Steilufer schon seine Entstehung bekunden. Ich sehe keinen Grund, für den Finnischen Meerbusen eine andere Deutung anzunehmen.

Gemäss der hier geltend gemachten Ansicht käme man also auf den Gedanken zurück, welchen schon Leopold von Buch in seiner

Arbeit »Über Granit und Gneuss« diskutiert hat,¹ worin er hervorhebt, dass die Serie Onega, Ladoga, Finnischer Meerbusen, Wetter, Wener und Skagerrack sich auf den ersten Blick als eine zusammengehörige Reihe von Senken kund giebt. Leopold von Buch polemisiert zwar gegen diese Annahme, da er sich die Grenzen des Silurs als ursprüngliche denken wollte und sich vor der Annahme einer so starken Erosion scheute, wie sie erstere fordern würde. Jedenfalls zeigt dieser Hinweis, welch scharfen Blick er für die geomorphologischen Züge besass. Er hebt auch in derselben Arbeit hervor, dass der Finnische Meerbusen in geologischer Hinsicht als einer der wichtigsten und lehrreichsten Teile der Erdoberfläche angesehen werden müsse.

DIE ENTSTEHUNG DER FLUSSTÄLER U. S. W. IM
NÖRDLICHEN TEILE VON FENNOSKANDIA. NEPTUNIS-
MUS VERSUS PLUTONISMUS IN DER AUFFASSUNG
DER GEOMORPHOLOGIE DIESES GEBIETES.

Auch die schmalen Seen an der schwedisch-norwegischen Grenze, welche Ed. Suess Glintseen nennt, schliessen sich in ihren Richtungen offenbar den übrigen geradlinigen Tälern an und sind wohl ähnlicher Entstehung wie die nordischen Fjorde. Zieht man im nördlichen Schweden die Linien aus, welche sicher oder mit grösster Wahrscheinlichkeit für Spaltenlinien gehalten werden müssen, so findet man, dass auch die Flusstäler grösstenteils denselben parallel laufen.

Dies gilt besonders auch für die Flussrinne des Ragunda-Flusses in Norrland. Seine gleichmässige Neigung spricht zwar dafür, dass er wie Högbom betont hat, durch fliessendes Wasser ausgewaschen worden, der südlichste Lauf des Flusses schliesst sich aber offenbar gewissen fjordähnlichen Spaltentälern in Ängermanland an und geht anderen Spaltenlinien parallel.

Ich glaube daher, dass in diesem wie in anderen Fällen der Flusslauf durch alte Spaltenlinien bestimmt oder *prädeterminirt* worden ist. Ein solcher Einfluss dürfte sich überhaupt viel öfter geltend gemacht haben, als man gegenwärtig anzunehmen geneigt ist.

Was besonders Fennoskandia betrifft, so habe ich nach gewissenhafter Prüfung derjenigen Talfurchen, welche seine flacheren

¹ L. v. Buch, Über Granit und Gneuss, vorzüglich in Hinsicht der äusseren Form, mit welcher diese Gebirgsarten auf der Erdoberfläche erscheinen. K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1844.

Teile durchkreuzen, keine solchen finden können, welche bestimmt als ausschliesslich durch Flusserosion gebildet bezeichnet werden könnten. Dies gilt, meiner Ansicht nach, auch von den von Gunnar Andersson angenommenen Flussrinnen im Mälare-Gebiet. Sie folgen zweifellos zum grossen Teil, namentlich wo sie deutlicher sind, den Bruchspalten. Die von G. Andersson über einen Teil des Mälare veröffentlichte, eine solche Rinne aufweisende Tiefenkarte erinnert



Fig. 27. Tal des Flusses Ivalojoeki in Enare, Finnisch-Lappland.

äusserst stark an die Oberflächenkonfiguration am Grunde des Päijänne, wo kein Zweifel an der Natur der Rinnen als ausgewaschene Spaltenzonen herrschen kann, und er hebt auch selbst die Möglichkeit hervor, dass diese Täler alten Spaltenbildungen entlang angelegt worden sind ¹.

Wären sie älter als die Hauptmasse der Dislokationen, so hätten sie durch den Einfluss der letzteren noch viel grössere Lagerstörungen, als der Fall zu sein scheint, durchmachen müssen. Wenn nun auch

¹ l. c. s. 69.

ihr Anschluss an Spaltenlinien unverkennbar ist, so will ich damit nicht leugnen, dass eine Flusserosion längs derselben während präglazialer oder möglicherweise interglazialer Zeit hat stattfinden können.

Der Ivalojoeki im Enare-Lappmark in Finnland fliesst auch im mittleren Teil seines Laufes durch ein ausgeprägtes Klufttal (Fig. 27). Ich war früher geneigt, letzteres als ein echtes Erosionstal zu deuten. Später habe ich jedoch gefunden, dass es sich ohne Zweifel an die Spaltenlinien im südöstlichen Teil des Enare anschliesst, wo es in der schmalen fjordähnlichen Bucht des Nangunvuono seine Fortsetzung hat. Ich glaube deshalb jetzt, dass es ein altes Spaltental bildet, das teils durch das Eis, teils durch den Fluss ausgehobelt wurde, welche aus der Furche bedeutende Mengen glazialen Schotters fortschafften. Sehr gut möglich ist, dass eine Flusserosion auch während prä- oder interglazialer Zeit stattgefunden.

In seiner übrigens wertvollen und sachlichen Abhandlung über die Terrainverhältnisse im nördlichsten Teil Fennoskandias geht auch, meiner Ansicht nach, W. Wråk wohl zu weit in der Annahme der Erosion als nahezu einzige Ursache des Reliefs¹. Er glaubt dort das Vorkommen einer Menge von Peneplans verschiedenen Alters konstatiert zu haben, die er unter der Voraussetzung beschreibt und klassifiziert, dass alle zu demselben, durch einen gewissen Grad von Reife charakterisierten Typus gehörigen Peneplans ungefähr gleichzeitig gebildet sind. Er hat dabei, nach meiner Ansicht, nicht in genügendem Grade die Möglichkeit beachtet dass jetzt, auf verschiedenen Niveaus liegende Ebenen von Anfang an ein und derselben, später durch Verwerfungen abgetheilten Denudationsfläche angehört haben können. Ich habe in nahe bei einander liegenden Teilen von Finnisch-Lappland Reliefformen beobachtet, die ich unbedingt als durch Staffelbrüche entstanden deuten möchte. Ich will keineswegs bestreiten, dass während des Fortschreitens der Dislokationen eine Menge Erosionsflächen verschiedenen Alters sich haben ausbilden können, aber die ganze Sache muss doch mit mehr Rücksicht auf die Dislokationen während der Tertiärzeit und überhaupt auf die Geotektonik behandelt werden, als Wråk getan hat, nicht nur unter Beachtung der jetzt so modernen Ideen über die Entstehung des Reliefs ausschliesslich durch die Denudation.

Auch betreffs der im nördlichen Norwegen der Küstenlinie parallellaufenden Talgänge kommt mir die Annahme, sie seien Spalten-

¹ W. Wråk, Bidrag till Skandinaviens reliefkronologi. Ymer. 1908. S. 141 o. 254.

täler, viel wahrscheinlicher vor, als die jetzt herrschende Vorstellung, sie seien Reste von Erosionstälern, welche in der ursprünglichen Gebirgskette während ihrer Denudationszeit gebildet wurden. Erstere Annahme hat schon im Jahre 1907 V. Tanner in der Gesellschaft für die Geographie von Finnland hervorgehoben, und zwar im Anschluss an eine Diskussion über seine Untersuchungen des eisgedämmten Sees Kilpisjärvi. Gemäss der hier geltend gemachten Vorstellung wäre überhaupt die Denudation der skandinavischen Gebirgskette und die Bildung des von Reusch sogenannten »Paläoplanes« d. h. der im grossen ebenen Fläche, welche erstere überall begrenzt, zum grössten Teil schon lange vor der Tertiärzeit vollendet gewesen.

Als dann während jener Zeit die Dislokationen wieder von neuem einsetzten, wurde die Richtung der Spaltenbildungen durch den von der ehemaligen Gebirgskette gebildeten Wulst im Felsboden beeinflusst, indem er dieselbe von neuem *verjüngte*, um de Lapparents treffenden Ausdruck zu gebrauchen. Es wäre hohe Zeit, dass die Geologen Fennoskandias sich allgemein von der Vorstellung vom Kölengebirge als einem aus paläozoischer Zeit übriggebliebenen Erosionsrest befreiten, einer Ansicht, welche weder mit lokalen geologischen Daten, noch mit der modernen Auffassung von der Fähigkeit der Erosion, die Gebirgsketten innerhalb verhältnismässig kurzer Zeit einzuebenen, übereinstimmt.

Diese Vorstellung ist selbst sozusagen ein Erosionsrest älterer Anschauungen.

Nicht nur das Kölengebirge, sondern auch andere Gebirgsketten, wie z. B. der Ural, sind ja ihrer Entstehung nach weit komplizierter gewesen als man ursprünglich angenommen, indem Dislokationen, unterbrochen von Zwischenzeiten, während welcher die Denudation Zeit hatte, sie wieder mehr oder weniger vollständig einzuebenen, während verschiedener Zeiten vorkamen.

Die schmale Tiefenrinne, welche im N.O.-Teil der Nordsee der Küste des südlichen Norwegens folgt, ist von Nansen ebenfalls als ein durch Erosion entstandenes Flusstal aufgefasst worden.

Gemäss der hier geltend gemachten Betrachtungsweise fügt sie sich eher den übrigen Spaltenlinien ein, die durch Einwirkung der Dislokationen und Säuberung durch das Eis entstanden sind.

Das Problem der submarinen Flussrinnen, die, wie man in Nordamerika und so vielen anderen Teilen der Erde gefunden, sich von den Mündungen der jetzigen Flüsse ins Meer hinaus erstrecken, müsste ebenfalls einer Neuprüfung unterzogen werden, um zu erforschen,

ob sie nicht in einigen Fällen Teile eines Spalten- oder tektonischen Tales gebildet, das den Flusslauf prädeterniniert hat.

Niemand ist wohl in der Annahme von unter die Meeresoberfläche versenkten alten Flussläufen weiter gegangen als Hintze in einem Aufsätze über Erosionsfurchen in der Ostsee und den umliegenden Meeren. Auf der von ihm zusammengestellten Karte füllt er diese Meere mit einem Netz schmaler Talfurchen, welche er ohne weiteres als Flussrinnen ansieht. Um sie zu erklären nimmt er wiederholte gewaltige Hebungen und Senkungen während der letzten geologischen Perioden und sogar das Vorkommen eines Steppenklimas in Nord-Europa noch nach der Eiszeit an, welches so trocken gewesen wäre, dass es Veranlassung zur Bildung abflussloser Seen in der Senkung der jetzigen Ostsee gegeben hätte. Ein Teil der von Hintze konstruierten Linien erscheinen ziemlich hypothetisch, diejenigen aber, welche wirklich vorhanden sind, namentlich im Skagerack, scheinen sich den auf beifolgender Karte angegebenen Spaltenlinien anzuschließen. Sicher ist, dass solche auch in Dänemark vorkommen, wo z. B. die Form von Langeland nur durch Spaltenbildungen erklärt werden kann, und ferner im nördlichen Deutschland, wo besonders die Küstenkonfiguration Rügens auf das Vorkommen solcher Spalten hindeutet.

Überhaupt ist man, meiner Ansicht nach, bei der Deutung der Reliefformen Fennoskandias durch Erosion und ähnliche Prozesse im Sinne der geomorphologischen Schule oft genug so weit in neptunistischer Richtung gegangen, dass hier eine Reaktion notwendig ist, welche wieder der Bedeutung der plutonischen Kräfte bei der Schaffung der Terrainformen gerecht wird. Ich will keineswegs bestreiten, dass nicht die Erosion eine wichtige Rolle bei der Bildung von Fennoskandias Relief gespielt haben könnte, glaube aber trotzdem, dass sie im Vergleich zum Einfluss der tertiären Dislokationen von untergeordneter Bedeutung gewesen ist.

In solchen Hochgebirgen, wie z. B. dem Lujaururt auf der Halbinsel Kola, kommen, wie W. Ramsays Schilderungen an die Hand geben, echte Erosionstäler präglazialen Alters vor, die später durch das Eis zu U-Tälern umgeformt wurden, und natürlicherweise müssen solche auch innerhalb der übrigen Teile Fennoskandias mit stark akzentuierem Relief vorkommen. Was die flacheren Teile betrifft, bin ich dagegen zu bezweifeln geneigt, ob die Flussrinnen von den

¹ V. Hintze, Den nordeuropäische Fastlandstid. Medd. fra Dansk geolog. För. N:o 14. 1908. S. 169.

Dislokationsspalten hätten unbeeinflusst gelassen werden können, welche dort so gewöhnlich gewesen sein müssen.

Es ist daher recht wahrscheinlich, dass die Mehrzahl der Flussläufe dortselbst durch die Spaltenzonen haben prädeterniniert werden können.

Ebenso wie man die Züge eines alten Flussnetzes, auch wo es jetzt nicht von Wasser erfüllt und wo es durch spätere Veränderungen einigermassen angegriffen worden ist, oft beim ersten Blick auf die Karte erkennen kann, giebt es auch eine Spaltentopographie, die ganz unverkennbar ist, wenn man nur die Augen dafür offen hält und nicht a priori annimmt, dass ausschliesslich das Wasser bei der Schaffung der Formen der Erdoberfläche tätig gewesen.

EINFLUSS DER BRUCHLINIEN AUF SPÄTERE BEWEGUNGEN IN DER ERDKRUSTE.

Es liegt nahe anzunehmen, dass die Zerteilung des Felsgerüstes von Fennoskandia in eine Menge einzelner Blöcke, die durch Bruchspalten getrennt sind, auch einen bedeutenden Einfluss auf spätere Dislokationen auszuüben vermochte. Eine Einwirkung auf den Verlauf der epirogenetischen Bewegungen nach der Eiszeit scheint jedoch nirgends mit Sicherheit bewiesen zu sein. Zwar hat Gerard De Geer Unregelmässigkeiten im Verlauf der Isobasen in der unmittelbaren Nähe der Seen Wetter und Wener in Schweden angenommen, indem er sie hier zu geschlossenen Kurvensystemen vereinigt. Munthe aber zieht die Isobasen in denselben Gegenden mehr geradlinig, so dass ihr Verlauf keine Einwirkungen der Depressionen zeigt, und die Frage muss also noch immer als offen betrachtet werden.

Auch die Annahmen, nach welchen die baltischen Binnenmeere eine erhebliche Einwirkung auf die epirogenetischen Bewegungen nach der Eiszeit ausgeübt hätten, scheinen bisjetzt mehr auf aprioristischen Annahmen, als auf Beobachtungen zu beruhen. Denn an zahlreichen Stellen gehen die Isobasen nachweislich gerade über die Meere, ohne an den Küstenlinien eine nachweisbare Veränderung zu erfahren.

Jedoch ist es gar nicht unwahrscheinlich, dass detaillirte Untersuchungen in der Zukunft zeigen können, dass verschiedene von jungen Bruchspalten getrennte Blöcke in der fennoskandischen Felsplatte sich in irgendwelchem Masse unabhängig von einander

bewegt haben, dass also das Mosaik des zerspalteten Felsgerüstes gleichsam in seinen Fugen gelockert worden ist.

Was die Erdbeben betrifft, welche in quartärer Zeit in dieser Gegend stattgefunden, ist es recht wahrscheinlich, dass sie einen Einfluss von der früheren Zerteilung des Felsgerüsts in Blöcke durch ältere Dislokationen erlitten haben. Besonders die Tiefenrinne im Skagerack scheint eine Gegend mit ungewöhnlich starker Seismizität zu bezeichnen.

DIE BEDEUTENDE GEOMORPHOLOGISCHE ROLLE DER JUNGEN DISLOKATIONEN.

Wir sind also im vorhergehenden zu dem Schlusse gekommen, dass Fennoskandia als geographische Einheit in seiner jetzigen Gestaltung erst in der Tertiärzeit entstanden ist, während welcher sie durch Bewegungen in der Erdkruste, bei welchen die Depressionen der Ostsee mit ihren Busen, dem Ladoga, dem Onega und dem Weissen Meere entstanden, von ihrem Zusammenhang mit dem russischen Tafelland abgeschnitten wurde, mit welchem sie früher als Teile desselben Resistenzgebietes verbunden war. Gleichzeitig wurde ihre frühere Fortsetzung gegen N.W. hin vom Atlantischen Meere überflutet. Ähnliche Ansichten sind auch früher von anderen ausgesprochen worden; ¹ jedoch dürfte die am allgemeinsten herrschende Vorstellung diejenige sein, nach welcher Fennoskandia als besonderes Gebiet seit viel älterer Zeit existiert hätte (vergl. S. 36).

Man ist oft geneigt, alle Grundgebirgsschollen als die an und für sich festesten und resistentesten Teile der Erdkruste zu betrachten, als »Kerngebiete« aller Kontinente. Der Unterschied zwischen einem Gebiet kristalliner Gesteine und einem sedimentären Terrain liegt ja aber nur darin, dass im letzterem das kristalline Grundgebirge von einer relativ dünneren Sedimentdecke verhüllt ist, während diese an anderen Orten von der Erosion fortgeführt ist. Sehr oft haben Dislokationen in jüngster Zeit dazu beigetragen, die Gegend in eine solche Lage zu bringen, dass sie einer tiefgehenden Erosion ausgesetzt werden konnte. Dagegen sind solche Sedimentgebiete wie das russische, besonders seine nordwestlichen Teile, mehr als andere als resistente Partien der Erdrinde anzusehen, da dort während sehr lan-

¹ Vergl. besonders die vor der Drucklegung dieses Aufsatzes erschienenen Arbeiten *Gerard De Geers*.

ger Zeiträume keine anderen Dislokationen stattgefunden, als die langsamen epeirogenetischen Bewegungen. Dieser Teil der Erdkruste ist somit eher als ein Schild anzusehen, obgleich ein *bekleideter* Schild, als Fennoskandia, welche Gegend bei wiederholten Dislokationsperioden so stark zerbrochen worden ist, dass ihre jetzige Resistenz sehr zweifelhaft erscheint.

Bekanntlich haben ja in einer geologisch jungen Zeit in den Polarländern viel grössere Landmassen existiert als jetzt. Nicht nur der nördliche Teil des Atlantischen Meeres ist ein junges Meer, sondern dasselbe gilt auch für grosse Teile des Nördlichen Eismeer. Die Küstenkonfiguration Grönlands mit ihrem scharf ausgemeisselten Relief spricht an und für sich für ein junges Alter der Küstenlinien. Ebenso finden wir in Nordamerika, wie u. a. Ed. Suess bemerkt hat, auf New Foundland, in New Brunswick und in angrenzenden Teilen des Festlandes Fjordküsten, welche junge Dislokationen andeuten. Hudsons Bay wird von Ed. Suess mit der Ostsee verglichen. Er hebt auch hervor, dass die Seen des nordwestlichen Kanada gewisse Analogien zum Finnischen Meerbusen und der naheliegenden Meeresbecken zeigen, und betrachtet deswegen auch erstere als Glint-Seen. Eine Menge geradliniger Konturen bei diesen Seen und ihren fjordähnlichen Busen sind von ganz ähnlichem Typus wie diejenigen Linien in Fennoskandia, welche wir als junge Bruchlinien gedeutet haben. Ist es wohl eine zu gewagte Annahme, in den kanadischen Seen auch Depressionen zu sehen, die durch relativ späte Dislokationen und die nachherige Detraktion der gespaltenen Teile der Felsen gebildet worden sind? Der Sankt Lorenzfluss ist auch eine fjordartige Bildung, die vielleicht auch eine durch Eis und Wasser reingewischte Bruchspaltenzone bildet.

Wenn wir nach einander andere Teile der Erdkruste beobachten, finden wir dass die Küstenkonturen, gleichwie das Relief der Erdoberfläche, zu nicht unbeträchtlichem Teil von jungen Dislokationen bedingt werden. Es ist ja auch selbstverständlich, dass es so sein muss, da ja die Erosion, wie schon hervorgehoben, alle Erhebungen so schnell entfernt, dass sie nicht längere Zeit erhalten werden können, wenn sie nicht durch fortgesetzte oder neue Dislokationen wieder verjüngt werden.

BEDEUTUNG DES EINGEHENDEN STUDIUMS DER
RADIALEN DISLOKATIONEN. IHR VERHÄLTNIS
ZU DEN TANGENTIALEN.

Das Studium der Gebirgsketten oder wie man auch in der Geologie sagt, der »Faltengebirge«, hat gewissermassen die Aufmerksamkeit von der Bedeutung der radialen Dislokationen abgelenkt. »Mountains are focal points of geological interest«, wird mit Recht gesagt. Man darf sich aber an diesen interessanten Erscheinungen nicht so blind stieren, dass man deswegen die Bedeutung der oft etwas weniger auffälligen, aber dennoch fast eben so wichtigen radialen Dislokationen übersieht. Hebt ja doch auch der Altmeister Ed. Suess stets die Bedeutung letzterer bei der Schaffung der einzelnen Züge im Antlitze der Erde hervor. Mit besonderer Schärfe hat de Lapparent, mit dessen Anschauung obige Betrachtungen überhaupt grosse Verwandtschaft haben, die geomorphologische Bedeutung der radialen Dislokationen hervor gehoben.

Wenn man bei dem Studium der Lagerstörungen mit den radialen beginnt, kann man auch besser als sonst induktiv arbeiten. Ist ja doch die »Gebirgsfaltung« ein Prozess, der immer in der Tiefe vorsich geht und der also niemals von unseren Augen beobachtet werden kann, während dagegen radiale Brüche und Verwerfungen im Zusammenhang mit den modernen Erdbeben entstehen.

Beim Studium der seismischen Erscheinungen ist es aber oft vorteilhaft, die tertiären und älteren Dislokationen zum Vergleich mit heranzuziehen. Die Beobachtungen in den Gegenden, wo Erdbeben jetzt vorsichgehen, werden durch verhüllende lose Sedimentmassen verhindert, während dagegen die etwas älteren Erdbebenlinien durch erosive Agentien irgend welcher Art schon herauspräpariert worden sind. Von diesen Erscheinungen relativ jungen Datums ausgehend, können wir, indem wir sowohl zeitlich als auch räumlich allmählich nach unten vorschreiten, mit den Lagerstörungen, welche in tieferen Teilen der Erdrinde in älterer Zeit stattgefunden haben, näher vertraut werden. Beim Studium der Dislokationen noch älterer Perioden können wir sie aber oft nur ganz lokal studieren, während wir dagegen die Resultate der tertiären Störungen über die ganze Erde überblicken können.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die seismische Tätigkeit am Ende der tertiären Era anders als jetzt verteilt war. Sie ist jetzt vorwiegend auf gewisse schmale Zonen beschränkt, während sie damals

grössere und verschieden orientierte Teile der Erdrinde umfasst hat. Möglicherweise war sie damals auch stärker als sonst. Allgemein wird ja angenommen, dass die seismischen Erscheinungen mit periodisch variierender Stärke auftreten.

Hier soll nun nicht eingehender diskutiert werden, worauf dieser Rhythmus beruhen kann, ob auf kosmischen Ursachen, sprungweisen Veränderungen im Aggregatzustand des Magmas oder, was wohl jetzt weniger wahrscheinlich ist, auf einer allmählichen Anhäufung und Steigerung der tangentialen Spannungen in der Erdrinde. Ich möchte nur hervorheben, dass die Ansichten, nach welchen ein strenger prinzipieller Unterschied zwischen den tangentialen und radialen Bewegungen existieren sollte, mir wenig plausibel vorkommen. Diese Vorstellungen beruhen wohl oft nur darauf, dass man die Erscheinungen lokal studiert und deswegen ihren genetischen Zusammenhang ausser Acht lässt. Wenn jemand die Lagerstörungen in geologischen Profilen veranschaulicht, trägt er zuerst das tatsächlich beobachtete darauf ein, also die beobachteten Verwerfungen, Faltungen etc. Wenn man aber dann diese Profile in Gedanken oder auf dem Papier mit solchen Teilen ergänzt, die jetzt nicht sichtbar oder durch die Erosion fortgeführt worden sind, so fügt man meistens nur ähnliche Züge hinzu, also bei Brüchen andere Bruchlinien, bei Faltungen neue Falten, bis zu der früheren Erdoberfläche. Dabei vergisst man oft, dass die meisten Gesteine nur in der Tiefe, aber nicht in der Nähe der Erdoberfläche gefaltet werden können.

Der schematisch strenge Unterschied, den man also in der Praxis zwischen den beiden Arten von Dislokationen macht, wird dann oft von den Verfassern der geologischen Lehrbücher in System gesetzt. Wenn sie auch zugeben, dass beiderlei Dislokationen vereint auftreten können, halten sie dieselben doch oft ziemlich streng auseinander, und man stellt sich nicht selten die Sache so vor, dass die Brüche vorwiegend bei radial gerichteten Bewegungen entstehen, also bei einem Einstürzen, das einfach von der Schwere verursacht wird.

Jedoch ist ja leicht einzusehen, dass die Gebirgsfaltungen stets mit Brüchen und Verwerfungen in den darüberliegenden Teilen verbunden gewesen sein müssen. Wie schon so oft hervorgehoben worden ist, können ja Faltungen nur in derjenigen Zone vorsichgehen, die Van Hise »the zone of flow« nennt, während in der darüberliegenden »zone of fracture« gleichzeitig Brüche entstehen müssen. Man sollte also eigentlich stets bei der bildlichen Darstellung eines Kettengebirges über die Faltenysteme ein *traineau écraseur* von durch Ver-

werfungen zerteilten spröden Gesteinen konstruieren. Zwar begegnet jede solche Konstruktion grossen Schwierigkeiten, da ja bei der Entstehung der Gebirgsketten die Hervorpressung der in der Tiefe gebildeten Falten und ihre Befreiung durch die Erosion von der überliegenden Last zerspaltenen Gesteine oft Hand in Hand gehen. Man darf aber deswegen nicht ausser Acht lassen, dass solche darüberliegende, nicht gefaltete Schollen existiert haben müssen.

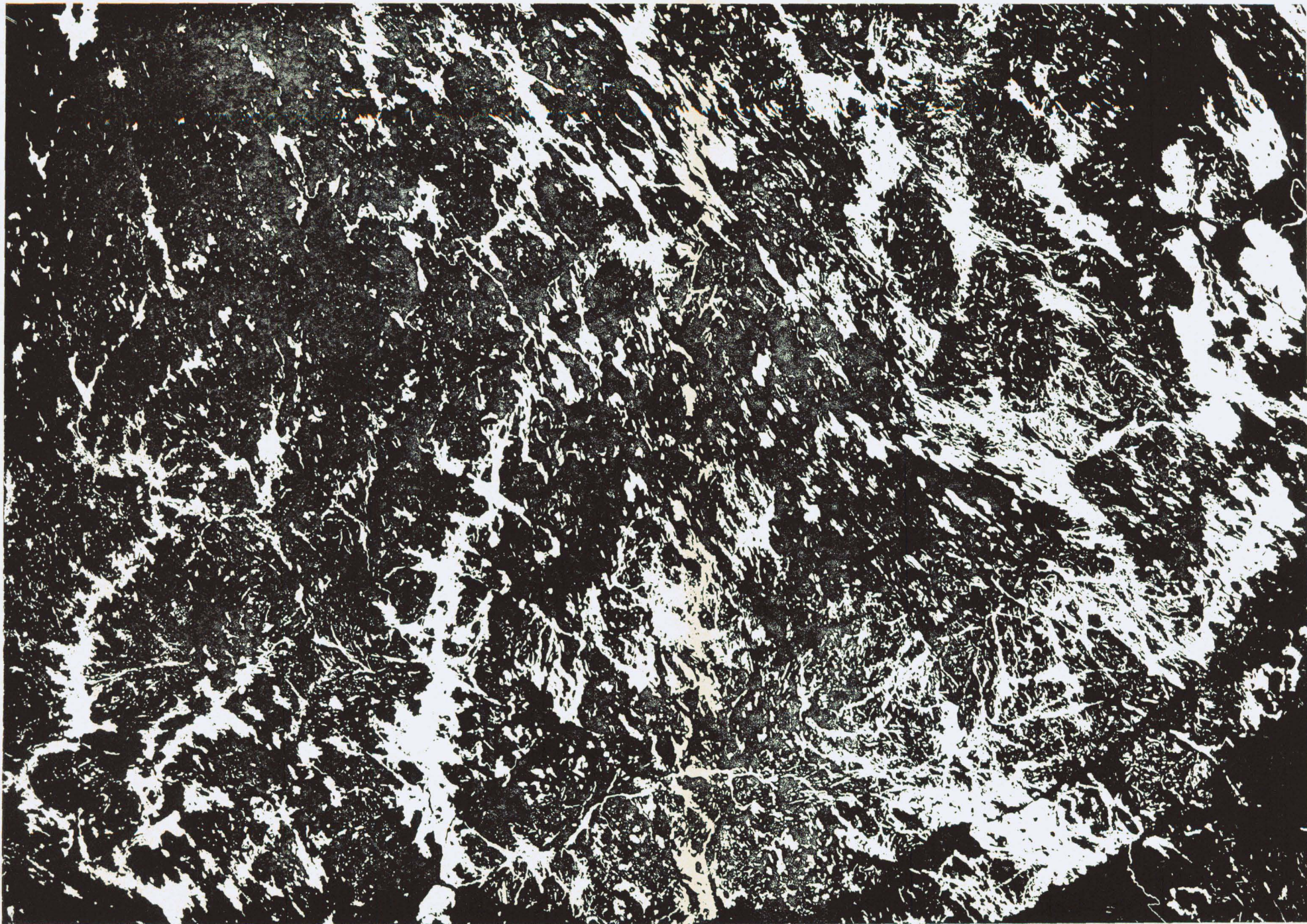
Auch bei den modernen Erdbeben, besonders in San Franzisko und in Alaska, hat man ja wiederholt konstatieren können, dass Verwerfungen und Brüche bei Bewegungen in tangentialen Sinne entstehen können. Ebenso hebt ja Salomon hervor, dass die Verwerfungsspalten am Rheintale, das klassische Beispiel radialer Spaltenbildung, wahrscheinlich nicht vertikal stehen, sondern eine so flache Lage einnehmen, dass ihre Entstehung durch tangentielle Bewegungen uns nicht unwahrscheinlich vorkommt.

Auf ähnliche Weise scheint es mir gar nicht unmöglich, anzunehmen, dass die tertiären Brüche von Fennoskandia und andere gleichzeitig mit ihnen entstandene Bruchspalten im Zusammenhang mit tangentialen Bewegungen der Erdrinde gebildet wurden. Eben bei solchen müssen ja in den zuoberstliegenden spröden Gesteinsmassen Spalten entstehen, die sich in eine Menge Schollen zerteilen, welche bei der Bewegung um und zum Teil über einander getrieben werden. Wo unter den zusammengeschobenen Schollen Massendefekte entstehen, gleichen sie sich nachher durch Einsenkung wieder aus.

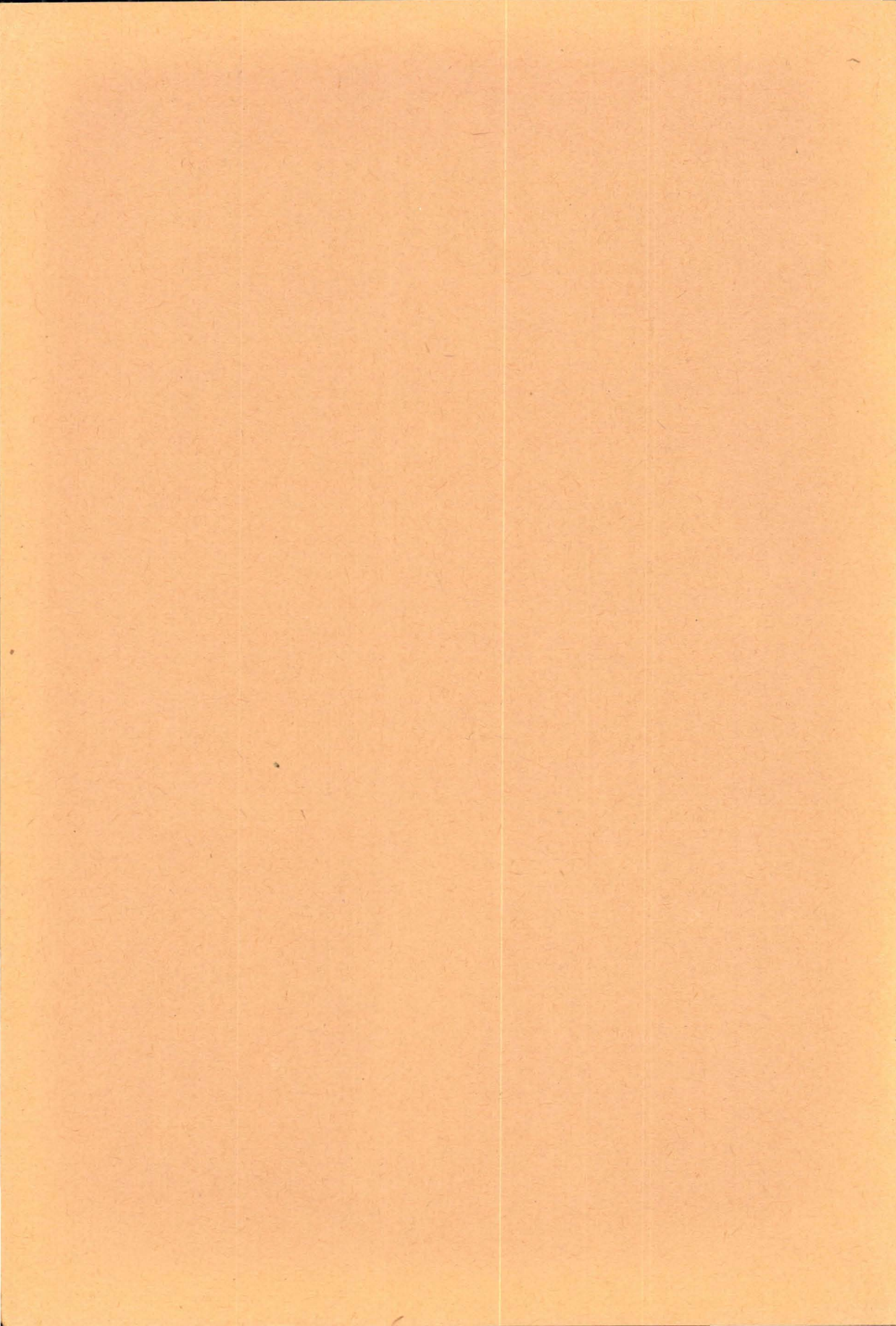
Unterhalb der spröden Zone muss jede grosse Bruchzone in der plastischen Zone entsprechende Flexuren und Faltungen aufweisen, und oft dringt ja die Einwirkung der Bewegungen bis in die darunterliegende Magmasphäre hinein und verursacht die Eruption der geschmolzenen Massen.

Nur in denjenigen Zonen, die wir gewöhnlich als Gebirgsfaltungszonen bezeichnen, sind die Dislokationen so durchgreifend gewesen, dass einige Schollen, sich gleichsam auf Rollen von gefalteten Gesteinen bewegend, über andere Teile der Erdrinde geschoben wurden, und in so hohe Lage gekommen sind, dass sie hier relativ schnell von der umhüllenden Decke ungefalteter Gesteine befreit wurden. Es wäre aber gewiss unrichtig anzunehmen, dass nur diese Teile der Erdrinde gefaltet worden wären. Überall wo Schollen der Erdrinde um oder übereinander geschoben werden, finden in der Tiefe Faltungen, in den obersten Teilen der Erdrinde Brüche und Verwerfungen statt.

Es lässt sich also für die Dislokationen, eben so wohl wie für die metamorphischen Erscheinungen, eine Tiefenskala aufstellen. Die Beschaffenheit der Gesteinsmassen zeigt oft deutlich, in welchem Niveau sie Bewegungen mitgemacht haben. In der obersten, spröden Zone, die man der Kürze wegen die Sklerolithosphäre oder *Sklerosphäre* nennen kann, werden alle diejenigen Gesteine, die nicht infolge ihrer Weichheit selbst plastisch sind, stets zerbrochen, es entstehen vorwiegend brekzienartige Bildungen. In der Tiefe, in der Plastolithosphäre oder *Plastosphäre*, wo der Druck gross genug ist, um eine latente Plastizität der Gesteine hervorzurufen, werden sie dagegen stets gefaltet. Beide Erscheinungen sind durch dieselben Ursachen bedingt.



Taf. I. Übersichtskarte des Hauptteils der finnischen Seenplatte. Masstab. 1:1500 000.



N:o 19.	Die Erzlagerstätten von Pitkäranta am Ladoga-See, von OTTO TRÜSTEDT. Mit 1 Karte, 19 Tafeln und 76 Figuren im Text	7: 50
N:o 20.	Zur Geologischen Geschichte des Kilpisjärvi-Sees in Lappland, von V. TANNER. Mit einer Karte und zwei Tafeln. April 1907.....	1: —
N:o 21.	Studier öfver Kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. II. Nya bidrag till frågan om Finmarkens glaciation och nivåförändringar, af V. TANNER. Med 6 taflor. Résumé en français: Études sur le système quaternaire dans les parties septentrionales de la Fenno-Scandia. II. Nouvelles recherches sur la glaciation et les changements de niveau du Finmark. Juin 1907....	3: 50
N:o 22.	Granitporphyr von Östersundom, von L. H. BORGSTRÖM. Mit 3 Figuren im Text und einer Tafel. Juni 1907	1: —
N:o 23.	Om granit och gneis, deras uppkomst, uppträdande och utbredning inom urberget i Fennoskandia, af J. J. SEDERHOLM. Med 8 taflor, en planteckning, en geologisk öfversiktskarta öfver Fennoskandia och 11 figurer i texten. English Summary of the Contents: On Granite and Gneiss, their Origin, Relations and Occurrence in the Pre-Cambrian Complex of Fenno-Scandia. With 8 plates, a coloured plan, a geological sketch-map of Fenno-Scandia and 11 figures. Juli 1907.....	3: —
N:o 24.	Les roches préquaternaires de la Fenno-Scandia, par J. J. SEDERHOLM. Avec 20 figures dans le texte et une carte. Juillet 1910	1: 50
N:o 25.	Über eine Gangformation von fossilienführendem Sandstein auf der Halbinsel Långbergsöda-Öjen im Kirebspiel Saltvik, Åland-Inseln. von V. TANNER. Mit 2 Tafeln und 5 Fig. im Text. Mai 1911	1: 25
N:o 26.	Bestimmung der Alkalien in Silikaten durch Aufschliessen mittelst Chlorkalzium, von EERO MÄKINEN. Mai 1911.....	—: 50
N:o 27.	Esquisse hypsométrique de la Finlande, par J. J. SEDERHOLM. Avec une carte et 5 figures dans le texte. Juillet 1911.....	1: 50
N:o 28.	Les roches préquaternaires de la Finlande, par J. J. SEDERHOLM. Avec une carte. Juillet 1911	1: 50
N:o 29.	Les dépôts quaternaires de la Finlande, par J. J. SEDERHOLM. Avec une carte et 5 figures dans le texte. Juillet 1911.....	1: 50
N:o 30.	Sur la géologie quaternaire et la géomorphologie de la Fenno-Scandia, par J. J. SEDERHOLM. Avec 13 figures dans le texte et 6 cartes. Juillet 1911....	1: 50
N:o 31.	Undersökning af porfyrblock från sydvästra Finlands glaciala aflagringar, af H. HAUSEN. Mit deutschem Referat. Mars 1912	1: —
N:o 32.	Studier öfver de sydfinska ledblockens spridning i Ryssland, jämte en öfversikt af is-recessionens förlopp i Ostbaltikum. Preliminärt meddelande med tvenne kartor af H. HAUSEN. Mit deutschem Referat. Mars 1912.....	1: —
N:o 33.	Kvartära nivåförändringar i östra Finland, af W. W. WILKMAN. Med 9 figurer i texten. Deutsches Referat. April 1912.....	1: —
N:o 34.	Der Meteorit von St. Michel, von L. H. BORGSTRÖM. Mit 3 Tafeln und 1 Fig. im Text. August 1912	1: 50
N:o 35.	Die Granitpegmatite von Tammela in Finnland, von EERO MÄKINEN. Mit 23 Figuren und 13 Tabellen im Text	1: 50
N:o 36.	On Phenomena of Solution in Finnish Limestones and on Sandstone filling Cavities, by PENTTI ESKOLA. With 15 Figures in the Text	1: 50
N:o 37.	Weitere Mitteilungen über Bruchspalten mit besonderer Beziehung zur Geomorphologie von Fennoskandia, von J. J. SEDERHOLM. Mit einer Tafel und 27 Figuren im Text	1: 50