

Werk

Jahr: 1930

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:6

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0006

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0006

LOG Id: LOG_0008

LOG Titel: Die ersten Dickenmessungen des grönländischen Inlandeises

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Die ersten Dickenmessungen des grönländischen Inlandeises

Von **Ernst Sorge**, Berlin — (Mit 4 Abbildungen)

Im August 1929 wurden auf dem grönländischen Inlandeise an vier Stellen im ganzen 22 Sprengungen veranstaltet und die Erschütterungswellen mit einem Vertikalseismographen optisch registriert. Durch Reflexion longitudinaler Wellen an der unteren Grenzfläche des Eises konnte an den vier Meßstellen die Eisdicke ermittelt werden. In 1570 m Meereshöhe wurde festgestellt, daß die Methode auch im Firngebiet und bei großen Eisdicken anwendbar ist. Sie ergab dort eine Eisdicke von 1200 m.

Im Jahre 1929 besuchte eine deutsche Expedition die mittlere Westküste und das Inlandeise von Grönland. Sie wurde von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ausgesandt. Expeditionsteilnehmer waren: Professor Alfred Wegener aus Graz als Leiter, Dr. Georgi aus Hamburg, Dr. Loewe aus Berlin und der Verfasser der vorliegenden Arbeit. Die Unternehmung war als Vor-Expedition für eine deutsche Inlandeisekspedition nach Grönland 1930/31 gedacht. Daher trugen die meisten Arbeiten der Vorexpedition vorbereitenden Charakter. Bei den seismischen Eisdickenmessungen insbesondere handelte es sich darum, die experimentellen Schwierigkeiten zugleich mit den klimatischen und Reise-schwierigkeiten auf dem Inlandeise zu erproben und zu überwinden. In allererster Linie sollte die Methode im Firngebiet geprüft werden, wo große Eisdicken und schwache Fortpflanzung der Erschütterungswellen erwartet werden konnten.

Als Apparat wurde derselbe Wiechertsche Feld-Vertikalseismograph benutzt, der nach Angaben von H. Mothes im Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen erbaut war und sich auf dem Hintereisferner und auf dem großen Aletschgletscher (Konkordiaplatz) wiederholt bewährt hatte. (Siehe „Seismische Dickenmessungen von Gletschereis“ von H. Mothes in der Zeitschr. f. Geophys., Jahrg. III, Heft 4, S. 121—134 und „Neue Ergebnisse der Eisseismik“ von H. Mothes ebenda, Jahrg. V, Heft 3/4, S. 120—144.) Da im wesentlichen die früheren Registriermethoden beibehalten werden konnten, erübrigt sich hier eine nochmalige Darstellung. Die Grundgedanken und die Methoden der Eisdickenmessung sind an anderen Orten ausführlich mitgeteilt. Nur auf die besonderen Verhältnisse sei eingegangen, die in Grönland die Hauptschwierigkeiten für die seismischen Messungen bildeten.

Zunächst mußten alle Apparate, Sprengstoff, Kupferkabel, Wohnzelt, lichtdichtes Seismozelt, Lebensmittel, Brennstoff usw. vom Meeresspiegel etwa 1000 m hoch auf das Inlandeise geschafft werden. Landwege kommen wegen der Beschwerlichkeit der Lastenbeförderung im Sommer überhaupt nicht in Frage. Wir mußten also einen leicht begehbaren Gletscher für den Aufstieg suchen. In 19tägiger ununterbrochener Erkundungstätigkeit bei Tag und bei Nacht mit Motorbootsfahrten durch viele Fjorde und Fußmärschen über Eis und Fels wurde schließlich der Kamarujukgletscher (s. Fig. 2, S. 24) als Aufstiegsweg ausersehen. Er ist

als einziger unter den zwölf großen Inlandeisgletschern im Bezirk Umanak einigermaßen gangbar. Mit Hilfe von 8 Eskimos, 33 Hunden und 5 Schlitten wurde dann das Gepäck aufs Inlandeis hinaufgeschafft. 15 Tage, nachdem unsere Ausrüstung am Kamarujuk-Fjord gelandet worden war, konnte in fast 1000 m Seehöhe zum ersten Male der Seismograph aufgestellt werden. Aus diesen Zeitangaben wird man sich ungefähr ein Bild machen können, mit welchen Umständlichkeiten die Vorbereitungen für die eigentlichen Messungen auf dem Inlandeis verknüpft waren.

Da die Expedition mit den verschiedensten Arbeiten zu tun hatte, waren für die seismischen Messungen nur zwei Mann, nämlich Dr. Loewe und ich, verfügbar. Wir beide mußten daher ohne Winkzeichengebung zu verabredeten Zeiten sprengen und registrieren. Diese Methode hat sich vorzüglich bewährt. Sie erfordert neben zwei genau gehenden Uhren einen Überblick über den Zeitbedarf für die Fußmärsche vom Seismozelt zur Sprengstelle (bis zu 2 km Weg), für das Bohren des Sprengloches und die Vorbereitung der Sprengung, außerdem ein fehlerfreies Zusammenarbeiten auch in den spannenden Sekunden kurz vor jeder Sprengung und schließlich genaue Verabredung für den Fall, daß irgend etwas kurz vor dem Zeitpunkt der Sprengung nicht in Ordnung war.

Erhebliche Schwierigkeiten bot auf jedem neuen Zeltplatz die Justierung des empfindlichen Seismographen (Vergrößerung $V = 27000$), der durch die Fahrten auf Hundeschlitten natürlich nicht besser wurde. Doch hat er sich gut gehalten. Nur einmal brach eine Blattfeder an der Stoßstange und mußte ausgewechselt werden. Erstaunlicherweise ist das Gehänge des Torsionsspiegels, ein Platinfaden von 0.030 mm Durchmesser, heil von Göttingen aufs Inlandeis und zurück nach Göttingen gekommen. Die beiden Ersatzgehänge wurden nicht gebraucht.

Die Zeitmarken auf den Registrierstreifen wurden durch einen Lichtstrahl erzeugt, den eine mit einer Masse beschwerte schwingende Blattfeder alle fünf Sekunden unterbrach. Die Arretierung dieser Blattfeder hat sich nicht bewährt. Während des Transportes hatte sich die Blattfeder gelöst und durch ihre Schläge ein kleines total reflektierendes Glasprisma, das sich im Wege des Zeitmarkierlichtstrahls befindet, aus seiner Kupferfassung herausgeschlagen und die Fassung selbst verbogen und zum Teil abgebrochen. Es war recht umständlich, im Zelt auf dem Inlandeis die beschädigten Teile wieder in Ordnung zu bringen und das Prisma zu befestigen.

Die lichtdichten runden Kassettentrommeln, in die der Registrierstreifen aus dem Lichtschreiber direkt hineinlaufen soll, konnten nicht gebraucht werden, weil der Streifen manchmal hackte und wir keinen Überblick hatten, ob der Streifen überhaupt lief. Wir haben den herauskommenden Streifen in dem lichtdichten Seismozelt mit den Händen zusammengerollt und sogleich entwickelt, fixiert und gewässert. Mit einem Stückchen Hartspiritus („Meta“) wurde die Entwicklerflüssigkeit 10 Min. vor jeder Sprengung auf etwa 25° C erwärmt. Bis zum Augenblick der Sprengung hatte sie sich dann, wie Versuche ergaben, auf 18° C abgekühlt.

Nach dem Fixieren und Wässern wurden die 1 bis 2 m langen Registrierstreifen an der Zeltdecke über einen horizontalen Stab gehängt und durch sanfte Erwärmung mit einem Spiritusbrenner oder dem Petroleum-Primuskoher getrocknet. Anderenfalls vereisen nämlich die Streifen sehr schnell, brechen leicht und trocknen nicht. Schließlich fanden wir für alle diese kleinen Schwierigkeiten praktische Lösungen heraus.

In der Abschmelzzone des Inlandeises, wo sich auf dem blanken Eise das Zelt nicht eingraben ließ, verursachten heftige Winde zu Zeiten so starke Erschütterungen des Seismographen, daß in den Registrierungen die Welleneinsätze der Sprengungen nicht mit Sicherheit herausgefunden werden konnten. Einige Registrierungen sind daher ergebnislos. Im Firngebiet wurde das Zelt tief eingegraben und stand sehr ruhig.

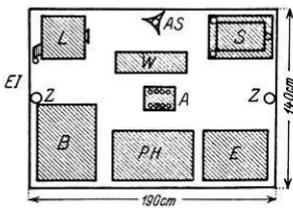


Fig. 1. Die Einrichtung des Seismozeltes (Grundriß)

A = Anodenbatterie. AS = Ableukspiegel. E = Ersatzteile in der Kiste (Batterien, Säckchen, Draht, Registrierfilme usw). El = Eingang zum Zelt. B = Beobachter auf Kiste sitzend PH = Photographische Einrichtung auf Kiste. W = Werkzeug (Zangen, Schraubenzieher, Pinzetten usw.). Z = Zeltstabe. L = Lichtschreiber. S = Seismograph auf Siluminplatte

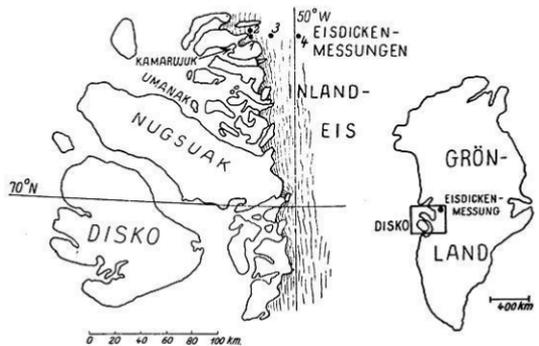


Fig. 2.
Die Lage der vier seismischen Meßstellen

Die Einrichtung des Seismozeltes ist aus dem Grundriß (Fig. 1) ersichtlich.

Die vier seismischen Meßstellen liegen in der Nähe der grönländischen Westküste unter 71°10' nördl. Br. Ihre Lage ist aus Fig. 2 zu ersehen.

Meßstelle	Sprengung	Ort	Seehöhe	Eisdicke
1.	1—8	Kamarujuk-Gletscher	970	330 m
2.	9—12	Kangerdluarsuk-Gletscher	985	600 m
3.	13—15	Zeltlager „Am Bach“	1210	750 m
4.	16—21	Zeltlager „Abschied“	1570	1200 m

Der Kamarujukgletscher erreicht heute nicht mehr ganz das Meer, ist offenbar im Zurückgehen begriffen und wird kaum mehr vom Inlandeis gespeist. Der Kangerdluarsukgletscher erhält Zufuhr vom Hochlandeis und zu einem sehr beträchtlichen Teile vom Inlandeis. Er erreicht das Meer, ist aber nicht sehr produktiv. Die ersten beiden Meßstellen liegen gleichweit von der Küste entfernt.

Zusammenstellung der Ergebnisse der Eisdickenmessungen in Grönland.

Spreng- gang	Tag	Ort	Meeres- höhe	Spreng- entfernung	Spreng- stoff- menge	Laufzeit der 1. Wellen	Geschw. der 1. Wellen	Laufzeit der 2. Wellen	Geschw. der 2. Wellen	Laufzeit der red. Welle	$\frac{v_2}{v_1}$	Eis- dicks, an- genähert
Nr.	1929		m	m	kg	sec	m/sec	sec	m/sec	sec		m
1	4.8	Kanger- luarsuk- gletscher	970	196	2.0	—	—	—	—	—	—	—
2	5.8		970	360	2.0	0.104	3460	—	—	—	0.495	—
3	6.8		970	737	2.0	0.210	3520	0.442	1670	0.294	0.475	359
4	6.8		970	597	2.0	0.169	3530	0.344	1735	0.246	0.490	314
5	6.8		970	475	1.0	0.137	3460	0.286	1660	0.234	0.478	336
6	6.8		970	360	1.0	—	—	0.211	1710	—	0.495	—
7	6.8		970	196	1.0	0.0595	3300	—	—	—	—	—
8	8.8		970	500	1.3	—	—	—	—	—	—	—
9	12.8	Kanger- luarsuk- gletscher	985	670	1.7	—	—	—	—	—	—	—
10	12.8		985	730	2.0	0.212	3450	0.458	1590	0.417	0.461	617
11	12.8		985	650	1.0	0.193	3370	0.389	1630	—	0.484	—
12	13.8		985	751	2.0	—	—	—	—	—	—	—
13	18.8	Zelplatz "Am Bach"	1210	750	1.5	—	—	—	—	—	—	—
14a	18.8		1210	750	1.0	—	—	—	—	—	—	—
14b	19.8		1210	750	1.5	0.201	3730	0.408	1870	—	0.501	—
15	20.8	Zelplatz im Firngebiet	1210	1047	2.0	0.286	3660	0.591	1770	0.500	0.485	750
16	26.8		1570	105	1.0	0.0464	2260	0.0987	1063	—	0.472	—
17	26.8	Zelplatz im Firngebiet	1570	50	0.5	0.0307	1630	0.075	675	—	0.415	—
18	26.8		1570	1053	3.9	0.342	3180	0.682	1550	—	0.488	—
19	27.8		1570	50	0.1	0.033	1510	—	—	—	—	—
20	27.8	Zelplatz im Firngebiet	1570	1451	6.0	0.421	3470	0.850	1710	0.818	0.492	1222
21	27.8		1570	1858	13.5	0.536	3470	1.102	1680	0.883	0.485	1214

Zus. 50.0

Die dritte Meßstelle liegt 16.6 km östlich und die vierte Meßstelle 42 km östlich von den ersten beiden.

Die Sprengungen 1 bis 7 und 16 bis 21 wurden von Loewe ausgeführt und von mir registriert. Bei den Sprengungen 8 bis 15 war es umgekehrt. Im ganzen waren 50 kg Extradynamit und 25 Sprengkapseln mitgeführt worden. Nur in einem Falle versagte eine Sprengkapsel. Über die Verwendung des Sprengstoffes sowie über die gesamten Ergebnisse unserer Messungen gibt die Zahlenübersicht auf S. 25 Auskunft.

Die Entfernungen zwischen dem Seismozelt (*Z*) und der Sprengstelle (*A*) wurden im allgemeinen mit einem 20 m langen Bandmaß gemessen. Bei großen Sprengentfernungen bestimmten wir die Strecke *AZ* trigonometrisch mit Bandmaß und Sextant aus einem Dreieck *AZB* mit der direkt gemessenen Basis *AB*. Es wurden dabei folgende Messungen ausgeführt.

Sprengung 12, 13, 14a, 14b:

$$\begin{aligned} AB &= 19.00 \text{ m,} \\ \sphericalangle BAZ &= 90^{\circ} 00', \\ \sphericalangle AZB &= 1^{\circ} 27', \end{aligned}$$

also

$$AZ = 751 \text{ m (Messung von Loewe).}$$

Sprengung 15:

$$\begin{aligned} AB &= 40.50 \text{ m,} \\ \sphericalangle BAZ &= 90^{\circ} 00', \\ \sphericalangle AZB &= 2^{\circ} 13', \end{aligned}$$

also

$$AZ = 1047 \text{ m (Messung von Loewe).}$$

Sprengung 18, 20, 21:

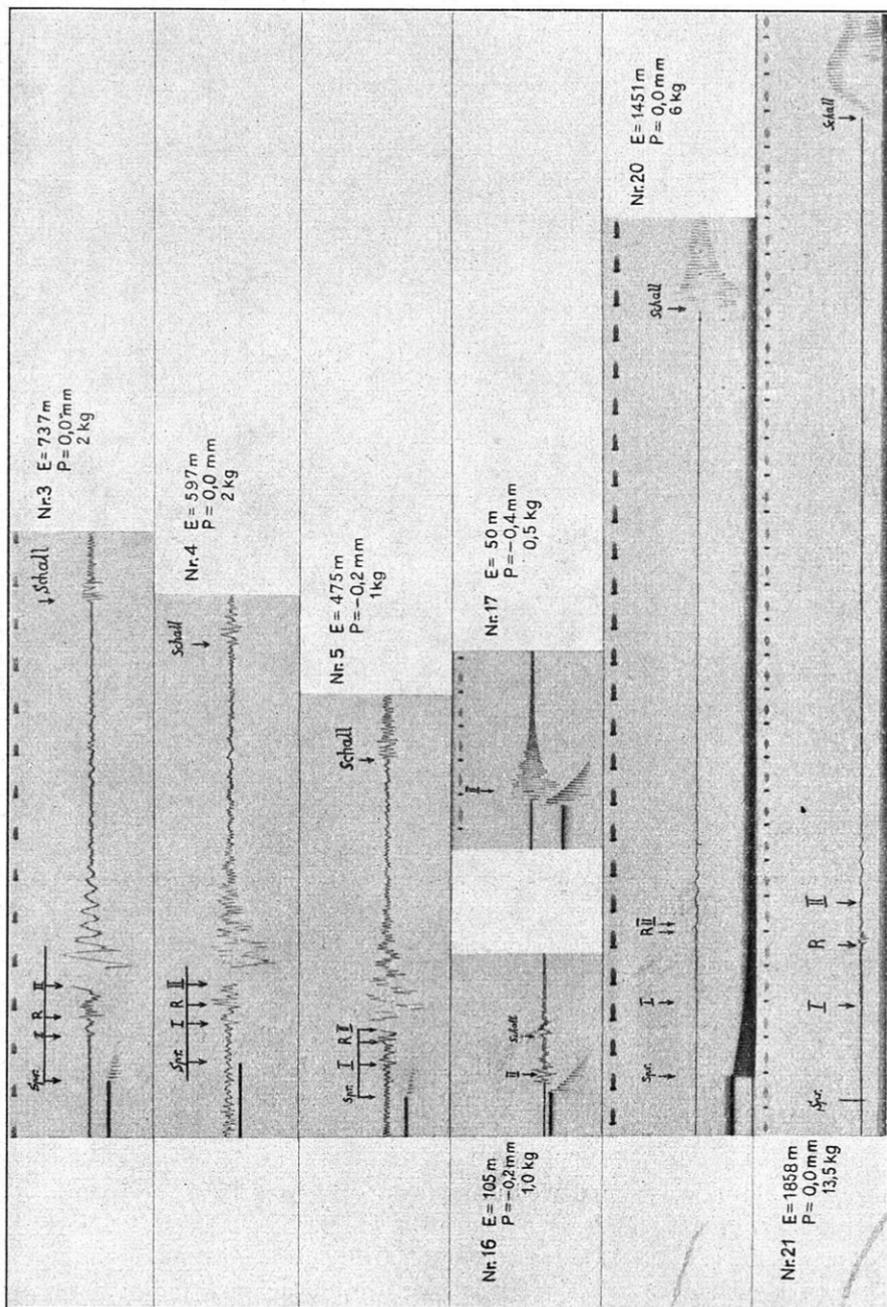
Aus einem Hilfsdreieck *ABC* mit den Stücken

$$\begin{aligned} CA &= 20.00 \text{ m,} \\ \sphericalangle ABC &= 5^{\circ} 44', \\ \sphericalangle BCA &= 76^{\circ} 40', \\ \sphericalangle CAB &= 97^{\circ} 36' \end{aligned}$$

wurde die Länge der Basis *AB* = 194.8 m berechnet. Mit Hilfe dieser Basis *AB* wurden dann die Sprengentfernungen bestimmt und zwar aus folgenden Dreiecken:

Sprengung	18	20	21
<i>AB</i>	194.8 m	194.8 m	194.8 m
$\sphericalangle AZB$	10° 39'	7° 43'	6° 01'
$\sphericalangle ZBA$	86° 53'	89° 49'	91° 31'
$\sphericalangle BAZ$	82° 28'	82° 28'	82° 28'
Sprengentfernung .	1053 m	1451 m	1858 m
	(Messungen von Sorge.)		

Der Sextant gestattete Ablesungen bis auf eine Bogenminute genau.



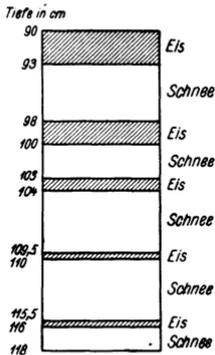
Von den auswertbaren Registrierungen haben Nr. 4, 5, 14b und 15 keine Zeitmarkierung, da in diesen Fällen die Zeitwippe nicht in Ordnung war (s. oben). Die Zeiten auf diesen Filmstreifen wurden durch Vergleich mit der Schallstrecke abgeleitet. Ein Urteil über die Zulässigkeit dieses Verfahrens habe ich durch Ausmessen der Zeitmarken auf den übrigen Filmen zu gewinnen versucht. Z. B. ergab sich als Länge der Fünftel-Sekundenmarkierung (in Millimetern) vom Sprengaugenblick angefangen:

Bei Nr. 2 . . .	16.9	16.7	17,0	17.0	16.5	16.2	16.3 usw.
Bei Nr. 3 . . .	17.0	17.2	17.3	17.2	16.9	16.4	16.5
	16.8	16.9	16.8	16.9	16.8	17.0	16.9 usw.
Bei Nr. 20. . .	14.0	13.9	14.2	14.6	14.3	14.1	14.0
	14.0	14.0	14.0	13.8	14.0	14.1	14.1
	14.0	14.4	14.3	14.5	14.2	14.5	14.5 usw.
Bei Nr. 21. . .	14.1	14.5	14.4	14.1	13.9	14.0	14.2
	13.9	13.8	13.4	13.4	13.7	13.8	13.9
	14.1	14.5	14.5	14.6	14.8	15.2	14.9
	14.5	14.2	14.4	14.3	14.3	14.4	14.5 usw.

Wie man sieht, ist der Film in diesen Fällen ziemlich gleichmäßig gelaufen. Wahrscheinlich werden also auch die Registrierungen ohne Zeitmarken nur mit geringen Fehlern behaftet sein. Bei den Sprengungen 5 und 15 wurden außerdem die Schwingungen des Ablenkspiegels, deren Frequenz aus den Filmen 3, 16 und 17 bestimmt werden konnte, als Zeitmarkierung benutzt. Es ergab sich genaue Übereinstimmung mit der Bestimmung aus der Schallstrecke.

Die Registrierungen 1 bis 18 sind aus Gründen der Lichtstärke und bequemeren Justierung mit einer Linse von 33 cm Brennweite erhalten worden. Sprengung 18 zeigte aber, daß im Firngebiet die Ausschläge zu klein waren, um die Welleneinsätze mit der erforderlichen Genauigkeit ablesen zu können. Daher wurden die Sprengungen 19 bis 21, von denen am meisten abhing, mit einer Linse von 100 cm Brennweite registriert. Die Lichtstärke genügte auch hier durchaus. Die Länge des Seismozeltes verbot eine weitere Steigerung der Brennweite. Aber auch bei 150 cm Brennweite dürfte die Lichtstärke noch ausreichen.

Fig. 3. Schichtenfolge im Firngebiet an der vierten seismischen Meßstelle



Auf den Registrierungen ist die Parallaxe P der beiden Lichtzeiger angegeben. $P = -0.4$ mm bedeutet z. B., daß auf dem Originalfilm die abgemessene Strecke zwischen Sprengpunkt (Abriß des Ablenkzeigers) und Welleneinsatz um 0.4 mm verkleinert werden muß, um die tatsächliche Laufzeit zu bestimmen.

In Fig. 3 sind die Registrierungen photographisch wiedergegeben.

Es war außerordentlich wichtig, daß wir in Grönland den Apparat benutzen konnten, der uns von den Messungen auf dem Konkordiaplatz her vertraut

war*). Die Apparateigenschaften (Eigenschwingungen, Dämpfung usw.) waren uns also bekannt. Die grönländischen Messungen lassen sich daher unmittelbar an die Schweizer Ergebnisse anschließen. Ein Vergleich der grönländischen Sprengungen 3 bis 5 mit den Konkordiasprengungen 5 bis 8 (Zeitschr. f. Geophys., Jahrg. 5, Heft 3/4, S. 140, Fig. 11) zeigt gute Übereinstimmung. Die Auffassung der Einsätze *I, R, II* als longitudinale Oberflächenwellen, Reflexionen an der unteren Grenzfläche des Eises und transversale Oberflächenwellen wird durch die grönländischen Messungen bestätigt und erneut gestützt. Die Wellengeschwindigkeiten stimmen annähernd mit den früher gefundenen Werten überein, so daß eine andere Deutung dieser Wellen nicht möglich ist.

	Hintereis		Grönland		
	1928	1929	Nr. 2-6	10-11	14 b u. 15
V_{long} m/sec . . .	3600	3570	3490	3410	3695
V_{transv} m/sec . .	1690	1670	1690	1605	1820

Abweichungen erklären sich zwanglos daraus, daß einige grönländische Registrierungen infolge schwieriger Versuchsbedingungen undeutlich sind und daher nicht so genau ausgemessen werden können (vgl. die Laufzeitkurven, S. 25).

Die Ergebnisse an den Meßstellen 1 bis 3 (Registrierungen 1 bis 15) bieten somit in seismischer Hinsicht nichts Neues. Anders dagegen ist es an Meßstelle 4 in 1570 m Seehöhe im Firngebiet (Registrierungen 16 bis 21). Der Firn bestand hier, wie eine Aufgrabung bis 3 m Tiefe zeigte, aus abwechselnden Schnee- und Eisschichten, die in unregelmäßiger Mächtigkeit aufeinanderfolgten. Ein Stück dieser Schichtenfolge ist beispielshalber in Fig. 4 dargestellt.

In größerer und geringerer Tiefe folgten die Schichten in ähnlicher Weise aufeinander, immer abwechselnd Schnee und Eis mit sehr unregelmäßigen Mächtigkeiten. Die Eisschichten sind aus Schnee entstanden, der an warmen Tagen taute und dann vereiste.

Die Dichte des Firns betrug durchschnittlich in einer Tiefe von 30 bis 40 cm 0.53 und in einer Tiefe von 90 bis 118 cm 0.49. Die Dichte muß aber für die ganze Tiefe der Aufgrabung konstant angenommen werden. Der geringe Dichteunterschied rührt von Meßungenauigkeiten her.

Hier im Firngebiet traten zum ersten Male andere Geschwindigkeiten auf. Sie unterscheiden sich nicht nur von den Laufgeschwindigkeiten im Eis, sondern auch von denen im Firngebiet des Hintereisferners. Während H. Mothes im Firngebiet des Hintereisferners $V_{\text{long}} = 3140$ m/sec und $V_{\text{transv}} = 1350$ m/sec fand, ergaben die Sprengungen 16, 17 und 19 noch erheblich kleinere Geschwindigkeiten, und zwar um so kleiner, je geringer die Sprengentfernung ist (vgl. die Zahlenübersicht S. 25). Die Geschwindigkeitswerte sind freilich nicht sehr genau

*) Dank der bereitwilligen Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft konnten sich im März 1929 Dr. Loewe und ich als Vorbereitung auf die Grönlandexpedition an den eisseismischen Messungen von Dr. Mothes auf dem Konkordiaplatz beteiligen (s. Zeitschr. f. Geophys., Jahrg. 5, Heft 3/4, S. 138—144).

— bis auf etwa 10 oder 20% —, da die Sprengentfernungen nur klein waren, doch stimmen sie untereinander gut überein. Die Ursache für die kleineren Geschwindigkeiten liegt wohl in der verschiedenen Firndichte gegenüber dem Alpenfirn. Die 18. Sprengung lieferte bei einer Sprengentfernung von 1053 m fast die gleichen Geschwindigkeitswerte wie im Firngebiet des Hintereisferners. Die Welleneinsätze sind aber bei der 18. Sprengung nur schwach sichtbar, so daß ich die Geschwindigkeitswerte gerade dieser Sprengung als sehr unsicher bezeichnen muß und keinerlei Schlüsse daraus ziehen möchte. Interessanterweise traten im Firngebiet bei noch größeren Sprengentfernungen (1451 und 1858 m, siehe

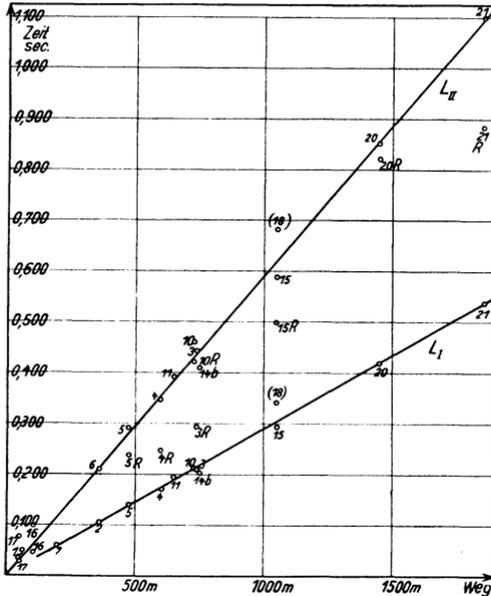


Fig. 4. Laufzeitkurven der longitudinalen (L_I) und transversalen Wellen (L_{II}) in Grönland

(R = reflektierte Wellen.) Die Zahlen verweisen auf die Nummer der Sprengungen

Sprengung 20 und 21) die sehr sicher bestimmten Übertragungsgeschwindigkeiten von $V_{long} = 3470$ m/sec bzw. $V_{transv} = 1700$ m auf, also die gleichen wie im Gletschereis. Diese Werte stellen natürlich nicht die Geschwindigkeit der durch den Firn gelaufenen Wellen dar, denn diese ist ja, wie die Registrierungen 16, 17, 19 und H. Mothes' Messungen zeigen, erheblich kleiner. Man muß vielmehr aus den Geschwindigkeiten schließen — und das ist eins der wichtigsten Ergebnisse der grönländischen seismischen Messungen —, daß die Wellen durch Eis gelaufen sind. In welcher Tiefe und wie der Firn in Eis übergeht, kann aus den wenigen Messungen noch nicht berechnet werden. Doch ist es am wahrscheinlichsten, eine geringe Tiefe (der Größenordnung nach etwa 50 bis 100 m) anzunehmen. Dafür spricht die Nähe der Firngrenze (etwa 1400 m Seehöhe). Und andernfalls

würden sich, da die Explosionswellen zuerst die Firnschicht durchstoßen müssen, die hohen Übertragungsgeschwindigkeiten nicht erklären. In größeren Tiefen eine höhere Geschwindigkeit als die gewöhnliche im Eis (3500 bis 3600 m/sec) anzunehmen, entbehrt der Begründung. Im Gegenteil sprechen die früheren Messungen auf dem Hintereisferner und Großen Aletschgletscher zugunsten einer konstanten Geschwindigkeit der Wellen auch in größeren Tiefen. Für die Annahme einer Übertragung durch den Untergrund des Eises fehlt jeder Anhalt.

Ob der Übergang zwischen Firn und Eis plötzlich ist oder allmählich erfolgt, kann aus den Registrierungen nicht entschieden werden. Die ziemlich unregelmäßigen Amplituden der Registrierungen 16 und 17 deuten vielleicht auf Reflexionen an verschiedenen Eisschichten. Dies kann auch mit gutem Grund erwartet werden, denn an der vierten Meßstelle wechseln Schnee- und Eisschichten, wie oben angegeben, miteinander ab, bis sie vermutlich — in verhältnismäßig geringer Tiefe — von einer homogenen Eisschicht abgelöst werden. Die geringe verfügbare Sprengstoffmenge gestattete auf der Vorexpedition nicht eine eingehende Untersuchung dieser Fragen.

Die schon von H. Mothes beobachtete Dämpfung der Transversalwellen im Firn wurde auch in Grönland festgestellt und zwar in noch weit stärkerem Maße. Die Transversalwellen haben nur kleine Amplituden und setzen so allmählich ein, daß man den Anfang nur durch schräges Draufblicken in der Längsrichtung des Filmstreifens erkennen kann.

Es bleibt mir nun noch übrig, eine Bemerkung zu den beiden letzten und wichtigsten Sprengungen (Nr. 20 und 21) zu machen. Bei Sprengung 20 hatten wir bereits unser ganzes Telephonkabel (zweimal 1451 m) ausgelegt*). Die Registrierung 20 für sich allein hätte nicht einwandfrei die reflektierten Wellen erkennen lassen, da diese sehr dicht vor den Transversalwellen liegen und nur klein sind. Unter Verzicht auf die Registrierung des Sprengaugenblicks wurde die Sprengentfernung von 1451 m auf 1858 m vergrößert. So verzeichnet erst unsere letzte Registrierung (21) die drei Wellen im Firngebiet deutlich getrennt voneinander! Der Sprengaugenblick wurde vom Einsatz des Luftschalles rückwärts gehend berechnet und ergab die gleiche Übertragungsgeschwindigkeit der Eiserschütterungen wie bei Sprengung 20. Somit erscheint die Geschwindigkeit bei dieser letzten und wichtigsten Sprengung genügend gesichert.

Allen, die durch Rat und Tat zum Gelingen der ersten Eisdickenmessungen in Grönland beigetragen haben, danke ich aufrichtig: Der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die die Kosten des Unternehmens trug, unserem Expeditionsleiter Herrn Prof. Alfred Wegener, meinen Expeditionskameraden Dr. Loewe, mit dem ich mich in die seismischen Messungen teilte, Dr. Georgi, der uns durch Übernahme anderer Expeditionsarbeiten die ungestörte Verfolgung der seismischen Messungen ermöglichte, dem Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen, namentlich Herrn Dr. Mothes, und schließlich Fräulein stud. phil. Gerda Ulke, die mit mir zusammen die Auswertung der Registrierungen besorgte.

*) Versuche zeigten, daß als Rückleitung das Eis nicht geeignet war.