

Werk

Jahr: 1937

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:13

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0013

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0013

LOG Id: LOG_0019

LOG Titel: Über die Funkschwierigkeiten bei den Gronau-Flügen über Grönland

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

von der aufgewendeten Zeitdauer fast beliebig genau messen und ihre Schwankungen lassen sich registrieren. Ebenso können wir die Neigungen der Fläche, im Zusammenhang mit der Rotationsgeschwindigkeit aufzeichnen, so daß auch hier die Messung fast beliebig genau sein kann. Der Abstand des mit dem Fadenkreuz sich deckenden Punktes der Quecksilberoberfläche von der Drehungsachse läßt sich ebenfalls genau bestimmen.

Wir erhalten hier also die Schwere lediglich aus einer *Längenmessung* (Abstand des Kanals von der Drehungsachse), der *Zeitmessung* (Rotation) und der *Winkel-messung* (Verhältnis zweier Längen) und sind unabhängig von den die Genauigkeit stark beschränkenden Eigenschaften festen Materials und von der Unsicherheit über die Schneiden.

Prinzipiell können wir endlich auch auf den Kanal verzichten und durch eine übersensibilisierte Libelle, die wir auf einen Dreharm setzen, und deren angezeigte Neigung wir registrieren, die Messung ausführen.

Auch bei dieser Meßmethode läßt sich die Meßgenauigkeit nicht unbegrenzt steigern, weil bei der Fliehbeschleunigung die Erddrehung mit eingeht und schließlich berücksichtigt werden muß. Würden wir unser Instrument am Drehpol der Erde aufstellen, und es mit $360^{\circ}/24$ Stunden (Sternzeit) entgegengesetzt der Drehung der Erde umlaufen lassen, so daß der Apparat im Raum stillsteht, so würden die Senkrechten auf den einander gegenüberliegenden Quecksilberflächen nach dem Mittelpunkt der Erde weisen, während, wenn wir den Apparat in „Ruhe“ stehen, also mit der Erde rotieren lassen würden, die Senkrechten nach einem von uns aus tieferen Punkt infolge der Zentrifugierung des Quecksilbers durch die Erddrehung weisen würden (Abplattung). Je nach der Drehrichtung erhalten wir also Abweichungen zweiter Größenordnung, können aber offenbar diese Abweichungen benutzen, um die Drehung der Erde zu eliminieren. Die Paraboloidform der Flüssigkeitsoberfläche ist also nicht vollkommen, kann es übrigens auch deswegen nicht sein, weil die Lotlinien nicht streng parallel sind. Aber auch das sind Sorgen ferner Zukunft.

Über die Funkschwierigkeiten bei den Gronau-Flügen über Grönland*)

Von **F. Roßmann**, Berlin. — (Mit 1 Abbildung)

Bei genauem Vergleich der Beobachtungen läßt sich das Schwächerwerden oder Abreißen des Funkverkehrs bei den Flügen W. v. Gronaus im Bereich des Grönländischen Inlandeises (1930—1932) durch Brechung der langen Funkwellen (600 m) in das Eis hinein erklären. Ähnliche Vorgänge spielen bei Peilstörungen durch Eis eine Rolle.

Daran werden einige weiterführende Betrachtungen geknüpft.

Bei seinen drei Flügen mit Dornier-Walen über den Nordatlantischen Ozean von Westen nach Osten benutzte W. v. Gronau stets den nördlichen Weg über

*) Vortrag, gehalten auf der XII. Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vom 8. bis 10. Oktober 1936 in Berlin.

Island und Grönland. Ausschlaggebend dafür waren zwei Erwägungen. Erstens ist der Seeweg auf dieser Strecke erheblich kürzer, und die beiden Inseln teilen ihn als natürliche Stützpunkte noch in drei Abschnitte. Zweitens wird das nordatlantische Zyklonengebiet mit seinen fast ständig ziemlich starken westlichen Winden größtenteils nördlich umflogen, wobei häufiger auch mit Rückenwinden aus östlicher Richtung gerechnet werden kann.

Auf dem mittleren Flugstück von Island nach Grönland wurde in allen drei Fällen zur Flugsicherung langwelliger Funkverkehr (Wellenlänge 600 bis 800 m) mit den benachbarten Landstationen oder Schiffen benutzt; im letzten Jahr außerdem auch Kurzwellenverkehr. Bei Anwendung von Langwellen zeigten sich jedesmal eigentümliche Funkstörungen, wenn die Maschine das grönländische Inlandeis überflog oder in seine Nähe kam. Diese Funkschwierigkeiten sollen hier näher behandelt und erklärt werden*). Die Beobachtungen hierüber sind in sehr sorgfältig abgefaßten „Flug- und Erfahrungsberichten“ niedergelegt, die nicht gedruckt, sondern nur in Maschinenschrift vorliegen. Die Berichte der beiden ersten Flüge (1930 und 1931) stellte mir freundlicherweise Herr Hauptmann Zimmer-Brandis, der sie seinerzeit als zweiter Flugzeugführer mitmachte, zur Verfügung. Der des dritten Fluges (1932) wurde mir durch die Bücherei des Reichsluftfahrtministeriums zugänglich. Längere Auszüge daraus über die technischen Einzelheiten und die Durchführung der Flüge bei und über Grönland: Kurse, Wetter und Funkbeobachtungen habe ich wörtlich in der ausführlichen Veröffentlichung wiedergegeben**). Hier sei daher der Beobachtungsbefund nur kurz an der untenstehenden Karte geschildert.

Auf dem *Amerikaflug (a)* am 22. August 1930 wurde von Reykjavik aus auf geradem Kurs die grönländische Ostküste bei Prinz-Christians-Sund angeflogen (6.30—12.30 Uhr isl. Zeit). Wegen aufliegender Wolken wurde das Inlandeis gemieden, der Kurs weiter an der Küste entlang um Kap Farvel herum genommen und auch im Westen davon der Flug bei klarem Wetter und guter Sicht im Küstengebiet fortgesetzt bis zur Landung in Ivigtut (15.30). — Beim Funkverkehr war folgendes bemerkenswert: Sobald der Wal Kap Farvel gerundet hatte, riß die vorher sehr gute Funkverbindung mit Reykjavik plötzlich ab, ohne daß sich die Entfernung (1280 km) stark vergrößerte. Auch mit dem nur einige 100 km ent-

*) Kurz beschäftigt hat sich mit dieser Frage der die Flüge beratende Meteorologe Dr. G. B. Baumann, jedoch ohne eine klare eindeutige Erklärung zu geben: Zeitschr. f. angew. Meteorolog. Das Wetter 49, 303 (1932) und „Erfahrungsberichte des deutschen Flugwetterdienstes“, 7. Folge, S. 57 (1932). Ferner hat die Frage ganz kurz gestreift, wie ich erst nach dem Druck meiner ausführlichen Veröffentlichung zufällig sah, K. Krüger, Die drahtlose Nachrichtenübermittlung in den Polargebieten. 260. Bericht der D. V. L. Arktis 4, 52—64 (1931). Der Verfasser vermutet zwar allgemein ungünstige Ausbreitungsverhältnisse für elektromagnetische Wellen über Eis wegen geringer Leitfähigkeit und kleiner Dielektrizitätskonstante aus theoretischen Überlegungen heraus, er geht aber auf die Beobachtungen der Gronau-Flüge nicht näher ein.

***) F. Rossmann: Über die Funkschwierigkeiten bei den Flügen von W. v. Gronau über Grönland. Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wissensch., Januar 1937.

fernten Ivigtut mit moderner Funkanlage, das von der Maschine aus im Schatten des Inlandeises lag, kam kein Funkverkehr zustande, sondern nur mit Dampfern in etwa gleicher Entfernung, die vom Inlandeise freistanden.

Während des Grönlandfluges (b) am 15. August 1931 trat diese Erscheinung am auffälligsten hervor. Nach dem Start in Scoresbysund um 14.20 mittl.

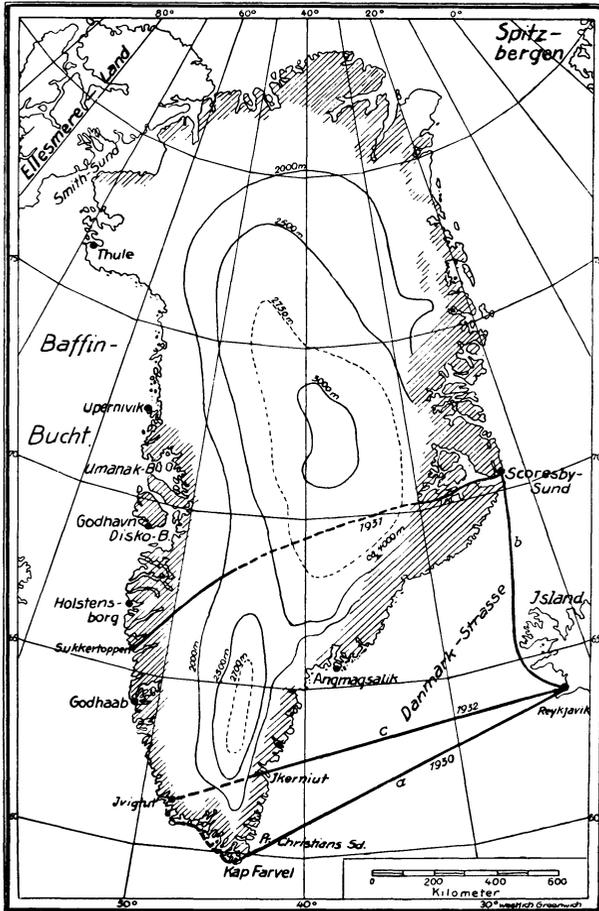


Fig. 1. Gronau-Flüge (1930—1932) über Grönland

grönl. Zeit ging der Flug zunächst mit starker Steigung durch das gebirgige, stark zerklüftete Küstengebiet zum Inlandeisrand in 250 km Entfernung und 2500 m Seehöhe aufwärts. Die Funkverbindung mit der Station in Scoresbysund war bis 16.22 gut. Nach einer Stunde Flug über dem Inlandeise riß sie in rund 400 km Entfernung von Scoresbysund plötzlich ab, indem die Lautstärke rasch schwächer wurde. Auch mit den Funkstellen an der Westküste kam kein Funkverkehr

zustande. „Während der Zeit von 5 Stunden war es ausgeschlossen, irgendeine Station im Empfänger zu erhalten. Godhavn war dann plötzlich — 3 Stunden vor der Landung in Sukkertoppen — mit großer Lautstärke zu empfangen. Wie an der Ostküste die Verbindung mit Scoresbysund im Augenblick abriß, so kam an der Westküste mit einem Male Godhavn sehr gut in den Empfänger.“ Dies war um 21.24 Uhr bei einer Entfernung von 540 km (siehe Karte, gestrichelter Teil der Flugstrecke). Noch eine andere wichtige Feststellung konnte gemacht werden: „Beim Durchfliegen der Fjorde (an der Westküste) wurde des öfteren versucht Peilungen auf Godhavn und Godthaab zu nehmen, ein Erfolg blieb aber aus, da das Minimum um mehr als 40 Grad wanderte. Auch wurde die Beobachtung gemacht, daß die Lautstärke der Sender in diesen Fjorden erheblich schwankte, teilweise sogar verschwand.“ Das Wetter war günstig, klar, nahezu wolkenlos, schwach windig und sehr sichtig, mit Ausnahme eines kurzen Stückes über dem höchsten Teil des Inlandeises, wo tiefe Nimbusbewölkung mit Schneeschauern auftrat. Die Landung in Sukkertoppen erfolgte um 24.15 M. G. Z. nach 10 Stunden Flugzeit und 1670 km Flugstrecke.

Etwas Ähnliches wurde auch beim *Weltflug* (c) am 24. Juli 1932 beobachtet. Bei diesem wurde von Reykjavik aus (Start um 11.25 M. G. Z.) Ivigut auf dem größten Kreise angefliegen. Die Küste wurde um 17.00 Uhr bei Ikerniut und das Inlandeis, das hier eine größte Höhe von 2200 m hat, um 17.35 Uhr erreicht. Schon während des Fluges über der Danmarkstraße ab 12.45 Uhr bestand außer mit Reykjavik und Hvidbjörnen eine sehr gute Funkverbindung auf Welle 800 m mit Julianehaab. Diese wurde mit weiterer Annäherung und beim Näherkommen an das Inlandeis ab 17.05 Uhr allmählich schwächer und hörte kurz vor Erreichen des Eises 17.25 Uhr völlig auf, während nach rückwärts „eine starke Abnahme der Lautstärke von Reykjavik und Hvidbjörnen nicht festzustellen war“. Erst nach Überwindung des Inlandeises um 18.35 Uhr setzte die Funkverbindung mit Julianehaab wieder ein, und es konnte dann auch Verbindung mit Ivigut aufgenommen werden. Dabei wurde eine ähnliche Beobachtung wie beim Grönlandfluge (b) gemacht: „Es werden Peilungen auf diese Funkstelle genommen, die aber alle infolge des wandernden Minimums nicht verwertet werden konnten.“ — Mit Kurzwellen traten keinerlei Funkschwierigkeiten auf. Das Wetter war bei meist mäßigem Nordwind und guter Sichtigkeit günstig. Die Landung in Ivigut fand um 19.20 Uhr statt nach Überwindung von 1400 km in 7 Stunden 10 Min.

Nach Abschätzung von einer Reihe anderer Störungsmöglichkeiten, wie abnorme Verhältnisse in der Heavisideschicht infolge der auch die Nordlichterscheinungen hervorbringenden Korpuskularstrahlung der Sonne, erdmagnetischer Einflüsse wegen der Nähe des magnetischen Nordpols, kam ich zu folgender Anschauung:

Alle drei Funkberichte stimmen darin überein, daß das große Eis die langwelligen Funkstrahlen eines Flugzeugsenders, wenn dieser sich über ihm oder in seiner Nähe befindet, so stark abschattet, daß bestehende Funkverbindungen mit Bodenstationen ziemlich rasch abreißen. Umgekehrt werden auch Sendungen von

Bodenstationen, die in der Nähe des Inlandeises liegen, durch dieses so stark geschwächt, daß ihr Empfang im Flugzeug unmöglich wird. Weiter wurde eine kräftige Zerstreuung dieser Funkstrahlen in den teilweise von Gletschereis erfüllten Randgebieten festgestellt. Das Minimum bei Einpeilungen der Maschine wanderte sehr stark.

Es gibt nur eine einfache Erklärung für dieses merkwürdige Verhalten von Funkstrahlen bei großen Landeismassen. Das bei den tiefen Temperaturen trockene und von Verunreinigungen fast freie Gletschereis verhält sich Funkwellen gegenüber, die in seiner Nähe entstehen, wie ein Dielektrikum. Die von einem ungeerdeten Luftleiter (Dipol) ausgestrahlten elektromagnetischen Raumwellen werden beim Auftreffen auf ein gutes Dielektrikum teilweise in dieses hineingebrochen, teilweise an ihm reflektiert, und in jedem Falle außerdem in bestimmter Weise polarisiert. Es handelt sich bei den merkwürdigen Funkschwierigkeiten während der Grönlandflüge um ähnliche Erscheinungen bei Langwellen, wie sie Heinrich Hertz bei seinen Untersuchungen „Über die Strahlen elektrischer Kraft“ für kurze Wellen von 66 cm Länge nachgewiesen hat*). Hertz zeigte, daß seine Strahlen durch ein großes, aus einer nichtleitenden Substanz (Pech) bestehendes Prisma in derselben Weise gebrochen hindurchgehen, wie Lichtstrahlen durch ein Glasprisma. Wie bei den kurzen Lichtwellen vollzieht sich der Vorgang auch bei Hertzschen Wellen in ganz bestimmter Weise nach dem Brechungs- und Reflexionsgesetz, sowie nach den Fresnelschen Formeln. Die Beobachtungen der Grönlandflüge zeigen nun zum erstenmal diese Erscheinung auch bei langen Funkwellen, freilich unvorhergesehen und daher die Unternehmungen, besonders den Grönlandflug nicht unbeträchtlich belastend. Voraussetzung ist nur, daß ein Isolator vorhanden ist, dessen Abmessungen größenordnungsmäßig mindestens gleich der Wellenlänge sind (gleich oder größer als 600 m).

Die Brechung der Funkstrahlen in das überflogene Eis hinein vollzieht sich nach der Beziehung

$$\frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}},$$

wobei ϵ_1 die Dielektrizitätskonstante von Luft = 1, ϵ_2 die von Eis ist.

Nach neueren Untersuchungen von J. Granier, B. de Lenaizan und J. Errera**) ist die Dielektrizitätskonstante des Eises sowohl von der Wellenlänge wie von der Temperatur stark abhängig. Einer graphischen Darstellung bei Landolt-Börnstein (a. a. O.) kann man entnehmen, daß bei Temperaturen etwas unter 0^0 und $\lambda = 600$ bis 800 m $\epsilon_2 \approx 8$ ist, was ein Verhältnis von

$$\frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} \approx 3$$

*) H. Hertz, Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1888, 13. Dezember, Ges. Werke, II, S. 184. Vgl. auch J. Zenneck: Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie. Stuttgart 1905. S. 924—933.

**) Siehe Landolt-Börnstein: Physikalisch-Chemische Tabellen, 5. Aufl., 1. Erg.-Bd., Berlin 1927, S. 557.

ergibt. Es kommt also kräftige Brechung zum Einfallslot ins Eis hinein zustande, wobei die gebrochene Welle so polarisiert ist, daß die elektrischen Schwingungen nur in der Einfallsebene stattfinden.

Bei der vorliegenden Antennenanordnung mit senkrecht stehendem Dipol ist eine solche Polarisierung der Funkstrahlen schon vor ihrem Auftreffen auf das Eis vorhanden. Aus diesem Grunde kommen Reflexionen am Eis trotz des großen Sprunges der Dielektrizitätskonstante überhaupt nicht zustande. Nur bei Abweichung der Antenne von der Senkrechten infolge von Pendelungen und Winddruck kann ein geringer Bruchteil reflektiert werden. Da so praktisch alle nach unten zu ausgestrahlte elektrische Energie im Eise verschwindet, muß der wechselseitige Empfang mit einer in der Randzone oder an der Küste liegenden Funkstation plötzlich aussetzen. Dies geschieht annähernd in dem Augenblick, wo diese Station optisch hinter dem Eise verschwindet. Dieses Merkmal zeigen wenigstens in großen Zügen alle Beobachtungen der drei Flüge, auch soweit es sich um Verkehr mit ferner liegenden Stationen (Reykjavik u. a.) handelt. In der Nähe des Inlandeisrandes wird natürlich ein Teil der flach gegen den Horizont fallenden Strahlen ganz hindurchgehen und auch so noch zur Empfangsstation gelangen, weshalb die Reichweite beträchtlich größer sein kann als der optische Horizont, wie es die Wahrnehmungen bei der großen Überquerung von Scoresbysund nach Sukkertoppen deutlich zeigen. Auch eine Beugung der dicht über dem Eis verlaufenden Funkstrahlen im gleichen Sinne wie die Erdkrümmung liegt im Bereich der physikalischen Möglichkeit.

Auf ähnliche Weise dürfte auch das Wandern des Minimums und das Aussetzen der Peilsendungen bei Eigenpeilungen im Randgebiet zustande kommen, nämlich durch Reflexionen, Brechungen und Beugungen der Peilstrahlen an seitlich von der Maschine liegenden Eismassen von echten Gletschern und ähnlichem. Dadurch werden die Funkstrahlen mehr oder weniger stark zerstreut und gelangen so zum Empfänger, als gingen sie von mehreren Sendern aus, oder sie gelangen überhaupt nicht dorthin.

Gleichzeitig dürften die Beobachtungen noch beweisen, daß eine nennenswerte Übermittlung von Strahlungsenergie auf dem großen Umweg nach oben über die Heavisideschicht bei diesen langen Wellen nicht stattfindet. Zwar liegt die Antenne unter dem Metallkörper der Maschine, aber eine wesentliche Schwächung der sich nach oben ausbreitenden Energie kann trotzdem nicht eintreten, weil die Abmessungen des Flugzeuges klein sind im Vergleich zur Wellenlänge. Möglicherweise ist der Aufbau der Heavisideschicht derart, daß längere Wellen gar nicht reflektiert werden, sondern glatt hindurchgehen. Aber auch andere Gründe für die fehlende Verbindung über die Heavisideschicht hinweg sind denkbar, die hier jedoch nicht näher erörtert werden sollen.

Einer freundlichen mündlichen Mitteilung zufolge hat Herr Dr. J. Georgi in Station Eismitte 1930/31, also mitten auf dem Isolator, mit „ungeerdeter“ Antenne ohne Schwierigkeiten europäische Stationen empfangen. Bis zum Rande des Inlandeisess hatten die Funkwellen dieser Sender Führung an der leitenden

Erd- und Meeresoberfläche. Dann hörte diese auf, die Wellen mußten sich also als reine Raumwellen weiter fortpflanzen. Wenn man sich die räumlichen Verhältnisse bei der großen Entfernung zwischen Sender und Empfänger, das heißt die verhältnismäßig geringe Erhebung des Inlandeises gegenüber dem großen zu durchlaufenden Erdkrümmungswinkel vorstellt, sieht man sofort ein, daß nur ein geringer Bruchteil der ankommenden Strahlungsenergie vom Eis abgeschirmt und in es hineingebrochen wird. Teilweise kommt dieser sogar wieder heraus und gelangt mit dem größeren ungebrochenen Teil auch noch zum Empfänger. Ähnliche Verhältnisse lagen auch beim Weltflug (c) v. Gronaus vor, als Reykjavik und Hvidbjörnen beim Flug über das Eis noch mit unverminderter Stärke gehört wurden (siehe S. 74). — Umgekehrt dagegen, wenn ein gleich starker Langwellensender mitten auf dem Inlandeis arbeiten würde, wäre ein Empfang in Europa oder sonst außerhalb *nicht* zu erwarten.

Eine weitere zu diesen Fragen der Wirkung von Eis auf die Funkwellenausbreitung gehörige Beobachtung verdanke ich Herrn Dr. Frankenberger, Wetterflugstelle Hamburg. Fünfmal hat Dr. Frankenberger bei Höhenaufstiegen mit der Wettermaschine im Funkverkehr mit der Bodenfunkstelle folgendes beobachtet: Beim Flug durch Eisnadelfall traten stets starke Störgeräusche auf, die nur auf elektrische Ladungen zurückgeführt werden können. Jedermal wenn dann die Obergrenze des Eisnadelfalls erreicht war, wurde das Minimum am Bodenpeiler so unscharf, daß eine einwandfreie Peilung nicht mehr möglich war. Bisweilen wurde der Zeichenempfang im Peiler auch sehr schwach oder setzte für eine bis mehrere Minuten ganz aus. Bei Schnee- und Graupelfall dagegen trat diese Erscheinung nicht auf.

Nach brieflichem Meinungs austausch mit meinem Lehrer, Herrn Geheimrat J. Zenneck, München, der zur Klärung wesentlich mit beigetragen hat, stelle ich mir die Sache so vor:

Aus den Halo-Beobachtungen weiß man, daß gleichartige Vollkriställchen, um solche handelt es sich bei Eisnadeln, sehr häufig in einer bestimmten gleichen Ausrichtung in der Luft schweben oder langsam fallen. Meist zieht man zur Erklärung der Ausrichtung die Wirkung des Luftwiderstandes heran. Häufig dürfte es sich jedoch auch um eine Richtwirkung des elektrischen Erdfeldes auf die geladenen, völlig frei schwebenden und leicht beweglichen Nadeln handeln. Da das Eis wahrscheinlich hemimorph, nicht holoedrisch hexagonal oder trigonal kristallisiert, zeigt es auch in elektrischer Beziehung polare Eigenschaften. Wie dem auch sei, die ganze elektrisch geladene Wolke wirkt wie ein doppeltbrechender Körper auf die elektromagnetischen Wellen, und das Ergebnis ist das gleiche wie beim Kerr-Effekt in der Optik des Sichtbaren. Die linearpolarisierten elektrischen Wellen werden beim Durchgang durch den doppeltbrechenden Körper in zwei senkrecht zueinander polarisierte Teilwellen aufgespalten, die im Peilrahmen ein scharfes Minimum nicht mehr geben können. —

Es liegt nahe, an die Erklärung aller dieser Erscheinungen aus einer Anschauung heraus einige weiterführende Betrachtungen anzuknüpfen. In der Tat

scheint eine systematische Weiterführung solcher und ähnlicher Versuche sehr vielversprechend zu sein, auf der einen Seite für die geophysikalische Erforschung des grönländischen Inlandeises, auf der anderen aber auch für das Studium der Ausbreitung langer elektromagnetischer Wellen in Isolatoren von höherer Dielektrizitätskonstante. Nach den angeführten Arbeiten von J. Granier, B. de Lenaizan und J. Errera über die Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstante des Eises von der Wellenlänge und Temperatur dürfte es möglich sein, Gletschereistemperaturen tieferer Schichten aus geeignet angelegten Sondierungen mit langen elektrischen Wellen zu erschließen. Besonders bei sehr langen Wellen, also ziemlich niederfrequenten Schwingungen von 100 bis 400 km, die außerdem den Vorteil geringerer Reichweite haben, ist die Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante sehr groß. Für beispielsweise $\lambda = 300$ km schwankt sie von -2° bis -47.50° zwischen 72 und 5. Weiter soll hier zunächst nicht darauf eingegangen werden.

Aber hinsichtlich der Untersuchung von Ausbreitungsvorgängen langer Wellen sei noch auf folgendes hingewiesen: Es läßt sich leicht einrichten, daß der Übertritt der elektromagnetischen Wellen von Luft in Eis so nahe am erzeugenden Dipol erfolgt, daß man die experimentell noch wenig erforschten Entstehungs- und Ablösungsvorgänge der Raumwellen am Dipol näher untersuchen kann, was naturgemäß bei Hertz'schen Wellen auf sehr große experimentelle Schwierigkeiten stößt.

Das Gesetz von Helmholtz und seine Anwendung auf Geotektonik

Von Dr. S. W. Tromp

Es wird eine Übersicht gegeben der verschiedenen Hypothesen, welche die Schwereanomalien in Faltegebirgen zu erklären versuchen. Die Haupteinwände gegen die „Gebirgswurzel“-Theorien und die Haupt„gesetze“, die von den gebirgsbildenden Kräften erfüllt sein müssen, werden besprochen. Nach dem Verfasser können nur Theorien, die die Dicke der Sialkruste als konstant und die Ausgleichsfläche als unzulässig annehmen, diese Gesetze erklären.

Verschiedene Hypothesen sind aufgestellt worden, um die beobachteten Schwereanomalien, z. B. in Faltegebirgen, zu erklären.

1. Geodätische Theorien. *a) Theorien, die die Anomalien mit den isostatischen Reduktionsmethoden verknüpfen.* Hopfner nimmt an, daß die Anomalien durch die Undulationen des Geoids hervorgerufen seien, weil bei der Bestimmung der Anomalien g_0'' (bezogen auf das Geoid) und γ_0 (bezogen auf das Referenzellipsoid) verglichen werden, wobei zwei verschiedene Bezugsflächen Verwendung finden. Hopfner erklärt die Anomalien mittels der Formel von Bruns:

$$B_1 = - \frac{2N}{r} g,$$